



SUSTENTABILIDADE DA PESCA DO Bonito-Listrado NO BRASIL

Organizadores

LAURO A. SAINT PASTOUS MADUREIRA
CASSIANO MONTEIRO-NETO

Organizadores

Lauro A. Saint Pastous Madureira

Cassiano Monteiro-Neto

SUSTENTABILIDADE DA PESCA DO BONITO-LISTRADO NO BRASIL



1^a Edição

2020

Rio de Janeiro -RJ
Walprint Gráfica e Editora

PROJETO BONITO-LISTRADO

O “Projeto Bonito: ecologia e socioeconomia da pesca de *Katsuwonus pelamis* na costa do Rio de Janeiro visando a avaliação de estoque, o manejo sustentável e sua utilização na alimentação escolar” recebeu apoio do Projeto de Pesquisa Marinha e Pesqueira no Rio de Janeiro, uma medida compensatória estabelecida pelo Termo de Ajustamento de Conduta de responsabilidade da empresa Chevron, conduzido pelo Ministério Público Federal – MPF/RJ, com implementação do Fundo Brasileiro para a Biodiversidade – FUNBIO.



PROJETO BONITO-LISTRADO

FUNBIO - Fundo Brasileiro Para a Biodiversidade

FAURG - Fundação de Apoio a Universidade Rio Grande

IO - Instituto de Oceanografia da Universidade Federal do Rio Grande – FURG

Laboratório ECOPESCA - Departamento de Biologia Marinha, Instituto de Biologia da Universidade Federal Fluminense – UFF

NUPEM – Instituto de Biodiversidade e Sustentabilidade da Universidade Federal do Rio de Janeiro – UFRJ, *Campus Macaé*

NITEC – Núcleo de Estudos de Inovação da Universidade Federal do Rio Grande do Sul – UFRGS

NEPAM – Núcleo de Estudos e Pesquisas Ambientais da Universidade Estadual de Campinas – UNICAMP

FIPERJ – Fundação Instituto de Pesca do Estado do Rio de Janeiro

ORGANIZADORES

Lauro A. Saint Pastous Madureira

Cassiano Monteiro-Neto

EDITOR RESPONSÁVEL

Elza Kawakami Savaget

PRODUÇÃO EDITORIAL

André Medeiros Franco

Elza Kawakami Savaget

INFOGRÁFICOS

Renato Carvalho Abreu

REVISÃO

André Medeiros Franco

Roberto Ávila Bernardes

PROGRAMAÇÃO VISUAL E DIAGRAMAÇÃO

Alexandre Honorato

Madureira, Lauro A. Saint Pastous; Monteiro-Neto, Cassiano

Sustentabilidade da Pesca do Bonito-Listrado no Brasil / Lauro A. Saint Pastous Madureira, Cassiano Monteiro-Neto (Organizadores). — Rio de Janeiro: Walprint Gráfica e Editora, 2020.

256 p.

Vários autores.

Bibliografia.

ISBN 978-65-00-05980-9

1. Sustentabilidade 2. *Katsuwonus pelamis* I. Título.

CDD: 333.7

Nenhuma parte desta publicação poderá ser reproduzida, seja por meios mecânicos, eletrônicos, copia xerográfica, sem autorização prévia dos respectivos autores. Fica garantido o direito de cópia, sem ônus e desde que sem finalidade lucrativa, ao Funbio e à PetroRio.

SUMÁRIO

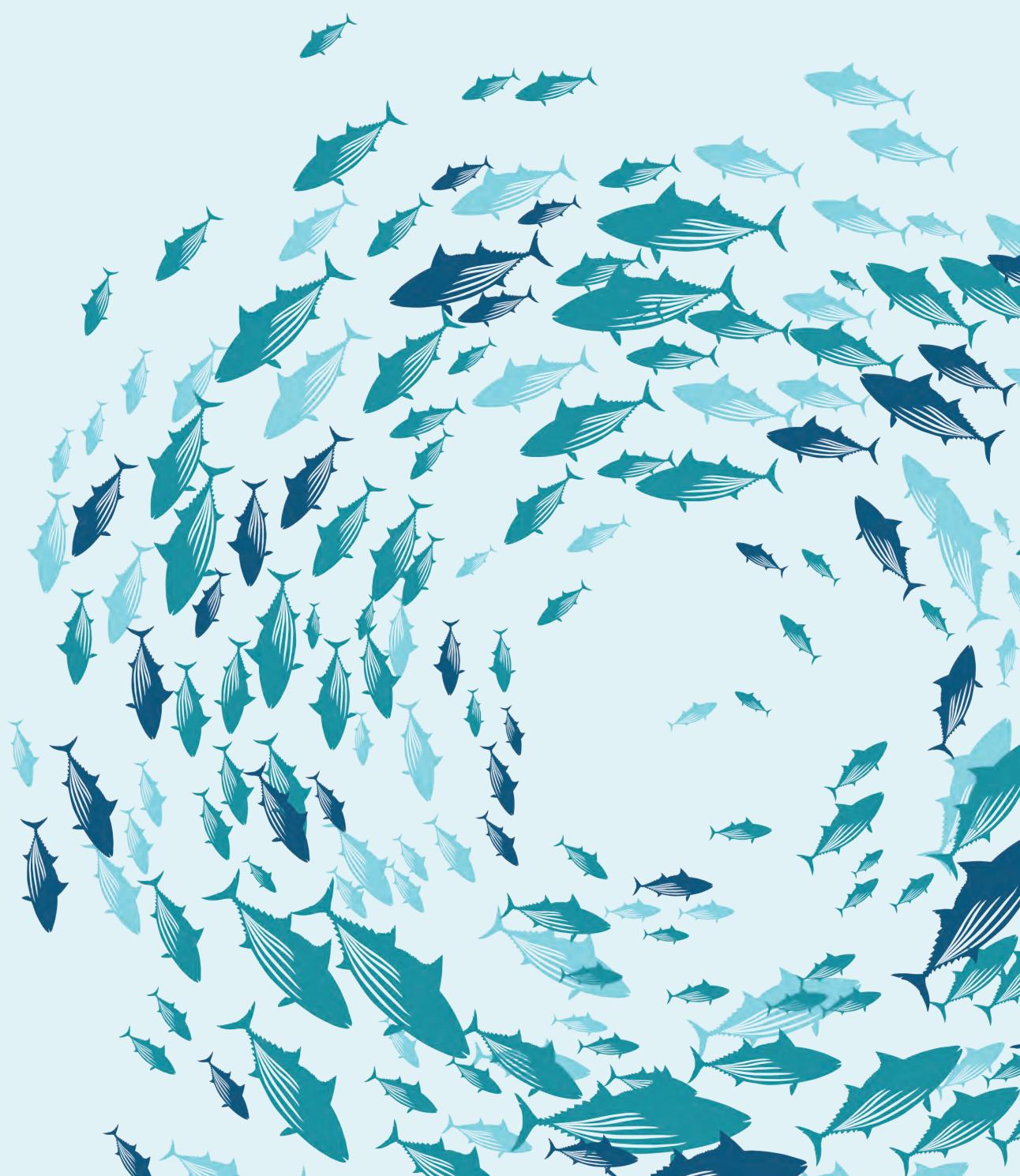
1. Apresentação	09
<i>Elza Kawakami Savaget</i>	
Unidade I – O HABITAT DO BONITO-LISTRADO NO ATLÂNTICO SUDOESTE	
2. A dinâmica oceanográfica da área de pesca do bonito-listrado no Atlântico Sudoeste	15
<i>Lauro A. Saint Pastous Madureira, José Luiz Azevedo, André Brum, Juliano Coletto, Marcelo Pinho, Caroline Varella</i>	
3. Uso de marcas eletrônicas para identificação de padrões de movimentação do bonito-listrado	47
<i>Cassiano Monteiro-Neto, Marcus Rodrigues da Costa, Rafael de Almeida Tubino, Bruno Cesar Luz Macena, Lauro A. Saint Pastous Madureira, Marcelo Pinho</i>	
Unidade II – HISTÓRIA DE VIDA	
4. Fases iniciais do ciclo de vida do bonito-listrado na costa brasileira	65
<i>Mario Katsuragawa, Érico Silva Lima Gomes dos Santos, Claudia Akemi Pereira Namiki, Maria de Lourdes Zani-Teixeira, Yasunobu Matsuura (in memoriam)</i>	
5. Conhecimentos sobre o ciclo de vida do bonito-listrado no Atlântico Sudoeste.....	75
<i>Marcus Rodrigues da Costa, Rafael de Almeida Tubino, Jorge Pablo Castello, Vladmyr S. Mello, Júlia Benevenuti Soares, Gabriel Marcel de Souza Corrêa, Paulo Roberto Camponez de Almeida, Juliano L. Coletto, Cassiano Monteiro-Neto</i>	
6. Genética do bonito-listrado na costa brasileira: conectividade e aspectos demográficos	89
<i>Pedro Hollanda Carvalho, Allan Pierre Bonetti Pozzobon, Anderson Vilasboa Vasconcellos, Guelson Batista da Silva</i>	
7. Ecologia trófica do bonito-listrado na região sudeste e sul do Brasil	107
<i>Juliano L. Coletto, Luciano G. Fischer, Aldrey W. Szepaniuk, Paula A. Catelani, Silvina Botta, Lauro A. Saint Pastous Madureira</i>	
8. Contribuição ao estudo do parasitismo por helmintos em bonito-listrado	123
<i>Aleksandra Menezes de Oliveira, Júlia Peralta Gonçalves, Débora Henrique Salvador Pereira dos Santos, Thamyrez Luiza de Carvalho Ribeiro, Fabiana Daniela Mendonça</i>	

Unidade III – PESCA E SUSTENTABILIDADE

9. Dinâmica da frota de vara e isca-viva no Atlântico Sudoeste	137
<i>Raquel Rennó M. Martins, Fernanda Gonçalves e Silva, Júlia Benevenuti Soares, Cassiano Monteiro-Neto, Marcus Rodrigues da Costa, Rafael de Almeida Tubino, Lauro A. Saint Pastous Madureira, Jorge Pablo Castello</i>	
10. Avaliação de estoque do bonito-listrado no Atlântico Sudoeste	153
<i>Luís Gustavo Cardoso, Jorge Pablo Castello, Marcus Rodrigues da Costa, Rafael de Almeida Tubino, Cassiano Monteiro-Neto, Lauro A. Saint-Pastous Madureira</i>	
11. Panorama da pesca do bonito-listrado com vara e isca-viva no Atlântico Sudoeste	167
<i>Rosane Aparecida Boechat, Cassiano Monteiro-Neto</i>	

Unidade IV – SOCIOECONOMIA NA PESCA DO BONITO-LISTRADO

12. Dinâmica socioeconômica e conflitos sociais na cadeia produtiva do bonito-listrado no estado do Rio de Janeiro	195
<i>José Eduardo Viglio, Samira El Saifi, Lucia da Costa Ferreira</i>	
13. Análise da aceitabilidade de bonito-listrado por escolares da rede pública do município de Macaé	211
<i>Laís Buriti de Barros</i>	
14. Desenvolvimento e perspectivas para a atividade marinho-pesqueira do bonito-listrado	221
<i>Paulo Antônio Zawislak, Ariane Mello Silva Avila, Guilherme Freitas Camboim</i>	
Considerações finais	247
Agradecimentos	251



Apresentação

Elza Kawakami Savaget

Apresentamos o livro Sustentabilidade da Pesca do Bonito-Listrado no Brasil, com informações atualizadas sobre a espécie *Katsuwonus pelamis*, o bonito-listrado. A publicação foi organizada com o objetivo de apresentar um cenário amplo sobre um dos mais importantes recursos marinhos e valiosa *commodity* para a indústria pesqueira brasileira.

A pesquisa fez parte de uma iniciativa criada pelo FUNBIO¹ de *Projeto de Apoio à Pesquisa Marinha e Pesqueira no Rio de Janeiro*, para atender a uma medida compensatória do Termo de Ajustamento de Conduta, conduzido pelo Ministério Público Federal – MPF/RJ, em parceria com o Ibama, relativo aos vazamentos de óleo ocorridos no Campo do Frade, na Bacia de Campos, de responsabilidade da empresa Chevron. Nesta demanda foram aprovados 16 projetos de estudos sobre o meio ambiente marinho, tais como a ecologia de espécies ameaçadas ou de importância pesqueira; os ecossistemas de corais e de costões rochosos; espécies marinhas invasoras; impactos sociais da exploração petrolífera nas comunidades tradicionais; participação feminina na pesca artesanal; monitoramento de desembarque pesqueiro no Rio de Janeiro; e importância nutricional dos principais alvos da pesca.

O Projeto Bonito-Listrado foi um deles, tendo iniciado suas atividades em 2016 e concluído em 2020, com o nome institucional de “Projeto Bonito: ecologia e socioeconomia da pesca de *Katsuwonus pelamis* na costa do Rio de Janeiro visando a avaliação de estoque, o manejo sustentável e sua utilização na alimentação escolar”. Este projeto teve como objetivo principal ampliar o conhecimento sobre a espécie e seu habitat no Brasil, com especial atenção ao estado do Rio de Janeiro, e melhorar o entendimento sobre a dinâmica socioeconômica relacionada aos setores produtivos desse pescado. As informações produzidas pelo projeto, organizadas neste livro, visam contribuir com as políticas públicas para a sustentabilidade da espécie, conectadas às recomendações das agendas internacionais e os compromissos reiterados no documento *Conferência sobre os Oceanos* (2017)², que visam a conservação da biodiversidade do meio ambiente marinho para promover o desenvolvimento sustentável.

Para dar conta dessa abrangência temática, foi realizado um trabalho em parceria com institutos, núcleos de estudos, laboratórios de pesquisas de cinco universidades³ e uma instituição de gestão pesqueira⁴, que, conjuntamente, definiram os objetivos específicos. Dessa forma, os diversos campos de diferentes instituições caracterizam o Projeto Bonito-Listrado como uma pesquisa multidisciplinar.

A característica multidisciplinar ocorre na “participação de distintas áreas de conhecimento, com metas individualizadas sob uma mesma temática aglutinadora”⁵. Mas a abordagem, no processo de produção do conhecimento, foi interdisciplinar. Pois, além de analisar as questões socioeconômicas dos setores produtivos consonantes às recomendações

¹ Disponível em: http://www.funbio.org.br/programas_e_projetos/pesquisa-marinha-e-pesqueira/. Acesso em: 20 abr. 2020.

² O item 8 do documento das Nações Unidas *Conferência sobre os Oceanos* (2017) ressalta “a necessidade de uma abordagem integrada, interdisciplinar e intersetorial, bem como de se aperfeiçoar a cooperação, coordenação e coerência política em todos os níveis [...].” Disponível em: <https://nacoesunidas.org/wp-content/uploads/2019/05/conferencia-oceanos-2017.pdf>. Acesso em: 18 mai. 2020.

³ Universidade Federal do Rio Grande – FURG; Universidade Federal Fluminense – UFF; Universidade Federal do Rio de Janeiro – UFRJ; Universidade Estadual de Campinas – UNICAMP; e Universidade Federal do Rio Grande do Sul – UFRGS.

⁴ Fundação Instituto de Pesca do Estado do Rio de Janeiro – FIPERJ. Instituição de pesquisa das atividades pesqueiras e aquícolas do estado do Rio de Janeiro.

⁵ TOLEDO, P. M. Interdisciplinaridade: aspectos teóricos e questões práticas. In: VIEIRA, I. C.; TOLEDO, P. M.; SANTOS JUNIOR, R. A. *Ambiente e Sociedade na Amazônia*: uma abordagem interdisciplinar. Rio de Janeiro: Editora Garamond, 2014, p. 30.

dos Objetivos do Desenvolvimento Sustentável (ODS – ONU)⁶, “a interdisciplinaridade cria um conhecimento novo que a simples soma dos conhecimentos das áreas envolvidas”, que “ultrapassa os limites de cada disciplina através da adoção de uma meta comum a ser alcançada”⁷, e permite que novas questões possam emergir.

Para viabilizar a prática interdisciplinar no projeto, foram organizados encontros formais, os *workshops* (ws), para provocar o debate, incentivar o diálogo e promover a interação. Anualmente, os pesquisadores se reuniram e apresentaram resultados parciais, enquanto os demais puderam questionar e debater. Essa interação permitiu ampliar as questões, de forma que pudessem ser mais abrangentes e mais esclarecedoras. Além disso, conjuntamente, resolveram problemas que surgiram no decorrer das atividades, e, por fim, puderam planejar parcerias mais diretas para produção de artigos e outros estudos.

Nesse processo, muitas questões sociais foram consideradas a partir de observações do campo das ciências humanas; por outro lado, foi possível entrar em contato com a linguagem e perspectivas de temas investigados pelas especialidades da biologia marinha e das ciências dos oceanos. O bonito-listrado foi a chave para melhorar o entendimento sobre a conexão de fenômenos climáticos no ambiente marinho que afetam a dinâmica das correntes oceânicas, influenciando o comportamento da espécie, que impactam os diversos setores na cadeia produtiva. Esses fatores são exemplos que revelam que o entrelaçamento entre os objetos pesquisados pode ser reforçado com a abordagem interdisciplinar, sobretudo, porque alarga as perspectivas no desenvolvimento temático.

Ao longo de três anos foram realizados três *workshops*: (i) o primeiro, em 11 de novembro de 2016, teve o objetivo de compartilhar as perspectivas de cada objetivo específico, vislumbrar oportunidades de cooperação e, principalmente, institucionalizar os espaços relacionais, visando a consonância na produção do conhecimento; (ii) o segundo, em 15 de setembro de 2018, foi para compartilhar os resultados obtidos desde o início até aquele momento, avaliar as dificuldades e reprogramar alguns objetivos específicos, mas, principalmente, para o planejamento da produção de artigos e estudos conjuntos, bem como avaliar formas de compartilhar o conhecimento produzido para um público mais amplo; (iii) o terceiro aconteceu em agosto de 2019, quando foram apresentados resultados mais conclusivos de alguns estudos, parciais em outros, mas conjuntamente conseguiram acordar sobre a possibilidade de publicar um livro sobre os temas pesquisados.

O livro *Sustabilidade da Pesca do Bonito-listrado no Brasil* é, portanto, o resultado do compromisso estabelecido entre os pesquisadores de produzirem textos que representam os três anos de pesquisa, organizados em quatro unidades temáticas, com a finalidade de agrupar capítulos com perspectivas que dialogam entre si. A primeira unidade trata sobre *O habitat do bonito-listrado no Atlântico Sudoeste*, e é composta por dois capítulos: o primeiro, *A dinâmica oceanográfica da área de pesca do bonito-listrado no Atlântico Sudoeste*, descreve o comportamento das correntes marinhas relacionado à topografia da Plataforma Continental Sul e Sudeste, que influenciam os locais de preferência dos cardumes. A intensificação de fenômenos climáticos é um dos principais elementos de análise apresentado em um dos estudos de caso, correlacionado ao processo de modernização visando a sustentabilidade de uma importante empresa do setor industrial. O estudo evidencia os resultados da parceria entre empresa privada e instituto de pesquisa. O segundo, *Uso de marcas eletrônicas para identificação de padrões de movimentação do bonito-listrado*, apresenta uma experiência inédita no Brasil, de marcação de espécimes do bonito-listrado com a finalidade de refinar dados e confirmar pressupostos sobre a movimentação da espécie no oceano. Esse experimento, no âmbito do Projeto Bonito-listrado, mostrou que, para aprimorar a informação, será necessário o desenvolvimento de mais pesquisa, incentivos e fomentos, tanto para experimentar novas tecnologias, quanto para aprimorar as atuais.

⁶ Disponível em: <https://nacoesunidas.org/pos2015/>. Acesso em: 18 mai. 2020.

⁷ TOLEDO, op. cit., p. 30.

O tema da segunda unidade é a *História de Vida* da espécie, apresentada em cinco capítulos. O primeiro descreve as *Fases iniciais do ciclo de vida do bonito-listrado na costa brasileira* e a sua distribuição, nesta fase, na região. O capítulo chama a atenção para a necessidade de mais estudos sobre a fase inicial a fim de compreender melhor os fatores que “afetam a distribuição e a sobrevivência da espécie nesta fase”, dada a importância comercial do bonito-listrado. O segundo capítulo, *Conhecimentos sobre o ciclo de vida do bonito-listrado no Atlântico Sudoeste*, apresenta um estudo sobre a espécie na fase adulta, a partir de amostras obtidas de barcos de pesca. As análises relacionam os tamanhos dos peixes, em peso e comprimento, às áreas geográficas e estações do ano. Apresentam ainda dados que caracterizam o peixe em fase de reprodução, que podem nortear ações visando a sustentabilidade no manejo da pesca, considerando que pescar indivíduos em fase reprodutiva representa um risco para o futuro. O terceiro capítulo, *Genética do bonito-listrado na costa brasileira: conectividade e aspectos demográficos*, é uma abordagem genética e genômica de análises populacionais e filogeográficas do bonito-listrado a partir de amostras das regiões Sul, Sudeste e Nordeste. O objetivo foi verificar a conectividade e a diversidade genética da espécie, através do sequenciamento de DNA de amostras coletadas nesses diferentes locais. Os dados verificados demonstram que ainda não há um indicativo de declínio populacional, mas os pesquisadores chamam a atenção para a necessidade de mais estudos para melhorar esses dados. O quarto capítulo, *Ecologia trófica do bonito-listrado na região sudeste e sul do Brasil*, analisa o conteúdo estomacal de peixes capturados em diferentes regiões. De acordo com o que foi encontrado, os pesquisadores caracterizaram o comportamento alimentar da espécie correlacionando-a com a diversidade biológica marinha por região. A partir das informações disponíveis nos bancos de dados sobre a dieta alimentar dos peixes, foi possível, por exemplo, avaliar as alterações ambientais. O quinto capítulo, *Contribuição ao estudo do parasitismo por helmintos em bonito-listrado no Atlântico Sudoeste*, apresenta dados que chamam a atenção pelo número de ocorrências de parasitos encontrados em relação ao número de peixes analisados. Considerando o alto valor comercial na cadeia do bonito-listrado, os dados apresentados apontam para a necessidade de mais pesquisas, sobretudo sobre o ambiente marinho, o habitat dos peixes, e sobre as possíveis causas dos índices de ocorrência verificados.

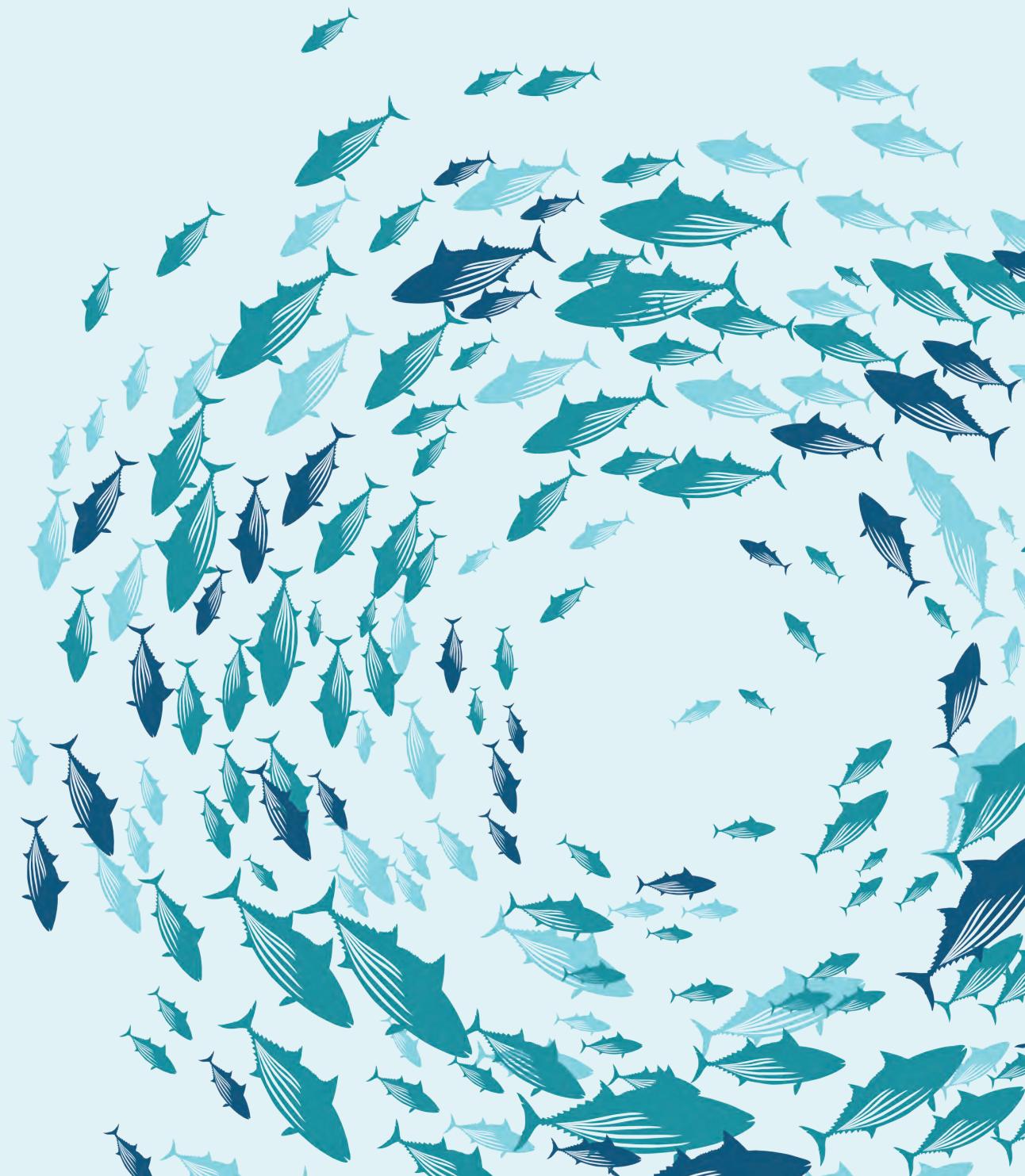
A terceira unidade temática é sobre a *Pesca e sustentabilidade*, e é composta por três capítulos que apresentam enfoques que visam a sustentabilidade da pesca do bonito-listrado a partir de dados disponíveis. Os capítulos reafirmam a necessidade de mais pesquisas e, ressaltam a importância de políticas de sistematização de dados sobre a atividade pesqueira. O primeiro, *Dinâmica da frota de vara e isca-viva no Atlântico Sudoeste*, analisa a sustentabilidade da pesca através da dinâmica das frotas, tomada como ferramenta, e identifica as diferenças das estratégias de pesca adotadas pelas frotas do Rio de Janeiro e do Rio Grande do Sul, tais como tecnologia de pesca, padrões de deslocamento entre áreas de pesca e composição da captura. O segundo, *Avaliação de estoque do bonito-listrado no Atlântico Sudoeste*, apresenta a construção de cenários, a partir de modelo matemático, que visam a sustentabilidade da espécie. São construções baseadas em dados e informações científicas, cujas projeções fornecem informações fundamentais para enxergar a situação desse recurso natural. O terceiro capítulo, *Panorama da pesca do bonito-listrado com vara e isca-viva no Atlântico Sudoeste* resulta de uma busca de informações sobre esta arte de pesca, desde o ano de 1979 até 2018. É uma abordagem angulada nos dados estatísticos da produção pesqueira, disponíveis nos relatórios de diversas instituições gestoras da pesca no Brasil. Acrescido de quadros sobre a produção científica durante os períodos, o texto sugere a correlação da pesquisa com a expansão da atividade. As análises geradas pelos pesquisadores reforçam a necessidade de estabelecer uma política pública para melhorar a coleta de dados com mais pesquisas, além de estratégias de gestão eficientes, que garantam a sustentabilidade desta pesca.

A quarta unidade, *Socioeconomia na pesca do bonito-listrado* apresenta três capítulos que evidenciam a questão social. O primeiro, *Dinâmica socioeconômica e conflitos sociais na cadeia produtiva do bonito-listrado no estado do Rio de Janeiro*, procura identificar o perfil dos trabalhadores que integram a cadeia produtiva no estado do Rio de Janeiro. Após verificarem que informações de algumas bases de dados oficiais não refletem a categoria, os pesquisadores foram a campo para coletar informações diretas, acompanharam desembarques industriais e artesanais, e entrevistaram pessoas envolvidas na cadeia. A experiência do contato direto com as pessoas, somada às análises do conteúdo das entrevistas coletadas, permitiu identificar os tipos de problemas que o setor enfrenta, como, por exemplo, os aspectos restritivos de normas e leis, do ponto de vista ambiental e de segurança; fatores relacionados à sazonalidade na disponibilidade da isca-viva, os momentos de escassez do pescado; dificuldades de modernização das embarcações; e a “instabilidade e lacunas de gestão e de políticas de fomento ao setor pesqueiro”. O estudo de caso sobre a pesca do bonito-listrado no estado do Rio de Janeiro reafirma a importância de pesquisas interdisciplinares para enxergar os elementos que configuram as arenas de conflitos sociais de um dos mais cobiçados recursos marinhos de alto valor industrial. O segundo, *Análise da aceitabilidade de bonito-listrado por escolares da rede pública do município de Macaé*, traz uma abordagem social indireta, considerando que se trata de recurso natural extraído de águas brasileiras, de alto valor nutritivo, que poderia contribuir para complementar dietas pobres em proteínas em todo o país. No âmbito do Projeto Bonito-listrado, esse objeto de pesquisa visou especificamente disponibilizar dados para sugerir aos agentes do Programa Nacional de Alimentação Escolar (PNAE) a adoção do peixe na merenda escolar, com a finalidade de enriquecer a merenda com proteína de alta qualidade. O terceiro, *Desenvolvimento e perspectivas para a atividade marinho-pesqueira do bonito-listrado*, também visa o aspecto social e econômico. Os pesquisadores apresentam dados sobre o baixo consumo de pescado no país, e, em vista disso, fazem um amplo diagnóstico da atividade pesqueira, analisando detalhadamente a estrutura da cadeia produtiva do bonito-listrado, “ressaltando suas dimensões mercadológicas”, comparando ao processo histórico de estruturação e modernização da cadeia de produção de frangos e de suínos ao longo dos últimos 50 anos. O objetivo é exemplificar e ilustrar a complexidade de processos necessários para fomentar o desenvolvimento do setor, visando o aumento do alcance social no consumo do pescado bonito-listrado. O capítulo oferece um Plano de Desenvolvimento com análises detalhadas das dimensões: institucional, técnico-operacional e mercadológica. A partir dessas análises, o capítulo apresenta perspectivas para o desenvolvimento da atividade marinho-pesqueira no Brasil, organizadas em quatro focos: custos, consumo, sustentabilidade e geração de valor.

Os capítulos que compõem *Sustentabilidade da Pesca do Bonito-listrado no Brasil* são estudos, que visam melhorar o entendimento sobre esse importante recurso natural marinho e os aspectos relacionados às atividades socioeconômicas. O objetivo é que as informações aqui apresentadas possam contribuir para que sustentabilidade em toda a sua abrangência da pesca seja efetiva. O livro faz parte do processo interdisciplinar de compartilhar o conhecimento, de disponibilizar as informações produzidas, facilitar o acesso àqueles que buscam ampliar a compreensão sobre o tema. Mas, sobretudo, reforçar o valor das pesquisas científicas multidisciplinares.

Unidade I

O HABITAT DO BONITO-LISTRADO NO ATLÂNTICO SUDOESTE



Lauro A. Saint Pastous Madureira,
José Luiz L. Azevedo,
André L. Brum, Juliano L. Coletto,
Marcelo P. Pinho, Caroline M. Varela

Introdução e Antecedentes

As regiões sul e sudeste do Brasil abrangem a zona costeira, a plataforma continental e o talude entre o Cabo de São Tomé-RJ ($22^{\circ}00' S$ e $41^{\circ}30' W$), no seu limite norte, e uma linha imaginária oceânica entre o Brasil e o Uruguai, na posição do Chuí-RS ($33^{\circ}44' S$ e $53^{\circ}16' W$), no seu limite sul.

Rossi-Wongtschowski & Madureira (2006) organizaram um extensivo trabalho com diferentes autores sobre o ambiente oceanográfico desta região, incluindo: a) estrutura termohalina e circulação oceânica; b) climatologia e recursos pesqueiros; c) composição das massas de água e seus potenciais produtivos; d) produção primária do fitoplâncton na região entre o cabo de São Tomé (RJ) e o Chuí (RS); e) distribuição do zooplâncton marinho e do ictioplâncton; f) produção de peixes demersais, além da sua hidrografia e produção biológica. Os conhecimentos reunidos no referido estudo são fundamentais para a compreensão do ambiente oceanográfico da região sudeste e sul e de sua produção pesqueira. Uma parcela significativa do capítulo desenvolvido e apresentado a seguir evoluiu com base neste trabalho.

Madureira & Rossi-Wongtschowski (2005), em um estudo na região sudeste-sul do Brasil (SE/S), entre o Cabo de São Tomé (RJ) e o Chuí (RS), com foco em espécies forrageiras, avaliaram a distribuição, abundância e interações ambientais de espécies pelágicas de pequeno a médio porte. O estudo foi dividido em duas partes onde, na primeira, constam os resultados sobre a distribuição, a abundância e as interações ambientais destas espécies pelágicas na plataforma, talude e região oceânica. Dois aspectos chamaram, então, a atenção dos autores deste estudo. Em primeiro lugar, a enorme diversidade encontrada, sendo a maioria formada por espécies forrageiras e que constituem o alimento de espécies de maior porte, incluindo o bonito-listrado. Em segundo lugar, mas não menos relevante, é o fato de que as forrageiras desempenham um importante papel na transferência de energia no ecossistema, sendo que este estudo foi o primeiro a mostrar sua importância ecológica na costa brasileira. Na segunda parte, os autores avaliam as biomassas das espécies em análise. O referido estudo foi complementado com a importante contribuição da edição do livro de Rossi-Wongtschowski & Madureira (2006), o qual tinha a pesca oceânica e a biodiversidade da região sudeste/sul como objetos de análise.

No entanto, os dois trabalhos mencionados não abordaram a questão dos predadores de topo, como, por exemplo, os tunídeos. Desta forma, para preencher parcialmente esta lacuna, o presente capítulo dará continuidade aos estudos que envolvem recursos pesqueiros e o ambiente oceanográfico, neste caso, com foco na espécie bonito-listrado (*Katsuwonus pelamis*).

É interessante observar que esta espécie se desloca ao longo de toda a região SE/S do Brasil, como é descrito nos Capítulos 9, 10 e 11. Neste sentido, os estudos pretéritos acima mencionados, em particular o de Madureira & Rossi-Wongtschowski (2005), complementam

as mais recentes observações sobre a dieta do bonito-listrado e, em conjunto, permitem ampliar o conhecimento sobre a bioecologia desta espécie, incluindo novas informações sobre as próprias forrageiras (vide Capítulo 7). Além das atualizações sobre a dieta e a bioecologia, este livro contém descrições sobre a pesca (Capítulo 9, 10 e 11), a cadeia produtiva (Capítulo 14) e aspectos socioeconômicos, associados ao bonito-listrado (Capítulo 12).

Conforme Matsuura & Andrade (1999) e Andrade (1996), as áreas com concentrações de bonito-listrado deslocam-se das menores para as maiores latitudes de acordo com o progresso das estações do ano, chegando ao extremo sul da costa brasileira no verão, onde áreas de maiores concentrações podem ser encontradas próximas da Zona de Convergência Subtropical (ZCST).

O Ministério do Meio Ambiente (MMA, 2006), em uma revisão sobre os recursos pesqueiros do Brasil, confirma que o bonito-listrado é a espécie de tunídeo mais abundante no país, ocorrendo em densidades mais altas na plataforma intermediária e no talude superior. Vilela & Castello (1993) ilustraram a área de distribuição da espécie em águas brasileiras de acordo com os mapas de bordo da frota comercial e com os resultados dos cruzeiros de pesca exploratória com rede de cerco na região sul (HABIAGA *et al.*, 1986; CASTELLO & HABIAGA, 1989). Estes autores indicaram que a distribuição da espécie dependia da distribuição da temperatura na camada superficial do mar (TSM) e, além disso, informaram que a temperatura média de maior ocorrência da espécie era de 23,3°C, numa amplitude de 17,8° a 26,2°C.

Área de Pesca do Bonito-Listrado nas Regiões Sudeste e Sul do Brasil

O setor da costa brasileira formalmente denominado de Região Sudeste-Sul tem uma extensa plataforma continental que pode ser dividida em Plataforma Continental Sudeste (PCSE) e Plataforma Continental Sul (PCS), tendo como base as suas características geomorfológicas (ROSSI-WONGTSCHOWSKI & MADUREIRA, 2006).

A PCSE se estende desde o Cabo de São Tomé-RJ (22°02' S e 041°03' W) até o Cabo de Santa Marta Grande-SC (28°36' S e 48°48' W), com a sua parte mais extensa (~230 km) localizada em frente à cidade de Santos. Seus trechos mais estreitos localizam-se nas proximidades de Cabo Frio (~50 km) e do Cabo de Santa Marta Grande (~70 km) (CASTRO *et al.*, 2003), conforme pode ser observado na figura 1.

A topografia da PCSE é suave sobre a plataforma continental, com as isóbatas dispondo-se de forma praticamente paralela à linha da costa e onde a profundidade da quebra da plataforma varia entre 120 m e 180 m. A área total estimada da PCSE é de aproximadamente 150.000 km² (e.g., ZEMBRUSKI, 1979; PINHO *et al.*, 2011).

A Plataforma Continental Sul (PCS), por sua vez, está localizada entre o Cabo de Santa Marta Grande e a divisa oceânica Brasil-Uruguai (Arroio Chuí-RS – 34°44' S e 53°22' W). É interessante observar que os pescadores se referem a esta divisa como “a risca”, em analogia a um traçado que era feito nas antigas cartas náuticas de papel, publicadas pela Marinha do Brasil. Esta é uma divisão puramente geopolítica (REVIZEE, 2006).

O setor norte da PCS é mais estreito, com aproximadamente 110 km, alargando-se para o sul até atingir 170 km na região do Cone de Rio Grande (vide figura 1). O limite costeiro e a topografia do fundo submarino são relativamente uniformes (FIGUEIREDO & TESSLER, 2004; FIGUEIREDO & MADUREIRA, 2004; COOKE *et al.*, 2007; LUMI COSTA *et al.*, 2013).

As águas costeiras e oceânicas que fluem nas regiões sudeste e sul estão sob a ação dinâmica da convergência das Correntes do Brasil (CB) e das Malvinas (CM), formando o limite oeste da Convergência Subtropical (CS) (CASTRO *et al.*, 2003; CASTRO & MIRANDA, 1998; PIOLA *et al.*, 2000), setor onde Matsuura & Andrade (1999), Andrade (1996), Lima *et al.* (1996) e Andrade (2003) indicaram elevadas concentrações de bonito-listrado, tendo por base os mapas de bordo da frota pesqueira desta espécie.

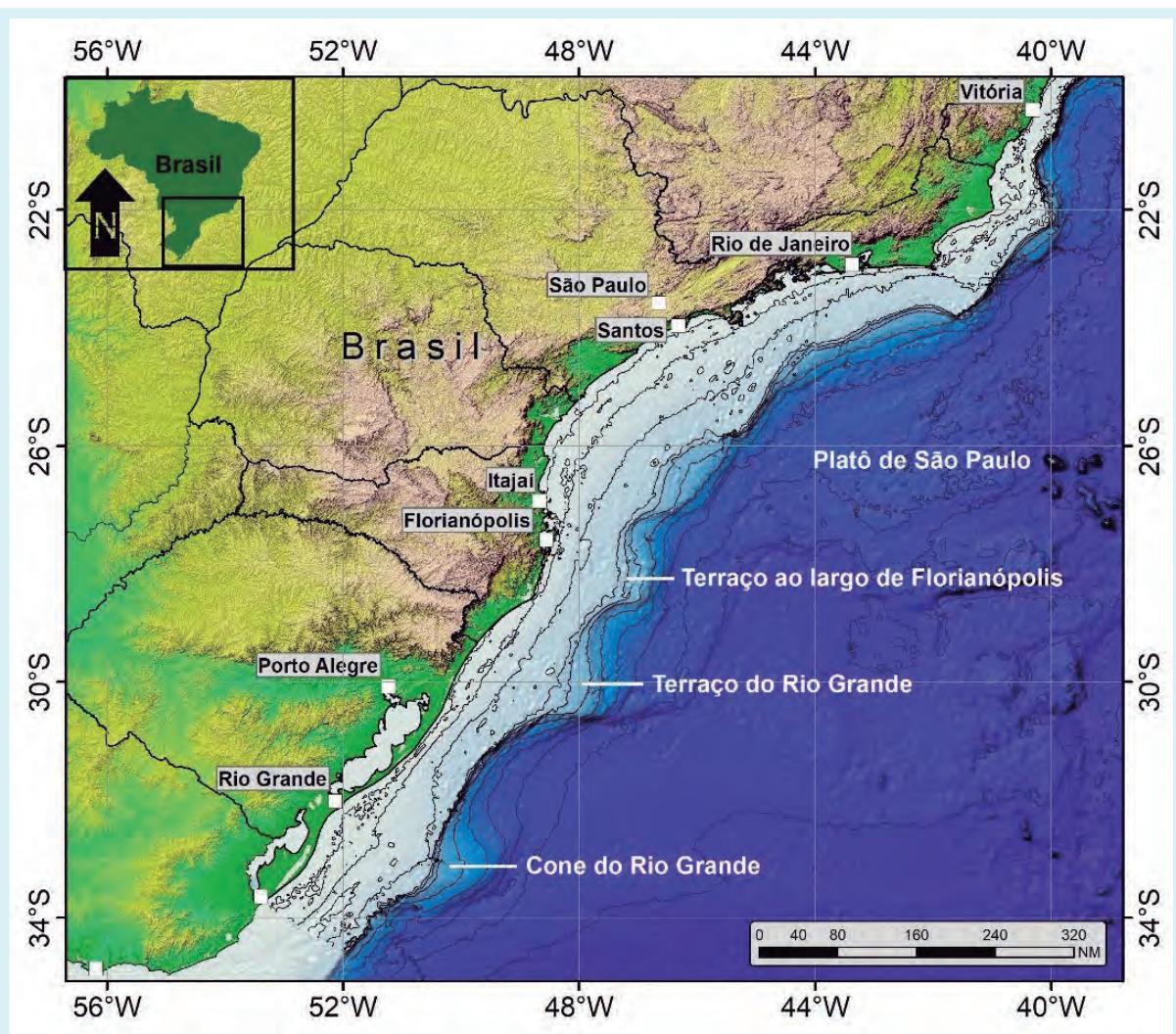


Figura 1. Margem continental Sudeste sul do Brasil e suas principais feições.

No Atlântico Sul, a Corrente do Brasil é a corrente de contorno que forma o braço oeste do Giro Subtropical. Correntes de contorno oeste são caracterizadas por fluxos intensos, estreitos e bem definidos, fluindo ao largo de margens continentais ou do talude (e.g., CASTRO *et al.*, 2003). É importante destacar que a Corrente do Brasil avança, com frequência, sobre a plataforma continental e causa impactos na distribuição da ictiofauna, das espécies forrageiras e dos predadores, conforme os dados de pesca mostraram na sequência.

A Corrente do Brasil flui para sul e é formada pelo empilhamento de massas de água características do Atlântico Sul, ou seja, a Água Tropical (AT), a Água Central do Atlântico Sul (ACAS) e a Água Costeira (AC). A estrutura termohalina e a circulação na região SE/S, entre o Cabo de São Tomé (RJ) e o Chuí (RS), estão extensivamente descritas em Belmiro *et al.* (2006), no Capítulo 2 de Rossi-Wongtschowski & Madureira (2006), dentre inúmeros outros trabalhos.

Na PCSE, a região de Cabo Frio é caracterizada pela ocorrência de ressurgências devido ao regime de ventos incidentes de NE, que resultam em um transporte de águas costeiras em direção à plataforma, como consequência do transporte de Ekman. A figura 2 ilustra um evento de ressurgência em Cabo Frio, que se desenvolveu, principalmente, entre os dias 26/12/2019 e 03/01/2020, quando dias contínuos de vento NE causaram um resfriamento gradativo na área, que se acentua para oeste.

As ressurgências de quebra de plataforma observadas na região são determinadas pelo padrão de meandramento da Corrente do Brasil e pelos vórtices formados por esta corrente (e.g., CAMPOS *et al.*, 1995). Provavelmente, uma das fontes de perturbação que pode levar à

geração de vórtices nessa área é o efeito da topografia local sobre o fluxo básico (VELHOTE, 1998) e a mudança na orientação da linha de costa na região de Cabo Frio (CAMPOS *et al.*, 1995). A figura 3^a ilustra uma série de vórtices ciclônicos e anticiclônicos, aproximadamente alinhados com o talude, gerados pelo meandramento da Corrente do Brasil no seu deslocamento para o sul. A figura 3b apresenta a respectiva distribuição da concentração de clorofila na superfície, resultante da atuação dos giros ciclônicos que bombeiam águas frias e ricas em nutrientes de regiões mais profundas da coluna d'água para regiões mais superficiais em direção à ação da luz solar (KLEMAS, 2013).

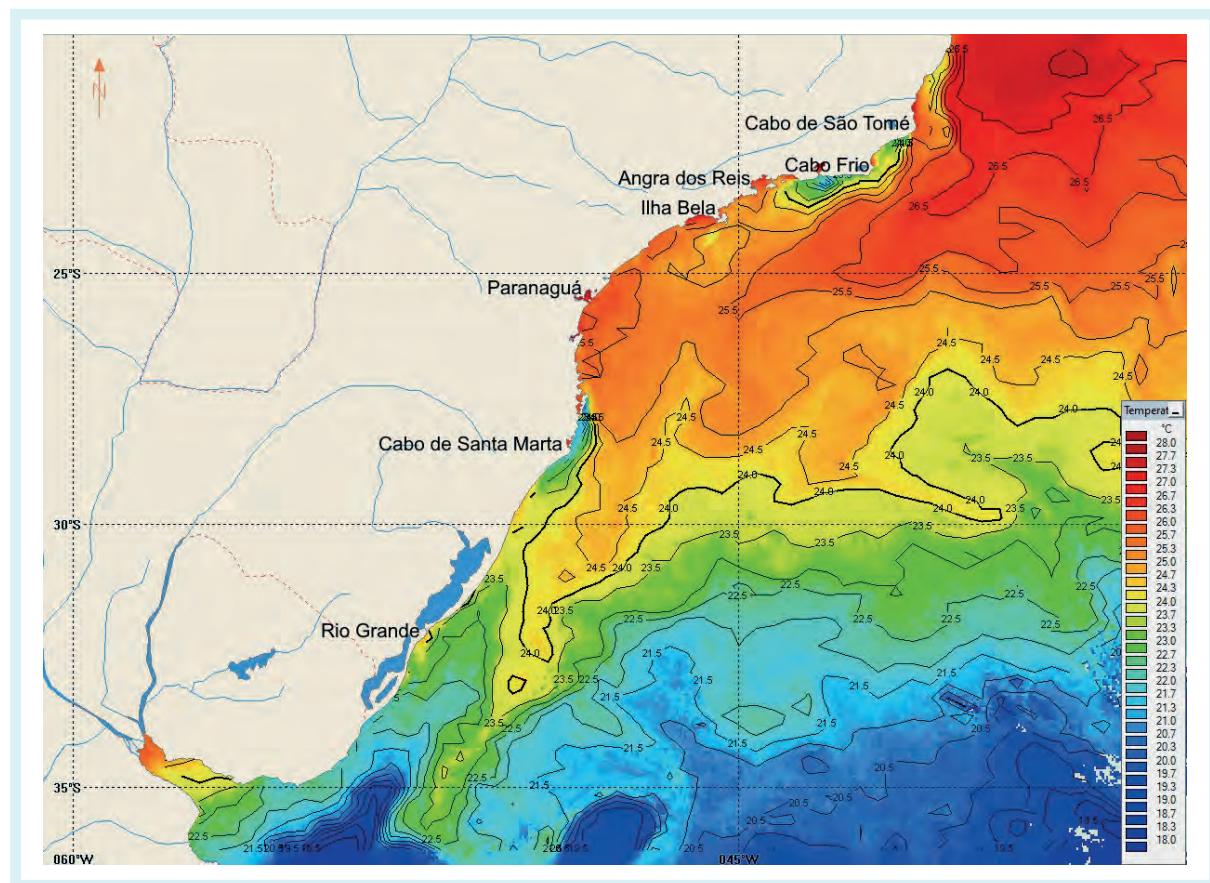


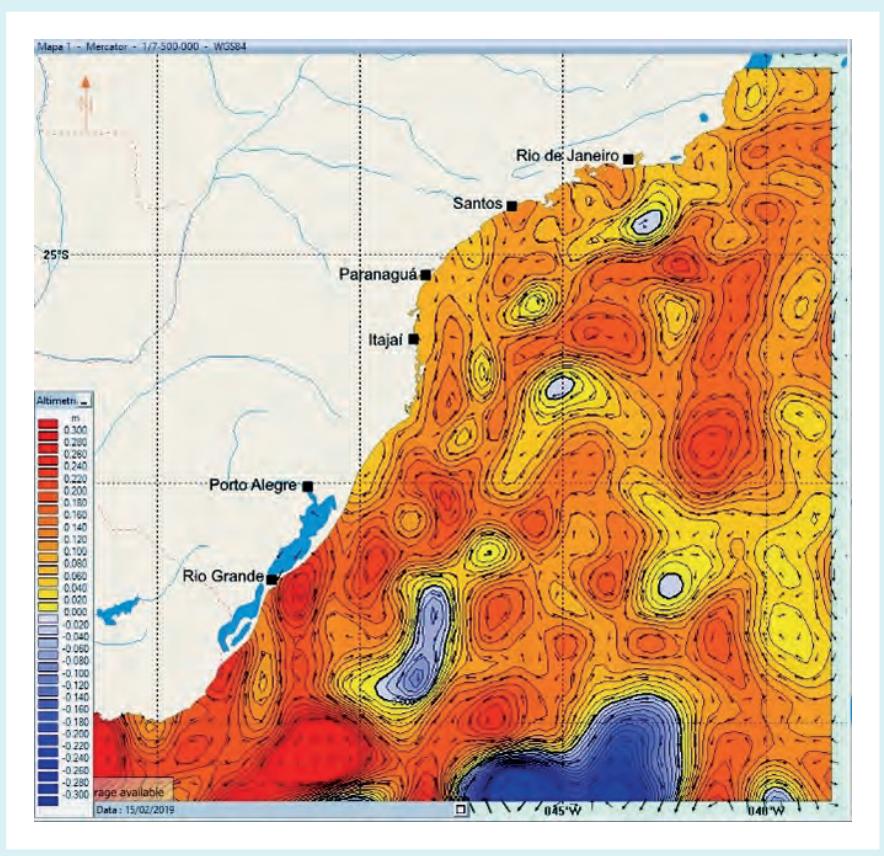
Figura 2. Imagem de TSM do dia 03/01/2020 (escala de cores que abrange valores de temperatura entre 19,4°C e 28,4°C). Observa-se na área entre o Cabo de São Tomé e Cabo Frio, até as proximidades de Angra dos Reis, a ocorrência de ressurgência (em cor azul). Ao sul/sudoeste de Ilhabela até as proximidades de Paranaguá (PR), observa-se uma área com uma cor alaranjada, ou um vermelho menos intenso do que dos demais setores da Corrente do Brasil. Nesta área localiza-se o talude e é um indicativo da proximidade da ACAS da superfície. Na região ao sul do Cabo de Santa Marta também aparece uma zona de ressurgência.

No verão, a predominância de ventos do quadrante norte, especialmente de nordeste, favorece a incidência de ressurgências de quebra de plataforma na região norte e central da PCSE, a intrusão da ACAS na plataforma interna e a presença de uma termoclinia sazonal.

Na figura 2, mencionada anteriormente, observa-se ressurgência na área entre o Cabo de São Tomé, passando por Cabo Frio, até as proximidades de Angra dos Reis. Ao sul/ sudoeste de Ilhabela até as proximidades de Paranaguá (PR) observa-se uma área com cor alaranjada, ou avermelhada menos intensa do que nos demais setores da Corrente do Brasil. Nesta área se localiza o talude e é um indicativo da proximidade da ACAS da superfície. Na região ao sul do Cabo de Santa Marta também aparece uma zona de ressurgência.

Nos períodos de inverno, os ventos do quadrante sul podem induzir condições de subsidência de águas, enfraquecendo a termoclina e forçando a ACAS em direção à quebra de plataforma (CASTRO & MIRANDA, 1998).

(a)



(b)

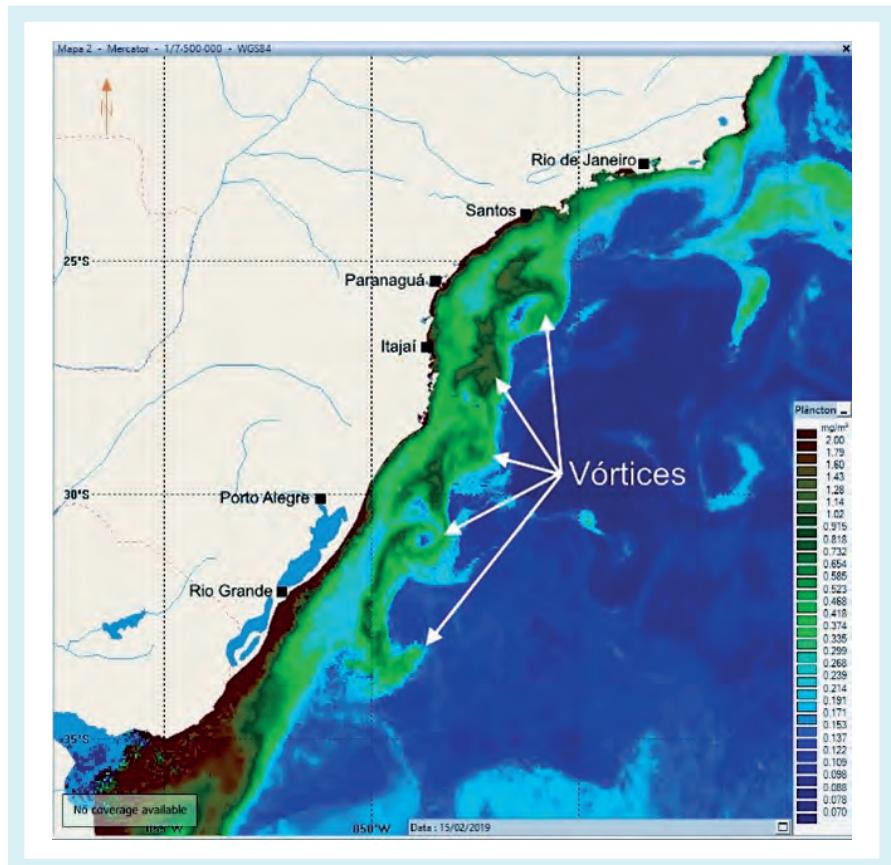


Figura 3. (a) Altimetria da região SE/S mostrando vórtices gerados pelo meandramento da Corrente do Brasil, onde cores quentes (alaranjadas) estão associadas com vórtices anticlônicos, de núcleo quente, que apresentam elevação da superfície do mar, enquanto cores frias (azuladas) estão associadas aos vórtices ciclônicos de núcleos frios, com rebaixamento da superfície. (b) Concentração de clorofila apresentando o impacto dos vórtices ciclônicos para a mesma região.

A figura 4 apresenta uma sequência de 8 dias de vento N/NE em Cabo Frio, iniciada no dia 26/12/2019 e se estendendo até o dia 02/01/2020, e mostra a intensificação de um processo de resfriamento de águas superficiais no sentido oeste, especialmente no dia 01/01/2020.

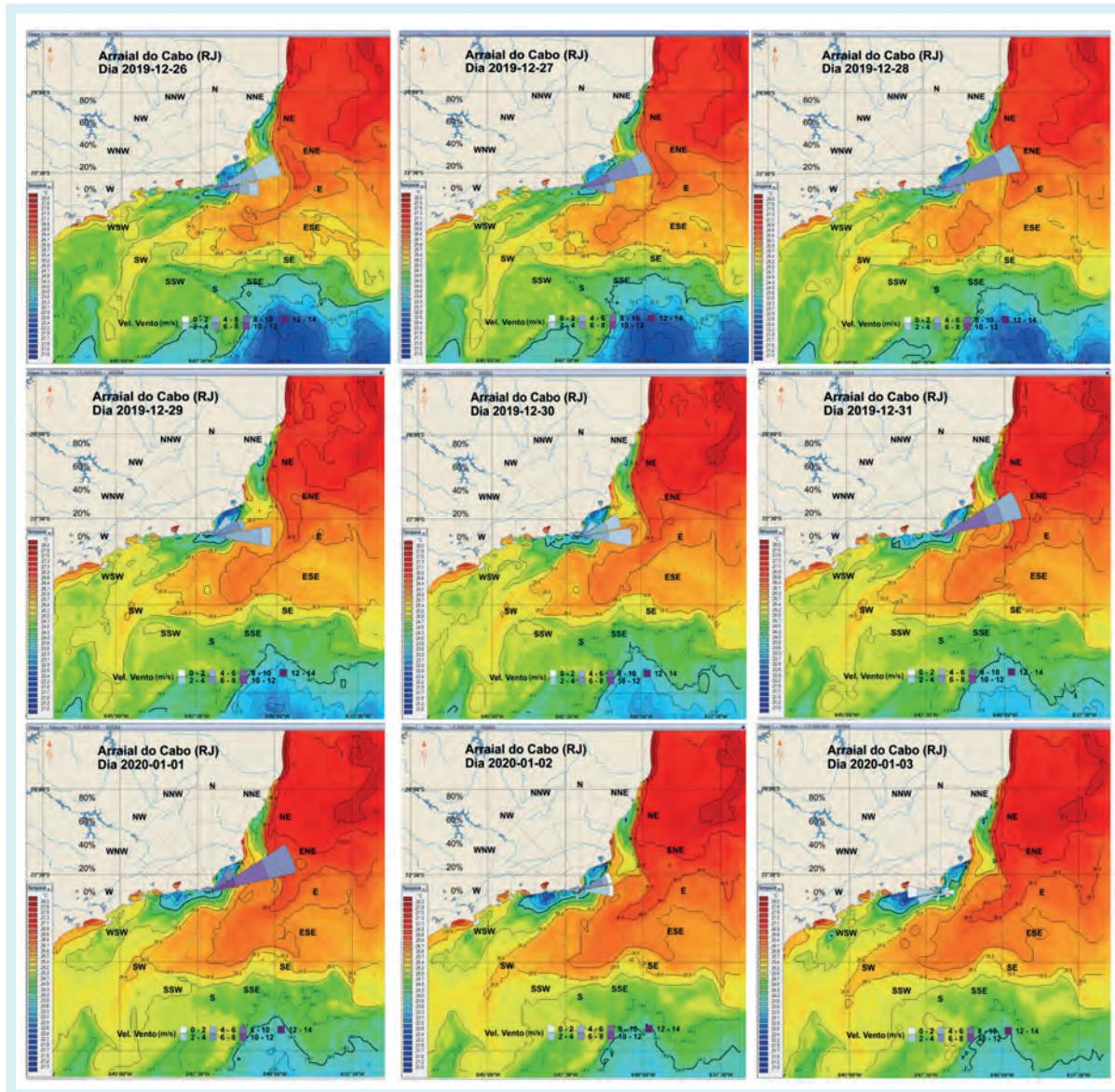


Figura 4. Dinâmica da TSM na região de Cabo Frio entre os dias 26/12/2019 e 03/01/2020, sob diferentes regimes de vento.

Na mesma figura, observa-se ainda a virada do vento para oeste no dia 03/01/2020 e o gradual aquecimento das águas da região, com a CB sobrepondo-se à ACAS, que recua. A dinâmica oceânica no entorno de Cabo Frio e do Cabo de São Tomé será mais bem detalhada ao final deste capítulo.

Estudos das águas costeiras e oceânicas da plataforma continental e ao largo, abrangendo a Zona Econômica Exclusiva (ZEE) da PCSE e PCS do Brasil, sugerem que a distribuição das propriedades hidrográficas das massas de água e sua circulação são condicionadas por forçantes meteorológicas, pelas correntes de contorno oeste de origem tropical e subtropical, bem como pela influência direta ou remota da descarga fluvial de sistemas estuarinos e lagunares (GARCIA *et al.*, 1998; CASTRO *et al.*, 2003; BELMIRO *et al.*, 2006).

A distribuição de temperatura e salinidade no inverno e verão confirma a ideia de que o meandramento induzido por ressurgência de quebra de plataforma tem um importante papel no bombeamento da ACAS da região do talude para a plataforma continental (CAMPOS *et al.*, 2000).

Na PCS, a região da ressurgência do Cabo de Santa Marta Grande é caracterizada por uma água de plataforma frequentemente estratificada, com águas quentes e salgadas na superfície, de origem na CB, e águas frias, menos salinas e ricas em nutrientes, da ACAS (e.g., CASTRO *et al.*, 2003).

A Pesca do Bonito-Listrado

Utilizaremos a menção à ACAS e sua ascensão à superfície para abrir uma janela que possibilite nos colocar em contato, pelo menos imaginário, com barcos de pesca que trabalham no mar, na pesca do bonito-listrado. Estes barcos, genéricos por enquanto, operam mais de 90% de seu tempo sem ter contato visual com terra. De fato, até não muito tempo atrás, digamos 20 anos, o contato com terra era restrito às comunicações via rádio SSB (*Single Side Band*), que exigiam uma grande quantidade de tempo para estabelecer comunicação, que era de baixa qualidade e restrita apenas a voz, pelo menos até a fase FAX, quando começaram a chegar a bordo as cartas meteorológicas.

O gigante avanço tecnológico, que desde aqueles tempos (anos 1980, 1990) vem sendo desenvolvido, permitiu que quaisquer produtos passíveis de comunicação via internet pudessem chegar a bordo. De uma situação que estabelecia um quase desconhecimento do que acontecia em terra, mudou-se para outra, na qual não há nada que se passe no planeta que não se saiba de forma imediata a bordo.

De volta à ascensão da ACAS, se esta massa de água ascende em direção à superfície e se diferencia termicamente da CB, e sabendo-se que os satélites artificiais captam estas diferenças térmicas, assim como a cor dos oceanos, e ainda mensuram remotamente outras variáveis do ambiente marinho e as comercializam, então, aqueles barcos que se deslocavam sobre gigantes volumes com baixíssima informação têm agora a oportunidade de se colocarem em outro patamar. A ciência denominada de Oceanografia Operacional (ARVIDSON *et al.*, 2000; KLEMAS, 2013) foi associada à pesca e tem apresentado resultados surpreendentes que serão explorados na sequência.

A conexão entre imagens satelitais e pesca de bonito-listrado na costa do Brasil não é nova, Andrade & Garcia (1999) e Andrade (2003), já tratavam das relações entre TSM, frentes térmicas e o bonito-listrado. Entre o período daqueles estudos e o atual, o desenvolvimento da Oceanografia Operacional foi imenso, mas, no Brasil, pouco tem chegado à pesca. Alguns aspectos sobre este tema são discutidos no Capítulo 3. No entanto, houve uma situação na qual a tecnologia chegou aos barcos de pesca de bonito-listrado, e ela será descrita ao longo deste capítulo.

No início do ano de 2013, as Indústrias Alimentícias Leal Santos Ltda., empresa proprietária de 6 barcos de pesca de bonito-listrado, com 25 anos de tradição nesta atividade e 130 anos desde sua criação, estabeleceu contato com o grupo de pesquisa da Universidade Federal do Rio Grande (FURG), o qual apresenta este capítulo. A empresa havia adquirido 7 licenças do Software CATSAT¹, sendo 6 para instalação a bordo dos 6 barcos de pesca da empresa e 1 licença para uma base operacional em terra. O CATSAT é um software para auxílio nas decisões que devem ser tomadas para a otimização da operacionalidade de embarcações

¹ CATSAT (www.catsat.com) is an Oceanographic service for fishermen developed by CLS company. CLS (<https://www.cls.fr/en/>), a subsidiary of CNES and CNP, is a worldwide company and pioneer provider of monitoring and surveillance solutions for Earth since 1986. The company is exclusive provider of ARGOS environmental data. CATSAT service is the result of CLS' expertise in satellite technology and Oceanography. It is an integrated solution with the highest resolution available oceanographic maps, meteorological products and fishing oriented tools, all in a user friendly GIS software. CATSAT also offers the support of a team of oceanographers, helping in oceanographic interpretation and decision making to captains while at sea. As a consequence of all the mentioned, it is currently used by the most modern fishing vessels in the three oceans, being nowadays the leader in oceanographic services in the fishing industry.

que atuam na pesca de recursos pelágicos (CATSAT, 2015). Como é sabido, espécies de peixes pelágicos não se distribuem aleatoriamente, mas condicionadas por determinadas variáveis ambientais que definem seus habitats (AGENBAG *et al.*, 2003; ACHA *et al.*, 2004; MUGO *et al.*, 2010).

O problema da Leal Santos, no entanto, era que encontravam dificuldades na operação do software, na interpretação das imagens satelitais, assim como no aproveitamento do potencial das informações disponíveis através de modelos oceanográficos globais, acessíveis através do software. Além desta situação, havia a questão de como proceder para que este pacote de tecnologia e interpretação de dados fosse de fato assimilado pelos mestres dos barcos, todos experientes profissionais da pesca do bonito-listrado.

No texto que segue, procuramos explicar e exemplificar como o trabalho entre a Universidade e a Empresa foi desenvolvido, de forma interativa entre professores, técnicos, estudantes de graduação e pós-graduação, diretores, mestres de pesca e pescadores, em um aprendizado contínuo. Reuniões regulares permitiam atualizar e nivelar o grupo, e o know-how chegava às tripulações sempre que a maioria dos barcos estivesse em terra.

Desenvolvimento do trabalho

Formalmente, de 2013 até os dias de hoje, o Instituto de Oceanografia (IO) da FURG mantém ativo um convênio² com as Indústrias Alimentícias Leal Santos Ltda. (LS). Se por um lado o IO-FURG detém uma tradição de 40 anos de ciência aplicada à pesca, por outro, a LS tem uma pesca de bonito-listrado com vara e isca-viva operacional há 25 anos, conforme já mencionado. Os resultados desta parceria público-privada surgiram gradualmente, evoluindo com a teoria sendo confrontada com a prática, efetivamente no dia a dia, conforme será analisado abaixo. Desde o início, houve integração e participação direta de alunos de graduação, mestrado e doutorado e dos mestres de pesca.

Em 2016, já como consequência de resultados parciais deste trabalho, a equipe de pesquisa do IO-FURG associou-se à pesquisadores de mais quatro universidades públicas, a saber: UFRGS, UFF, UFRJ e UNICAMP, além da FIPERJ (Fundação Instituto de Pesca do Estado do Rio de Janeiro), para o desenvolvimento do projeto de pesquisa intitulado: “Projeto Bonito: ecologia e socioeconomia da pesca de *Katsuwonus pelamis* na costa do Rio de Janeiro”, visando a avaliação de estoque, o manejo sustentável e sua utilização na alimentação escolar, aprovado na chamada de projetos 02/2016 (Projeto de Apoio à Pesquisa Marinha no Rio de Janeiro) da FUNBIO, do qual trata este livro. O conhecimento gerado no trabalho iniciado em 2016 será abordado de forma adequada nos diferentes capítulos que compõem este livro.

Neste momento, é importante ressaltar o fato de que a chamada de projetos 02/2016, acima mencionada, foi induzida por um TAC (Termo de Ajustamento de Conduta) para subsidiar o uso sustentável dos recursos pesqueiros do Rio de Janeiro. Por um lado, por uma questão federativa, o Rio de Janeiro não tem recursos pesqueiros próprios e, por outro, os recursos pesqueiros que frequentam a costa do Rio de Janeiro também frequentam outras costas brasileiras. Acreditamos que, na época de formatação do TAC, a leitura teria sido de que recursos pesqueiros do Rio de Janeiro pretendiam contemplar os desembarcados no Rio de Janeiro e que estabelecem uma cadeia produtiva naquele estado. Os Capítulos 12 e 14 tratarão destes aspectos em detalhes.

A pesca do bonito-listrado começou de fato no Rio de Janeiro, em 1965, e continua até hoje. No entanto, houve o surgimento de frotas de outros estados que pescavam e pescam no Rio de Janeiro, assim como na costa de São Paulo, Paraná, Santa Catarina e Rio Grande do Sul. A frota do Rio de Janeiro, sua dinâmica ao longo do tempo e performance são tratados em detalhes no Capítulo 9.

² Convênio Nº 021/2013.

Os resultados apresentados a seguir são fruto do trabalho iniciado em 2013 com a Leal Santos e que continua até hoje. De fato, a estruturação deste capítulo associado a esta frota deve-se ao fato de que enquanto se avaliava deslocamentos dos barcos, a equipe foi inserida, inevitavelmente, na oceanografia da região SE/S. De forma complementar, foram realizados dois cruzeiros de pequena duração (uma semana cada) no entorno de Cabo Frio, no âmbito do Projeto Bonito – FUNBIO.

Os resultados foram organizados em três Estudos de Caso, com base em três escalas temporais na variabilidade da TSM, para os dados que incorporam este capítulo. O Estudo de Caso 1 trata da variabilidade da TSM da ordem de dias, registrada em trabalho de campo, o Estudo de Caso 2 amplia a escala temporal entre anos, com as análises ligadas à frota da Leal Santos, e o Estudo de Caso 3 avalia a variabilidade da TSM entre décadas, com a expansão das pesquisas abrangendo a frota nacional.

Estudo de Caso 1: A variabilidade da TSM em uma escala de dias

Neste estudo de caso iremos explorar dados obtidos durante o Cruzeiro Oceanográfico do Bonito-FUNBIO 2018, que, no desenvolvimento deste texto, será tratado brevemente como Cruzeiro Bonito 2018.

A região prospectada durante o cruzeiro foi estabelecida originalmente com o objetivo de avaliar o setor da costa sudeste, onde deveria ocorrer a marcação de espécimes de bonito-listrado. Esta marcação, por sua vez, teve por objetivo estudar os deslocamentos da espécie no Oceano Atlântico Sul (OAS), que estão tratados no Capítulo 3.

A marcação teria que ser realizada em bonitos-listrados grandes (maiores que 65 cm) que, historicamente, são capturados na região a leste do Cabo de São Tomé, assim como no entorno de Cabo Frio. De fato, a marcação aconteceu ao sul deste cabo.

A avaliação da área incluiu a prospecção hidroacústica com ecossonda científica (SIMRAD, modelo EY60), operando com frequência de 120 kHz, ao longo de 649 milhas náuticas (1.202 km). Dados ambientais *in situ* foram obtidos com 46 lançamentos do equipamento CTD (SEABIRD, modelo SBE 25 Plus), com sensores acoplados de temperatura, condutividade, pressão, oxigênio dissolvido e fluorescência.

Na concepção do desenho amostral partiu-se, em primeiro lugar, de um pré-planejamento da extensão dos perfis a serem prospectados, a fim de distribuir o tempo de mar, ou esforço amostral, da forma mais homogênea possível entre os limites da área de estudo. A varredura deveria cobrir a plataforma média, estendendo-se até o talude. A figura 5 apresenta o desenho amostral sobre um mapa batimétrico.

O segundo aspecto teve como objetivo a distribuição do esforço amostral sobre setores com águas mais frias e maior potencial de localização de presas de bonito-listrado, com base em Madureira *et al.* (2005). Neste sentido, foram utilizadas imagens de TSM para identificar a distribuição deste parâmetro na área de trabalho. A figura 6 apresenta o desenho amostral, projetado sobre a imagem de TSM no dia de início do trabalho.

Ao longo do desenvolvimento do Cruzeiro Bonito 2018, observou-se uma variabilidade na TSM na ordem de dias, que impactaram os resultados do trabalho e que geraram as observações que seguem.

As imagens TSM apresentadas na figura 7 referem-se ao início (18/09/2018), meio (22/09/2018) e fim (25/09/2018) do cruzeiro em análise, e mostram uma variação considerável na TSM, especialmente entre o início e o fim do cruzeiro, dentro de um intervalo de 8 dias. De fato, os valores de TSM observados na imagem do quinto dia de trabalho já indicam aquecimento na superfície (Fig. 7b), relativamente aos 4 dias anteriores. Assim sendo, a estrutura oceanográfica observada com base nas imagens de TSM entre a metade e o fim do cruzeiro (Fig. 7b e 7c) foi rapidamente alterada. Esta dinâmica chamou a atenção porque o cenário, ou a “paisagem de TSM” sobre a qual o desenho amostral foi projetado, na expectativa de prospectar mais intensamente os setores com águas de menor temperatura em superfície, foi modificado.

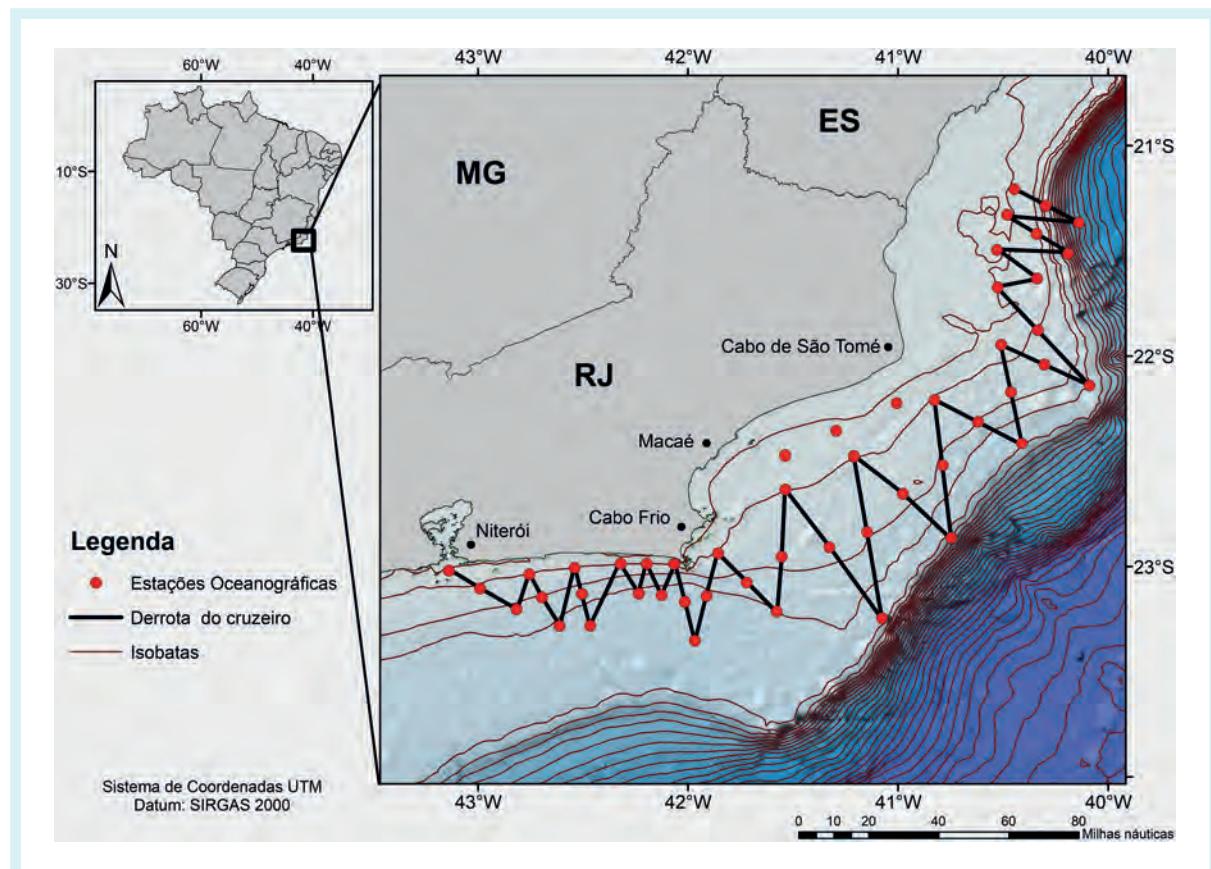


Figura 5. Cruzeiro oceanográfico executado no setor norte da área de ocorrência do bonito-listrado.

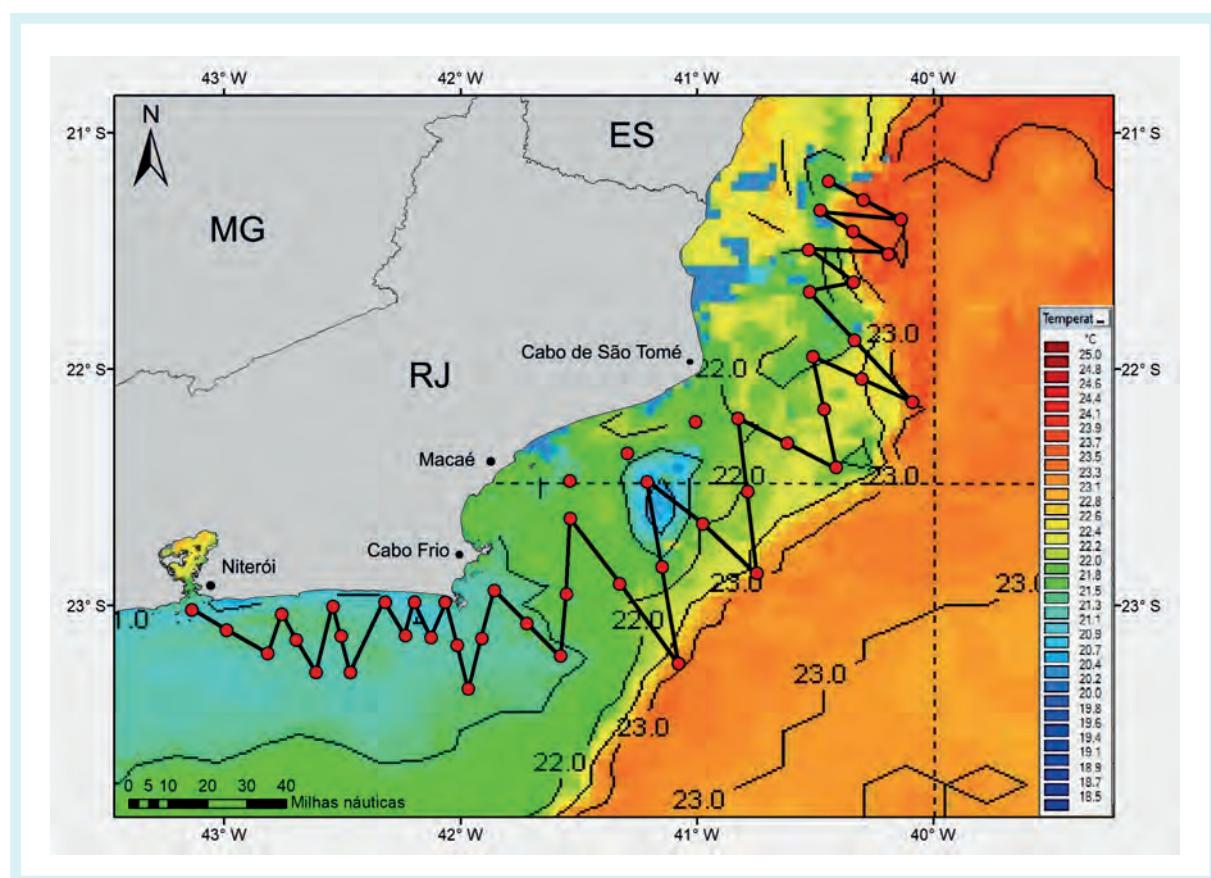
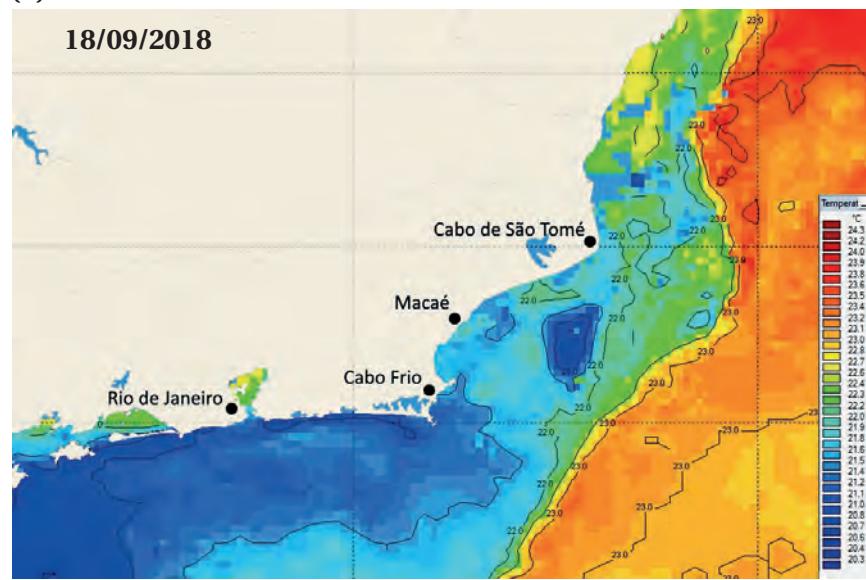


Figura 6. Desenho amostral projetado sobre a imagem de TSM do dia de início Cruzeiro Bonito 2018.

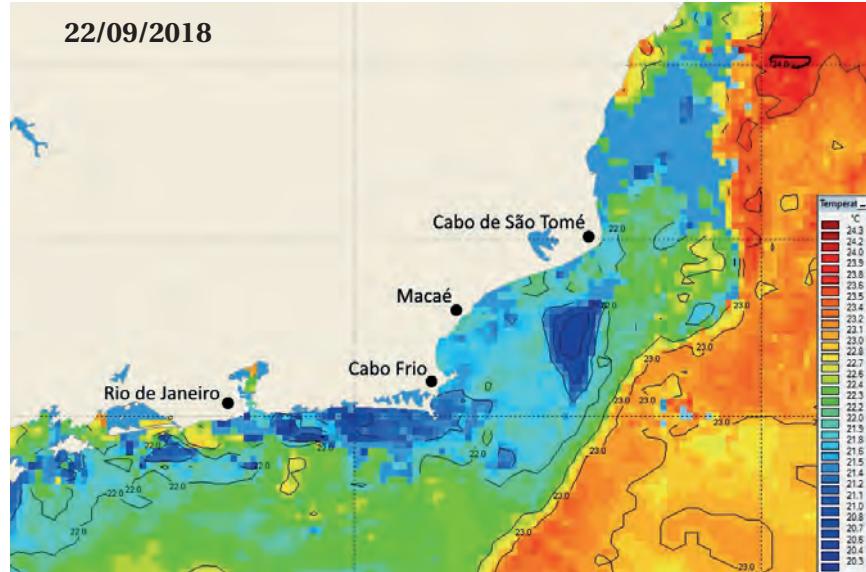
(a)

18/09/2018



(b)

22/09/2018



(c)

25/09/2018

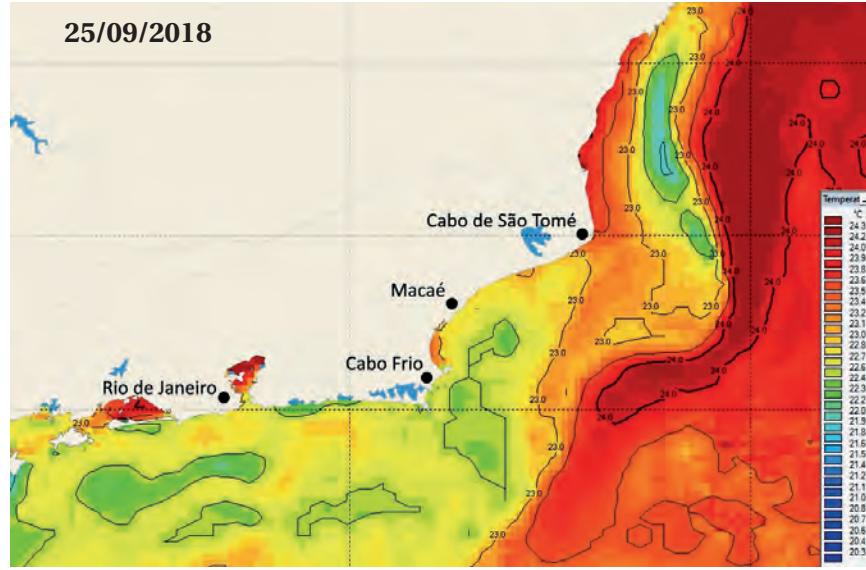


Figura 7. Imagens de TSM do início (a), meio (b) e fim (c) do Cruzeiro Bonito 2018.

Na expectativa de entender melhor a variabilidade da TSM, foi analisado o regime de ventos, pré-cruzeiro e durante o cruzeiro. No período anterior a execução do trabalho houve uma predominância de ventos de NE, conforme dados da Estação Meteorológica de Macaé (Fig. 8a). Ventos deste quadrante favorecem o processo de ressurgência na região, conforme revisado no início deste capítulo e também apresentado na figura 2.

No período entre 18 e 20 de setembro 2018, a direção do vento mudou, passando para sudoeste/oeste (Fig. 8b e 8c), comuns durante a passagem de frentes frias pela região. Os ventos mantiveram-se no quadrante sul após o dia 20.

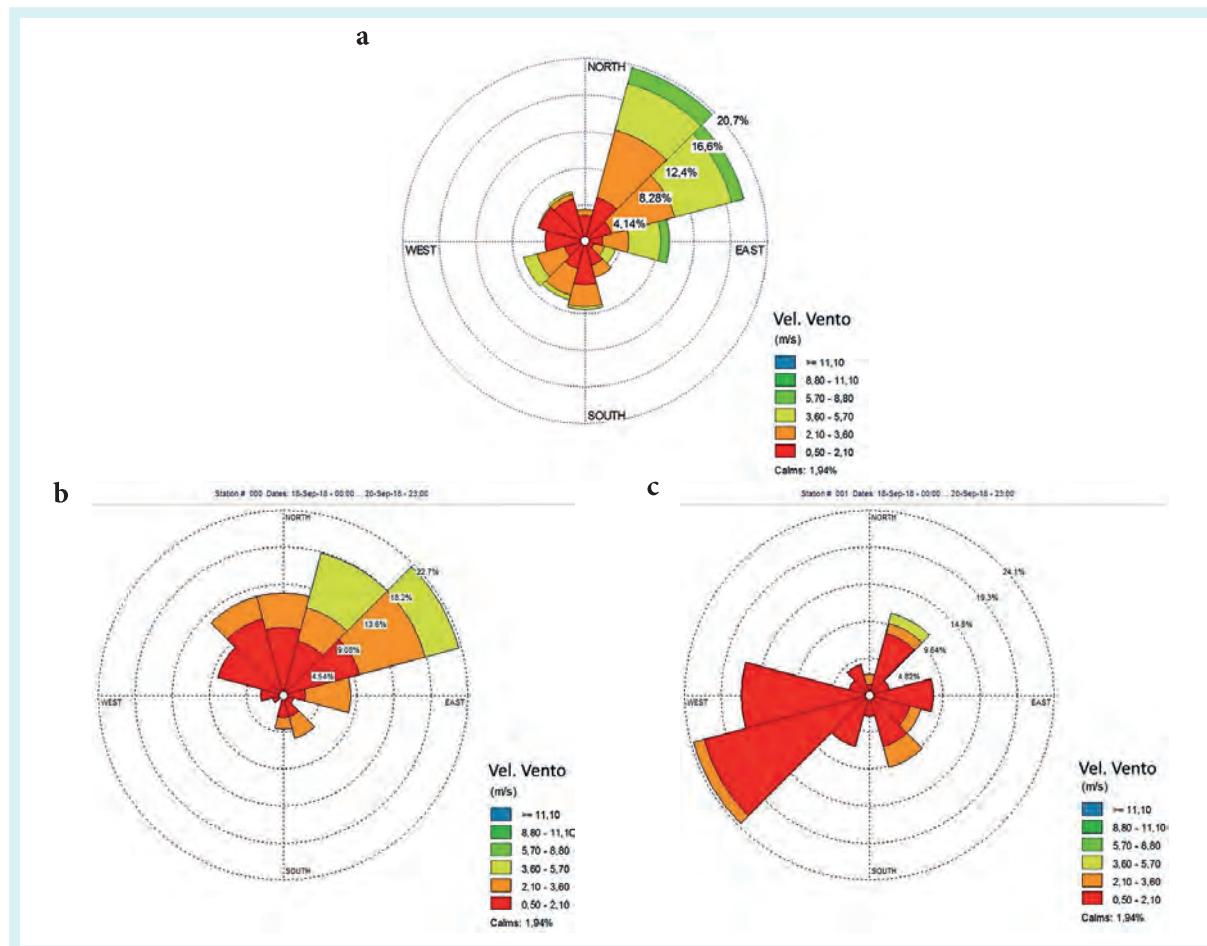


Figura 8. Rosa dos ventos para: (a) o mês de setembro em Macaé - RJ; (b) o período entre 18 e 20 de setembro em Macaé - RJ; (c) o período entre 18 e 20 de setembro em Saquarema - RJ.

A alteração no regime de ventos permitiu o transporte de águas de fora da plataforma em direção à costa, aquecendo a região e enfraquecendo o processo e as características de ressurgência, conforme pode ser observado nas imagens de TSM entre os dias 18 e 20 de setembro (Fig. 9). O resultado final, do ponto de vista do desenho amostral do cruzeiro, pode ser verificado na figura 10, que apresenta o desenho original sobre a dinâmica imposta pela variabilidade da TSM, ao longo da execução do trabalho (18, 22 e 25 de setembro).

Em cruzeiros de prospecção hidroacústica, os dados acústicos são coletados enquanto o observador (navio) se move ao longo dos perfis e, posteriormente, correlacionados aos dados ambientais provenientes das estações oceanográficas. A dinâmica apresentada chama a atenção para a dificuldade, que pode ser antecipada, na tentativa de associar as ocorrências de organismos às condicionantes ambientais que definem seus habitats. Simmonds & MacLennam (2005) fazem uma importante revisão sobre desenhos amostrais em cruzeiros hidroacústicos.

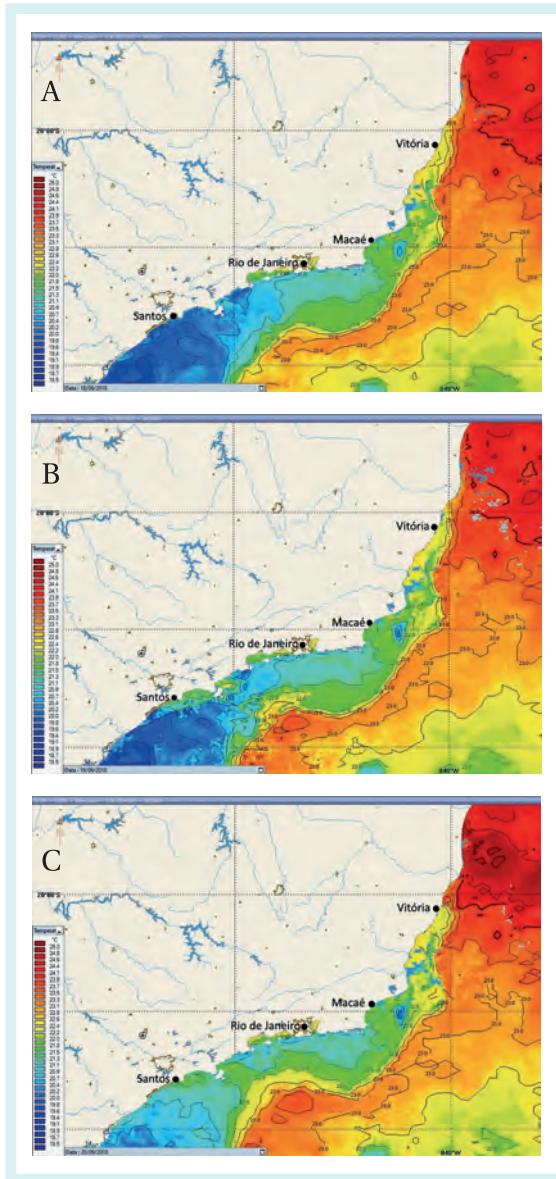


Figura 9. TSM dos dias 18 (A), 19 (B) e 20 (C) de setembro, mostrando um avanço de águas mais aquecidas sobre a plataforma ao sul do Rio de Janeiro.

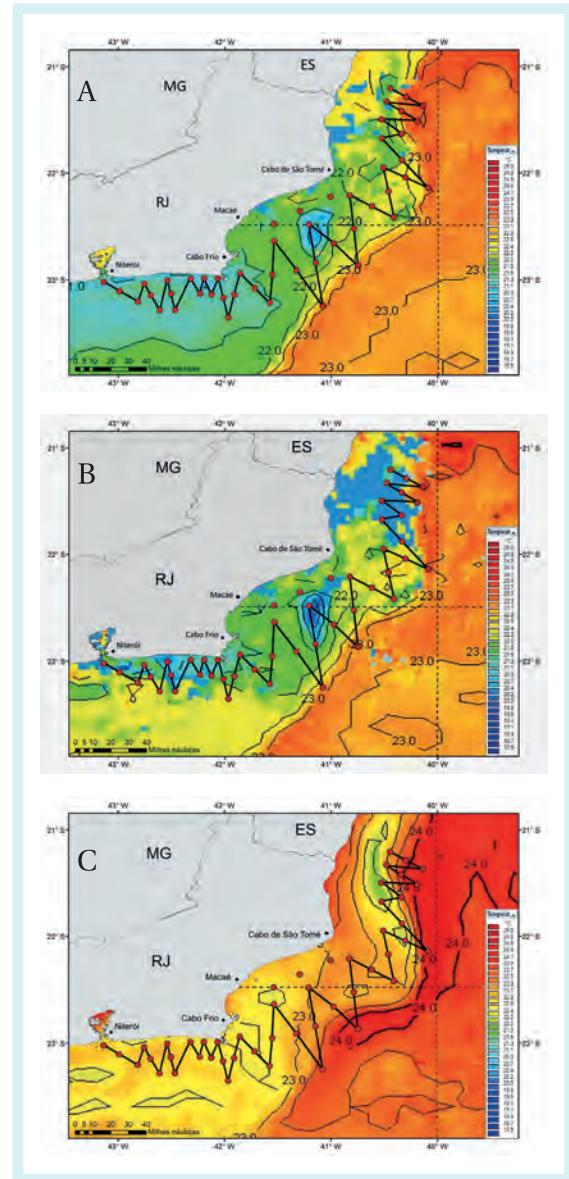


Figura 10. Desenho amostral do Cruzeiro Bonito 2018 sobreposto às imagens de TSM obtidas ao longo do desenvolvimento do trabalho, dias 18 (A), 22 (B) e 25 (C) de setembro.

Como a área do Cruzeiro Bonito 2018 está inserida no setor norte de ocorrência do bonito-listrado, procurou-se com estes resultados chamar a atenção para a variabilidade na TSM, que pode ocorrer na escala de dias naquela região. Estes processos logicamente estão inseridos naqueles que ocorrem nas escalas de segundos, minutos e horas. Os próximos estudos de caso ampliam a escala de variabilidade da TSM em processos que ocorrem ao longo de meses, anos e décadas, e investigam as suas repercussões nas capturas de bonito-listrado no oceano Atlântico Sudoeste.

Estudo de Caso 2: A pesca do bonito-listrado entre os anos de 2012 e 2019

O foco deste estudo de caso é direcionado à atuação da frota de seis barcos da indústria Leal Santos. Destaca-se aqui que Rio Grande (RS) é o porto sede para todas as seis embarcações, de onde saem no início de cada safra, prospectam áreas de interesse para a pesca, e exercem as suas atividades sempre com o mesmo objetivo: alcançar o melhor rendimento possível nas capturas de bonito-listrado. Soma-se a isso que a prospecção pode ou

não ser cooperativa entre barcos. As safras se iniciam na primavera/verão nas proximidades de Paranaguá (PR) e os barcos deslocam-se gradualmente para sul, onde operam até o final do verão, próximo à fronteira com o Uruguai. Ao longo do outono, os seis barcos avançam para norte, até o Cabo de São Tomé, e a safra termina, com a proximidade do inverno, nas imediações de Cabo Frio (RJ), quando todos retornam para Rio Grande (RS).

Barcos de pesca podem ser considerados como amostradores do ambiente marinho nas áreas e no período em que exercem a atividade de pesca, uma vez que os inventários das capturas, preenchidos à bordo e denominados Mapas de Bordo, reportam o que havia disponível no tempo e no espaço, de acordo com as características de captura de cada barco, sua eficiência e suas limitações (COTTER *et al.*, 2007). Assume-se aqui que os barcos que compõem esta frota são amostradores eficientes de bonito-listrado por pescarem esta espécie há 25 anos em toda sua área de distribuição, que é compreendida ao norte pelo Cabo de São Tomé (RJ) e ao sul próximo à divisa Brasil-Uruguai. A distribuição geográfica das posições de captura de bonito-listrado por esta frota, entre os anos de 2013 e 2018, é apresentada na figura 11. Tal distribuição também mostra a grande autonomia espacial atingida pela frota da empresa.

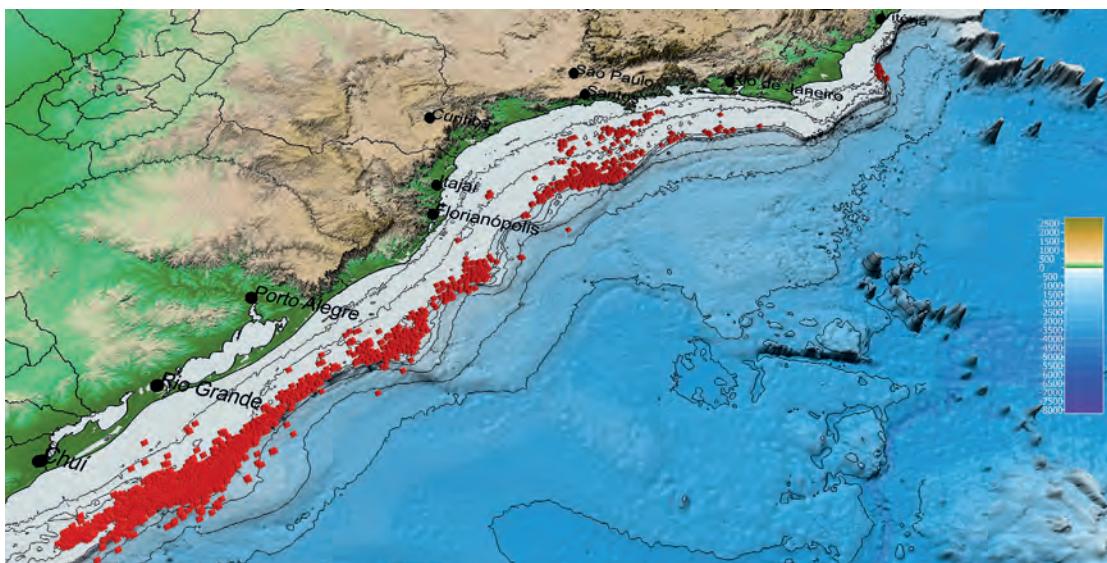


Figura 11. Distribuição geográfica das posições de captura de bonito-listrado pela frota da Leal Santos entre 2013 e 2018. Cada ponto em vermelho representa uma posição de pesca.

No início dos trabalhos associados a este Estudo de Caso, a equipe de pesquisadores sabia de antemão, com base na bibliografia especializada e na experiência dos membros do grupo, que a movimentação sazonal desta frota estava intimamente relacionada ao deslocamento sazonal da Corrente do Brasil. Esta corrente impacta o ambiente pelágico da região de estudo e já foi objeto de estudos anteriores.

Estes estudos pretéritos tiveram como referência os Mapas de Bordo que os autores utilizaram para interpretar as capturas e os deslocamentos dos barcos. No presente estudo, no entanto, a inovação se deu pelo trabalho interativo entre a Universidade e a Empresa, o qual permitiu a gradativa obtenção de dados da pescaria, cada vez mais detalhados, até que a resolução desejada fosse finalmente alcançada, a qual residia na informação do ponto geográfico exato onde cada cardume foi pescado e ainda devidamente reportado com data, hora, latitude/longitude e tonelagem capturada. O acesso ao Programa de Rastreamento de Embarcações Pesqueiras (PREPS) permitiu conferir estas posições, rastrear a trajetória dos barcos e validar os dados, assim como eliminar aqueles com erros.

Ao mesmo tempo, o acesso contínuo à Oceanografia Operacional, via CATSAT, permitiu ainda acoplar os dados de captura dos cardumes, para cada posição, às variáveis: (i) Temperatura Superficial do Mar (TSM); (ii) concentração de clorofila-a; (iii) profundidade da termoclina; e (iv) temperatura em subsuperfície nos estratos de 20 e 30 m da coluna d'água. Os dados foram então tratados de forma que cada variável fosse confrontada com as capturas, e então foram gerados mapas que permitiram aos pesquisadores visualizar os intervalos dentro dos quais foram obtidas as maiores capturas de bonito-listrado, seguindo-se a metodologia de Coletto *et al.* (2019). Neste trabalho, os autores avaliaram o deslocamento da frota da indústria Leal Santos ao longo de dois anos. Após estas análises, os resultados obtidos passaram a ser tratados como os melhores intervalos, para as variáveis analisadas, dentro dos quais a probabilidade de captura do bonito-listrado seria maior.

Os estudos com os seis barcos, cujos resultados parciais foram descritos por Coletto *et al.* (2019), tiveram início em 2013 e evoluíram até 2019. Em todo este período, os barcos manteveram-se focados na captura do bonito-listrado e assume-se que seus deslocamentos espelharam, de forma consistente, o movimento desta espécie no oceano Atlântico Sul Ocidental.

No interesse de apresentar aqui um resultado sumarizado da performance dos seis barcos, com a tecnologia da Oceanografia Operacional embarcada, foi gerado um gráfico que compara a produção (captura) das embarcações da Leal Santos e os seus respectivos consumos de óleo diesel entre os anos de 2012 e 2019. A figura 12 apresenta estes dois dados e as suas respectivas linhas de tendência para o período avaliado, as quais indicam uma redução ao longo do tempo, tanto para as capturas, quanto para o consumo de combustível. No entanto, a inclinação na linha de consumo é maior do que aquela da captura.

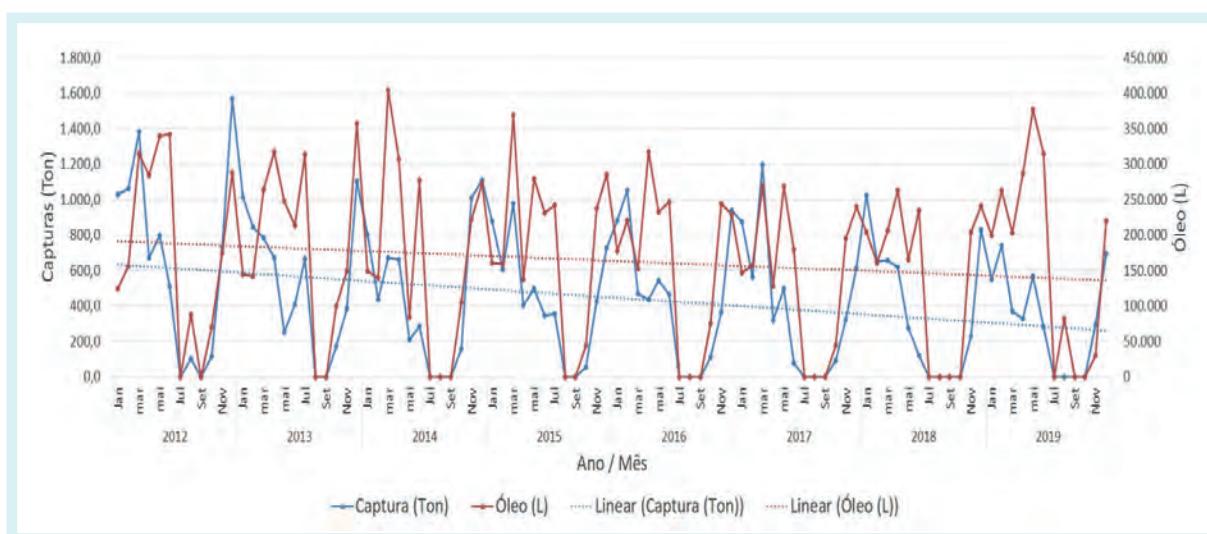


Figura 12. Comparativo da produção pesqueira e consumo de óleo diesel das embarcações da frota da empresa Leal Santos entre os anos de 2012 e 2019.

Cabe destacar a complexidade envolvida com estes dados em função dos deslocamentos propriamente ditos de cada embarcação, o tipo de motor de cada uma, sua velocidade de cruzeiro, etc. No período analisado, segundo a indústria Leal Santos, ocorreram três trocas de motores principais por outros, mais modernos e de consumo mais baixo, sendo uma troca em 2016, a segunda em 2017 e a terceira em 2018. De fato, conforme mostra a figura 12, as duas linhas de tendência estão mais afastadas no final da série histórica. No entanto, o consumo diminui desde o início da mesma. Para exemplificar, verificamos que em 2013 foram gastos $2,80 \pm 0,41$ litros de diesel/kg de bonito-listrado, enquanto em 2019 esta relação foi de apenas $1,94 \pm 0,44$ litros de diesel/kg, ou seja, uma redução de consumo de combustível de aproximadamente 30,7% por quilo pescado.

Com base nestes resultados, o grupo de pesquisa pôde concluir que a Oceanografia Operacional teve um impacto positivo na operacionalidade desta frota, expressa no menor consumo de diesel em relação à quantidade de bonito-listrado capturada. Este aspecto foi explorado ambientalmente por Madureira *et al.* (2016), que relacionou as gradativas reduções de óleo diesel com as proporcionalmente menores emissões de CO₂ e outros gases de combustão.

Entretanto, se por um lado houve uma redução no consumo de combustível por unidade de captura, por outro, o mesmo ocorreu com as capturas ao longo dos anos, que também foram reduzidas. Neste sentido, os resultados apresentados acima foram parcialmente positivos, do ponto de vista da pesca.

A fim de verificar se a variabilidade nas capturas da frota da Leal Santos havia sido observada também nas capturas de bonito-listrado pela frota nacional para o mesmo período, os pesquisadores analisaram separadamente as capturas de bonito-listrado pela indústria Leal Santos e pela frota nacional, e os resultados são apresentados na figura 13. Nesta figura, observa-se que a frota nacional foi ainda mais fortemente impactada nos rendimentos da pesca, com brusca redução a partir de 2014.

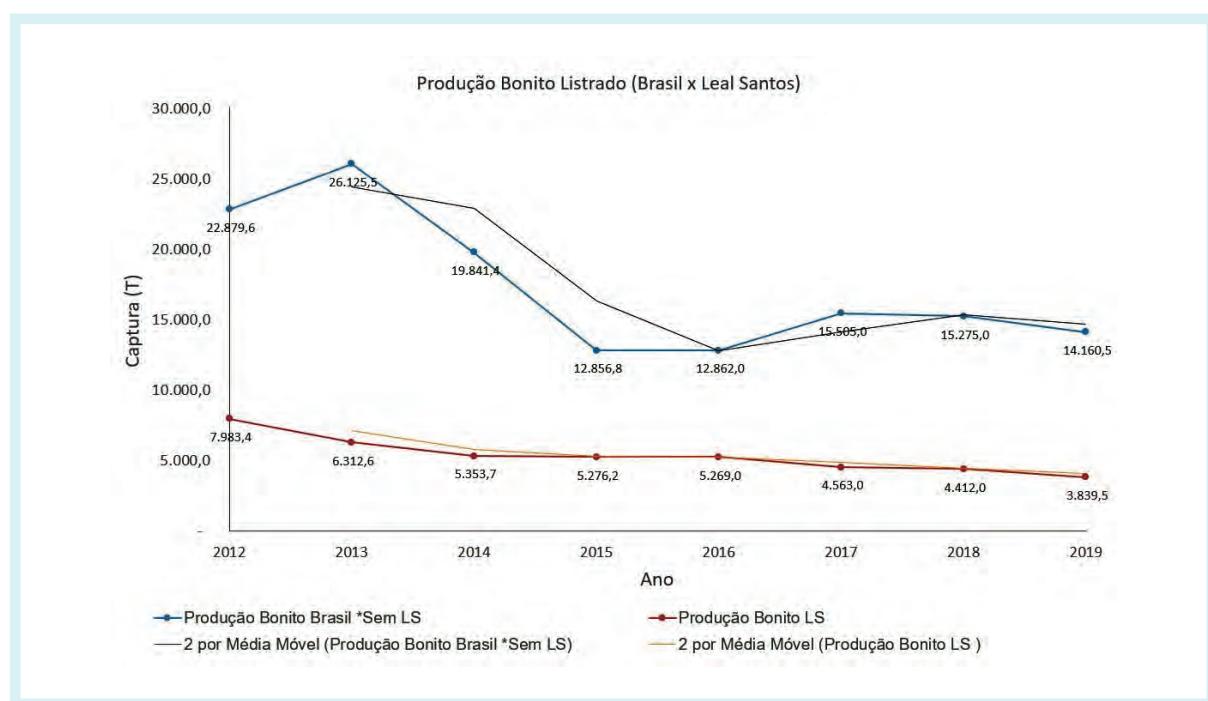


Figura 13. Capturas de bonito-listrado pela indústria Leal Santos (LS) e pela frota nacional (Brasil) entre 2012 e 2019.

É importante destacar que, no momento da elaboração deste capítulo, o estoque de bonito-listrado do Atlântico Sul Ocidental não se encontrava em nível considerado como de sobrepesca, nem nunca esteve, conforme será mais detalhado no Capítulo 10. Fica, assim, uma pergunta: por que ocorreu uma gradual redução nas capturas das frotas avaliadas?

Estudo de Caso 3: Variabilidade temporal da TSM entre 1992 e 2019 e seus potenciais impactos nas capturas de sardinha-verdeadeira e bonito-listrado

O Oceano Atlântico Sul Ocidental (OASO) é uma região pobre em dados de pesca e sub-representada em termos de modelos de mudanças climáticas. No entanto, segundo relatório da FAO (2018), em seu capítulo 15, modelos globais preditivos sugerem a possibilidade de um decréscimo nas capturas de pescado nesta região. Além deste aspecto, a refe-

rida publicação afirma ainda que a região oceânica que inclui a costa sul/sudeste do Brasil, o Uruguai e a Argentina, centraliza ou concentra (hotspot) um aquecimento na temperatura da superfície do mar nos últimos 50 anos. O bonito-listrado é um recurso pesqueiro importante para o Brasil, mas de baixa ocorrência nas capturas dos países vizinhos, Uruguai e Argentina (FAO Report, 2018).

Tomando-se como ponto de partida que a redução nas capturas de bonito-listrado observada pela frota pesqueira da indústria Leal Santos, entre 2012 e 2019, poderia estar relacionada a uma variabilidade de mais longo prazo, o grupo de pesquisa resolveu avaliar uma série temporal mais longa de TSM na região de interesse, que agora incluísse dezenas de anos de dados, ou seja, proporcionando uma avaliação de variabilidade em escalas temporais compatíveis com fenômenos climáticos que podem estar associados com escalas decadais. Chamamos esta nova pesquisa de Estudo de Caso 3.

Para que esta avaliação não ficasse restrita apenas ao bonito-listrado, decidiu-se incluir a sardinha-verdadeira nas análises. Isso se deve ao fato de que, primeiro, esta é a espécie pelágica mais importante na pesca do Brasil, em segundo lugar, porque, sendo pelágica, poderia estar sendo impactada de forma semelhante, e, em terceiro, porque esta espécie é predada pelo bonito-listrado (vide Capítulo 7). Da mesma forma, para que a avaliação não ficasse restrita à frota da Leal Santos, foram incluídas as capturas da frota nacional de bonito-listrado no mesmo período.

Em uma tentativa de responder à questão que fecha o Estudo de Caso 2, o grupo aprofundou os estudos com um maior refinamento nas análises espaço-temporais da frota da Leal Santos. Conforme mencionado, movimentações latitudinais dos barcos não aconteciam seguindo uma lógica em termos de calendário, i.e., dentro de uma escala mensal, mas sim que, no inverno, eles operavam no setor norte da região pesqueira e no verão, no sul. Coletto *et al.* (2019), por sua vez, mostrou que, mesmo dentro de apenas dois anos, havia uma considerável variabilidade no grau de deslocamento dos barcos em relação aos meses do ano, a qual é expressa pelas barras de desvio padrão da figura 14.

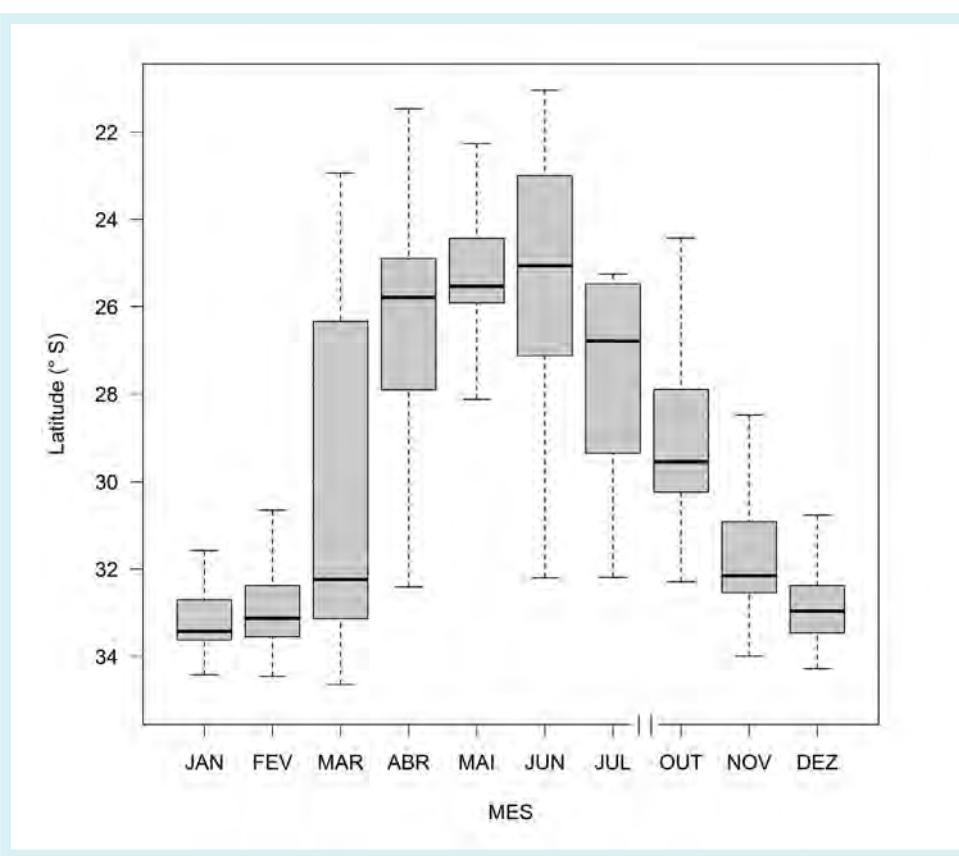


Figura 14. Distribuição sazonal da frota da indústria Leal Santos Ltda. (COLETTTO *et al.*, 2019).

A variabilidade ambiental da região SE/S entre os meses de verão e inverno é muito acentuada e o mesmo se passa com as áreas de concentração de bonito-listrado, conforme revisado acima. Para um início de interpretação na variabilidade interanual da TSM e seu possível impacto nos deslocamentos do bonito-listrado, o grupo de pesquisa dirigiu o seu foco para o estudo de quatro períodos de inverno, compreendidos entre os anos de 2013 e 2016. Para tal, foram utilizadas imagens satelitais de um mesmo dia (11/06) ao longo destes anos (Fig. 15).

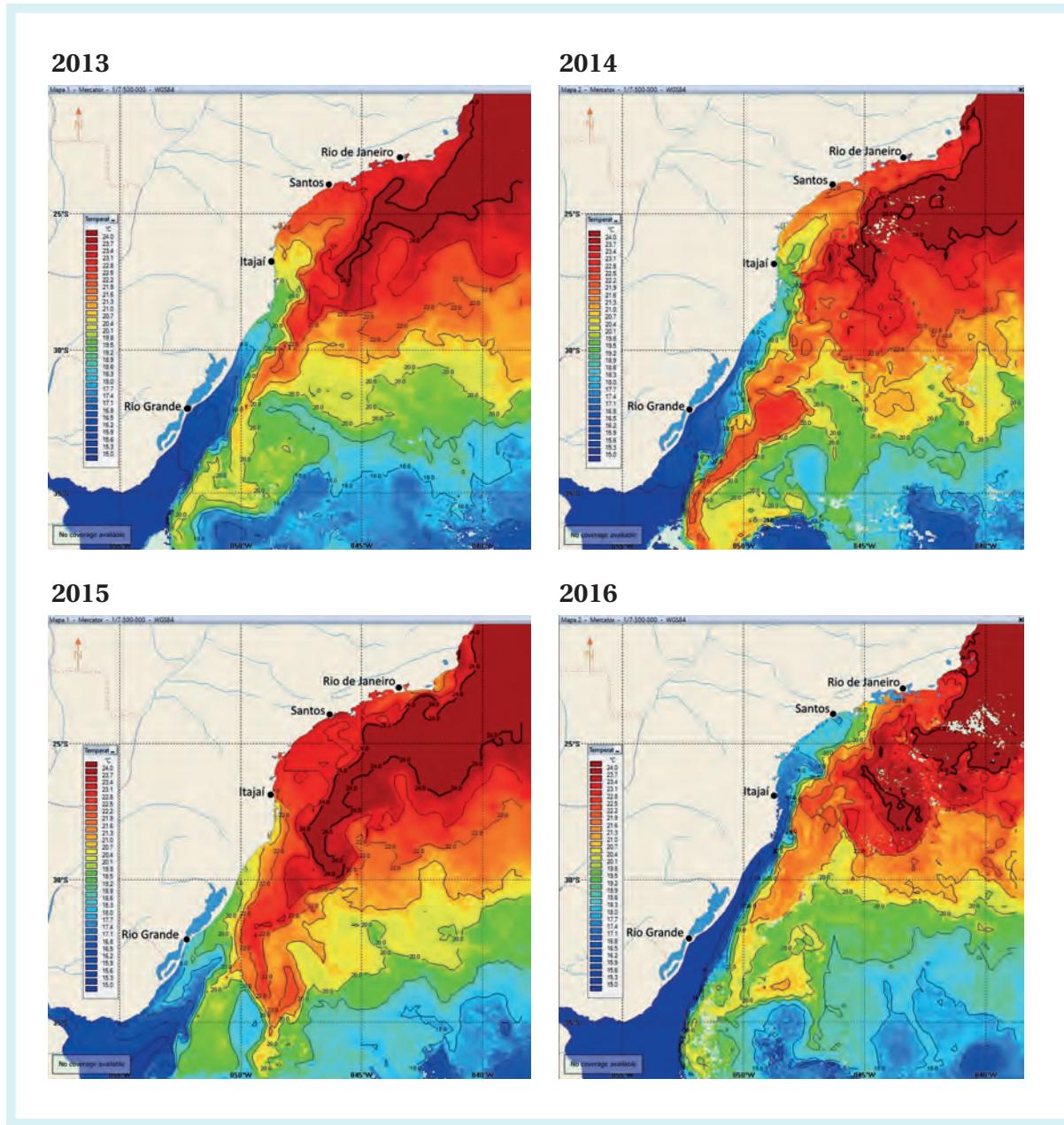


Figura 15. Variabilidade interanual da TSM ilustrada pelas imagens do dia 11/06 entre os anos de 2013 e 2016.

Nestas imagens observam-se grandes diferenças na distribuição latitudinal de TSM. Os casos mais extremos desta série de imagens referem-se aos anos de 2015 e 2016. Em 2015, o extremo norte de ocupação da Água Subantártica de Plataforma, representada pelas cores azuis nas imagens, estava em 32°23' S, enquanto em 2016 estava em 24°12' S, para a mesma data. Estas posições, em termos de distância, diferem entre si em aproximadamente 1.044 km. Considerando-se esta grande diferença, é possível pressupor que esta variabilidade deve ter

uma importante repercussão na pesca do bonito-listrado, assim como na de outras espécies. Aqui fica, portanto, mais uma pergunta: que tipos de eventos estariam afetando a área de pesca estudada de forma tão significativa como aquela observada nas imagens dos quatro invernos?

Após uma criteriosa avaliação de séries temporais mais longas de captura de sardinha-verdadeira e bonito-listrado no Brasil, que contemplaram dados do Ibama (Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis), ICCAT (*International Commission for the Conservation of Atlantic Tunas*) e do CONEPE (Coletivo Nacional da Pesca e Aquicultura), os integrantes do grupo de pesquisa selecionaram a série de capturas compreendida entre os anos de 1992 e 2019 para ambas as espécies.

A série temporal que apresenta as capturas de sardinha-verdadeira neste período é mostrada na figura 16, onde se observam duas quedas bruscas na produção deste pescado. A primeira delas, em 1997/1998, foi tratada por parte de um grupo de especialistas como sendo uma consequência de sobrepesca do estoque e possivelmente também associada a mudanças climáticas. Nesta figura são salientadas as ocorrências dos El Niños de 1997 e 1998, e de 2015 e 2016.

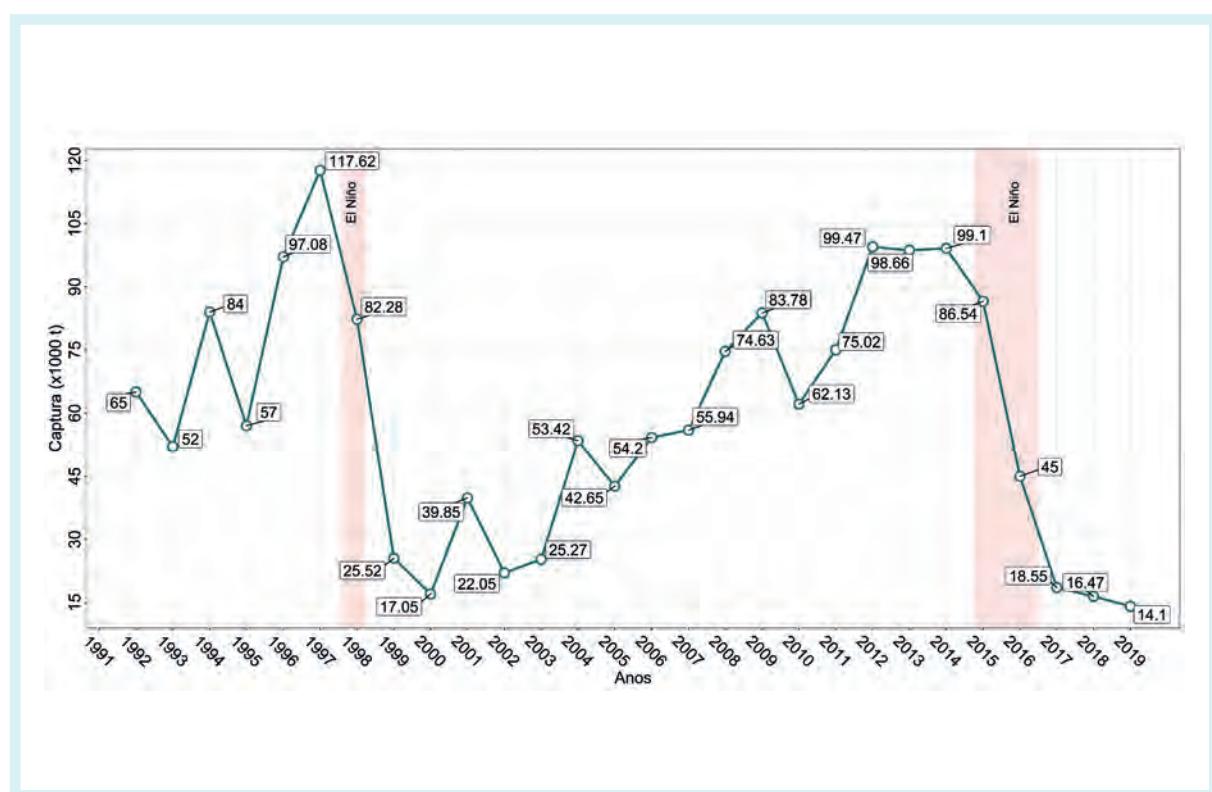


Figura 16. Dados de captura de sardinha-verdadeira no período de 1992 e 2019, com destaque para os El Niños de 1997-1998 e 2015-2016.

A figura 16 mostra ainda uma tendência de crescimento na captura no período de 2000 até 2012, uma estabilização da captura até 2014, e uma brusca redução após este período, a segunda grande queda na captura, em 2015 e 2016, que aparentemente está relacionada à atuação remota de modos climáticos sobre a região pesqueira de interesse, como veremos mais à frente.

A figura 17, por sua vez, apresenta as capturas de bonito-listrado para este mesmo período. Percebe-se um comportamento similar ao da captura da sardinha-verdadeira, com uma tendência de crescimento de 2002 até 2013, mas aqui acompanhado de quedas parciais maiores do que aquelas vistas para a sardinha-verdadeira, e uma queda brusca após 2014.

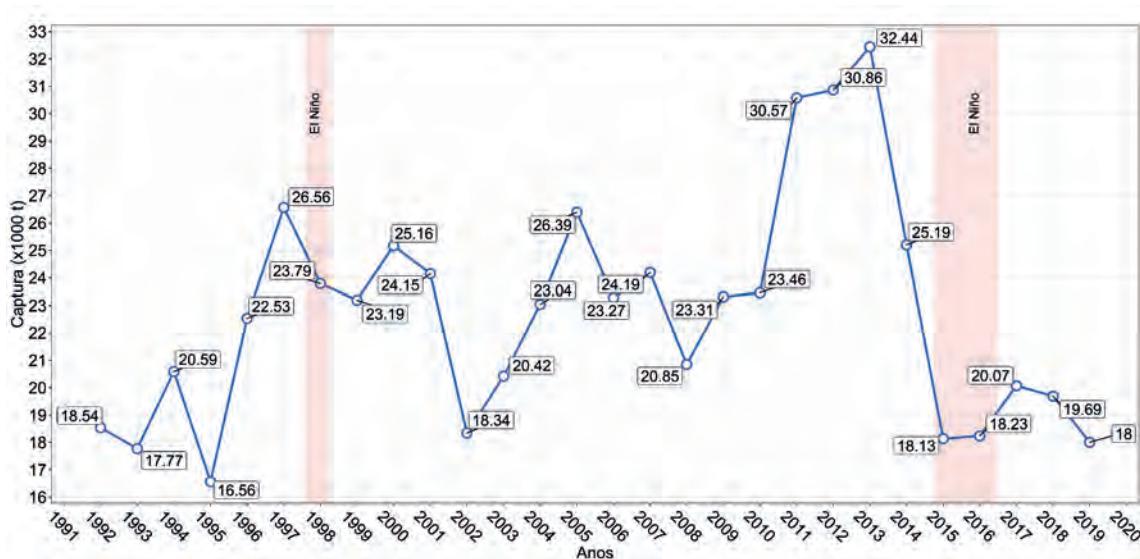


Figura 17. Dados de captura de bonito-listrado para a frota nacional no período de 1992 a 2019, com destaque dos El Niños de 1997-1998 e 2015-2016. Dados até 2018, de acordo com ICCAT, e de 2019 de acordo com WS Consultoria.

A intenção agora é avaliar potenciais impactos nas capturas que estivessem associados a parâmetros correlacionados a mudanças climáticas, especialmente na forma de alterações de TSM, dando continuidade ao trabalho de SCHMIT *et al.* (2019). Neste sentido, foi utilizada a metodologia que permitiu a geração de uma série temporal de TSM na região SE/S, correspondente no tempo e no espaço à série de capturas de sardinha-verdadeira e bonito-listrado abordadas nas figuras 16 e 17. Para tanto, foram definidas 12 posições geográficas, denominadas pelo grupo de pesquisa de Fundeios Virtuais (FVs), posicionadas ao longo da plataforma média e do talude, entre o Chuí e o Cabo de São Tomé (Fig. 18). Com base em dados disponibilizados pela National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA) as TSM diárias foram armazenadas para as posições dos FVs e calculadas suas médias e respectivas anomalias, tendo como base a série histórica.

A figura 19 apresenta as anomalias de TSM calculadas para o FV Santa Marta Oceânico (SM Oceânico Anomalias de TSM), tomado como exemplo, entre os anos de 1991 e 2019. Destaca-se o período com início em 2013 e fim em 2019, onde há uma quase contínua sequência de anomalias positivas muito fortes de TSM.

Schmit *et al.* (2019) analisaram os dados de captura de sardinha-verdadeira e de bonito-listrado no período entre 1991 e 2017 e avaliaram os potenciais impactos das anomalias de TSM para as duas espécies. Os autores salientaram quedas mais significativas nas capturas de sardinha-verdadeira do que de bonito-listrado no período. Como a pesca do bonito-listrado tem forte dependência da sardinha-verdadeira, utilizada como isca-viva (vide Capítulos 11 e 12), é possível que o impacto da variável sardinha-verdadeira seja em parte responsável pela variabilidade nas capturas do bonito-listrado.

Na figura 13 do Estudo de Caso 2, observa-se que a frota nacional de bonito-listrado sofreu uma redução nas capturas mais significativa do que a da Leal Santos no período entre 2015 e 2017. No entanto, a frota Leal Santos tem uma dependência muito menos importante da sardinha-verdadeira, utilizada como isca-viva nos barcos da frota nacional, desde que esta indústria passou a utilizar a anchoíta como espécie substituta da sardinha-verdadeira (MADUREIRA *et al.*, 2016). Se por um lado esta situação estabelece uma diferença importante entre frotas, por outro, há significativas diferenças também na dinâmica pesqueira delas. A frota nacional opera majoritariamente até o Cabo de Santa Marta como limite sul e a da indústria Leal Santos opera do Chuí ao Cabo de São Tomé (vide Capítulo 10).

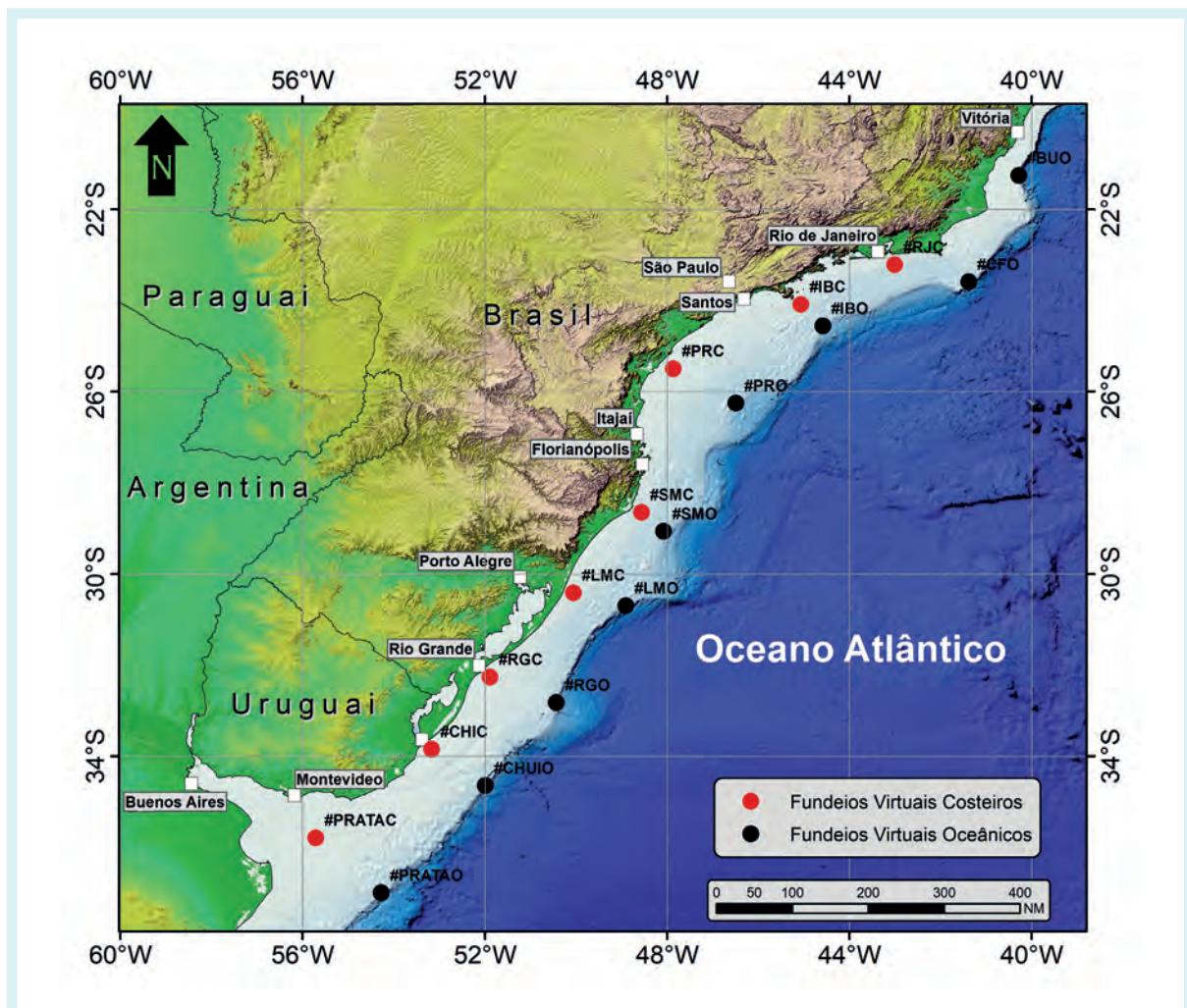


Figura 18. Posição dos Fundeios Virtuais (FV), Costeiros e Oceânicos, ao longo da plataforma e quebra plataforma.

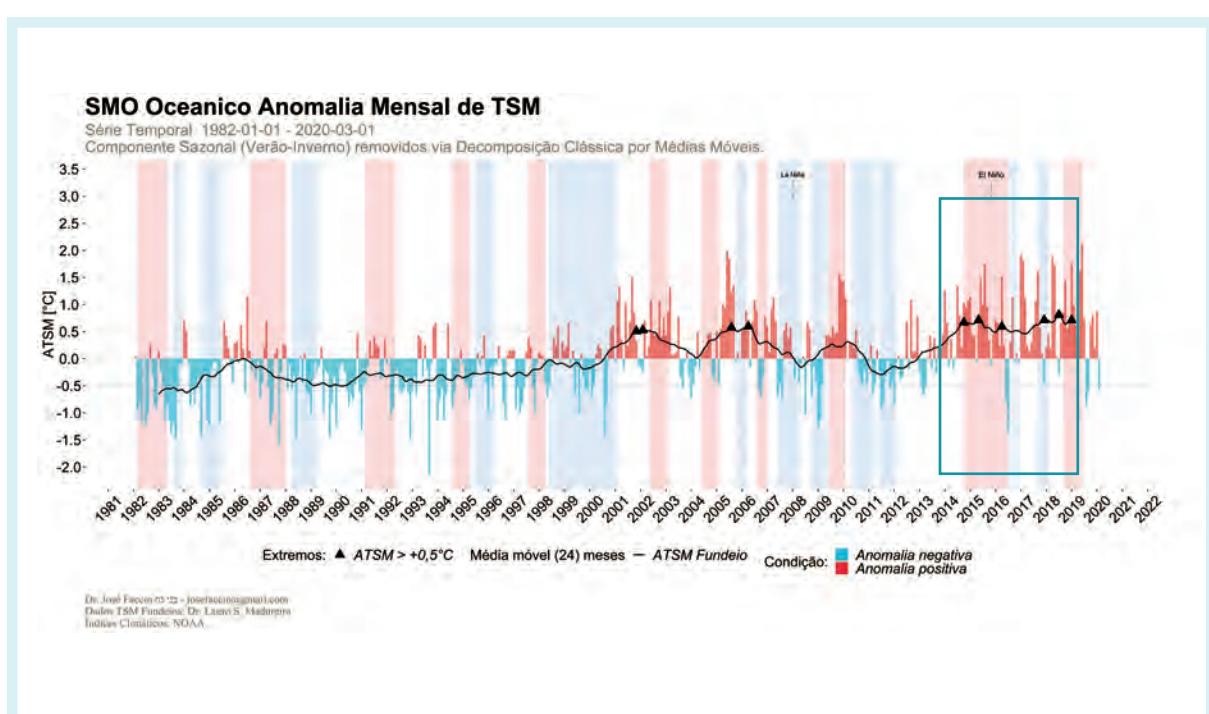


Figura 19. As anomalias de TSM calculadas para o FV Oceânico Santa Marta entre os anos de 1981 e 2019. O retângulo em azul chama atenção ao período de anomalias positivas de TSM após 2013.

A bibliografia citada nas partes iniciais do presente capítulo, especialmente Andrade (1996) e Matsuura & Andrade (1999), chama a atenção para o fato de que os pesqueiros do sul, com elevadas concentrações de bonito-listrado no verão, são pouco frequentados pela frota nacional, mas são intensamente explorados pela frota da Leal Santos. Em uma perspectiva histórica, as dinâmicas de ambas as frotas são praticamente constantes ao longo da série de dados (vide Capítulo 9), isto é, permaneceram pescando nos seus tradicionais pesqueiros, com a frota nacional praticamente restrita ao norte do Cabo de Santa Marta. Mudanças na dinâmica de pesca foram observadas em 2018, conforme verificado no Capítulo 9, subsequentes às fortes anomalias positivas (Fig. 19). Enquanto a frota da Leal Santos restringiu suas operações ao sul do Cabo de Santa Marta durante todo o ano, mantendo bons rendimentos de bonito-listrado, a frota nacional operou sobre outros recursos, devido aos baixos rendimentos nas áreas tradicionais.

Neste ponto voltamos à pergunta colocada acima: que tipos de eventos estariam afetando a área de pesca estudada de forma tão significativa como aquela observada nas imagens dos quatro invernos? No entanto, agora, a reformulamos: que tipos de eventos estariam afetando a área de pesca estudada de forma tão significativa a ponto de estabelecer quedas abruptas nas capturas de sardinha-verdadeira e do bonito-listrado?

Discussão

Os três estudos de caso aqui apresentados mostraram variações acentuadas de TSM em intervalos de dias, de alguns anos e de décadas, estando estas duas últimas variações sempre acompanhadas de alterações nos índices de captura de bonito-listrado e de sardinha-verdadeira. A primeira variação de TSM (Estudo de Caso 1, em dias) deve estar relacionada às alterações acentuadas de forçantes locais nos dias analisados. Isso posto, não há como não se buscar uma tentativa de explicação para a variabilidade da TSM observada em períodos mais longos e, seguramente, estas variações passam pela atuação dos modos climáticos sobre o oceano Atlântico Sul (OAS). Um modo de variabilidade climática é, por definição, um padrão climático com características identificáveis, efeitos regionais específicos e comportamento oscilatório. Alguns destes modos possuem uma conhecida atuação no OAS, tais como o ENOS (El Niño Oscilação Sul), DSAS (Dipolo Subtropical do Atlântico Sul), MAS (Modo Anular Sul) e outros. Cabe destacar que inúmeros modos de variabilidade climática atuam simultaneamente no Atlântico Sul e vários outros ainda não tem o seu efeito totalmente compreendido. A periodicidade da atuação destes modos é diferente, onde destacamos, por exemplo, desde aquela aproximadamente interanual do ENOS até a aproximadamente decadal do MAS.

O fenômeno El Niño (EN) está associado à alterações dos padrões normais de TSM e dos ventos alísios na região do Pacífico Equatorial, entre a Costa Peruana e a borda oeste do Pacífico. Para monitorar a evolução destas anomalias de TSM, a NOAA utiliza quatro regiões³ denominadas de Niño 1+2, 3, 3.4 e 4 (Fig. 20). Além disso, na região do Niño 3.4, região cujas alterações possuem melhor correlação com aquelas ocorridas no OAS, há um índice para o acompanhamento das anomalias de TSM chamado de ONI (*Oceanic Niño Index*, mantido do inglês).

Além de índices baseados nos valores de TSM no Pacífico Equatorial, o fenômeno ENOS (onde agora OS significa Oscilação Sul, a componente atmosférica do fenômeno) pode ser também quantificado pelo Índice de Oscilação Sul (IOS). Este índice representa a diferença de pressão ao nível do mar (PNM) entre o Pacífico Central (Taiti) e o Pacífico Oeste (Darwin/Austrália). Esse índice está relacionado com as mudanças na circulação atmosférica nos níveis baixos da atmosfera, consequência do aquecimento/resfriamento das águas superficiais na região. Valores negativos e positivos do IOS são indicadores da ocorrência dos fenômenos El Niño e La Niña, respectivamente⁴.

³ Disponível em: <https://www.ncdc.noaa.gov/teleconnections/enso/indicators/sst.php>. Acesso em: 08 jul. 2020.

⁴ Disponível em: http://enos.cptec.inpe.br/saiba/Oque_el-nino.shtml. Acesso em: 08 jul. 2020.

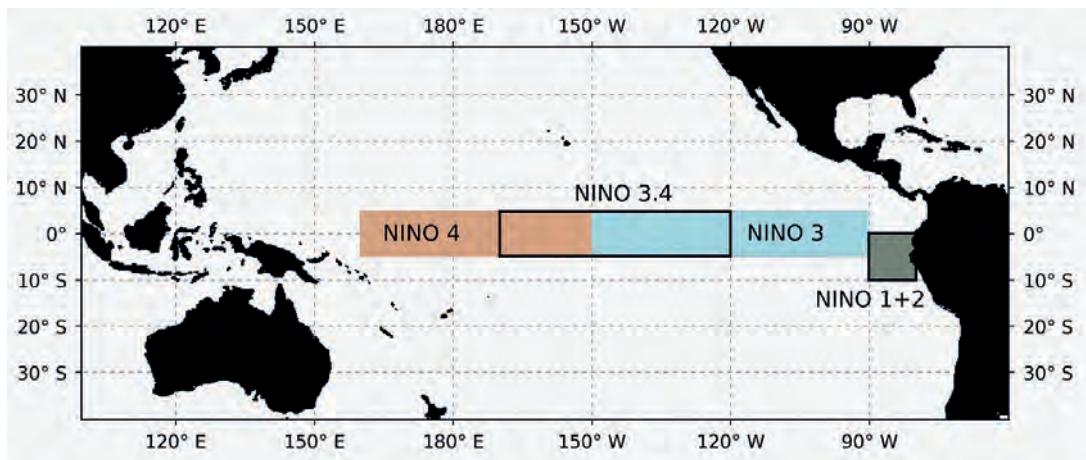


Figura 20. Regiões da NOAA para monitoramento das anomalias de TSM, denominadas de Niño 1+2, 3, 3.4 e 4. Fonte: <https://www.ncdc.noaa.gov/teleconnections/enso/indicators/sst.php>. Acesso em: 08 jul. 2020.

O Dipolo Subtropical do Atlântico Sul (DSAS), por sua vez, é caracterizado por anomalias no campo de PNM e por um gradiente nordeste/sudoeste que envolve a distribuição espacial das anomalias de TSM (e.g., PALASTANGA *et al.*, 2002; HAARSMA *et al.*, 2005), as quais formam um padrão de dipolo, com anomalias positivas (negativas) de TSM à sudoeste (nordeste) para um DSAS positivo e o oposto para um DSAS negativo. Este modo climático afeta a distribuição de TSM no OAS, causa anomalias nos fluxos de calor oceano/atmosfera e altera a espessura da camada de mistura, entre outros efeitos. Um dos efeitos observados do DSAS no OAS é a variação na intensidade de processos de ressurgência nas bordas leste e oeste do OAS (e.g., SILVA, 2020). Informações quanto ao MAS podem ser encontradas em Marshall (2003), Gillet *et al.* (2006), entre outros.

A tabela 1, abaixo, mostra o índice ONI (*Oceanic Niño Index*) trimestral, de 1980 a 2020, tendo como fonte a NOAA⁵, para a região do Niño 3.4 no Pacífico Equatorial. Este índice é uma “mensuração” da intensidade dos eventos ENOS. Os valores positivos deste índice indicam períodos de El Niño, enquanto os negativos, períodos de La Niña⁶. Os períodos de significativas alterações na TSM na região do Pacífico Equatorial estão indicados pela cor azul, para menores valores de TSM, e pela cor vermelha, para os maiores valores de TSM.

Visto que no presente capítulo temos mostrado que alterações nos níveis de captura de bonito-listrado e sardinha-verdeadeira passam por alterações na TSM do OAS, e estas, por sua vez, sofrem a atuação de modos climáticos neste oceano, passaremos agora a discutir determinados períodos de capturas (que se destacaram) com relação à ocorrência de eventos ENOS próximos a estes períodos, que são, por sua vez, associados/mensurados com os índices ONI, os quais, quando $\geq 0,5^{\circ}\text{C}$, caracterizam fenômenos El Niño e, quando $\leq -0,5^{\circ}\text{C}$, caracterizam fenômenos do tipo La Niña.

Resultados do cruzeiro de avaliação hidroacústica da biomassa de sardinha-verdeadeira denominado ECOSAR VII, realizado em 2010 sobre a plataforma da região SE/S, entre o Cabo de São Tomé e o Cabo de Santa Marta, chamaram a atenção quanto ao fato de que 98,2% da biomassa de sardinha-verdeadeira, estimada em 62.568 toneladas, estava concentrada em águas com temperaturas inferiores a 22°C , e apenas 1,8% ocorreram em áreas sob predomínio da Água Tropical (AT), quente e oligotrófica (CERGOLE & NETO, 2011). Considera-se aqui que anomalias positivas na TSM estão associadas ao predomínio da AT nos primeiros

⁵ Disponível em: https://origin.cpc.ncep.noaa.gov/products/analysis_monitoring/ensostuff/ONI_v5.php. Acesso em: 08 jul. 2020.

⁶ Disponível em: <https://www.climate.gov/news-features/understanding-climate/climate-variability-oceanic-ni%C3%BCo-index>. Acesso em: 08 jul. 2020.

metros da coluna d'água, massa de água caracterizada por temperaturas maiores que 20°C e salinidades superiores a 36,20 psu. Em contrapartida, também se considera aqui que anomalias negativas de TSM indicam uma predominância da Água Central do Atlântico Sul (ACAS), rica em nutrientes e alta produtividade, e caracterizada por temperaturas menores que 20°C e valores de salinidade inferiores a 36,20 psu.

Tabela 1. Índice ONI (*Oceanic Niño Index*) trimestral, de 1980 a 2020, tendo como fonte a NOAA, para a região do Niño 3.4 no Pacífico Equatorial.

Year	DJF	JFM	FMA	MAM	AMJ	MJJ	JJA	JAS	ASO	SON	OND	NDJ
1950	-1.5	-1.3	-1.2	-1.2	-1.1	-0.9	-0.5	-0.4	-0.4	-0.4	-0.6	-0.8
1951	-0.8	-0.5	0.2	0.2	0.4	0.6	0.7	0.9	1.0	1.2	1.0	0.8
1952	0.5	0.4	0.3	0.3	0.2	0.0	-0.1	0.0	0.2	0.1	0.0	0.1
1953	0.4	0.6	0.6	0.7	0.8	0.8	0.7	0.7	0.8	0.8	0.8	0.8
1954	0.8	0.5	0.0	-0.4	-0.5	-0.5	-0.6	-0.8	-0.9	-0.8	-0.7	-0.7
1955	-0.7	-0.6	-0.7	-0.8	-0.8	-0.7	-0.7	-0.7	-1.1	-1.4	-1.7	-1.5
1956	-1.1	-0.8	-0.6	-0.5	-0.5	-0.5	-0.6	-0.6	-0.5	-0.4	-0.4	-0.4
1957	-0.2	0.1	0.4	0.7	0.9	1.1	1.3	1.3	1.3	1.4	1.5	1.7
1958	1.8	1.7	1.3	0.9	0.7	0.6	0.6	0.4	0.4	0.4	0.5	0.6
1959	0.6	0.6	0.5	0.3	0.2	-0.1	-0.2	-0.3	-0.1	0.0	0.0	0.0
Year	DJF	JFM	FMA	MAM	AMJ	MJJ	JJA	JAS	ASO	SON	OND	NDJ
1960	-0.1	-0.1	-0.1	0.0	0.0	0.0	0.1	0.2	0.3	0.2	0.1	0.1
1961	0.0	0.0	0.0	0.1	0.2	0.3	0.1	-0.1	-0.3	-0.3	-0.2	-0.2
1962	-0.2	-0.2	-0.2	-0.3	-0.3	-0.2	0.0	-0.1	-0.1	-0.2	-0.3	-0.4
1963	-0.4	-0.2	0.2	0.3	0.3	0.5	0.9	1.1	1.2	1.3	1.4	1.3
1964	1.1	0.6	0.1	-0.3	-0.6	-0.6	-0.6	-0.7	-0.8	-0.8	-0.8	-0.8
1965	-0.6	-0.3	-0.1	0.2	0.5	0.8	1.2	1.5	1.9	2.0	2.0	1.7
1966	1.4	1.2	1.0	0.7	0.4	0.2	0.2	0.1	-0.1	-0.1	-0.2	-0.3
1967	-0.4	-0.5	-0.5	-0.4	-0.2	0.0	0.0	-0.2	-0.3	-0.4	-0.3	-0.4
1968	-0.6	-0.7	-0.6	-0.4	0.0	0.3	0.6	0.5	0.4	0.5	0.7	1.0
1969	1.1	1.1	0.9	0.8	0.6	0.4	0.4	0.5	0.8	0.9	0.8	0.6
Year	DJF	JFM	FMA	MAM	AMJ	MJJ	JJA	JAS	ASO	SON	OND	NDJ
1970	0.5	0.3	0.3	0.2	0.0	-0.3	-0.6	-0.8	-0.8	-0.7	-0.9	-1.1
1971	-1.4	-1.4	-1.1	-0.8	-0.7	-0.7	-0.8	-0.8	-0.8	-0.9	-1.0	-0.9
1972	-0.7	-0.4	0.1	0.4	0.7	0.9	1.1	1.4	1.6	1.8	2.1	2.1
1973	1.8	1.2	0.5	-0.1	-0.5	-0.9	-1.1	-1.3	-1.5	-1.7	-1.9	-2.0
1974	-1.8	-1.6	-1.2	-1.0	-0.9	-0.8	-0.5	-0.4	-0.4	-0.6	-0.8	-0.6
1975	-0.5	-0.6	-0.7	-0.7	-0.8	-1.0	-1.1	-1.2	-1.4	-1.4	-1.6	-1.7
1976	-1.6	-1.2	-0.7	-0.5	-0.3	0.0	0.2	0.4	0.6	0.8	0.9	0.8
1977	0.7	0.6	0.3	0.2	0.2	0.3	0.4	0.4	0.6	0.7	0.8	0.8
1978	0.7	0.4	0.1	-0.2	-0.3	-0.3	-0.4	-0.4	-0.4	-0.3	-0.1	0.0
1979	0.0	0.1	0.2	0.3	0.2	0.0	0.0	0.2	0.3	0.5	0.5	0.6
Year	DJF	JFM	FMA	MAM	AMJ	MJJ	JJA	JAS	ASO	SON	OND	NDJ
1980	0.6	0.5	0.3	0.4	0.5	0.5	0.3	0.0	-0.1	0.0	0.1	0.0
1981	-0.3	-0.5	-0.5	-0.4	-0.3	-0.3	-0.3	-0.2	-0.2	-0.1	-0.2	-0.1
1982	0.0	0.1	0.2	0.5	0.7	0.7	0.8	1.1	1.6	2.0	2.2	2.2
1983	2.2	1.9	1.5	1.3	1.1	0.7	0.3	-0.1	-0.5	-0.8	-1.0	-0.9
1984	-0.6	-0.4	-0.3	-0.4	-0.5	-0.4	-0.3	-0.2	-0.2	-0.6	-0.9	-1.1
1985	-1.0	-0.8	-0.8	-0.8	-0.8	-0.6	-0.5	-0.5	-0.4	-0.3	-0.3	-0.4
1986	-0.5	-0.5	-0.3	-0.2	-0.1	0.0	0.2	0.4	0.7	0.9	1.1	1.2
1987	1.2	1.2	1.1	0.9	1.0	1.2	1.5	1.7	1.6	1.5	1.3	1.1
1988	0.8	0.5	0.1	-0.3	-0.9	-1.3	-1.3	-1.1	-1.2	-1.5	-1.8	-1.8
1989	-1.7	-1.4	-1.1	-0.8	-0.6	-0.4	-0.3	-0.3	-0.2	-0.2	-0.2	-0.1
Year	DJF	JFM	FMA	MAM	AMJ	MJJ	JJA	JAS	ASO	SON	OND	NDJ
1990	0.1	0.2	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.4	0.4	0.3	0.4	0.4
1991	0.4	0.3	0.2	0.3	0.5	0.6	0.7	0.6	0.6	0.8	1.2	1.5
1992	1.7	1.6	1.5	1.3	1.1	0.7	0.4	0.1	-0.1	-0.2	-0.3	-0.1
1993	0.1	0.3	0.5	0.7	0.7	0.6	0.3	0.3	0.2	0.1	0.0	0.1
1994	0.1	0.1	0.2	0.3	0.4	0.4	0.4	0.4	0.6	0.7	1.0	1.1
1995	1.0	0.7	0.5	0.3	0.1	0.0	-0.2	-0.5	-0.8	-1.0	-1.0	-1.0
1996	-0.9	-0.8	-0.6	-0.4	-0.3	-0.3	-0.3	-0.3	-0.4	-0.4	-0.4	-0.5
1997	-0.5	-0.4	-0.1	0.3	0.8	1.2	1.6	1.9	2.1	2.3	2.4	2.4
1998	2.2	1.9	1.4	1.0	0.5	-0.1	-0.8	-1.1	-1.3	-1.4	-1.5	-1.6
1999	-1.5	-1.3	-1.1	-1.0	-1.0	-1.0	-1.1	-1.1	-1.2	-1.3	-1.5	-1.7
Year	DJF	JFM	FMA	MAM	AMJ	MJJ	JJA	JAS	ASO	SON	OND	NDJ
2000	-1.7	-1.4	-1.1	-0.8	-0.7	-0.6	-0.6	-0.5	-0.5	-0.6	-0.7	-0.7
2001	-0.7	-0.5	-0.4	-0.3	-0.3	-0.1	-0.1	-0.1	-0.2	-0.3	-0.3	-0.3
2002	-0.1	0.0	0.1	0.2	0.4	0.7	0.8	0.9	1.0	1.2	1.3	1.1
2003	0.9	0.6	0.4	0.0	-0.3	-0.2	0.1	0.2	0.3	0.3	0.4	0.4
2004	0.4	0.3	0.2	0.2	0.2	0.3	0.5	0.6	0.7	0.7	0.7	0.7
2005	0.6	0.6	0.4	0.4	0.3	0.1	-0.1	-0.1	-0.1	-0.3	-0.6	-0.8
2006	-0.8	-0.7	-0.5	-0.3	0.0	0.0	0.1	0.3	0.5	0.7	0.9	0.9
2007	0.7	0.3	0.0	-0.2	-0.3	-0.4	-0.4	-0.5	-0.8	-1.1	-1.4	-1.5
2008	-1.6	-1.4	-1.2	-0.9	-0.8	-0.5	-0.4	-0.3	-0.3	-0.4	-0.6	-0.7
2009	-0.8	-0.7	-0.5	-0.2	0.1	0.4	0.5	0.5	0.7	1.0	1.3	1.6
Year	DJF	JFM	FMA	MAM	AMJ	MJJ	JJA	JAS	ASO	SON	OND	NDJ
2010	1.5	1.3	0.9	0.4	-0.1	-0.6	-1.0	-1.4	-1.6	-1.7	-1.7	-1.6
2011	-1.4	-1.1	-0.8	-0.6	-0.5	-0.4	-0.5	-0.7	-0.9	-1.1	-1.1	-1.0
2012	-0.8	-0.6	-0.5	-0.4	-0.2	0.1	0.3	0.3	0.3	0.2	0.0	-0.2
2013	-0.4	-0.3	-0.2	-0.2	-0.3	-0.3	-0.4	-0.4	-0.3	-0.2	-0.2	-0.3
2014	-0.4	-0.4	-0.2	0.1	0.3	0.2	0.1	0.0	0.2	0.4	0.6	0.7
2015	0.6	0.6	0.6	0.8	1.0	1.2	1.5	1.8	2.1	2.4	2.5	2.6
2016	2.5	2.2	1.7	1.0	0.5	0.0	-0.3	-0.6	-0.7	-0.7	-0.7	-0.6
2017	-0.3	-0.1	0.1	0.3	0.4	0.4	0.2	-0.1	-0.4	-0.7	-0.9	-1.0
2018	-0.9	-0.8	-0.6	-0.4	-0.1	0.1	0.1	0.2	0.4	0.7	0.9	0.8
2019	0.8	0.8	0.8	0.7	0.6	0.5	0.3	0.1	0.1	0.3	0.5	0.5
Year	DJF	JFM	FMA	MAM	AMJ	MJJ	JJA	JAS	ASO	SON	OND	NDJ
2020	0.5	0.6	0.5	0.3								

Fonte: https://origin.cpc.ncep.noaa.gov/products/analysis_monitoring/ensostuff/ONI_v5.php. Acesso em: 30 jun. 2020.

Schmit *et al.* (2019) indicaram que as capturas de sardinha-verdadeira no OAS variaram entre 15.000 e 117.000 toneladas entre 1992 e 2017, e que os anos com as capturas mais altas e mais baixas desta espécie ocorreram em 1997 e 2017, respectivamente. As altas capturas de sardinha-verdadeira no ano de 1997 foram seguidas por uma queda abrupta, atingindo o mínimo histórico em 1999/2000. Os autores também indicaram que uma sequência de anomalias positivas de TSM reduziu as capturas de sardinha-verdadeira e de bonito-listrado em 85 e 50%, respectivamente, entre 2014 e 2017. Observa-se na tabela 1 a ocorrência de eventos El Niño neste período, assim como em 1997/1998. Estes autores não avaliaram anos mais recentes, mas na figura 21 pode-se verificar que ao longo de 2019 e 2020 houve uma redução brusca nas anomalias positivas e ocorrência de anomalias negativas, tomando-se como exemplo o Fundo Virtual Costeiro de Santa Marta. Com relação a este último fato, percebe-se agora na tabela 1 a entrada de um período neutro a partir da metade de 2019.

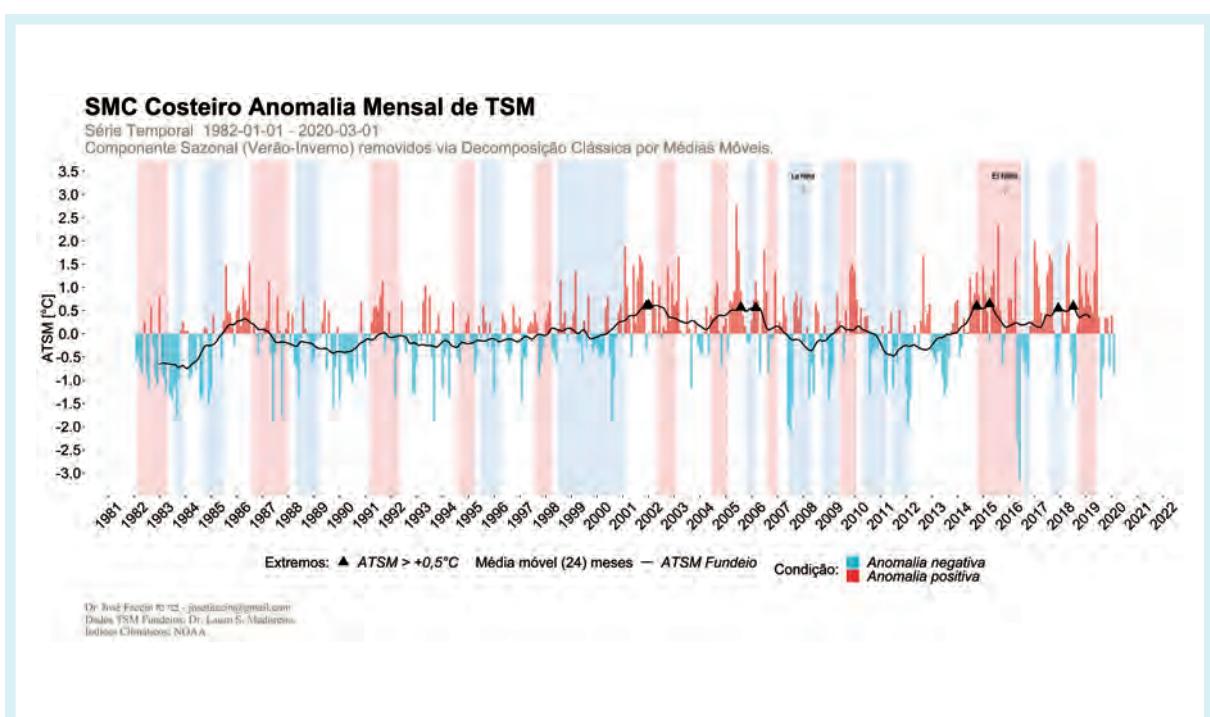


Figura 21. Anomalias de TSM calculadas para o Fundo Virtual Costeiro Santa Marta entre os anos de 1981 e 2019.

Ainda é cedo para avaliações mais embasadas em relação ao atual estado do OAS em termos de TSM, mas é importante destacar que as capturas de sardinha-verdadeira obtidas de 15/02 a 15/04/2020 já se equiparam às capturas de todo o ano de 2019 (Fonte: SINDIPI). Na mesma direção, a produção de bonito-listrado de janeiro a março de 2020 já atingiu o equivalente a 60% da produção de 2019 da indústria Leal Santos (comunicação pessoal: Alexandre Llopert – Diretor da Empresa). Portanto, dentro do contexto da redução de anomalias positivas e a ocorrência de anomalias negativas, conforme mencionadas acima, o ano de 2020 está sendo o mais promissor para o setor da pesca de sardinha-verdadeira e bonito-listrado no setor SE/S do Brasil desde as fortíssimas quedas nas capturas de 2015/2016. Aqui se percebe nitidamente a associação entre ótimas capturas e a não ocorrência de eventos do tipo El Niño.

Afortunadamente para o setor da pesca, a NOAA⁷ vem apontando para uma forte tendência de 2020 ser um ano neutro, conforme mostra a figura 22, abaixo, a qual apresenta as probabilidades, segundo o CPC/IRI (Climate Prediction Center and the International Research Institute for Climate and Society), de ocorrência dos três cenários possíveis

⁷ Disponível em: <https://www.cpc.ncep.noaa.gov/products/precip/CWlink/MJO/enso.shtml#discussion>. Acesso em: 3 jul. 2020.

(La Niña, El Niño e neutro), com dados atualizados até meados de 2020. Percebe-se, para todos os trimestres, a dominância da barra cinza que indica a probabilidade para cenários neutros, a qual é bastante acentuada (superior a 50%) nos cinco primeiros trimestres avaliados. Conforme o ano avança, apesar desta dominância ainda perdurar, nota-se um aumento na probabilidade de ocorrência de eventos La Niña (barra azul). A probabilidade de eventos El Niño (barra vermelha) mantém-se praticamente constante em torno de 20% a partir do trimestre junho/julho/agosto (JJA).

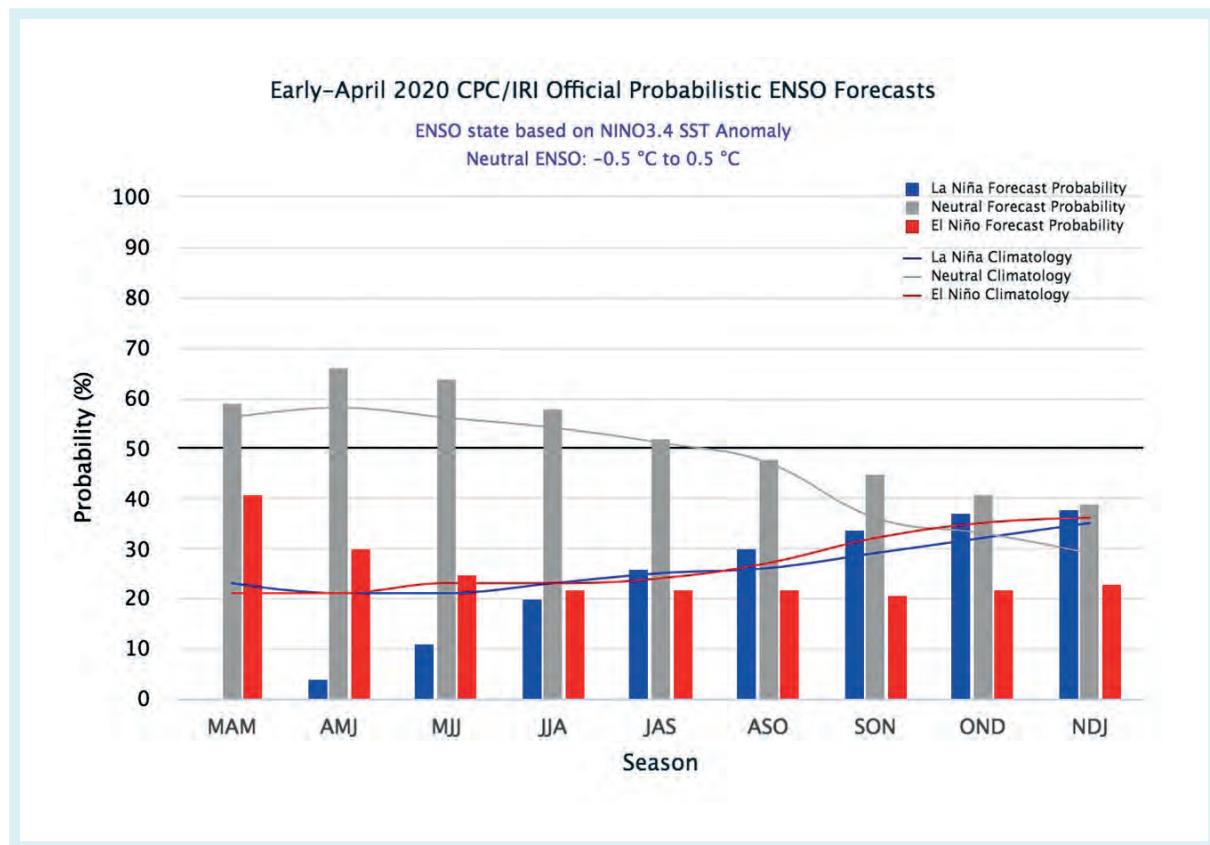


Figura 22. Probabilidades, de acordo com NOAA e IRI, de ocorrência dos três cenários possíveis (La Niña, El Niño e neutro), com dados atualizados até meados de 2020. Fontes: https://www.cpc.ncep.noaa.gov/products/analysis_monitoring/lanina/enso_evolution-status-fcsts-web.pdf e <https://iri.columbia.edu/our-expertise/climate/forecast/enso/current/>. Acesso em: 08 jul. 2020.

Da mesma forma, a figura 23 indica a tendência nas anomalias de TSM mostrada por modelos numéricos, considerando-se o Niño 3.4 do Pacífico Equatorial, que também apontam para um ano neutro no hemisfério Norte nas estações do verão e do outono, conforme a NOAA e o CPC/IRI. Percebe-se que a grande maioria dos modelos coloca as previsões (forecast) de anomalias de TSM (SST na figura, do inglês Sea Surface Temperature) dentro do intervalo de $\pm 0,5^{\circ}\text{C}$, o que caracteriza um cenário neutro. Alguns poucos modelos estimaram anomalias próximas de $-1,5^{\circ}\text{C}$.

Em termos gerais, entre 2012 e 2014 houve uma neutralidade nas anomalias de TSM na região sul/sudeste da costa brasileira (anomalias consideradas neutras são aquelas com variações entre $+0,5^{\circ}\text{C}$ e $-0,5^{\circ}\text{C}$, de forma similar às fases neutras do ENSO), calculadas como as médias obtidas nos Fundeios Virtuais, na área de distribuição do bonito-listrado, para o referido período. Importante observar também que entre 2012 e 2014 houve um aumento nas capturas de bonito-listrado para a frota nacional como um todo (vide Capítulo 9), o que estaria relacionado às anomalias negativas de TSM. Nos anos seguintes, de 2014 a 2016, conforme citado anteriormente, com a presença de um evento El Niño mais acentuado, anomalias positivas de TSM se instalaram nesta mesma região. Com este cenário, houve

um decréscimo nas capturas. Ao final de 2018, a NOAA já apontava em seus relatórios técnicos uma forte tendência de mudança nos ventos alísios, o que, por sua vez, parecia estar associado com o ENSO, e talvez ainda com o Dipolo Subtropical do Atlântico Sul (DSAS). A partir de meados de 2019, e já com uma tendência neutra de El Niño se manifestando, as anomalias negativas de TSM parecem ser uma nova tendência, passando-se então a perceber maiores taxas de produção primária e níveis de plâncton mais altos, se comparados com aqueles do triênio 2016/17/18. A densidade espacial de giros ciclônicos, que trazem nutrientes para águas mais rasas, aumentou e a ocorrência da ACAS se deu mais próxima da superfície. Estas aflorações de ACAS geram uma produção primária diferenciada. Já em 2020, os níveis de captura estão muito acentuados, chegando próximos aos patamares de anos inteiros anteriores.

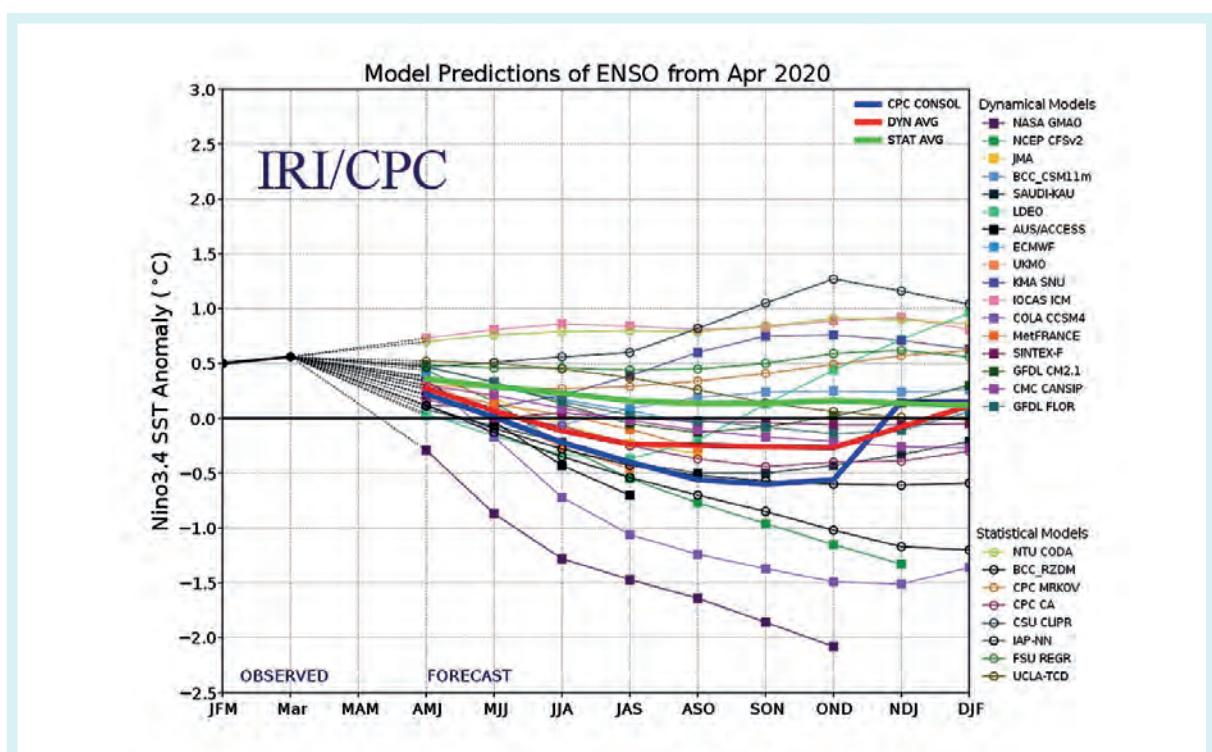


Figura 23. Tendência nas anomalias de TSM mostrada por modelos numéricos, considerando-se o Niño 3.4 do Pacífico Equatorial, de acordo com a NOAA e IRI, que também apontam para um ano neutro no hemisfério Norte nas estações do verão e do outono (e estações de inverno e primavera no hemisfério Sul). Fontes: https://www.cpc.ncep.noaa.gov/products/analysis_monitoring/lanina/enso_evolution-status-fcsts-web.pdf e <https://iri.columbia.edu/our-expertise/climate/forecasts/enso/current/>. Acesso em: 08 jul. 2020.

Conforme vimos até então, o índice ONI (*Oceanic Niño Index*) está relacionado às anomalias de TSM no Pacífico Equatorial. A pergunta que poderia ser feita aqui é: qual a relação das mudanças ocorridas na TSM no Pacífico Equatorial com as da TSM do Atlântico Sul? Esta pergunta não é simples de ser respondida. A TSM do Atlântico Sul é influenciada por inúmeros modos climáticos, sendo o ENOS um deles. Inúmeros outros podem ser listados (MAS e outros). Apesar de estarem relacionados aos efeitos regionais, estes modos acabam por afetar regiões espacialmente não contíguas, o que se conhece como teleconexão. Não é difícil imaginar o quão complexas são as teleconexões que afetam a TSM do oceano global. Muitos estudos e pesquisas ainda serão necessários para termos uma resposta confiável à pergunta formulada acima. Ainda são desconhecidas as causas que atuam como um “gatilho” para que um evento El Niño ou La Niña seja “disparado” no Pacífico Equatorial, sendo que a causa principal pode ser atmosférica. Sempre lembrando que a TSM da região sul/sudeste da costa brasileira não responde apenas às variações do índice ONI.

Uma linha de pesquisa que avalie os impactos dos eventos mencionados na estrutura oceanográfica ao norte de Santa Marta, que é efetivamente a área de pesca da frota nacional, e também ao sul deste cabo, apresenta-se como uma importante perspectiva de desenvolvimento, de forma a expor um cenário para a área de pesca do bonito-listrado como um todo, no que se refere às anomalias de TSM e seus impactos nas capturas.

Agradecimentos

Os autores agradecem a *National Oceanic and Atmospheric Administration/Climate Prediction Center* (NOAA/CPC) e ao *International Research Institute for Climate and Society* (IRI) pela utilização das figuras e da tabela dos índices ONI inseridos neste artigo, assim como pelos seus incansáveis esforços na busca de um melhor entendimento do clima da Terra. Agradecem também a CLS (*Collecte Localisation Satellites*) pela autorização de utilização de imagens geradas pelo seu software CATSAT.

Referências Bibliográficas

- ACHA, E. M.; MIANZAN, H. W.; GUERRERO, R. A.; FAVERO, M.; BAVA, J. Marine fronts at the continental shelves of austral South America Physical and ecological processes. *Journal of Marine Systems*, v. 44, n. 1-2, p. 83-105, jan. 2004. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.jmarsys.2003.09.005>. Acesso em: 08 jul 2020.
- AGENBAG, J. J.; RICHARDSON, A. J.; DEMARQ, H.; FRÉON, P; WEEKS, S.; SHILINGTON, F. A. Estimating environmental preferences of South African fish species using catch size and remote sending data. *Progress in Oceanography*, v. 59, n. 2-3, p. 275-300, out./nov. 2003. Disponível em: <https://doi.org/doi:10.1016/j.pocean.2003.07.004>. Acesso em: 08 jul 2020.
- ANDRADE, H. A. The relationship between the skipjack tuna (*Katsuwonus pelamis*) fishery and seasonal temperature variability in the south-western Atlantic. *Fisheries Oceanography*, v. 12, n. 1, p. 10-18, 2003. Disponível em: <https://doi.org/10.1046/j.1365-2419.2003.00220.x>. Acesso em: 08 jul 2020.
- ANDRADE, H. A.; GARCIA, C. A. E. Skipjack tuna fishery in relation to sea surface temperature off the Southern Brazilian coast. *Fisheries Oceanography*, v. 8, n. 4, p. 245-254, dez. 1999. Disponível em: <https://doi.org/10.1046/j.1365-2419.1999.00107.x>. Acesso em: 08 jul 2020.
- ANDRADE, H. A. *Distribuição, abundância relativa e migração do Katsuwonus pelamis (Scombridae) em relação à temperatura superficial do mar e à dinâmica oceanográfica na costa sudeste-sul do Brasil*. FURG. Rio Grande. Dissertação de Mestrado, 148p., 1996.
- ARVIDSON, R. E.; BOWMAN, J. D.; DUNHAM, C. D.; ANDERSON, R. C.; BACKES, P.; BAUMGARTNER, E.; BELL, J.; DWORETZKY, S. C.; KLUG, S.; PECK, N.; SHERMAN, D.; SQUYRES, S.; TUTTLE, D.; WALDRON, A. M. Operational Oceanography: Shall We Dance? *Eos*, v. 81, n. 11, p. 115-116, mar. 2000. Disponível em: <https://doi.org/10.1029/00EO00075>. Acesso em: 08 jul 2020.
- CAMPOS, E. J. D. *Estudos da circulação oceânica no atlântico tropical e região oeste do atlântico subtropical sul*. Tese de Livre Docência – Instituto Oceanográfico, Universidade de São Paulo, São Paulo, 114p., 1995.
- CASTELLO, J. P.; HABIAGA, R. P. The skipjack tuna fishery in Southern Brazil. *Collective Volume of Scientific Papers*, ICCAT, v. 30, n. 1, p. 6-19, 1989.
- CASTRO, B. M.; MIRANDA, L. B. Physical oceanography of the western Atlantic continental shelf located between 4°N and 34°S. In: ROBINSON, A. R.; BRINK, K. H. (Eds.). *The Sea*, Vol. II. New York: John Wiley, 1998. p. 209-251.
- CASTRO, B. M.; MIRANDA, L. B.; SILVEIRA, I. C. A. A.; LORENZZETTI, J. A. A. Diagnóstico do conhecimento atual sobre a estrutura e a circulação entre o Cabo de São Tomé (RJ) e o Chuí (RS). *Programa REVIZEE - Relatório Técnico*. 107p., 2003.
- CASTRO, B. M.; LORENZZETTI, J. A.; SILVEIRA, I. C. A. A.; MIRANDA, L. B. Estrutura termohalina e circulação na região entre o Cabo de São Tomé (RJ) e o Chuí (RS). In: ROSSI-WONGTSCHOWSKI, C. L. D. B; MADUREIRA, L. S. P. (org.). *O ambiente oceanográfico da plataforma continental e do talude na região sudeste-sul do Brasil*. São Paulo: EdUSP, p. 11-120, 2006.
- CATSAT. CATSAT – *Fishing Software*, c2015. What is CATSAT, 2015. Disponível em: <http://www.catsat.com/catsat-fish-software/>. Acesso em: 08 jul 2020.
- CERGOLE, M. C.; DIAS NETO, J. *Plano de Gestão para o Uso Sustentável da Sardinha-verdadeira do Brasil*. Série Plano de Gestão dos Recursos Pesqueiros. Brasília: Ibama, 180 p., 2011.

COLETTI, J. L.; PINHO, M. P.; MADUREIRA, L. S. P. Operational oceanography applied to skipjack tuna (*Katsuwonus pelamis*) habitat monitoring and fishing in south-western Atlantic. *Fisheries Oceanography*, v. 28, n. 1, p. 82-93, jan. 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.1111/fog.12388>. Acesso em: 08 jul 2020.

COOKE, C. V.; MADUREIRA, L. S. P.; GRIEP, G. H.; PINHO, M. P. Análise de dados de ecossondagem de fundo oriundos de cruzeiros realizados entre Fortaleza (CE) e Chuí (RS) com enfoque na morfologia e tipos de fundo. *Revista Brasileira de Geofísica*, São Paulo, v. 25, n. 4, p. 443-457, out./dez. 2007. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1590/S0102-261X2007000400008>. Acesso em: 08 jul 2020.

COSTA, P. L.; MADUREIRA, L. A. S. P.; PINHO, M. P. Seabed acoustic classification in the Pelotas basin, Brazil. *Brazilian Journal of Oceanography*, v. 61, n. 1, p. 13-22, 2013.

COTTER, A. J. R.; PILLING, G. M. Landings, logbooks and observer surveys: improving the protocols for sampling commercial fisheries. *Fish and Fisheries*, v. 8, n. 2, p. 123-152, jun. 2007. Disponível em: <https://doi.org/10.1111/j.1467-2679.2007.00241.x>. Acesso em: 08 jul 2020.

FAO. Impacts of climate change on fisheries and aquaculture. *Fisheries and Aquaculture Technical Paper*. Rome: 628 p., 2018.

FIGUEIREDO, A. G.; MADUREIRA, L. S. P. *Topografia, composição, refletividade do substrato marinho e identificação de províncias sedimentares na Região Sudeste-Sul do Brasil*. Série Documentos REVIZEE: Score-Sul. São Paulo: Instituto Oceanográfico – USP, 64 p., 2004.

GARCIA, C. A. E. Ambientes Costeiros e Marinhos e sua Biota: Oceanografia Física. In: SEELIGER, U.; ODEBRECHT, C.; CASTELLO, J. P. *Os Ecossistemas Costeiro e Marinho do Extremo Sul do Brasil*. Rio Grande: Editora Ecoscientia, 1998.

GILLETT, N. P.; KELL, T. D.; JONES, P. D. Regional climate impacts of the Southern Annular Mode. *Geophysical Research Letters*, v. 33, n. 23, p. 1-4, dez. 2006. Disponível em: <https://doi.org/10.1029/2006GL027721>. Acesso em: 08 jul 2020.

HAARSMA, R.J., SELTEN, F.M., WEBER, S.L., KLIPHUIS, M. Sahel rainfall variability and response to greenhouse warming. *Geophysical Research Letters*, v. 32, n. 17, p. 1-4, set. 2005. Disponível em: <https://doi.org/10.1029/2005GL023232>. Acesso em: 08 jul 2020.

HABIAGA, R. G. P.; CASTELLO, J. P. Experiências de Pesca com Rede de Arrasto de Meia Água na Plataforma Continental do Rio Grande do Sul. *Anais do VI Congresso Brasileiro de Engenharia de Pesca*, Curitiba, p. 235-247, 1986.

KLEMAS, V. Fisheries applications of remote sensing: An overview. *Fisheries Research*, v. 148, p. 124-136, nov. 2013. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.fishres.2012.02.027>. Acesso em: 08 jul 2020.

LIMA, I. D.; GARCIA, C. A. E.; MÖLLER, O. O. Ocean surface processes on the Southern Brazilian shelf: Characterization and seasonal variability. *Continental Shelf Research*, v. 16, n. 10, p. 1307-1317, ago. 1996. Disponível em: [https://doi.org/10.1016/0278-4343\(95\)00066-6](https://doi.org/10.1016/0278-4343(95)00066-6). Acesso em: 08 jul 2020.

MADUREIRA, L.; COLETTI, J.; PINHO, M.; WEIGERT, S.; LLOPART, A. Pole and line fishing and live baiting in Brazil. *INFOFISH International*, v. 3, p. 14-17, 2016.

MADUREIRA, L. S. P.; ROSSI-WONGTSCHOWSKI, C. L. D. B. *Prospecção de recursos pesqueiros pelágicos na Zona Econômica Exclusiva da Região Sudeste-Sul do Brasil: hidroacústica e biomassas*. Série Documentos REVIZEE: Score Sul. Instituto Oceanográfico – USP, São Paulo. 144 p., 2005.

MARSHALL, G. J. Trends in the Southern Annular Model from Observations and Reanalyses. *Journal of Climate*, v. 16, n. 24, p. 4134-4143, dez. 2003. Disponível em: [https://doi.org/10.1175/1520-0442\(2003\)016%3C4134:TTSAM%3E2.0.CO;2](https://doi.org/10.1175/1520-0442(2003)016%3C4134:TTSAM%3E2.0.CO;2). Acesso em: 08 jul 2020.

MATSUURA, Y.; ANDRADE, H. A. Synopsis on biology of Skipjack Tuna population and related environmental conditions in Brazilian waters. *ICCAT Collective Volume of Scientific Papers*, v. 51, n. 1, p. 395-401, 1999.

MUGO, R.; SAITO, S.; NIHIRA, A.; KUROYAMA, T. Habitat characteristics of skipjack tuna (*Katsuwonus pelamis*) in the western North Pacific: A remote sensing perspective. *Fisheries Oceanography*, v. 19, n. 5, p. 382-396, set. 2010. Disponível em: <https://doi.org/10.1111/j.1365-2419.2010.00552.x>. Acesso em: 08 jul 2020.

MMA. Avaliação do Potencial Sustentável de Recursos Vivos na Zona Econômica Exclusiva. *Relatório Executivo – Programa REVIZEE*, 303 p., 2006.

PALASTANGA, V.; VERA, C. S.; PIOLA, A. R. On the leading modes of sea surface temperature variability in the South Atlantic Ocean. *CLIVAR Exchanges*, (25), v. 7, n. 3-4, p. 12-16, set. 2002.

PINHO, M. P.; MADUREIRA, L. S. P.; CALLIARI, L. J.; GRIEP, G. H.; COOKE, C. V. Depósitos fosfáticos marinhos na costa sudeste e sul do Brasil: potenciais áreas de ocorrência identificadas com dados de retroespalhamento acústico do fundo e sedimentológicos analisados sobre mapa batimétrico 3D. *Revista Brasileira de Geofísica*, São Paulo, v. 29, n. 1, p. 113-126, jan./mar. 2011. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S0102-261X2011000100008>. Acesso em: 08 jul 2020.

PIOLA, A. R.; CAMPOS, E. J. D.; MÖLLER JR, O. O.; CHARO, M.; MARTINEZ, C. Subtropical shelf front of eastern South America. *Journal of Geophysical Research*, v. 105, n. C3, p. 6565-6578, mar. 2000. Disponível em: <https://doi.org/10.1029/1999JC000300>. Acesso em: 08 jul 2020.

ROSSI-WONGTSCHOWSKI, C. L. D. B.; MADUREIRA, L. S. P. *O ambiente oceanográfico da plataforma continental e do talude na região sudeste-sul do Brasil*. São Paulo: EdUSP, 2006.

SCHMIDT, J.O., BOGRAD, S.J., ARRIZABALAGA, H., AZEVEDO, J.L., BARBEAUX, S.J., BARTH, J.A., BOYER, T., BRODIE, S., CÁRDENAS, J.J., CROSS, S., DRUON, J., FRANSSON, A., HARTOG, J., HAZEN, E.L., HOBDAY, A., JACOX, M., KARSTENSEN, J., KUPSCHUS, S., LOPES, J., MADUREIRA, L.A.S.P., FILHO, J.E.M., MIOSLAVICH, P., SANTOS, C.P., SCALES, K., SPEICH, S., SULLIVAN, M.B., SZOBOSZLAI, A., TOMMASI, D., WALLACE, D., ZADOR, S., ZAWISLAK, P.A. 2019. Future Ocean Observations to Connect Climate, Fisheries and Marine Ecosystems. *Frontiers in Marine Science*, v. 6, n. 550, set. 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.3389/fmars.2019.00550>. Acesso em: 08 jul 2020.

SILVA, L. H. O. *Influência do Dipolo Subtropical do Atlântico Sul na Dinâmica de Ressurgência Costeira de Duas Regiões no Oceano Atlântico Sul*. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal do Rio Grande – FURG. Rio Grande, 2020.

SIMMONDS, E. J.; MACLENNAN, D. N. *Fisheries acoustics – Theory and Practice*. 2nd ed. Fish and Aquatic Resources Series 10. London: Chapman & Hall, 2005.

VELHOTE, D. *Modelagem numérica da ressurgência da quebra de plataforma induzida por vórtices ciclônicos da Corrente do Brasil na Bacia de Santos*. Dissertação de Mestrado. 134p. São Paulo, Universidade de São Paulo - Instituto Oceanográfico, 1998.

VILELA, M. J. A.; CASTELLO, J. P. Dinâmica poblacional del barrilete (*Katsuwonus pelamis*) explotado en la región sudeste-sur del Brasil em el período 1980-1986. *Frente Marítimo*, v. 14, p. 111-124, 1993.

ZEMBRUSCKI, S. G. Geomorfologia da Margem Continental Sul Brasileira e das Bacias Oceânicas Adjacentes. In: CHAVES, H. A. F. (org.) *Geomorfologia da margem continental brasileira e das áreas oceânicas adjacentes*. Relatório final, Projeto REMAC, 177 p., 1979

Uso de marcas eletrônicas para identificação de padrões de movimentação do bonito-listrado

3

Cassiano Monteiro-Neto, Marcus Rodrigues da Costa,
Rafael de Almeida Tubino, Bruno Cesar Luz Macena,
Lauro A. Saint Pastous Madureira, Marcelo Pinho

Introdução

Os atuns e afins são peixes pelágicos, predadores de topo de cadeia alimentar de comportamento migratório que se deslocam em grandes velocidades, cruzando grandes distâncias nos oceanos. Seu hábito de vida é facilitado por especializações anatômicas, biológicas e fisiológicas, que lhes permitem o nado constante em altas velocidades e a incursão em águas mais frias, mantendo um gradiente térmico entre a temperatura corporal e a temperatura ambiente adequado (GUNN & BLOCK, 2001).

O tamanho, a potência e a velocidade de deslocamento dos atuns e afins representam um desafio ao estudo da sua biologia. Considerando seus rápidos deslocamentos através de áreas geográficas amplas, torna-se difícil obter dados sobre padrões de dispersão das populações, devido à resolução limitada de ferramentas analíticas disponíveis para o estudo destes peixes pelágicos (BLOCK *et al.*, 1998).

Uma estratégia que vem sendo utilizada há bastante tempo para superar estas limitações tem sido a marcação e a recaptura dos indivíduos de uma população. Peixes capturados recebem implantes de marcas de diferentes formatos e tamanhos, de acordo com as suas características morfológicas (Fig. 1). Ao mesmo tempo, informações sobre o peso e o tamanho são obtidas e associadas ao número de registro da marca. Após o implante, os peixes marcados são devolvidos ao ambiente natural, se misturando novamente ao cardume e, consequentemente, à sua população original. Eventualmente, estes indivíduos são recapturados pela pesca e os dados do número de registro da marca, o peso e o tamanho do indivíduo, bem como o local de captura, são recuperados (MURPHY & WILLIAMS, 1996), fornecendo importantes informações para análises que visam reconhecer os padrões de deslocamento no espaço e no tempo.

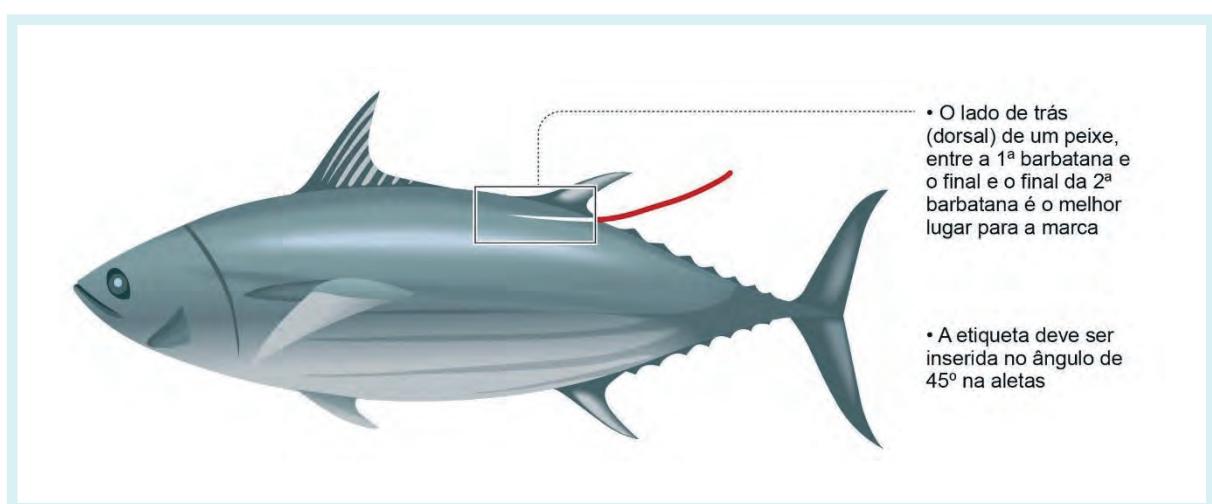


Figura 1. Exemplo de marca utilizada no bonito-listrado, com indicação do seu posicionamento.

As informações obtidas neste procedimento permitem estimar movimentos migratórios, estrutura e tamanho populacional, além de parâmetros de crescimento e mortalidade (BLOCK *et al.*, 1998). Embora estes experimentos forneçam estimativas grosso modo dos movimentos populacionais, pouco se sabe sobre o que acontece no interstício entre os locais de marcação e de recaptura, ou seja, as rotas migratórias e as variações diárias do comportamento de deslocamento na coluna d'água. Ao mesmo tempo, como a recaptura depende intrinsecamente da pesca comercial (artesanal ou industrial), a recuperação destes indivíduos pode estar refletindo a atividade das frotas pesqueiras, ao invés da verdadeira amplitude de deslocamento da população em estudo (BOLLE *et al.*, 2005), como, por exemplo, ser recapturado em qualquer fase intermediária da migração que efetivamente executaria.

Mais recentemente, a investigação sobre o movimento e a migração de grandes peixes pelágicos tem se beneficiado do desenvolvimento de novas tecnologias, incluindo marcas eletrônicas, comunicação via satélite, sensoriamento remoto e capacidade de processamento de informações por computadores de alto desempenho (GUNN & BLOCK, 2001). Neste sentido, as marcas eletrônicas que arquivam ou transmitem dados armazenados para satélites têm auxiliado no mapeamento de habitats usados por peixes altamente migratórios em ecossistemas pelágicos (METCALFE & ARNOLD, 1997; BLOCK *et al.*, 2005).

Marcas eletrônicas do tipo *Pop-up Satellite Archival Transmitting Tag* (PSAT) são dispositivos que, implantados nos peixes, registram e arquivam dados por um determinado tempo, após o qual se desprendem do indivíduo e passam a transmitir estas informações via satélite. Uma vez transmitidos, dados de geolocalização, temperatura da água do mar, profundidade de mergulho, bem como outras informações de interesse, podem ser recuperados nas plataformas científicas para análises (BLOCK *et al.*, 2005). Muitos estudos têm sido realizados utilizando estas marcas eletrônicas em diversas espécies de atuns, como, por exemplo, Block (2019), que apresentou uma síntese dos padrões migratórios da albacora-azul (*Thunnus thynnus*) no oceano Atlântico, enquanto Nimit *et al.* (2020) estudaram as preferências oceanográficas da albacora-laje (*T. albacares*) em oceanos tropicais estratificados.

Os padrões de movimentação do bonito-listrado (*Katsuwonus pelamis*) no oceano Atlântico têm sido amplamente estudados pela Comissão Internacional do Atum do Atlântico (ICCAT). Utilizando marcas tradicionais do tipo “espaguete”, foi observado que, para o Atlântico como um todo, existem apenas dois registros de migrações transatlânticas no sentido leste-oeste. No Atlântico leste, as migrações geralmente seguem o contorno da costa Africana entre as latitudes 15° S e 30° N (ICCAT, 2006). Este mesmo relatório aponta ainda que, para o Atlântico ocidental, há poucas informações, restritas aos únicos registros de movimentos migratórios sul-norte ao longo da costa sul-sudeste brasileira e informações esparsas no Caribe. Registros da ocorrência de ovos e larvas de *K. pelamis* na Zona Econômica Exclusiva do Nordeste do Brasil (PINTO *et al.*, 2002) e as descargas das pescarias de cardume associado realizadas na mesma área apontam para a presença da espécie na região (SILVA *et al.*, 2019).

Até o momento, marcas eletrônicas nunca tinham sido utilizadas no estudo dos padrões de movimentação do bonito-listrado. Neste capítulo será relatada a experiência e os resultados obtidos com o uso das marcas eletrônicas do tipo PSAT visando caracterizar os padrões do uso de habitat e o comportamento de deslocamento na coluna d'água (vertical e horizontal) do bonito-listrado no Atlântico Sudoeste, além de explorar registros de cruzeiros de prospecção hidroacústica que mapearam uma das principais presas do bonito-listrado na região de estudo.

Materiais e Métodos

Para identificar os padrões de movimentação do bonito-listrado foram utilizados os dispositivos eletrônicos tipo MiniPAT®, fabricados pela empresa Wildlife Computers Inc., Redmond, WA, USA. Cada aparelho possui uma âncora que é implantada no espécime e um

cabo (*tether*) que une o aparelho à âncora. O equipamento tem aproximadamente 10 cm de comprimento e possui uma antena para conexão com o satélite ARGOS (*Advanced Research and Global Observation Satellite*), além de sensores de temperatura, luminosidade e pressão (i.e., profundidade), porta de comunicação para programação, sistema para ligar o equipamento automaticamente em contato com a água do mar (i.e., sensor *wet/dry*), e um pino de liberação do aparelho ao final do período pré-determinado (Fig. 2).

Um total de 12 marcas foram adquiridas para uso na marcação do bonito-listrado. Em laboratório, cada uma das marcas foi programada para o registro de informações e liberação de acordo com os procedimentos especificados no manual de instruções disponibilizado pela fabricante, Wildlife Computers. Em laboratório foi feito um treinamento da equipe para a marcação dos exemplares em campo. Para tanto, foram adquiridos 15 exemplares de bonito-listrado para testes em laboratório. O ponto recomendado para a inserção da âncora, visando a melhor sustentação, foi abaixo da 2^a nadadeira dorsal, atravessando os pterigióforos.

As marcas foram programadas estabelecendo-se os intervalos para o registro da informação e o tempo total em dias para o desprendimento da mesma. Em seguida, as marcas foram seladas e mantidas no modo de acionamento em contato com a água. Todas as marcas foram acondicionadas em sacos plásticos fechados, evitando o contato accidental com a água ou umidade, o que poderia acionar o mecanismo antes do tempo desejado.

A captura dos indivíduos foi realizada a bordo da embarcação “Katsushio Maru 6”, que pertence a frota pesqueira de vara e isca-viva da empresa Indústrias Alimentícias Leal Santos Ltda. Seguindo as recomendações da ICCAT para a marcação de atuns¹, os exemplares de maior porte foram capturados pelos pescadores, retirados cuidadosamente do anzol e acondicionados em uma mesa acolchoada com olhos vendados, para imobilização e redução do stress. Após a medição do comprimento furcal, as marcas MiniPAT® foram implantadas e os exemplares devolvidos ao mar imediatamente (Fig. 3).

Após a liberação dos exemplares marcados, 7 das 12 marcas iniciaram a transmissão de dados para o sistema ARGOS de satélites, sendo acessados e decodificados no portal online disponibilizado pela Wildlife Computers, submetidos ao tratamento e geração dos resultados. Os deslocamentos verticais dos indivíduos foram analisados utilizando a planilha de dados *Time Series*, que, em resumo, registra informações sobre a data, a hora, a profundidade e a temperatura de onde o peixe esteve. O tempo de permanência em diferentes estratos de profundidade (TAD) e os intervalos de temperatura (TAT) foram calculados em

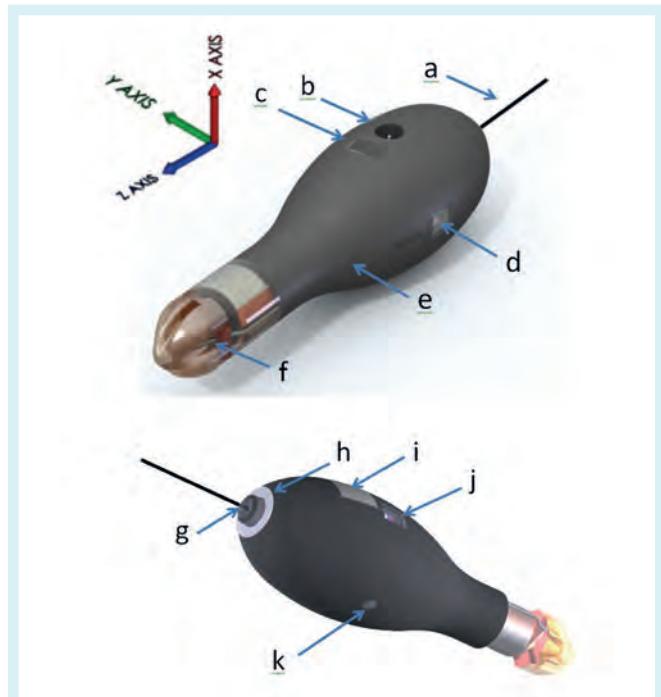


Figura 2. Ilustração representativa da marca eletrônica MiniPAT® mostrando: (a) antena ARGOS, (b) sensor de temperatura, (c) porta de comunicação, (d) sensor de luz (1 de 2), (e) flutuador, (f) pino de liberação, (g) luz LED, (h) sensor de umidade, (i) placa de aterrramento, (j) sensor de luz (2 de 2), (k) sensor de pressão (Imagen gentilmente cedida pela ©Wildlife Computers, Redmond, WA, USA, para uso nesta publicação).

¹ Disponível em: <https://www.iccat.int/aottp/AOTTP-Document-Library/Manuals/AOTTP-Tagging-Handbook-EN.pdf>. Acesso em 08 jul 2020.



Figura 3. Exemplar de bonito-listrado com marca MiniPAT® implantada, pronto para ser liberado ao mar. Detalhe da cama de marcação adaptada com fitas métricas para medição do comprimento furcal. Foto: Lauro A. Saint Pastous Madureira.

função da porcentagem de tempo que os peixes permaneceram em cada intervalo de profundidade/temperatura e classificados por período do dia (i.e., dia/noite) (Fig. 4, 5a e 7). O perfil de mergulho em função do tempo de monitoramento foi calculado utilizando todos os registros de profundidade por data e hora, e em relação aos períodos do dia e crepúsculos (i.e., alvorada e anoitecer) (Fig. 5b). O perfil de profundidade por temperatura (PDT) foi analisado a partir dos valores máximos, mínimos e mais seis percentis diários de profundidade e temperatura (Fig. 8).

A geolocalização dos bonitos-listrados foi calculada utilizando o software GPE3® da Wildlife Computers, um modelo de estado-espacó Hidden Markov discretizado (i.e., progresso passo-a-passo), que usa as observações da luminosidade, temperatura da superfície do mar, profundidade máxima e localizações conhecidas (e.g. local de marcação/recaptura ou detecções acústicas). O modelo final incorpora um modelo de movimentação baseado no parâmetro de velocidade (definido pelo pesquisador) e um modelo observacional, baseado nas variáveis descritas acima, resultando em um grid de localizações ($0,25^\circ \times 0,25^\circ$) associadas à probabilidade do animal estar em uma determinada posição em cada passo. Estes dados foram plotados em ArcView para a sobreposição em imagens de Temperatura da Superfície do Mar (TSM) e Cor da Superfície do Oceano (CSO – um proxy da concentração de plâncton), obtidas pelo software CATSAT, através de licença de uso da Leal Santos Ltda.

Resultados

Entre os dias 14 e 15 de junho de 2019, 12 exemplares de bonito-listrado, com comprimento furcal variando entre 64 e 86 cm, foram marcados a bordo da embarcação “Katsushio Maru 6” a aproximadamente 50 milhas da costa em frente a Cabo Frio. A tabela 1 apresenta os principais dados das marcas implantadas, como, por exemplo, detalhes sobre os espécimes marcados, o número de série de cada marca e a respectiva programação para liberação.

Do total de marcas implantadas, sete transmitiram sinal em intervalos de tempo que variaram entre um e oito dias, o que foi considerado prematuro, pois, apesar de que todos os cuidados tenham sido tomados na operação, estas marcas foram liberadas antes da programação original.

As causas das liberações prematuras podem estar relacionadas à morte dos indivíduos (17P0338, 17P0556, 17P0585 e 17P0593) ou à ancoragem inadequada da marca, fato que ocorreu efetivamente com as marcas 17P0122, 17P0128 e 17P0129. Jepsen *et al.* (2015), após uma revisão criteriosa da literatura, observaram que existem problemas específicos com relação as marcas PSAT, com uma alta proporção de perdas prematuras e morte dos indivíduos marcados, além de outros fatores, principalmente em espécies de menor tamanho. Por outro lado, Hammerschlag *et al.* (2011), apontam uma taxa de 10% de falha das marcas usadas em estudos com tubarões e que, segundo Hays *et al.* (2007), podem ser resultantes da mortalidade, falhas no sensor *wet/dry*, danos na antena ou desprendimento prematuro.

Tabela 1. Número de série das marcas, identificador PTT ARGOS, posição geográfica de marcação, comprimento furcal (cm) dos espécimes, tempo de registro programado e efetivo (dias).

Número de Série	PTT ARGOS	Posição Geográfica	Tamanho (cm, CF)	Tempo de Registro (dias)	
				Programado	Efetivo
17P0441	49517	23°49' S/ 41°46' W	82	35	Sem sinal
17P0556	49518	23°49' S/ 41° 46' W	74	35	14/06 - 16/06 (3)
17P0573	49530	23°49' S/ 41°46' W	86	35	Sem sinal
17P0604	49535	23°45' S/41°45' W	79	35	Sem sinal
17P0122	49511	23°45' S/41°45' W	64	90	13/06 (1)
17P0128	49513	23°45' S/41°45' W	75	90	15/06 - 23/06 (8)
17P0338	49516	23°45' S/41°45' W	77	90	15/06 (1)
17P0572	49529	23°45' S/41°45' W	75	90	Sem sinal
17P0129	49515	23°45' S/41°45' W	82	145	15/06 - 16/06 (2)
17P0593	49534	23°45' S/41°45' W	75	145	15/06 - 17/06 (3)
17P0581	49531	23°45' S/41°45' W	75	180	Sem sinal
17P0585	49533	23°45' S/41°45' W	79	180	15/06 - 16/06 (2)

É importante salientar, que esta é a primeira vez que marcas eletrônicas PSAT foram utilizadas em bonito-listrado em todo o mundo. Apesar disso, mesmo que consideradas como de liberação prematura, foi possível extrair informações importantes destas marcas.

A figura 4 apresenta a porcentagem do tempo despendido em diferentes estratos de profundidade (TAD) pelos indivíduos marcados. A distribuição mostra que o bonito-listrado atingiu profundidades máximas próximas de 250 metros. No entanto, duas modas foram observadas, uma na classe de 40-49 m e outra em 100-149 m de profundidade.

Considerando a distribuição dos dados nos períodos de dia e noite, observa-se uma tendência de permanência dos indivíduos em profundidades menores, acima dos 50 m, no período noturno. Durante o dia, observa-se uma distribuição mais homogênea em vários estratos de profundidade, porém com uma moda recorrente na classe dos 150 m (Fig. 5a). Estas migrações podem ser mais bem observadas no padrão apresentado pelo indivíduo 17P0556 (Fig. 5b). Os dados registrados durante três dias mostraram que, à noite, o indivíduo permaneceu em profundidades inferiores a 50 m, enquanto durante o dia, as profundidades variaram entre 100 e 200 m.

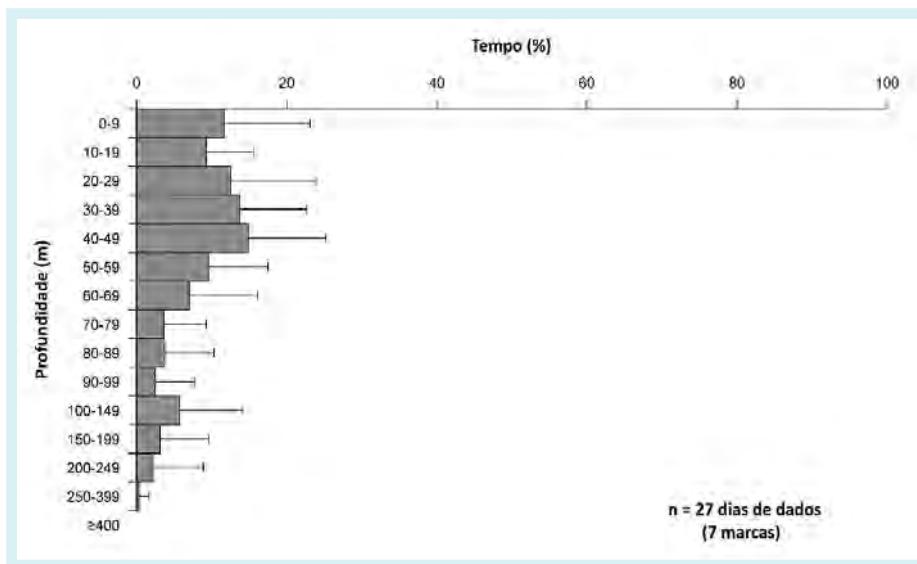


Figura 4. Porcentagem e erro padrão do tempo despendido pelos indivíduos marcados de *Katsuwonus pelamis* em diferentes estratos de profundidade (TAD).

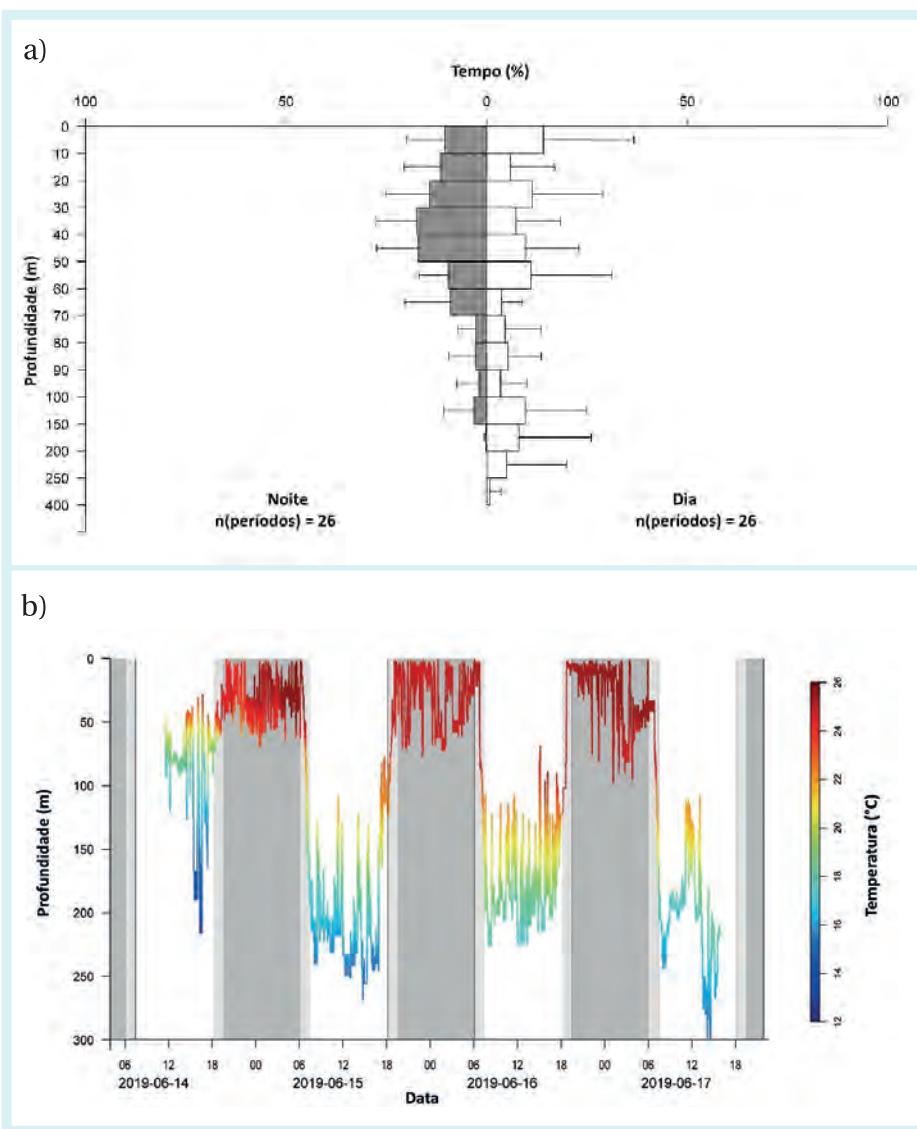


Figura 5. a) Porcentagem e erro padrão do tempo despendido pelos indivíduos marcados de *Katsuwonus pelamis* em diferentes estratos de profundidade durante o dia e a noite. b) Movimentação vertical diária do indivíduo 17P0556, entre os dias 14 e 17 de junho de 2019.

Em relação a temperatura da água, a maior parte do tempo foi despendido em águas entre 22°C e 25°C. No entanto, pode-se observar que os indivíduos monitorados ocuparam faixas de temperaturas no entorno de 14°C a 15°C por curtos períodos de tempo (Fig. 6). Estas incursões em águas mais frias podem ser mais bem compreendidas ao observarmos o perfil térmico da movimentação diária do indivíduo 17P0556 em relação à profundidade. As temperaturas mais baixas ocorreram em maiores profundidades, entre 200 e 250 m, coincidindo com mergulhos exploratórios em estratos mais profundos durante o dia (Fig. 7).

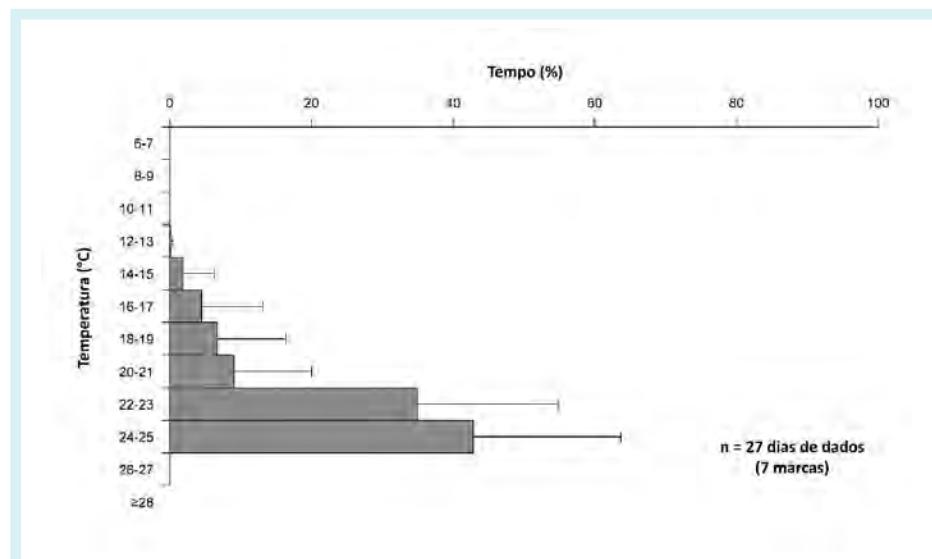


Figura 6. Porcentagem e erro padrão de tempo de permanência dos indivíduos marcados de *Katsuwonus pelamis* em diferentes estratos de temperatura (TAT).

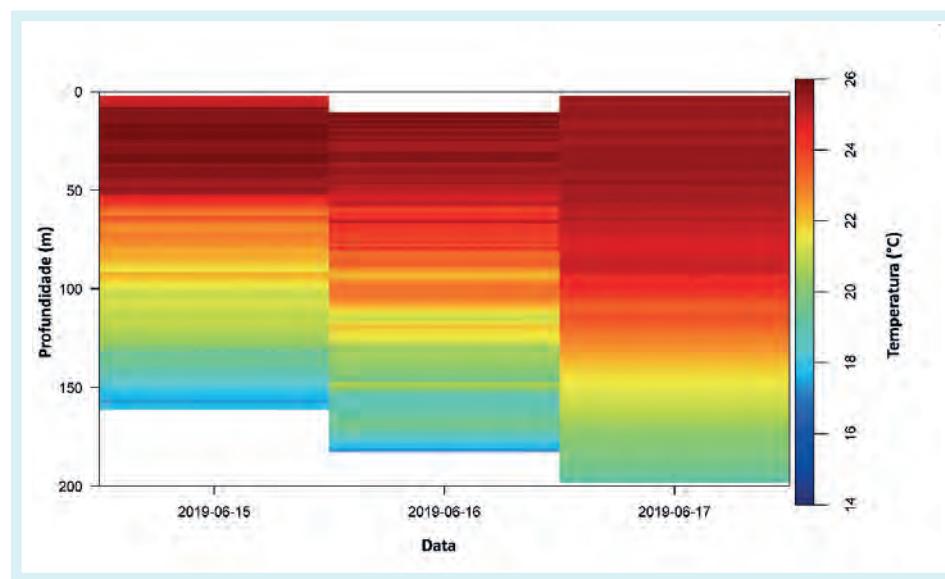


Figura 7. Perfil térmico da movimentação diária do indivíduo 17P0556 em relação à profundidade (PDT), entre os dias 14 e 16 de junho de 2019.

As figuras 8, 9 e 10 mostram as rotas de deslocamento dos sete indivíduos de bonito-listrado marcados, sobrepostas com as imagens do relevo do fundo oceânico, Temperatura da Superfície da Água do Mar (TSM) e Cor da Superfície do Oceano (CSO). Observa-se que a maioria dos deslocamentos ocorreu em águas oceânicas fora da plataforma continental (Fig. 8). No entanto, pelo menos dois indivíduos deslocaram-se sobre a plataforma, um no sentido NE e outro no sentido W, praticamente contornando a isóbata de 200 m no rumo S/SW.

A sobreposição das rotas de deslocamento com a imagem da TSM da época de marcação obtida no programa CATSAT indica que os movimentos dos indivíduos seguem as frentes térmicas no entorno de um vórtice ciclônico da corrente do Brasil, com um núcleo de águas mais frias (Fig. 9).

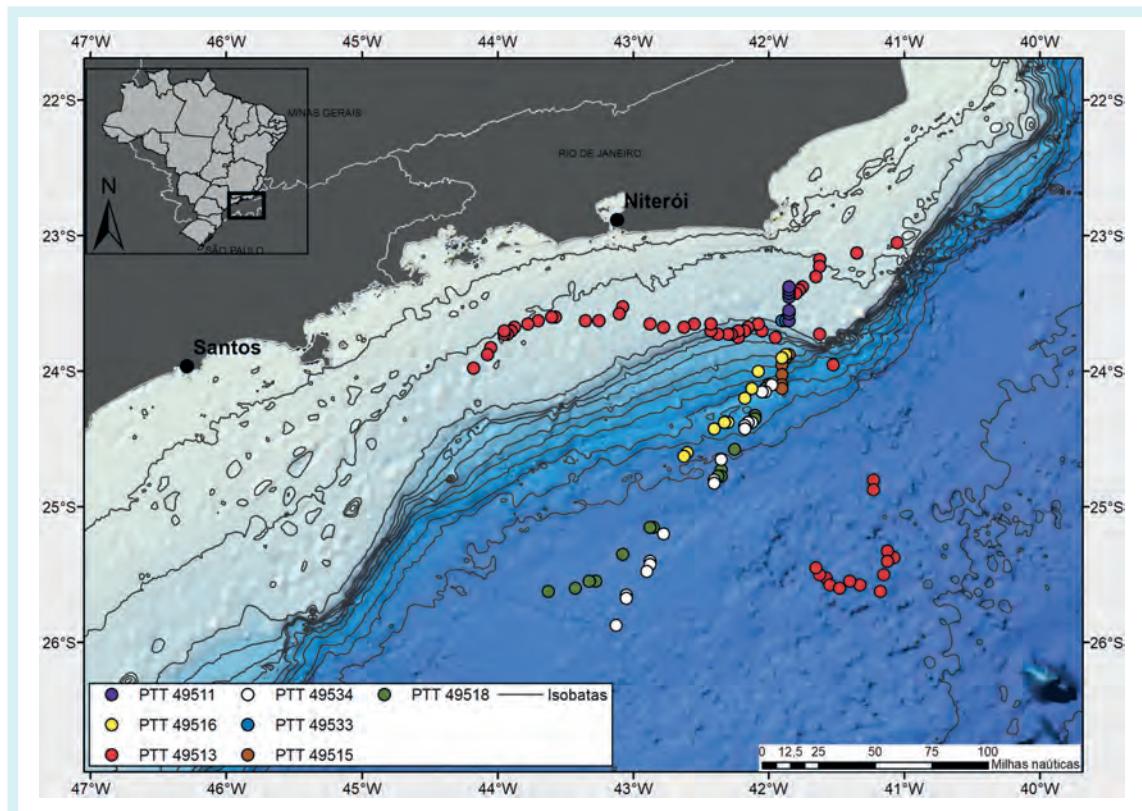


Figura 8. Rotas de deslocamento dos bonito-listrados marcados em relação à batimetria. Imagem dos dias 14 e 17 de junho de 2019.

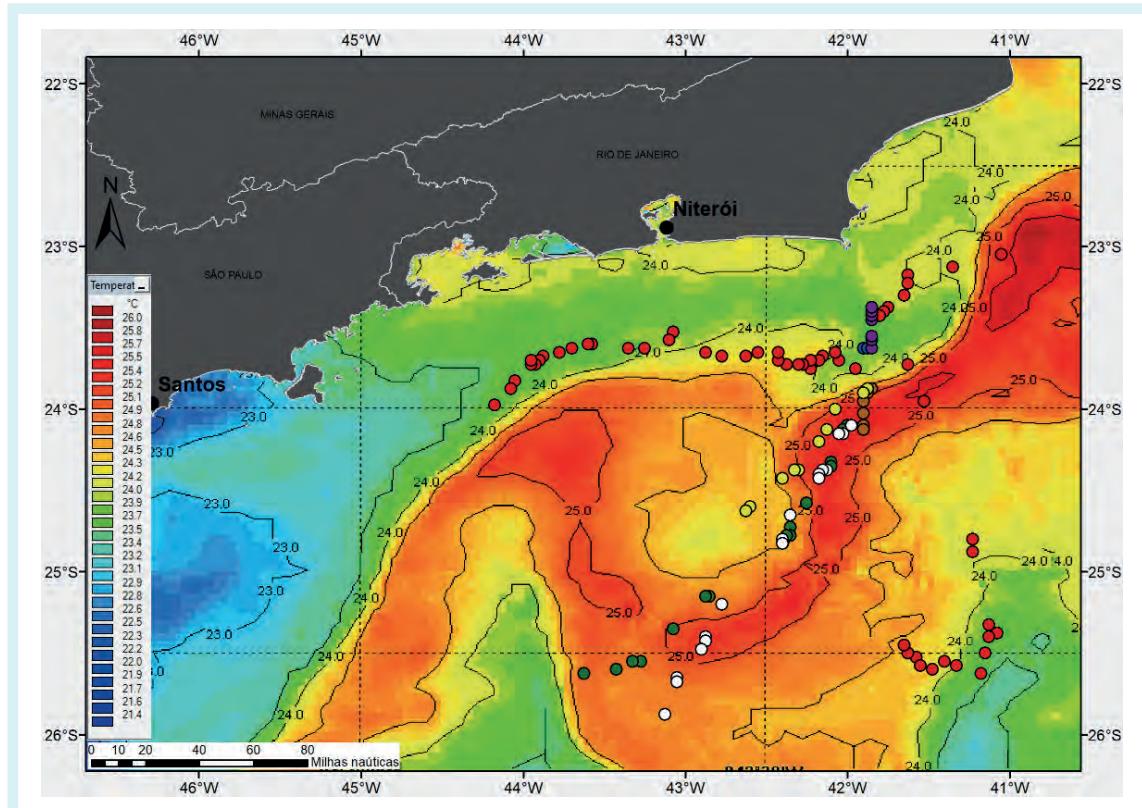


Figura 9. Temperatura Superficial do Mar (TSM). Imagem dos dias 14 e 17 de junho de 2019.

A produtividade planctônica associada ao vórtice (Fig. 10), bem como as evidências da pesca obtidas na literatura, demonstram a importância dessas formações oceanográficas para a produtividade local, e, consequentemente, para a agregação de cardumes do bonito-listrado.

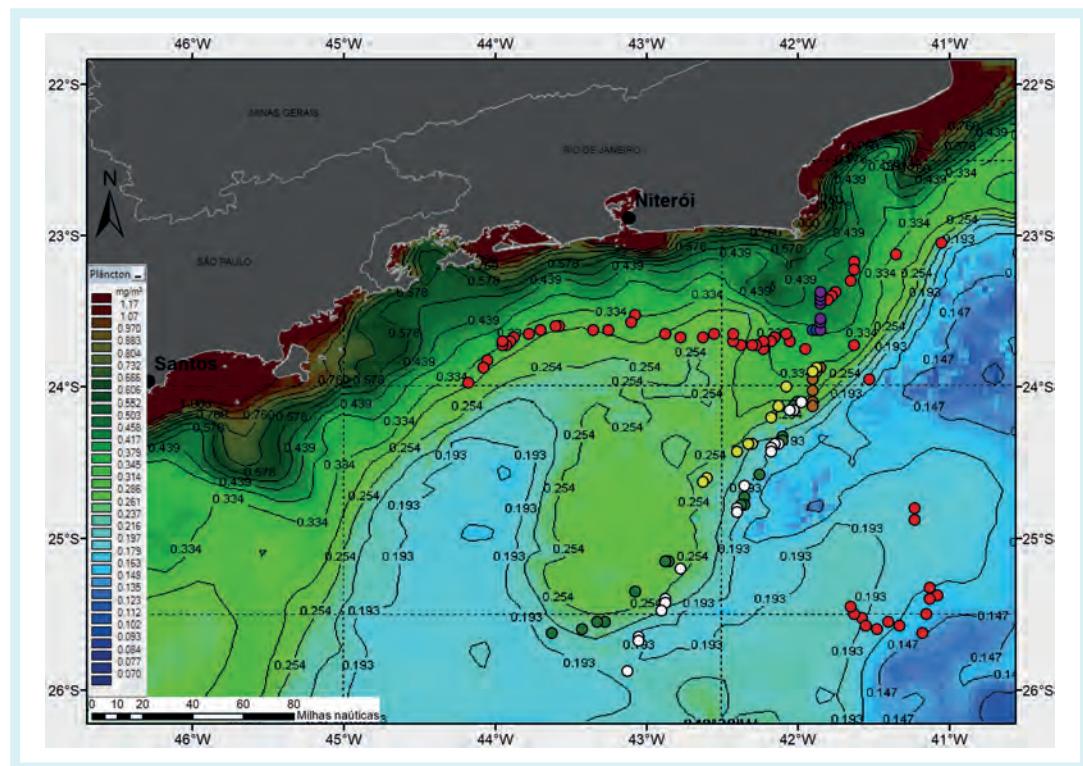


Figura 10. Cor da Superfície do Oceano (CSO). Imagem dos dias 14 e 17 de junho de 2019.

As rotas se dividem em dois eixos bordeando esse vórtice. Um voltado para a plataforma e outro para o talude na direção W/SW. Ambos seguindo em direção sul, a partir do ponto de marcação ao largo de Cabo Frio. A sobreposição dos dados com a imagem de CSO indica rotas de deslocamento sobre áreas com maior probabilidade de concentração de plâncton, e, consequentemente, maior probabilidade de alimento disponível para o bonito-listrado. Dados oriundos das atividades da frota pesqueira de vara e isca-viva (Fig. 11) mostram que as capturas ocorrem associadas às frentes oceanográficas, com os indivíduos se deslocando ao longo de isolermas mais adequadas e se alimentando em águas mais frias e enriquecidas. A produtividade planctônica associada ao vórtice (Fig. 10), bem como as evidências da pesca obtidas na literatura, demonstram a importância dessas formações oceanográficas para a produtividade local, e, consequentemente, para a agregação de cardumes do bonito-listrado.

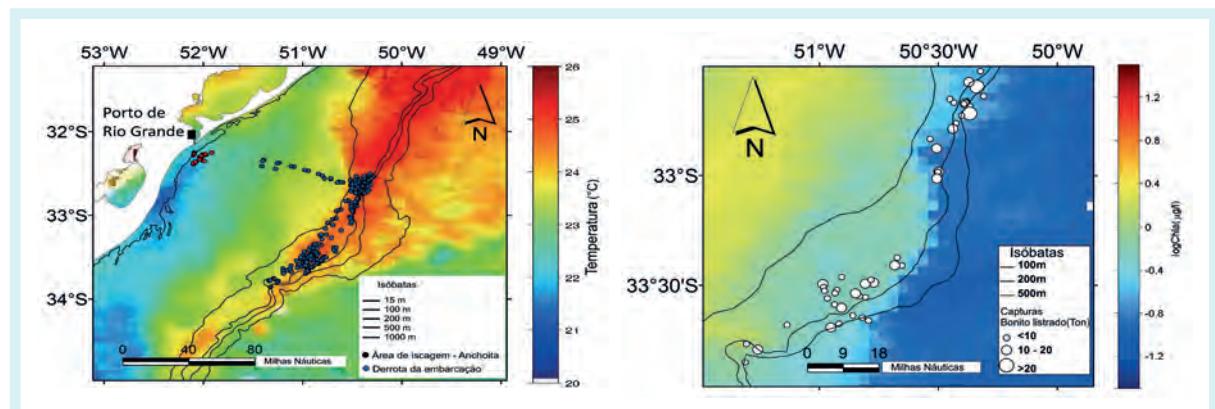


Figura 11. Capturas de bonito-listrado pela frota de vara e isca-viva ocorrendo sobre frente térmica (esquerda), e sobre a frente de cor de superfície (direita).

Discussão

O bonito-listrado é um predador de topo. No Capítulo 7 são apresentados os avanços relativos à ecologia trófica da espécie obtidos nas pesquisas associadas ao Projeto Bonito FUNBIO e dados da bibliografia. O peixe-lanterna, *Maurolicus stehmanni*, é considerado a segunda presa mais importante do bonito-listrado, antecedida por eufausíaceos, reunidos sob a denominação *krill*.

Mapeamentos de *krill* são bastante complexos devido ao pequeno tamanho destes organismos, mas tem sido objeto de estudos ao redor do mundo (SIEGEL, 2016; LEONORI *et al.*, 2017; KRAFFT *et al.*, 2018). Por outro lado, o peixe-lanterna é mais conspícuo em registros acústicos e já foi mapeado ao longo de cruzeiros de prospecção realizados na costa SE/S do Brasil.

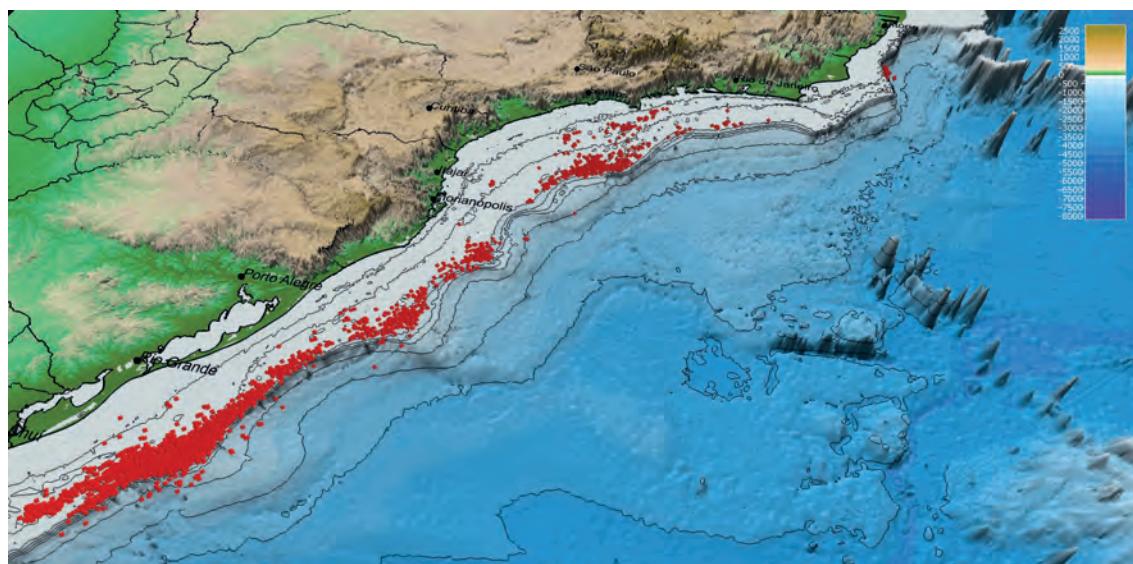


Figura 12. Mapa com os pontos de captura de bonito-listrado pela frota da Leal Santos entre 2013 e 2018.

A figura 12 apresenta um mapa da distribuição de bonito-listrado capturado por embarcações da empresa Leal Santos Ltda. entre as safras de 2013 e 2018, e a figura 13 um mapa da distribuição e densidade do peixe-lanterna, obtido no cruzeiro oceanográfico REVIZEE I, executado no inverno de 1996 (MADUREIRA *et al.*, 2005). Os registros de bonito-listrado e de peixe-lanterna mostram uma notável sobreposição espacial em áreas entre os limites norte e sul, além de uma forte associação com o talude continental.

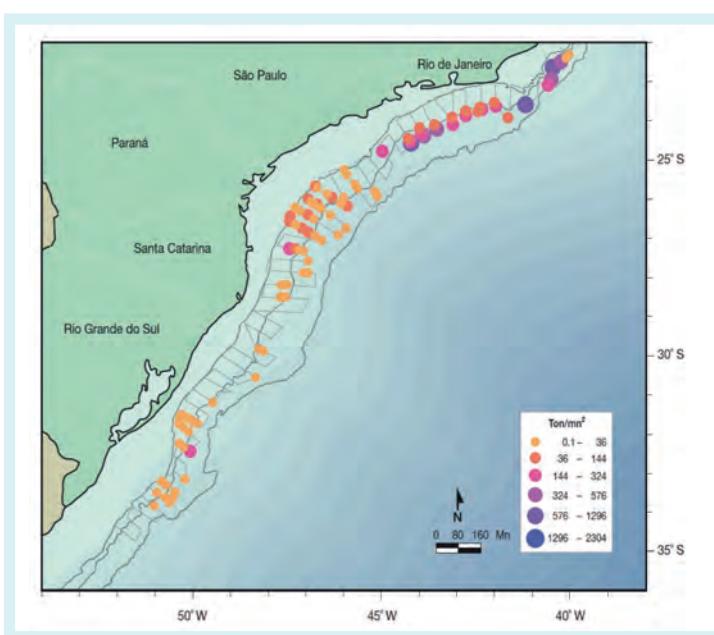


Figura 13. Mapa de distribuição e densidade do peixe-lanterna obtidos com ecossonda científica durante cruzeiro oceanográfico REVIZEE I no inverno de 1996.

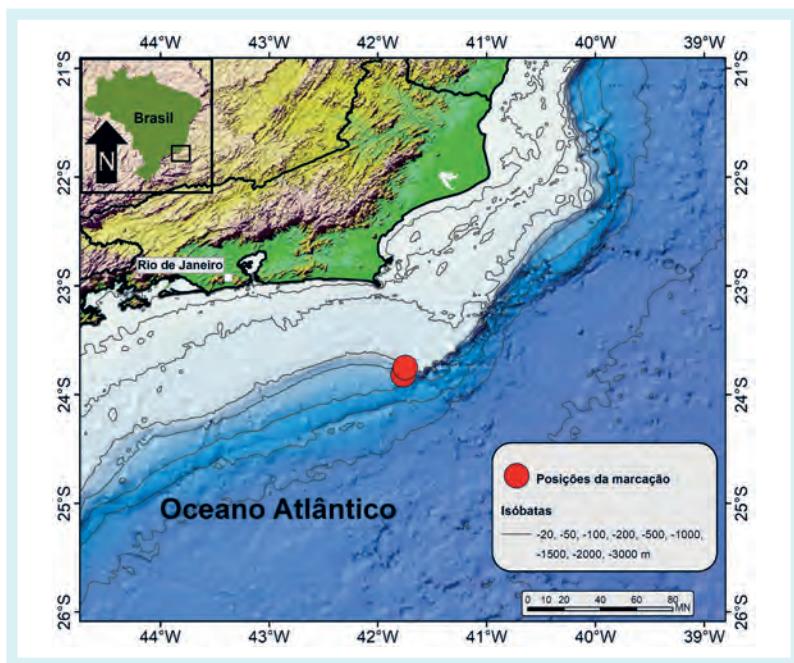


Figura 14. Posição geográfica dos pontos de marcação dos exemplares de bonito-litrado em junho de 2019.

A figura 14 apresenta os pontos onde foram executadas as marcações de bonito-litrado durante o inverno de 2019, as quais são tratadas neste capítulo. Na figura 15, detalhe das densidades do peixe-lanterna no inverno de 1996, onde é possível verificar um pico de abundância ao sul de Cabo Frio. Os dados históricos sugerem haver uma forte associação trófica entre o bonito-litrado (predador) e o peixe-lanterna (presa) na região de estudo.

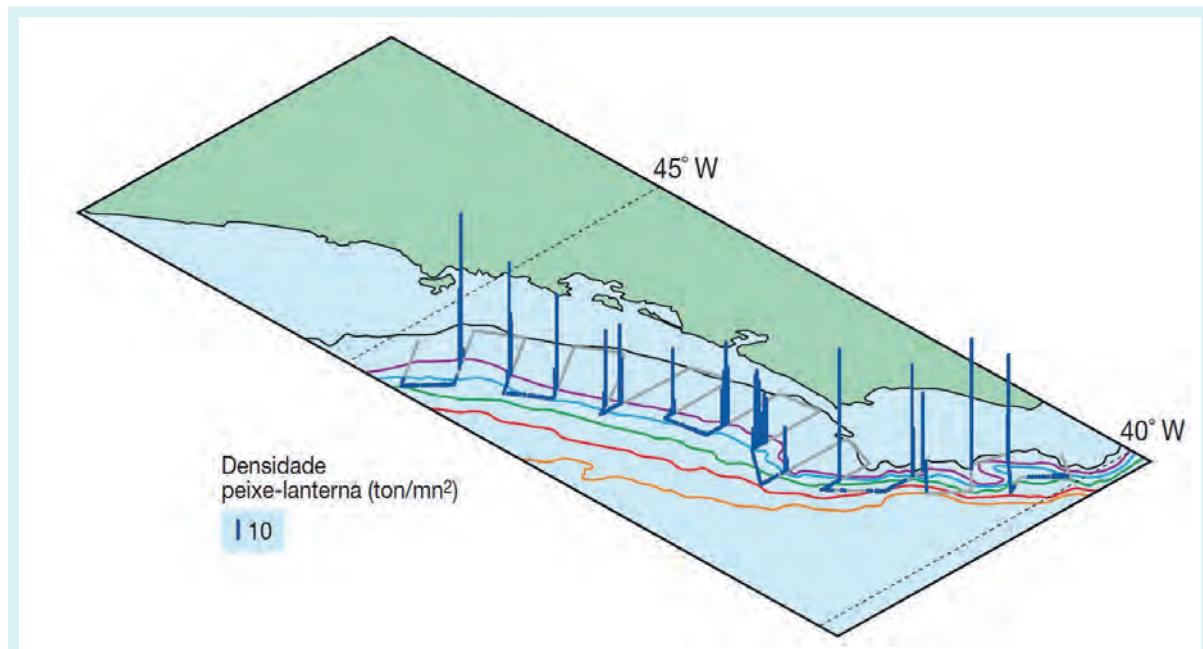


Figura 15. Dados de densidade de *Maurolicus stehmanni* em cruzeiro REVIZEE I de inverno de 1996.

Além destes aspectos há uma importante correlação entre o comportamento do bonito-litrado, avaliado a partir dos deslocamentos verticais na coluna d'água (mergulhos) e o comportamento nictemeral do peixe-lanterna. A figura 16 apresenta de forma integrada os dados de profundidades, horários, frequência dos mergulhos provenientes do bonito-litrado com a marca 17P0556, e registros acústicos de *Maurolicus stehmanni*, obtidos com uma ecossonda científica SIMRAD modelo EK-500 (38 kHz). Nesta mesma figura, também são apresentadas as tendências de mergulho do bonito-litrado (paineis inferior), predominantemente mais rasos à noite e mais profundos durante o dia.

A movimentação diurna do peixe-lanterna é um típico exemplo de deslocamento associado à antipredação, aproximando-se da superfície para se alimentar no entardecer, diminuindo a sua vulnerabilidade diante de predadores como o bonito-litrado.

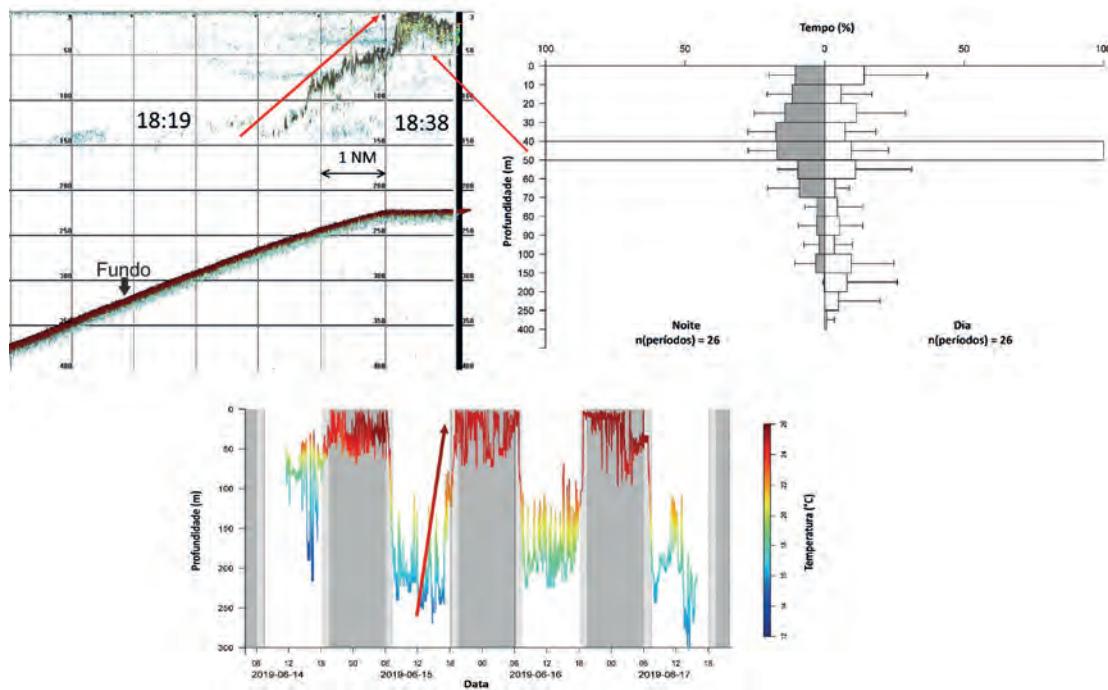


Figura 16. Integração de informações entre as profundidades, horários e frequência dos mergulhos dos exemplares de bonito-listrado marcados (paineis superior à direita), registros de *Maurolicus stehmanni* obtidos com ecossonda científica (38 kHz) (paineis superior à esquerda). Dados de movimentação do indivíduo com a marca 17P0556 durante dia (claro) e noite (cinza escuro) (paineis inferior). A seta no painel à direita mostra a profundidade (entre 40 e 50 m) a partir da qual há maior frequência de mergulhos noturnos do bonito-listrado e aponta para a profundidade de 50 m no registro acústico (à esquerda). A seta do painel à esquerda indica a profundidade onde se inicia a movimentação ascendente do *M. stehmanni*, a partir de 150 m, para a superfície, aproximadamente as 18:19 h. A seta no painel inferior mostra troca rápida na profundidade dos mergulhos do bonito-listrado na interface dia/noite (cinza mais claro).

O movimento vertical do peixe-lanterna, para se afastar da zona com maior luminosidade, ocorre nas primeiras horas do dia, conforme pode ser verificado na figura 17, que mostra um registro acústico da espécie e o deslocando para maiores profundidades no amanhecer. Concomitantemente, os dados da marcação mostram que os mergulhos do bonito-listrado também seguem a mesma tendência.

A figura 18 mostra modas diferenciadas com maiores frequências de mergulhos em profundidades inferiores a 50 m à noite, compatíveis com o que é apresentado na figura 17. No entanto, durante o dia, a movimentação do bonito-listrado é mais complexa, porém, de uma maneira geral, mostra um comportamento exploratório em estratos mais profundos, com modas entre 30 e 60 m e entre 100 e 250 m. Na figura 18, são observados registros de peixe-lanterna em concentrações densas entre 50 e 100 m, com picos atingindo 40 m, e menos densos entre 100 e 250 m, em período que antecede a migração vertical (paineil da esquerda). No painel inferior observa-se o comportamento do predador com mergulhos profundos de dia e mais rasos à noite, além de mergulhos intermediários, compatíveis com os registros da sua presa.

Madureira *et al.* (2005) estimaram uma biomassa de *Maurolicus stehmanni* superior a 666 mil toneladas na área de estudo, indicando haver grande disponibilidade de presas. Além disso, Gasalla *et al.* (2007) verificaram que *M. stehmanni*, juntamente com outras espécies de peixes mesopelágicos planctófagos e a anchoíta (*Engraulis anchoita*) representam os principais elos de base da cadeia trófica nectônica pelágica, sendo os primeiros associados principalmente as áreas de quebra de plataforma e o último, à plataforma continental costeira e intermediária.

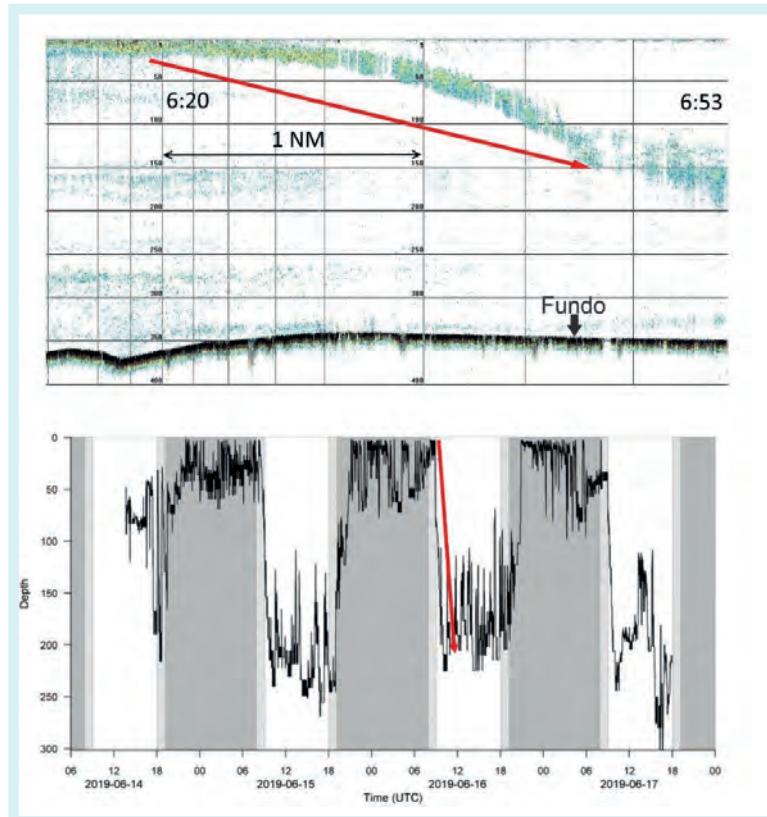


Figura 17. Registros de *Maurolicus stehmanni* obtidos com ecossonda científica (38 kHz) (paineel superior). A seta indica o movimento descendente do *M. stehmanni* a partir da superfície (6:20 h.), em direção a profundidades superiores a 150 m no registro acústico. A seta no painel inferior mostra a troca rápida na profundidade dos mergulhos do bonito-listrado na interface noite/dia (cinza mais claro).

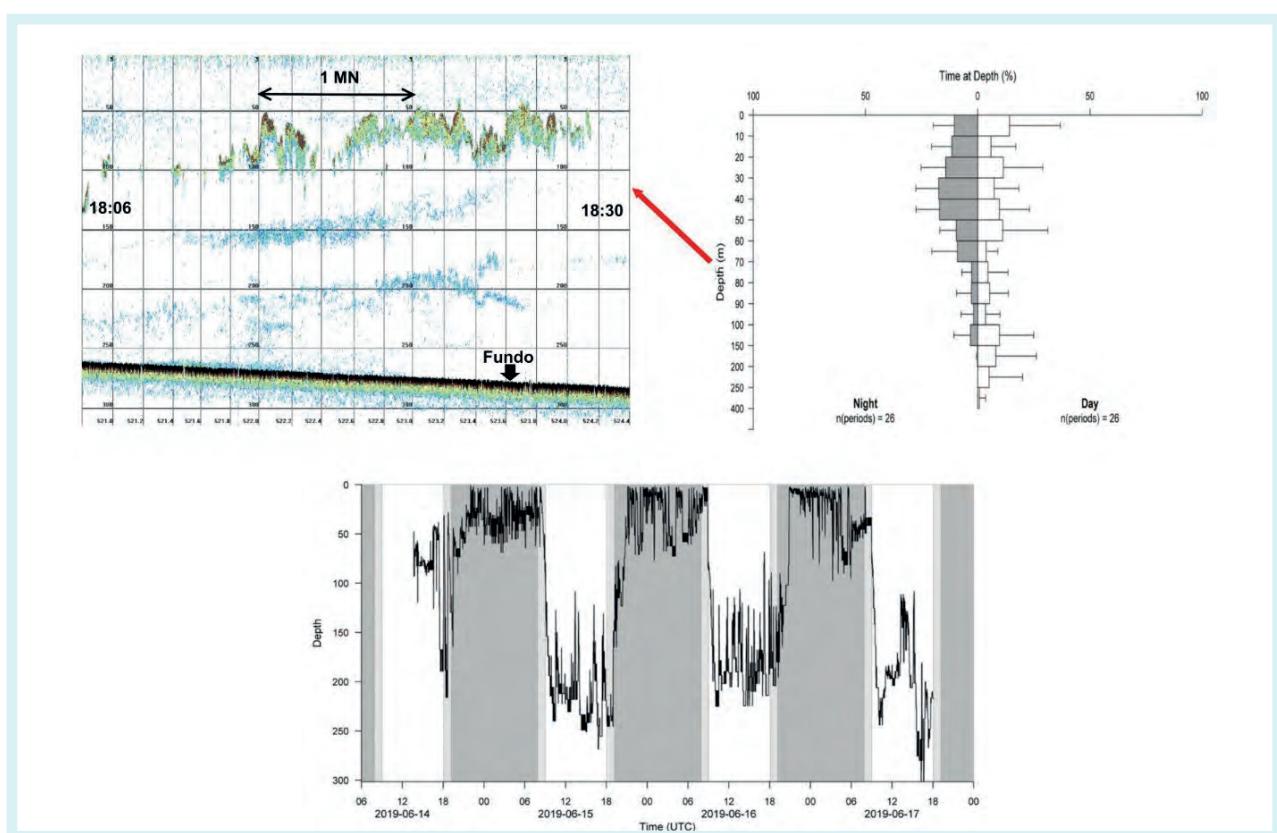


Figura 18. Integração de informações entre as profundidades, horários, frequência dos mergulhos dos bonitos-listrados marcados (paineel superior à direita), registros do peixe-lanterna obtidos com ecossonda científica (38 kHz) (paineel superior à esquerda), dados de movimentação do indivíduo com a marca 17P0556 durante dia (claro) e noite (cinza escuro) (paineel inferior). No painel à direita, observa-se uma moda na frequência de mergulhos entre os 30 e 60 m e outra entre 100 e 250 m. No painel à esquerda verifica-se concentração densa de registros do peixe-lanterna entre os 50 e 100 m, com picos atingindo 40 m, e menos densos entre 100 e 250 m, em período que antecede a migração vertical. O painel inferior mostra a variabilidade de profundidade dos mergulhos, profundos de dia e mais rasos à noite, mas também mergulhos intermediários.

Embora estes registros não sejam concomitantes, servem para exemplificar as relações entre a distribuição vertical de presas e os deslocamentos verticais do predador. Fato semelhante foi observado por Williams *et al.* (2015) para a albacora (*Thunnus alalunga*) no oceano Pacífico Sul. Nas latitudes tropicais, a albacora mostrou um padrão característico no uso vertical do habitat, ocupando águas mais rasas e quentes acima da camada de mistura durante a noite, e águas mais profundas e frias abaixo desta camada durante o dia.

Considerações Finais

A marcação do bonito-listrado com marcas eletrônicas PSAT proporcionou a geração de importantes informações que complementam de forma independente as análises prévias oriundas da atividade pesqueira e cruzeiros oceanográficos de pesquisa. A associação desta tecnologia propicia ampliar o conhecimento dos hábitos da espécie, que pode ser utilizado para otimizar as capturas na área de pesca.

O bonito-listrado demonstrou ser uma espécie muito sensível à manipulação e marcação com marcas eletrônicas PSAT. Apesar dos esforços da equipe e da tripulação, a dinâmica da operação em um barco pesqueiro em regime normal de pesca foi um grande desafio. Um aspecto a ser considerado em futuras marcações é o de capturar os exemplares com linha e carretilha a fim de cansá-los e, assim, facilitar o manuseio e a colocação da marca propriamente dita. No entanto, esta tarefa talvez só possa ser executada em um cruzeiro científico dedicado a essa atividade.

Alguns ajustes podem ser implementados caso novos experimentos sejam realizados com marcas PSAT em bonitos-listrado. Considerando o tamanho dos animais marcados, acreditamos que o *tether* (cabo) ficou muito longo, o que pode ter acarretado maior arrasto para os exemplares de menor porte, dificultando assim sua natação. Em alguns casos, a ancoragem da marca pode não ter sido tão profunda, o que facilitaria o desprendimento precoce da âncora e perda da marca. Além da redução no tamanho do *tether*, recomenda-se experimentar a ancoragem na base da 1^a nadadeira dorsal e não na base da 2^a, como foi feito e tem sido recomendado para outras espécies de atuns e afins.

A tecnologia permitiu reconhecer aspectos do comportamento da espécie em relação às frentes térmicas e frentes de cor (concentração de plâncton), bem como a sua dinâmica vertical na coluna d'água. Isso indica que com uso de tecnologia adicional a bordo, a pesca poderia se beneficiar de informações desta natureza, sendo mais efetiva na procura dos cardumes e, consequentemente, aumentando seu sucesso, otimizando custos de operação (gastos com gelo e alimentação para a tripulação) e mesmo mais sustentável, com menor consumo de óleo diesel, e, portanto, de emissão de CO₂ na atmosfera. As tecnologias com potencial benefício direto aos barcos de pesca de bonito-listrado seriam: 1) instalação de ecossondas com dupla frequência, i.e., alta e baixa (p. ex., 50 e 200 kHz), para detecção das presas entre as proximidades da superfície e os 300/400 m, e 2) sistema de recepção de imagens das variáveis oceanográficas mais significativas, como TSM, sub-temperatura, clorofila-a (vide Capítulo 2). Além disso, a geração, ampliação e aprofundamento do conhecimento sobre os padrões de deslocamento de peixes pelágicos de importância comercial como o bonito-listrado, também permitem a construção de referenciais teóricos necessários para a elaboração e aplicação de eventuais medidas de manejo que considerem a exploração sustentável do recurso.

Referências Bibliográficas

- BLOCK, B. A. Use of Electronic Tags to Reveal Migrations of Atlantic Bluefin Tunas *In: BLOCK, Barbara A. (Ed.) The Future of Bluefin Tunas: Ecology, Fisheries Management, and Conservation.* 346p. Johns Hopkins University Press, 2019. ISBN: 9781421429632.
- BLOCK, B. A.; DEWAR, H.; FARWELL, C.; PRINCE, E. D. A new satellite technology for tracking the movements of Atlantic bluefin tuna. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, v. 95, n. 16, p. 9384-9389, ago. 1998. Disponível em: <https://doi.org/10.1073/pnas.95.16.9384>. Acesso em: 08 jul 2020.
- BLOCK, B. A.; TEO, S. L. H.; WALLI, A.; BOUSTANY, A.; STOKESBURY, M. J. W.; FARWELL, C. J.; WENG, K. C.; DEWAR, H.; WILLIAMS, T. D. Electronic tagging and population structure of Atlantic bluefin tuna. *Nature*, v. 434, n. 7037, p. 1121-1127, abr. 2005. Disponível em: <https://doi.org/10.1038/nature03463>. Acesso em: 08 jul 2020.
- BOLLE, L. J.; HUNTER, E.; RIJNSDORP, A. D.; PASTOORS, M. A.; METCALFE, J. D.; REYNOLDS, J. D. Do tagging experiments tell the truth? Using electronic tags to evaluate conventional tagging data. *ICES Journal of Marine Science*, v. 62, n. 2, p. 236-246, 2005.
- GASALLA, M. D. L. A. G.; VELASCO, G.; WONGTSCHOWSKI, C. L. D. B. R.; HAIMOVICI, M.; MADUREIRA, L. S. P. *Modelo de equilíbrio de biomassa do ecossistema marinho da Região Sudeste-Sul do Brasil entre 100-1000 m de profundidade.* Série documentos REVIZEE: Score Sul (Responsável: Carmen Lúcia Del Bianco Rossi-Wongtschowski). São Paulo: Instituto Oceanográfico - USP, 2007.
- GUNN, J.; BLOCK, B. Advances in acoustic, archival, and satellite tagging of tunas. *Fish physiology*, v. 19, p. 167-224, 2001. Disponível em: [https://doi.org/10.1016/S1546-5098\(01\)19006-0](https://doi.org/10.1016/S1546-5098(01)19006-0). Acesso em: 08 jul 2020.
- MADUREIRA, L. S. P.; VASCONCELOS, M. C.; WEIGERT, S. C.; HABIAGA, R. P.; PINHO, M. P.; FERREIRA, C. C.; DUVOISIN, A. C.; SOARES, C. F.; BRUNO, M. A. Distribuição, abundância e interações ambientais de espécies pelágicas da Região Sudeste-Sul do Brasil, entre o Cabo de São Tomé (RJ) e o Chuí (RS). *In: MADUREIRA, L. S. P.; ROSSI-WONGTSCHOWSKI, C. L. D. B. (Eds). Prospecção de recursos pesqueiros pelágicos na Zona Econômica Exclusiva da Região Sudeste-Sul do Brasil.* Série Documentos REVIZEE – Score Sul. São Paulo: Instituto Oceanográfico – USP, 2005, p. 63-141.
- HAMMERSCHLAG, N.; GALLAGHER, A. J.; LAZARRE, D. M. A review of shark satellite tagging studies, *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, v. 398, n. 1–2, p. 1-8, fev. 2011. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.jembe.2010.12.012>. Acesso em: 08 jul 2020.
- HAYS, G. C.; BRADSHAW, C. J. A.; JAMES, M. C.; LOVELL, P.; SIMS, D. W. Why do Argos satellite tags deployed on marine animals stop transmitting? *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, v. 349, n. 1, p. 52–60, set. 2007. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.jembe.2007.04.016>. Acesso em: 08 jul 2020.
- JEPSEN, N.; THORSTAD, E. B.; HAVN, T.; LUCAS, M. C. The use of external electronic tags on fish: an evaluation of tag retention and tagging effects. *Animal Biotelemetry*, v. 3, n. 49, p.1-23, out. 2015. Disponível em: <https://doi.org/10.1186/s40317-015-0086-z>. Acesso em: 08 jul 2020.

KRAFFT, B. A.; KRAG, L. A.; KNUTSEN, T.; SKARET, G.; JENSEN, K. H. M.; KRAKSTAD, J. O.; LARSEN, S. H.; MELLE, W.; IVERSEN, S. A.; GODØ, O. R. Summer distribution and demography of Antarctic krill *Euphausia superba* Dana, 1850 (Euphausiacea) at the South Orkney Islands, 2011–2015. *Journal of Crustacean Biology*, v. 38, n. 6, p. 682-688, set. 2018. Disponível em: <https://doi.org/10.1093/jcbiol/ruy061>. Acesso em: 08 jul 2020.

LEONORI, I.; DEFELICE, A.; CANDUCI, G.; COSTANTINI, I.; BIAGIOTTI, I.; GIULIANI, G.; BUDILLON, G. Krill distribution in relation to environmental parameters in mesoscale structures in the Ross Sea. *Journal of Marine Systems*, v. 166, 159-171, fev. 2017. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.jmarsys.2016.11.003>. Acesso em: 08 jul 2020.

METCALFE, J. D.; ARNOLD, G. P. Tracking fish with electronic tags. *Nature*, v. 387, p. 665–666, jun. 1997. Disponível em: <https://doi.org/10.1038/42622>. Acesso em: 08 jul 2020.

MURPHY, B. R.; WILLIS, D. W. *Fisheries Techniques*. 2nd ed. American Fisheries Society, Bethesda, 1996.

PINTO, N. C. T.; MAFALDA JR, P.; MEDEIROS, C.; MOURA, G.; SOUZA, C. S. Distribuição de larvas de *Katsuwonus pelamis* (Pisces, Scombridae), em larga escala, na Zona Econômica Exclusiva do Nordeste do Brasil. *Tropical Oceanography*, Recife, v. 30, n. 2, p. 171-184, 2002.

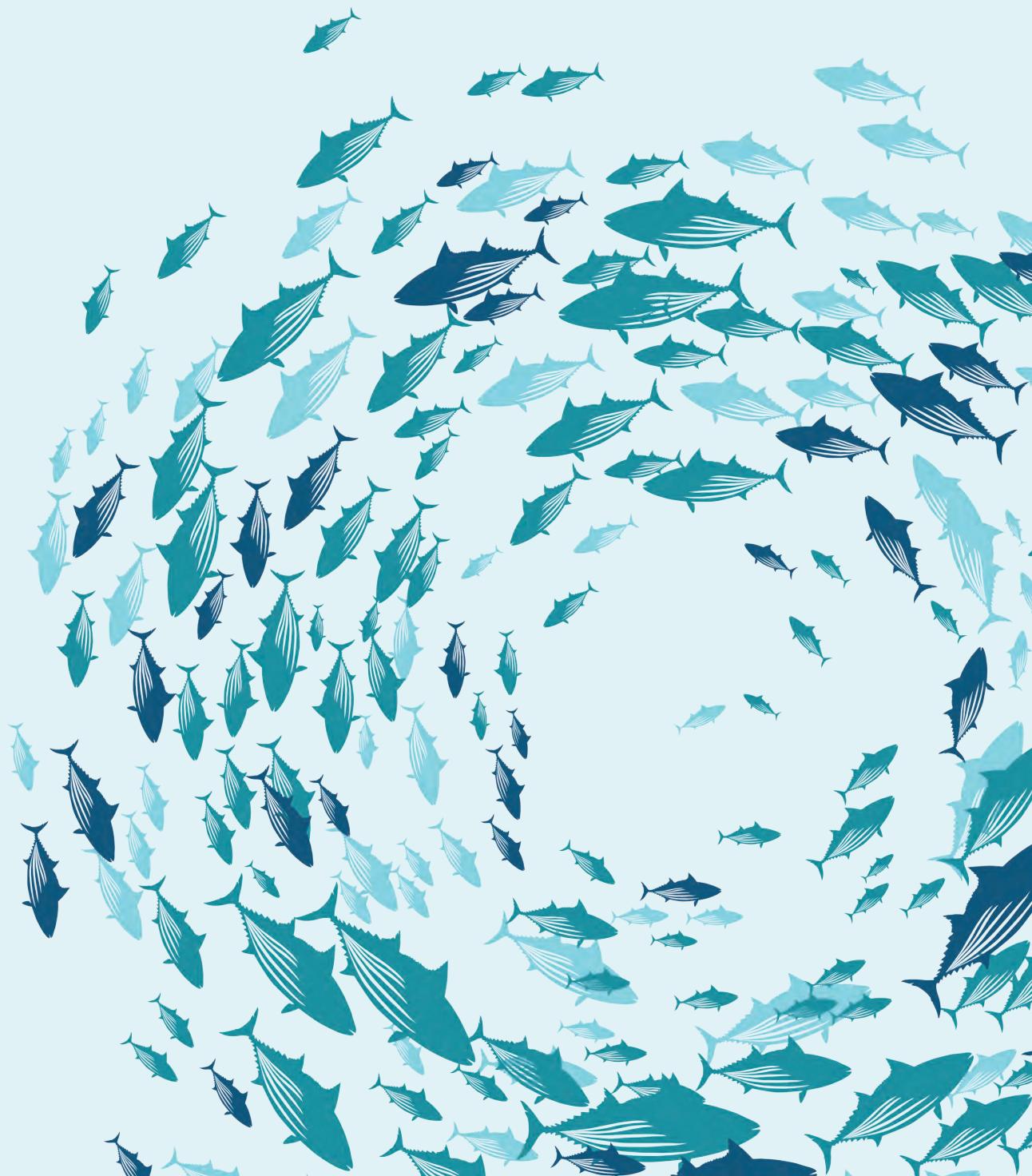
SIEGEL, V. (Ed.). *Biology and ecology of Antarctic krill*. Cham: Springer, 2016.

SILVA, G. B.; HAZIN, H. G.; HAZIN, F. H. V.; TRAVASSOS, P. The tuna fisheries on ‘associated school’ in Brazil: description and trends. *Collect. Vol. Sci. Pap. ICCAT*, v. 75, n. 7, p. 1924-1934, 2019. Disponível em: https://www.iccat.int/Documents/CVSP/CV075_2018/n_7/CV075071924.pdf. Acesso em: 08 jul 2020.

WILLIAMS, A. J.; ALLAIN, V.; NICOL, S. J.; EVANS, K. J.; HOYLE, S. D.; DUPONT, C.; VOUREY, E.; DUBOSC, J. Vertical behavior and diet of albacore tuna (*Thunnus alalunga*) vary with latitude in the South Pacific Ocean. *Deep-Sea Research Part II: Topical Studies in Oceanography*, v. 113, p. 154-169, mar. 2015. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.dsr2.2014.03.010>. Acesso em: 08 jul 2020.

Unidade II

HISTÓRIA DE VIDA



Fases iniciais do ciclo de vida do bonito-listrado na costa brasileira

4

Mario Katsuragawa,
Érico Silva Lima Gomes dos Santos,
Claudia Akemi Pereira Namiki,
Maria de Lourdes Zani-Teixeira,
Yasunobu Matsuura (in memoriam)

Ontogenia

O bonito-listrado (*Katsuwonus pelamis*), como os demais peixes da família Scombridae, é ovíparo com ovos e larvas planctônicas. Tipicamente, as larvas são altas, com cabeça, boca e olhos grandes, e os espinhos do pré-opérculo são bem desenvolvidos antes mesmo do início da flexão da notocorda (Fig. 1). A distância pré-anal (entre a ponta do focinho e o ânus) varia com o desenvolvimento, passando de curta a relativamente longa, quando o ânus se localiza após a metade do corpo, no início do estágio de pós-flexão.



Figura 1. Larva de bonito-listrado em estágio de flexão, com aproximadamente 6,5 mm de comprimento, coletada ao largo da costa sudeste brasileira. Foto: Érico S. L. G. Santos.

O desenvolvimento durante as fases iniciais do ciclo de vida dessa espécie foi estudado e descrito por vários autores, como Matsumoto (1958; 1961), Mayo (1973), Collette *et al.* (1983; 1984), Ambrose (1996), entre outros.

O ovo do bonito-listrado (Fig. 2) possui forma esférica, com diâmetro variando entre 0,84 e 0,94 mm, o córion é liso, apresenta uma gota de óleo de cerca de 0,24 mm de diâmetro e o vitelo é homogêneo. A eclosão ocorre por volta de 2,60 mm de comprimento, presumivelmente após um período de incubação de 24 horas (MAYO, 1973).

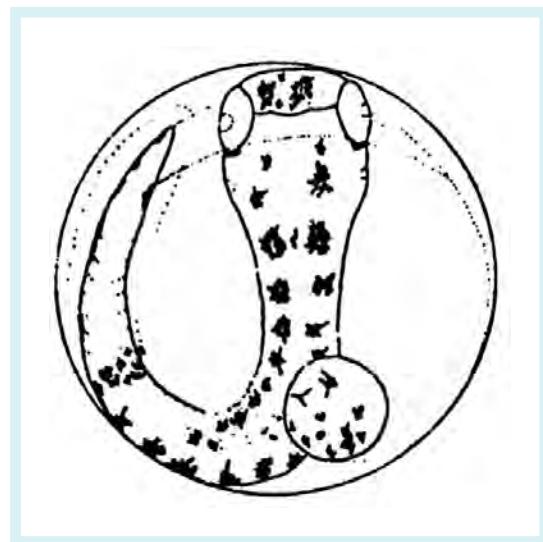


Figura 2. Ovo de bonito-listrado mostrando o embrião em desenvolvimento, o vitelo e a gota de óleo (MAYO, 1973; RICHARDS, 2006).

Matsumoto (1958) descreveu pioneiramente as fases do desenvolvimento larval desta espécie, baseado em 476 espécimes, com comprimento entre 2,3 e 20,1 mm, coletados com rede de plâncton em águas do Pacífico Central. Segundo a descrição do autor, uma larva entre os estágios de saco vitelínico e pré-flexão, com 3,7 mm (Fig. 3), possui o corpo longo e suas partes ventral e dorsal bordeadas por uma membrana contínua e transparente, denominada membrana vitelínica. O trato digestório apresenta forma aproximadamente triangular, terminando na abertura anal localizada ligeiramente anterior ao ponto médio do comprimento total da larva. Possui boca grande e as maxilas superior e inferior contém respectivamente 4 e 6 dentes. Apresentam 3 espinhos ao longo da margem do pré-opérculo, sendo o da região mediana o mais longo. Príórdios das nadadeiras peitorais são visíveis, mas as pélvicas ainda estão ausentes. A nadadeira caudal ainda se encontra numa fase primordial de formação. A pigmentação nesta fase consiste em um grupo de cromatóforos espalhados na região do mesencéfalo, na ponta da mandíbula, na borda dorsal do trato digestório, abaixo da ponta da notocorda, e na linha ventral, próximo ao 34º miômero. Este último pigmento parece ser um caráter consistente que prevalece nos demais estágios de desenvolvimento larval. O início da flexão da ponta da notocorda ocorre por volta de 6,0 mm de comprimento.

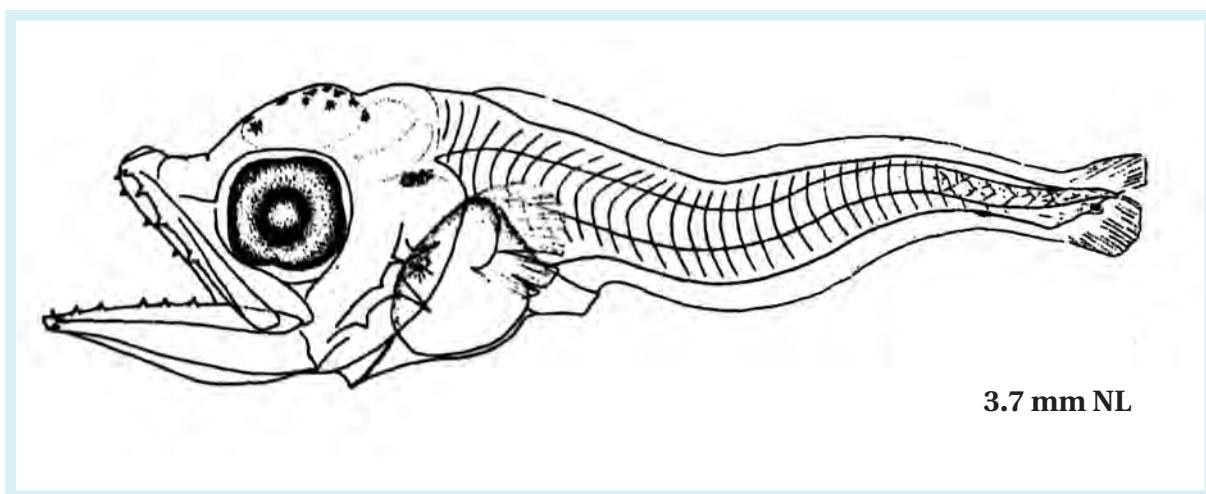


Figura 3. Estágio larval em pré-flexão medindo cerca de 3,7 mm de comprimento (MATSUMOTO, 1958; RICHARDS, 2006).

Seguindo a descrição de Matsumoto (1958), na larva com cerca de 5,4 mm (entre os estágios de pré-flexão e flexão), a cabeça representa 38,7% do comprimento total, muito grande em relação ao resto do corpo, sendo o focinho fortemente pontudo e ligeiramente mais longo que o diâmetro da órbita do olho (Fig. 4). O tamanho da boca equivale a 71,6% do comprimento da cabeça. Os dentes apresentam-se mais desenvolvidos e em número maior em relação ao estágio anterior. Observa-se também um aumento para 6 no número de espinhos no pré-opérculo. A pigmentação é então mais extensiva, cobrindo mais da metade da área do mesencéfalo. A nadadeira pélvica ainda é apenas um primórdio. As vértebras ainda não estão formadas e os miômeros (entre 41 e 42) são levemente visíveis. Na região da nadadeira caudal, a ponta da notocorda está no início da flexão, podendo se observar o princípio da formação dos elementos hipurais.

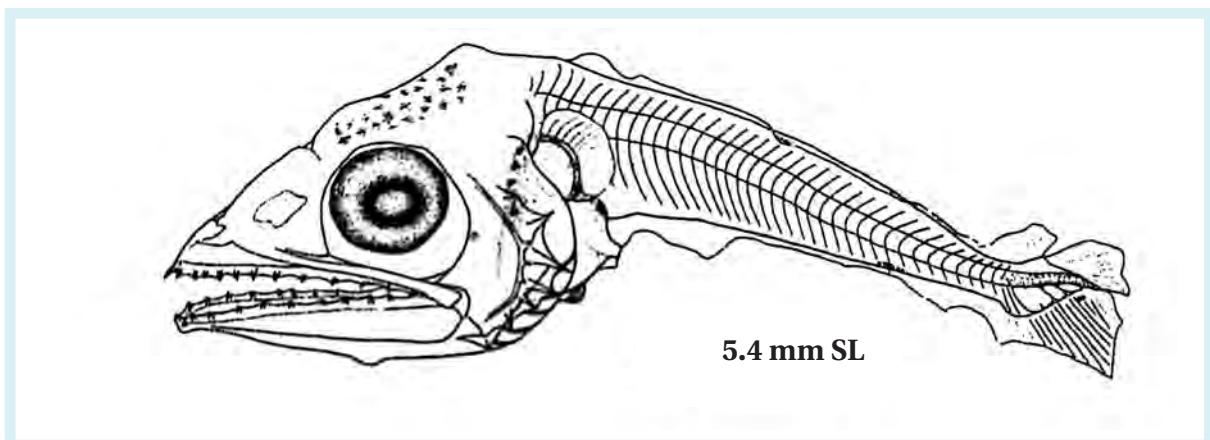


Figura 4. Estágio larval em início da flexão, medindo cerca de 5,4 mm (MATSUMOTO, 1958; RICHARDS, 2006).

Em um estágio mais avançado, aos 6,7 mm (Fig. 5), caracterizando o final da fase de flexão, observam-se grandes e importantes avanços no desenvolvimento larval, especialmente no sentido de lhe proporcionar maior mobilidade. São visíveis os primeiros espinhos da primeira nadadeira dorsal e, ao mesmo tempo, as diferenciações da segunda nadadeira dorsal e nadadeira anal. Um desenvolvimento importante está ocorrendo na região da nadadeira caudal, com o fim da flexão da notocorda e a diferenciação dos elementos hipurais, ainda não ossificados, já sustentando 18 raios. Ocorre um aumento no número de cromatóforos na região do mesencéfalo e duas fortes concentrações de cromatóforos são vistas sobre o prosencéfalo. Um ou dois grandes cromatóforos aparecem na lateral da cabeça, próximo à extremidade dorsal do pré-opérculo. O cromatóforo junto à margem ventral da região caudal ainda persiste.

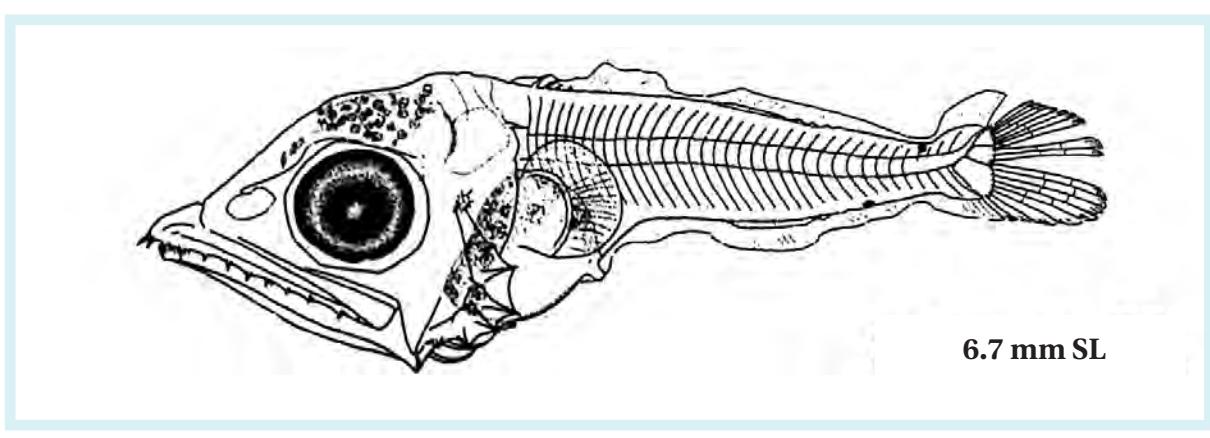


Figura 5. Estágio larval em final de flexão, medindo cerca de 6,7 mm (MATSUMOTO, 1958; RICHARDS, 2006).

Aos 8,8 mm de comprimento (Fig. 6), a larva já tem uma aparência robusta, sugerindo uma capacidade de alta mobilidade, porém, com cabeça ainda grande, representando 41,3% do comprimento do corpo, e a boca representando 66,0% do comprimento da cabeça. São observados de 8 a 9 espinhos na primeira nadadeira dorsal e cerca de 10 raios e de 6 a 7 pínulas, tanto na segunda nadadeira dorsal como na nadadeira anal. As nadadeiras pélvicas estão bem desenvolvidas com 1 espinho e 5 raios, enquanto as nadadeiras peitorais estão apenas no início do desenvolvimento, não sendo possível contar seus elementos. Mudanças na pigmentação consistem no aumento do número de cromatóforos distribuídos por várias partes do corpo. Um grupo de cromatóforos se espalha na ponta do focinho e o cromatóforo único da mandíbula agora está numa posição mais central. Ainda na cabeça, grupos de cromatóforos são observados ao redor da órbita e na superfície pré-opercular posterior ao olho. Alguns cromatóforos são observados na região do osso pós-temporal, ao longo da base da primeira nadadeira dorsal e próximo à inserção da segunda nadadeira dorsal. A margem externa da primeira nadadeira dorsal é pigmentada por cerca de 6 grandes cromatóforos, da terceira até a sexta membrana inter-radial. Os cromatóforos também estão presentes ao longo da nadadeira caudal.

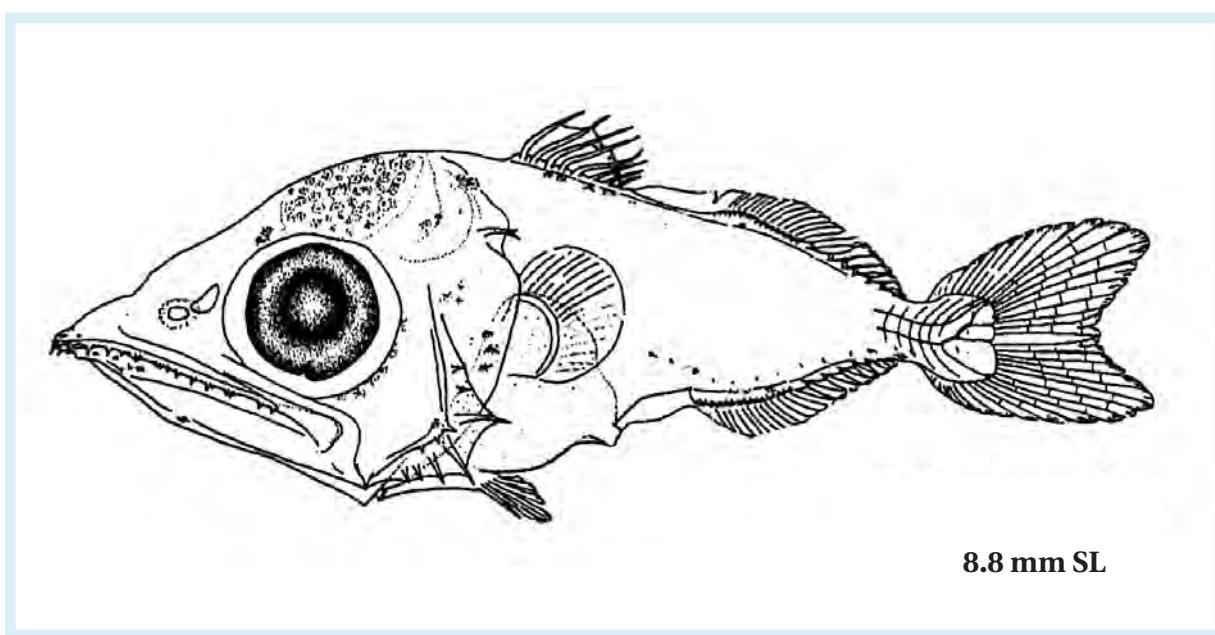


Figura 6. Estágio larval em pós-flexão, medindo cerca de 8,8 mm (MATSUMOTO, 1958; RICHARDS, 2006).

Aos 14,5 mm de comprimento (Fig. 7) já podemos observar um indivíduo cujo corpo passa a adquirir uma forma hidrodinâmica, tipicamente mais relacionada a de um juvenil do que a de uma larva. O corpo já não é tão alto como nos estágios anteriores e a cabeça é pequena em relação ao corpo (37,2%). O trato digestório se alonga e a abertura anal se localiza junto à inserção da nadadeira anal. Pode-se observar as narinas bem diferenciadas. A boca é relativamente pequena, quando comparada aos estágios anteriores, correspondendo a cerca de 57,9% do comprimento da cabeça, com cerca de 15 dentes na maxila superior e cerca de 17 dentes na mandíbula. São evidentes ainda 6 dentes no osso palatino. A primeira nadadeira dorsal assume a característica côncava do peixe adulto e as nadadeiras pélvicas estão bem desenvolvidas. As nadadeiras peitorais possuem 20 raios cada e a nadadeira caudal, iniciando uma evolução para a forma furcada, possui 22 raios na parte superior e 22 raios na parte inferior. A pigmentação recobre o corpo de forma mais extensiva em relação às fases anteriores.

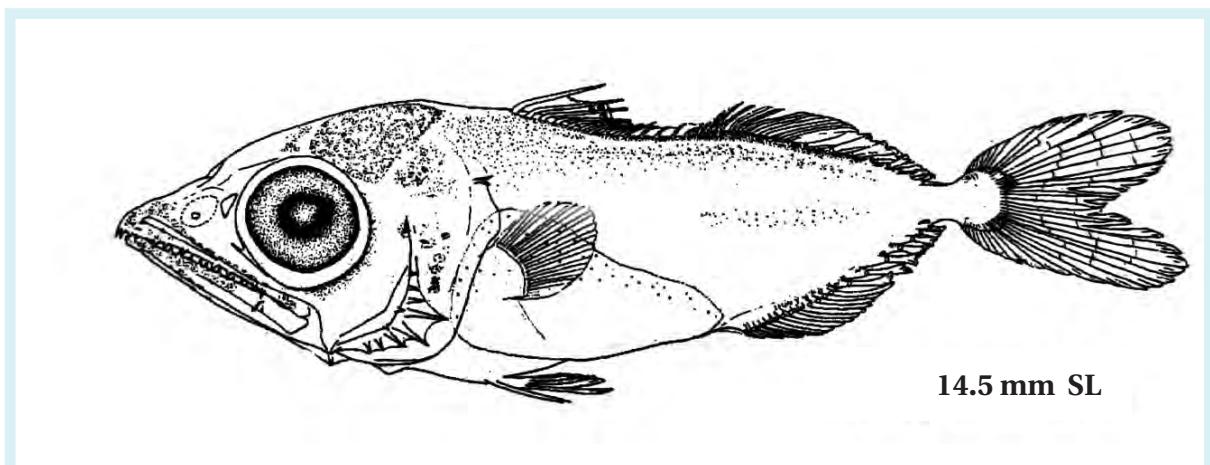


Figura 7. Estágio larval próximo do final da pós-flexão, medindo cerca de 14,5 mm (MATSUMOTO, 1958; RICHARDS, 2006).

Em termos de características merísticas, os seguintes valores são informados, segundo Richards (2006):

Vértebras: pré-caudal = 20; caudal = 21; total = 41.

Espinhos e raios das nadadeiras: primeira dorsal = 14-16; segunda dorsal = 14-16; pínulas da dorsal = 7-8; anal = 14-16; pínulas da anal = 6-8; peitoral = 26-28; pélvica = 1,5; caudal total = 47-51 (dorsal secundário = 15-17, principal = 9+8, ventral secundário = 15-17).

Total de rastros branquiais no primeiro arco = 51-63.

A grande semelhança das larvas de bonito-litrado com as de outras espécies da família torna a tarefa de identificação bastante difícil. Richards (2006) indica que o padrão de pigmentação é utilizado para separar as larvas de bonito-litrado de *Thunnus*, *Auxis* e *Euthynnus*. Para distinguir o bonito-litrado das outras espécies de Scombridae, os caracteres diagnósticos são o padrão de pigmentação e o número de miômeros.

Crescimento

Em relação ao tempo de desenvolvimento e crescimento do bonito-litrado, durante as fases iniciais, Matsumoto (1984), baseado em experimentos de cultivo, relatou um período de incubação variando entre 23 e 35 horas, em água com temperatura entre 24,5 e 29°C. O tamanho da larva no momento da eclosão ficou entre 2,6 e 2,7 mm, com a absorção total do vitelo ocorrendo cerca de dois dias após a eclosão. Não foi observado o crescimento durante as demais fases do desenvolvimento da espécie, pois as larvas só sobreviveram por cinco dias. Porém, supõe-se que o crescimento seja muito rápido, especialmente nos 10 primeiros dias. No caso de outro escombrídeo (*Thunnus albacares*), Matsumoto (1984) relata que uma larva de 10 dias cresceu de 5,8 mm até 51 mm em 28 dias, indicando uma taxa linear de crescimento de 1,6 mm/dia, em temperatura entre 25,6 e 28,6°C. Nos juvenis, a taxa máxima de crescimento foi de 3 mm/dia, em indivíduos com até 20 dias após a eclosão (TANABE *et al.*, 2003). O crescimento rápido das larvas de bonito-litrado, assim como de outros escombrídeos, é favorecido pelo tamanho relativamente grande da sua boca e pelo desenvolvimento precoce do trato digestório, que permite capturar e digerir alimentos de grande porte, incluindo outras larvas de peixes (TANAKA *et al.*, 1996).

Área de desova na costa brasileira

De acordo com Matsuura (1986) e Andrade & Santos (2004), a área de desova do bonito-listrado concentra-se na área oceânica das costas norte, nordeste e leste do Brasil (Fig. 8). A desova parece ocorrer ao longo de todo o ano, porém, uma variação sazonal no índice larval, bem como uma variação no índice gônado-somático, indicam que a desova se concentra entre janeiro e março (MATSUURA, 1986; GOLDBERG & AU, 1986; MATSUURA & ANDRADE, 2000). O recrutamento da espécie na costa parece ocorrer ao longo de todo ano, com um pico no verão decrescendo ao longo da primavera (ANDRADE & SANTOS, 2004). Outros estudos apontam que a desova ocorre ao longo de todo o ano em águas equatoriais e tropicais, e sazonalmente nas regiões subtropicais, onde a temperatura da superfície da água é superior a 24°C (NISHIKAWA *et al.*, 1985; MUHLING *et al.*, 2017; SCHAEFER, 2001).

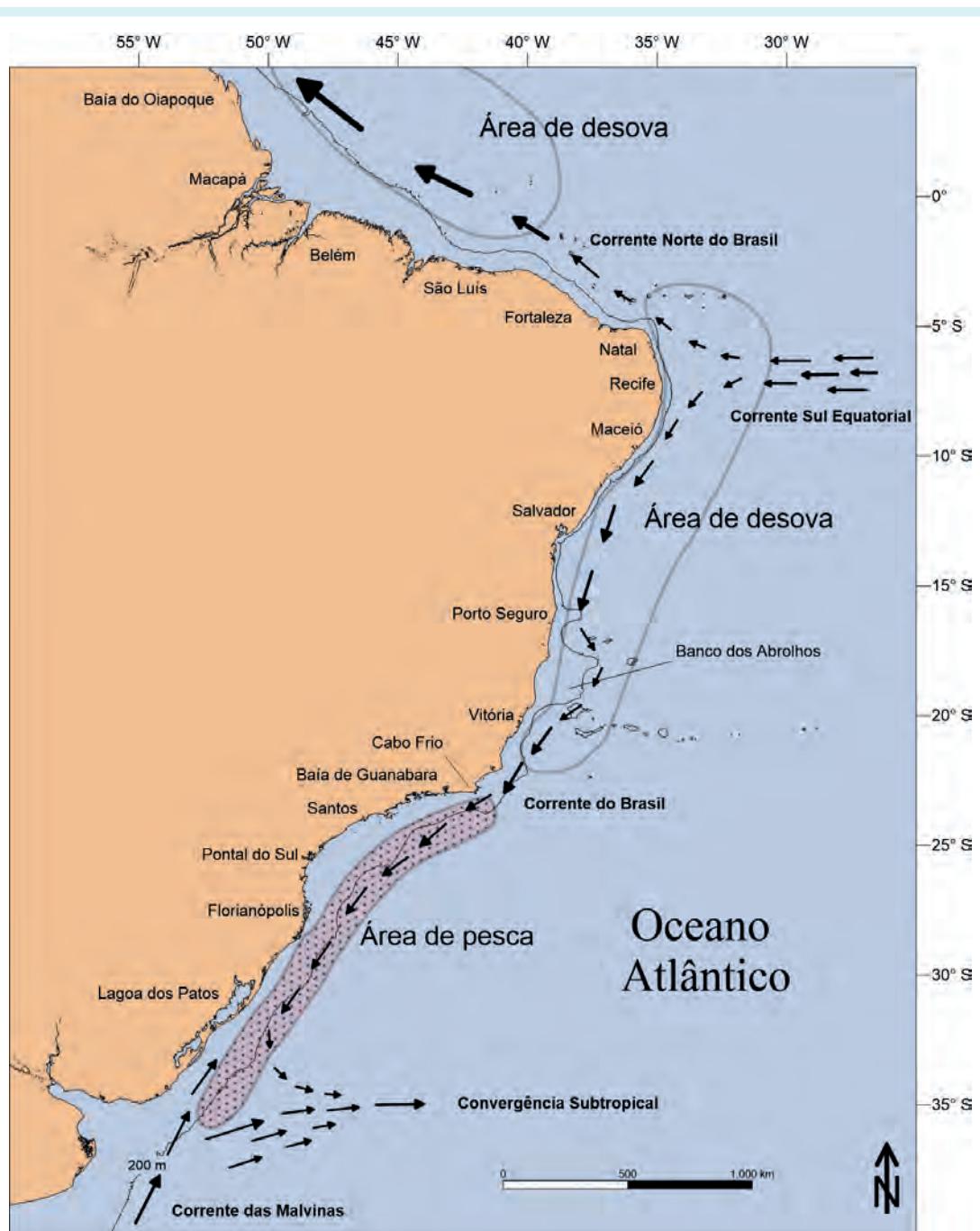


Figura 8. Mapa da costa brasileira mostrando a delimitação das possíveis áreas de desova do bonito-listrado e da principal área de pesca (ANDRADE & SANTOS, 2004).

Distribuição e abundância

As larvas de bonito-listrado estão distribuídas desde o Amapá até Santa Catarina (Fig. 9), mas ocorrem quase exclusivamente em águas oceânicas, nas proximidades da margem da plataforma continental (MATSUURA, 1986; MATSUURA & SATO, 1981). As maiores concentrações foram registradas na costa norte, na região do Banco de Abrolhos e sobre os montes submarinos da cadeia Vitória-Trindade (MATSUURA, 1986). A ocorrência e distribuição na costa nordestina é confirmada ainda pelos estudos de Nascimento *et al.* (2000) e de Pinto *et al.* (2002), que analisaram dados de ictioplâncton coletados durante o programa REVIZEE Nordeste, entre 1995 e 1998.

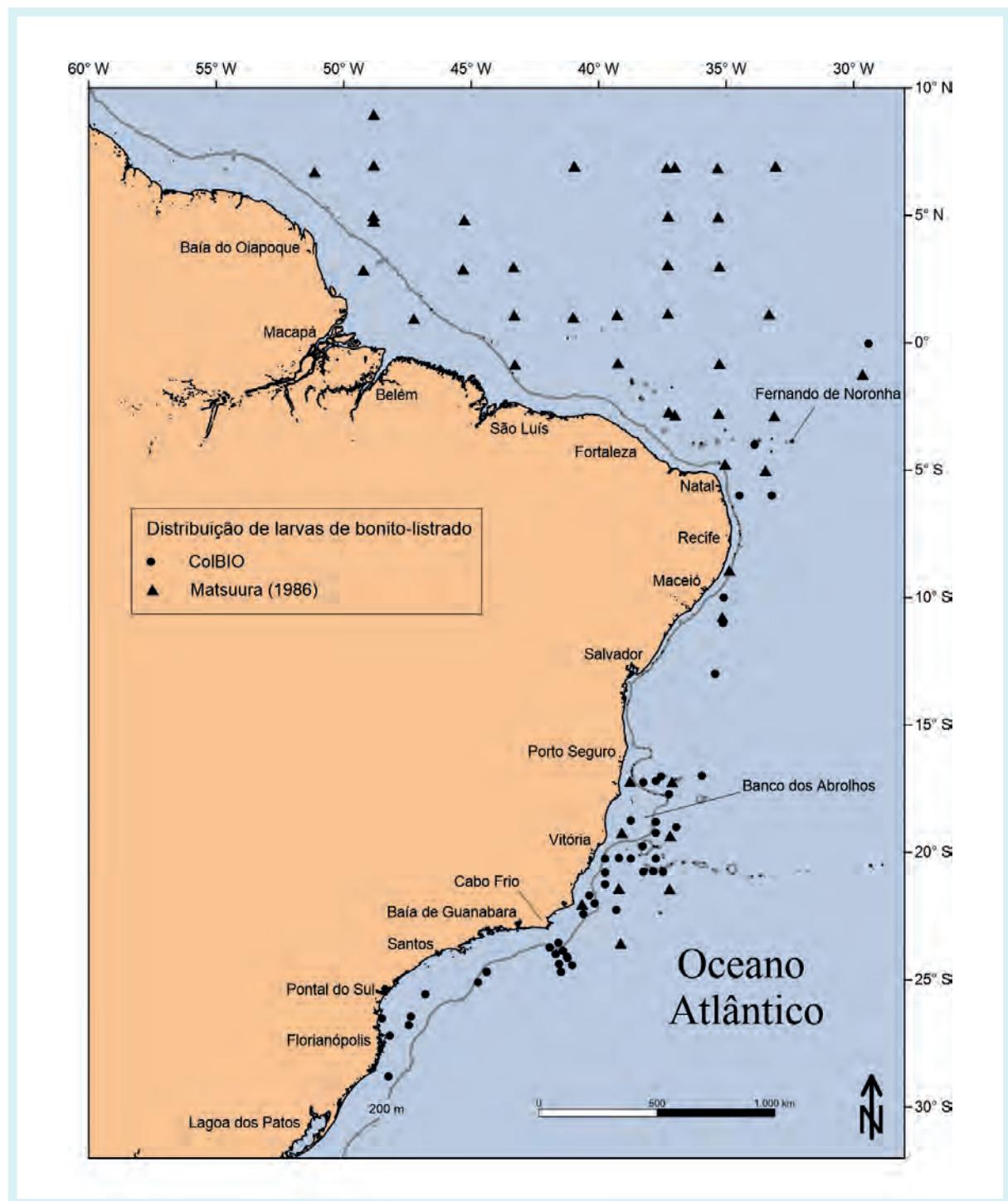


Figura 9. Distribuição das larvas de bonito-listrado na costa brasileira segundo dados da ColBIO (Coleção Biológica Prof. Edmundo Nonato do Instituto Oceanográfico da Universidade de São Paulo) e Matsuura (1986).

Nos registros da Coleção Biológica Prof. Edmundo Nonato do Instituto Oceanográfico da Universidade de São Paulo (ColBIO), que inclui milhares de amostras coletadas entre as décadas de 1960 e 2010, há apenas 20 registros de larvas de bonito-listrado sobre a plataforma continental, com profundidade mínima de captura em 23 m, ao largo de Santa Catarina (Fig. 9). Os poucos registros de larvas de bonito-listrado na Bacia de Santos, entre Cabo Frio (RJ) e Cabo de Santa Marta Grande (SC), devem refletir o baixo número de amostras coletadas na área oceânica dessa região. Matsuura & Sato (1981), analisando resultados de quatro cruzeiros realizados em novembro-dezembro de 1975, janeiro, maio e setembro-outubro de 1976, na plataforma continental da Bacia de Santos, encontraram apenas duas larvas de bonito-listrado, sendo uma ao largo de Cabo Frio e outra ao largo de São Francisco do Sul (SC).

Em Matsuura (1986), a temperatura da água na superfície nas estações positivas para bonito-listrado variou de 24,9 a 28,7°C, com média de 26,8°C, e a salinidade entre 35,4 e 37,4, com média de 36,4.

A distribuição das larvas de bonito-listrado na costa brasileira segue o mesmo padrão observado em outras regiões do mundo, como no oceano Pacífico, onde as larvas são encontradas durante a primavera e o verão em águas com temperatura superior a 24°C (MUHLING *et al.*, 2017; NISHIKAWA *et al.*, 1985).

De acordo com os registros da ColBIO e das publicações sobre ictioplâncton, fica evidente que os estudos desenvolvidos na costa sudeste, em sua maioria, foram realizados na plataforma continental, não privilegiando a área onde é esperada a maior ocorrência das larvas de bonito-listrado. Devido a esse fato e à dificuldade de identificação dessas larvas, existe uma escassez de informações sobre a biologia e a ecologia das larvas de bonito-listrado na região.

Sendo o bonito-listrado uma espécie bastante valorizada comercialmente, seria interessante que projetos focados no estudo dos estágios iniciais de seu desenvolvimento fossem desenvolvidos, aumentando a compreensão sobre os fatores que afetam a distribuição e a sobrevivência da espécie nessa fase, e, dessa forma, contribuindo com o manejo da pesca.

Agradecimentos

Agradecemos à ColBIO (Coleção Biológica Prof. Edmundo Nonato do Instituto Oceanográfico da Universidade de São Paulo) pelo fornecimento das informações sobre dados de ocorrência e distribuição das larvas de bonito-listrado da costa brasileira.

Referências bibliográficas

- AMBROSE, D. A. Scombridae: Mackerels & Tunas. In: MOSER, H. G. (Ed.). *The Early Stages of Fishes in the California Current Region*. La Jolla, Calcofi. Atlas nº 33, p. 1270-1285, 1996.
- ANDRADE, H. A.; SANTOS, J. A. T. Seasonal trends in the recruitment of skipjack tuna (*Katsuwonus pelamis*) to the fishing ground in the southwest Atlantic. *Fisheries research*, v. 66, n. 2-3, p. 185-194, fev. 2004. Disponível em: [https://doi.org/10.1016/S0165-7836\(03\)00199-1](https://doi.org/10.1016/S0165-7836(03)00199-1). Acesso em: 08 jul 2020.
- COLLETTE, B. B.; NAUEN, C. E. FAO Species Catalogue. Vol. 2. Scombrids of the World. FAO *Fisheries Synopsis*, Roma, n. 125, p. 1-135, 1983.
- COLLETTE, B. B.; POTTHOFF, T.; RICHARDS, W. J.; UEYANAGI, S.; RUSSO, J. L.; NISHIKAWA, Y. Scombroidei: Development and Relationships. In: MOSER, H.G. et al. (eds.). *Ontogeny and systematics of fishes*. Special Publication. n. 1. American Society of Ichthyologists and Herpetologists, 1984, p. 591-620.
- GOLDBERG, S. R.; AU, D. W. K. The spawning of skipjack tuna from southeastern Brazil as determined from histological examination of ovaries. *Proc. ICCAT Intl. Skipjack Yr. Prog.*, v. 1, p. 277-284, 1986.
- MATSUMOTO, W. M. Description and distribution of larvae of four species of tuna in central Pacific waters. *Fish. Bull.*, U.S., v. 58, p. 31-72, 1958.
- MATSUMOTO, W. M. Collection and descriptions of juvenile tunas from the central Pacific. *Deep-sea Res.*, v. 8, n. 3-4, p. 279-285, 1961.
- MATSUMOTO, W. M. Potential impact of deep seabed mining on the larvae of tunas and bill-fishes. *NOAA Tech. Memorandum NMFS*. 53 p, 1984.
- MATSUURA, Y. Distribution and abundance of skipjack larvae off the coasts of Brazil. In: SYMONS, P. E. K.; MIYAKE, P. M.; SAKAGAWA, G. T. (eds.). *Proceedings of the ICCAT conference on the international year program*. p. 285-289, 1986.
- MATSUURA, Y.; ANDRADE, H. A. Synopsis on biology of skipjack tuna population and related environmental conditions in Brazilian waters. *Col. Vol. Sci. Pap. ICCAT*, v. 51, n. 3, p. 395-401, 2000.
- MATSUURA, Y.; SATO, G. Distribution and abundance of scombrid larvae in Southern Brazilian waters. *Bull. Mar. Sci.*, v. 31, n. 4, p. 824-832, 1981.
- MAYO, C. A. *Rearing, growth, and development of the eggs and larvae of seven scombrid fishes from the Straits of Florida*. Ph.D. Dissertation, University of Miami, Coral Gables. 128 pp., 1973.
- MUHLING, B. A.; LAMKIN, J. T.; ALEMANY, F.; GARCÍA, A.; FARLEY, J. G.; INGRAM JR., W.; BERASTEGUI, D. A.; REGLERO, P.; CARRION, R. L. Reproduction and larval biology in tunas, and the importance of restricted area spawning grounds. *Reviews in Fish Biology and Fisheries*, v. 27, p. 697-732, fev. 2017. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/s11160-017-9471-4>. Acesso em: 08 jul 2020.
- NASCIMENTO, E. D.; BEZERRA JR, J. L.; LESSA, R. P. Ontogenia do bonito litrado *Katsuwonus pelamis* (fase larval) ocorrente na ZEE do Nordeste. In: III Workshop do REVIZEE Nordeste, 2000, Aquiraz, CE. *Resumos do III Workshop do REVIZEE Nordeste*, v. único, p. 91-91, 2000.

NISHIKAWA, Y.; HONMA, M.; UEYANAGI, S.; KIKAWA, S. Average distribution of larvae of oceanic species of scombrid fishes, 1956–1981. *Far Seas Fish Res Lab S Ser*, v. 12, p. 1-99, 1985.

PINTO, N. C. T.; MAFALDA JR., P.; MEDEIROS, C.; MOURA, G.; SOUZA, C. S. Distribuição de larvas de *Katsuwonus pelamis* (Pisces, Scombridae), em larga escala, na zona econômica exclusiva do nordeste do Brasil. *Tropical Oceanography*, Recife, v. 30, n. 2, p.119–131, 2002.

RICHARDS, W. J. Scombridae: mackerels and tunas. In: RICHARDS, W.J. (Ed.) *Early Stages of Atlantic Fishes: An Identification Guide for the Western Central North Atlantic*. Taylor & Francis Group, 2006, p. 2187-2227.

SCHAEFER, K. M. Assessment of skipjack tuna (*Katsuwonus pelamis*) spawning activity in the eastern Pacific Ocean. *Fish. Bull.*, v. 99, p. 343-350, 2001.

TANABE, T.; KAYAMA, S.; OGURA, M.; TANAKA, S. Daily increment formation in otoliths of skipjack tuna *Katsuwonus pelamis*. *Fisheries Science*. v.69, n.4, p.731-737, 2003. Disponível em: <https://doi.org/10.1046/j.1444-2906.2003.00680.x>. Acesso em: 08 jul 2020.

TANAKA, M.; KAJI, T.; NAKAMURA, Y.; TAKAHASHI, Y. Developmental strategy of scombrid larvae: High growth potential related to food habits and precocious digestive system development. In: WATANABE, Y.; YAMASHITA, Y.; OOZEKI, Y. (eds.). *Survival Strategies in Early Life Stages of Marine Resources*. A. A. Balkema, Rotterdam, 1996, p. 125–139.

Conhecimentos sobre o ciclo de vida do bonito-listrado no Atlântico Sudoeste

5

Marcus Rodrigues da Costa, Rafael de Almeida Tubino,
Jorge Pablo Castello, Vladmyr S. Mello, Júlia Benevenuti Soares,
Gabriel Marcel de Souza Corrêa, Paulo Roberto Camponez de Almeida,
Juliano L. Coletto, Cassiano Monteiro-Neto

Introdução

O bonito-listrado, *Katsuwonus pelamis* (skipjack tuna – SKJ, acrônimo da ICCAT¹), pertence à família Scombridae, composta por atuns e espécies afins. É a única espécie do gênero *Katsuwonus* e possui corpo alongado, fusiforme e arredondado (COLLETTE & NAUEN, 1983). Apresenta uma coloração escura com tons roxos e azulados na região dorsal e quatro a seis linhas escuras contínuas longitudinais na região lateral-ventral, configurando uma característica típica da espécie (Fig. 1). Não há dimorfismo sexual aparente (COLLETTE & NAUEN, 1983).

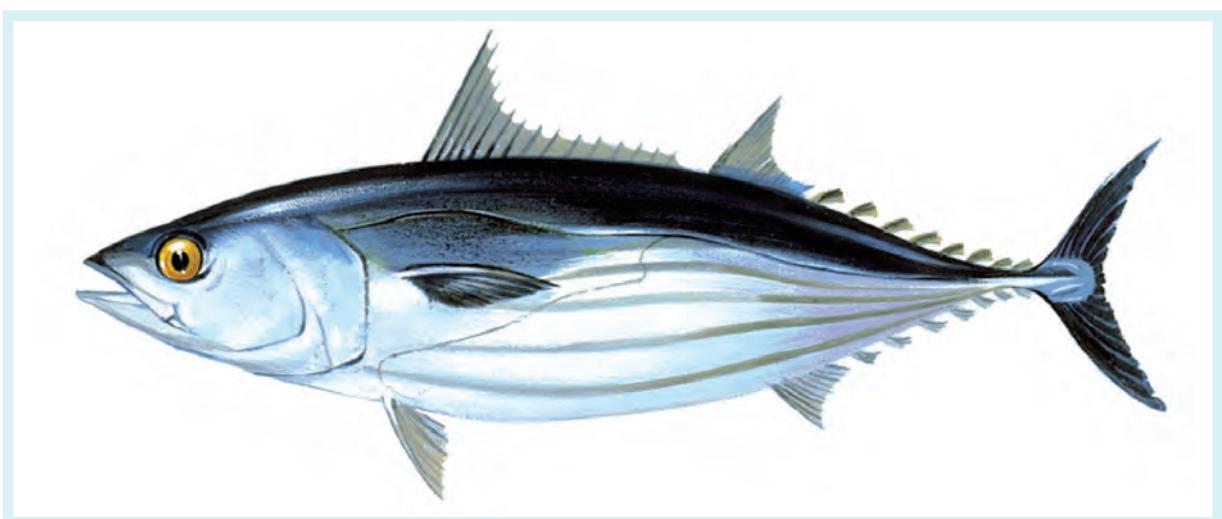


Figura 1. Vista lateral do bonito-listrado (*Katsuwonus pelamis*). Fonte: ICCAT (2006).

É uma espécie pelágica migratória de ampla distribuição geográfica (cosmopolita) que ocorre em águas tropicais e subtropicais. Apresenta hábito alimentar carnívoro e comportamento forrageiro, predando zooplâncton, peixes pelágicos e cefalópodes (CASTELLO, 2000). É uma espécie desovante oportunista com desova sincronizada (ANDRADE, 2006; CASTELLO, 2000) e período reprodutivo entre a estação de primavera e verão, com pico no mês de janeiro no sudeste do Brasil (SOARES *et al.*, 2019).

O bonito-listrado figura entre os cinco principais recursos marinhos capturados no mundo e é o tunídeo mais abundante no Brasil e ocorre com mais frequência na plataforma intermediária e talude superior. Ao largo da costa brasileira (Atlântico Sudoeste),

¹ International Commission for the Conservation of Atlantic Tuna. Comissão responsável pela conservação de tunídeos e espécies afins no oceano Atlântico e mares adjacentes. Coordena investigações e avalia estoques, além de realizar acordos sobre medidas de gestão de recursos relevantes.

sua distribuição parece estar condicionada pela distribuição da temperatura na camada superficial do mar. A temperatura média de maior ocorrência é em torno de 23,3°C e uma amplitude de 17,8° a 26,2°C. As concentrações de cardumes parecem ser mais frequentes na presença de termoclina bem desenvolvida (particularmente no verão), com uma profundidade média de 38 m e um gradiente de 2°C/10 m. Durante o inverno e parte da primavera (maio-outubro/novembro), as águas mais frias de origem subantártica e relacionadas com o ramo costeiro da Corrente das Malvinas avançam sobre a plataforma e talude superior provocando o deslocamento dos cardumes para o norte (região nordeste da costa do Brasil). A partir da segunda metade da primavera ocorre o avanço das águas da Corrente do Brasil para o sul, até o início do outono, permitindo o retorno dos cardumes para região sul da costa brasileira, onde encontram condições tróficas ideais, i.e., elevada produtividade secundária. Estes cardumes ocorrem em profundidades entre 60 e 410 m. A ocorrência nestas profundidades é explicada pela presença de suas principais presas associadas à água tropical da plataforma intermédia (CASTELLO & HABIAGA, 1989; CASTELLO, 2000).

Áreas de Captura

As capturas do bonito-listrado ocorrem ao longo de toda a sua área de distribuição no Atlântico Sudoeste, especialmente na costa das regiões sul e sudeste do Brasil, também denominada de Atlântico Sudoeste. Duas das frotas industriais que atuam sobre este recurso estão sediadas nos portos pesqueiros de Rio Grande (RS) e Niterói (RJ). Ambas as frotas realizam as pescarias com vara e isca-viva sobre os limites das plataformas continentais da região sul (PCS) e do sudeste (PCSE) do Brasil.

Metodologia de Estudo

Entre janeiro de 2017 e agosto de 2018, 66 desembarques provenientes de capturas realizadas pelas frotas de vara e isca-viva dedicadas à pesca de bonito-listrado no Atlântico Sudoeste foram acompanhados simultaneamente no Rio Grande² e em Niterói³, com uma periodicidade quinzenal e/ou mensal para tomada de dados biológicos. Em cada ocasião, foram separados aleatoriamente entre 100 e 300 indivíduos para serem biometrados. Cada indivíduo foi medido quanto o seu comprimento furcal (CF) em centímetros (da ponta da mandíbula superior à forquilha da nadadeira caudal) seguindo as normas da ICCAT (2016).

De cada amostra foram retirados, também de forma aleatória, entre 15 e 30 indivíduos, gerando uma subamostra para obtenção de informações biológicas, tais como: peso total (g), peso eviscerado (g), peso das gônadas (g), peso do fígado (g), sexagem (macho, fêmeas e indeterminado), identificação do estágio de maturidade das gônadas, retirada do primeiro espinho da 1^a nadadeira dorsal e dos otólitos *sagittae* (par).

Para a análise de variações espaço-temporais, os dados de tamanho (CF) foram separados por região (sul e sudeste) e por estações do ano, considerando a seguinte divisão: verão (janeiro-março), outono (abril-junho), inverno (julho-setembro) e primavera (outubro-dezembro). Os dados de tamanho foram agrupados em classes com intervalos de um centímetro e suas frequências foram tabuladas a fim de observar os padrões de deslocamento modal.

O estabelecimento das relações de tamanho é um dos passos iniciais no estudo da biologia pesqueira, uma vez que permite a conversão de distintas medidas de comprimento ou peso. A relação peso-comprimento foi estimada separadamente para cada região e para os dados agrupados (Atlântico Sudoeste), independente do sexo⁴.

² Pelo Instituto de Oceanografia da FURG.

³ Pelo Laboratório ECOPESCA do Instituto de Biologia da UFF e FIPERJ.

⁴ Essa relação foi expressa pela relação $PT = a^*CF^b$, onde: PT representa o peso total do corpo, CF o comprimento furcal, a e b são parâmetros relacionados com o tipo de crescimento do peixe. A diferença entre os valores de b para as diferentes regiões foi verificada através do teste t-Student. Este teste também foi utilizado para determinar o tipo de alometria ($b = 3$, identifica a isometria).

O estudo sobre a idade e o crescimento é uma das etapas fundamentais para o conhecimento da dinâmica de uma população, já que permite a conversão de dados de comprimento em idade, além de gerar estimativas de longevidade e servir como base para construção de modelos preditores sobre o *status* de uma população e/ou recurso pesqueiro. As curvas de crescimento a partir do comprimento furcal foram estimadas para os dados agrupados (ambos os sexos) de cada região, a partir de distribuições de frequência de tamanho mensais agrupados em classes de dois centímetros⁵.

Também foram interpretados cortes dos espinhos duros da 1^a nadadeira dorsal, que apresentam alternadamente bandas opacas (crescimento ativo) e translúcidas (detenção ou crescimento lento) em 497 indivíduos da região sul. Os valores de comprimento assintótico (CF_{∞}) e taxa de crescimento instantâneo (k_{VB}) foram estimados por meio de três abordagens:

A) Método da variância residual mínima de acordo com Gonçalves & Fontoura (1999), utilizando a rotina MINIVAR (BERVIAN & FONTOURA, 2007). A longevidade ($A_{0,95}$), conforme definido por Taylor (1958), é o tempo para atingir 95% do comprimento médio máximo (CF_{∞}) e foi estimada como: $A_{0,95} = 0,996/k$;

B) Utilizando as modas de CF identificadas na composição por tamanhos e aplicando as rotinas disponíveis no programa FISAT (Gulland & Holt, Faben's Plot, Appeldorn e as rotinas automáticas que minimizam variâncias); e

C) Utilizando as idades determinadas nas leituras dos espinhos para ajustar os parâmetros do modelo de crescimento de tal forma que minimize os quadrados das diferenças entre os valores observados e os estimados (rotina SOLVER do programa Excel).

As taxas de mortalidade indicam as perdas que a população sofre por causas naturais (M) e pela pesca (F). A taxa de mortalidade total (Z) representa a soma destes dois componentes, enquanto a taxa de captura (E) é a razão entre a mortalidade por pesca e a mortalidade total ($E=F/Z$). A estimativa da taxa de mortalidade natural (M) foi gerada a partir de diversos modelos empíricos que utilizam informações sobre o ciclo de vida da espécie, tais como: CF_{∞} , k e $A_{0,95}$ ⁶. O método utilizado para determinação da mortalidade total foi o da curva de captura linearizada, que utiliza a estrutura de comprimentos observada nos desembarques, transformada em estrutura etária. A taxa de sobrevivência (S) foi calculada pela equação: $S=e^{-z}$ ou $S=100 \cdot e^{-z}$. Deste modo, as taxas derivadas da mortalidade total e suas variações indicam o grau de impacto da pesca sobre a estrutura da população analisada.

Estudos sobre o ciclo reprodutivo são comumente aplicados para orientar medidas de ordenamento das pescarias que visem à proteção dos estoques em áreas ou épocas de desova, bem como a proteção de parte da população que ainda não atingiu a maturidade sexual, a fim de repor novos indivíduos às populações adultas. O ciclo reprodutivo do bonito-listrado foi descrito através de índices gonadais e curvas de maturação. Todos estes índices foram calculados para cada indivíduo e depois agrupados em médias e intervalos de confiança, para serem apresentados por mês e região. O índice gonadossomático (IGS) expressa a porcentagem que as gônadas representam do peso dos indivíduos e indicam, dessa forma, a época em que as gônadas estão mais túrgidas e maduras⁷.

O comprimento médio de primeira maturação sexual indica o comprimento em que 50% dos indivíduos iniciam o processo de maturação sexual. A estimativa desse comprimento foi feita diretamente através do ajuste dos parâmetros da curva logística aos dados de porcentagem de indivíduos maduros por classe de comprimento pelo método iterativo.

⁵ Mediante o acompanhamento dos deslocamentos dos comprimentos médios de cada grupo etário (método de decomposição modal de BHATTACHARYA - GAYANILo *et al.*, 2005), ajustou-se a curva de crescimento de von Bertalanffy (1938): $CF_t = CF_{\infty} \cdot (1 - e^{-k_{VB} \cdot (t - t_0)})$; onde CF_t equivale ao comprimento médio dos indivíduos com idade t ; CF_{∞} representa o comprimento médio máximo; e , corresponde a base dos logaritmos naturais; k_{VB} é a constante de crescimento e t_0 , o tempo na idade zero e/ou nascimento ou recrutamento.

⁶ Essas taxas foram calculadas utilizando o aplicativo (*Tools for fisheries scientists and Field practitioners- app "Natural Mortality"*; <http://barefootecologist.com.au/apps>) para obtenção de um valor médio de M.

⁷ É estimado a partir da equação: $IGS = PTg/PT \cdot 100$, onde PTg é o peso total das gônadas e PT é o peso total do peixe. O índice hepatossomático (IHS) foi calculado conforme a equação: $IHS = Pf/PT \cdot 100$, onde, Pf = peso do fígado; PT = peso total do peixe. O fator de condição alométrico foi derivado da relação peso-comprimento e calculado como: $K = PT/CF^b$.

Características morfométricas dos otólitos são complexas e altamente espécie-específicas e, assim como outros caracteres morfológicos, são influenciadas por variações climáticas relativas à distância, localização geográfica e/ou variáveis ambientais (WILSON, 1985; DEVRIES *et al.*, 2002). Tendo em vista que as interações entre fatores genéticos e ambientais produzem diferenças dentro das espécies (CADRIN, 2000), as análises morfológicas são ferramentas eficientes para identificação e discriminação de estoques e/ou populações. Os otólitos sagittae vêm sendo amplamente utilizados em estudos de biologia pesqueira por possibilitarem tal diferenciação de forma rápida, com baixo custo e robusta (TRACEY *et al.*, 2006). Para realização das análises morfométricas e de forma dos otólitos (análise de Fourier Elíptica-AFE) foram utilizados 103 indivíduos (54 da região sul e 49 da região sudeste) com CF entre 40 e 70 cm (todos adultos), evitando assim efeitos de variações ontogenéticas na forma dos otólitos⁸. Para identificação dos padrões de forma a partir das análises morfométricas e dos coeficientes de Fourier foram empregadas duas técnicas multivariadas. A primeira, uma análise de agrupamento baseada no método de Ward (REIS, 1997), foi utilizada para identificar a quantidade de morfotipos de otólitos. A segunda, uma análise de componentes principais (ACP), cujo objetivo é reduzir a dimensionalidade dos dados, foi aplicada aos dados conjugados de Fourier e variáveis morfométricas, permitindo a caracterização da variabilidade entre grupos (regiões *vs* morfotipos observados).

Resultados

Crescimento

No período compreendido entre janeiro de 2017 e agosto de 2018 foram acompanhadas 46 descargas no porto de Rio Grande (S) e 20 no Rio de Janeiro (SE), sendo efetuadas amostragens de comprimento furcal e peso de um total de 1.031 exemplares (RJ = 566 e RS=465). Na região sul, a distribuição das frequências de comprimento furcal para todo o período foi praticamente unimodal, com amplitude de 37 a 70 cm e moda na classe de 49 cm (Fig. 2a). As maiores frequências ocorreram no verão nas classes entre 46 e 52 cm, os maiores indivíduos no outono e os menores na primavera e verão, sugerindo progressão modal a partir do verão (Fig. 2b).

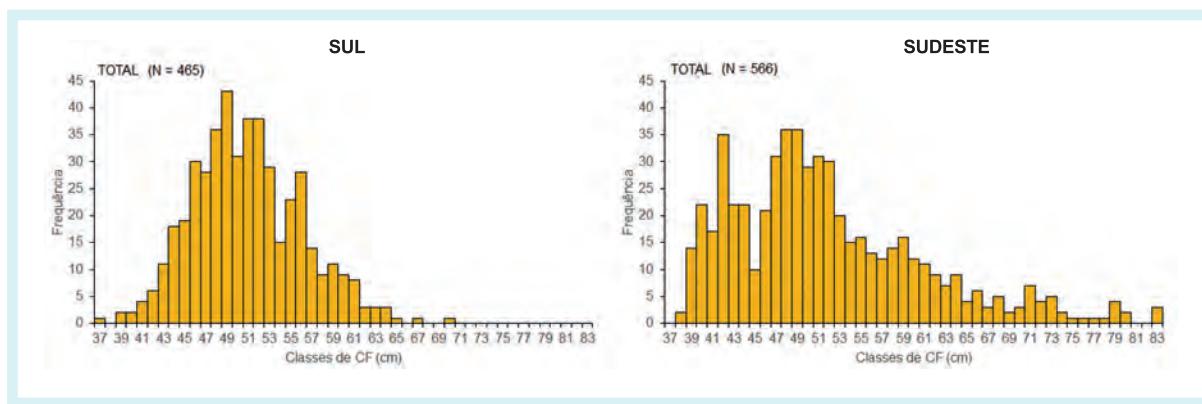


Figura 2a. Distribuições sazonais de frequência de comprimento furcal (cm) de *K. pelamis* no período entre janeiro de 2017 e agosto de 2018, por região.

⁸ Os descritores utilizados foram: área (A) e perímetro (P) dos otólitos, obtidos através do software Image J, enquanto os índices de circularidade, retangularidade e excentricidade foram calculados de acordo com metodologia proposta por Tusset *et al.* (2003). A dimensão fractal foi calculada utilizando o plugin FracLac, do software Image J, através do método de contagem de caixas. Os coeficientes de Fourier (FC) foram gerados pelo software SHAPE (IWATA & UKAI, 2002), com base nos eixos dos componentes principais e séries de Fourier denominadas harmônicas. Por fim, foi aplicada uma análise de componentes principais (ACP), com objetivo de reduzir a dimensionalidade dos dados, permitindo a caracterização da variabilidade entre grupos (regiões e morfotipos observados). Medidas colineares foram retiradas da análise a fim de não causar ruídos (área e dimensão fractal).

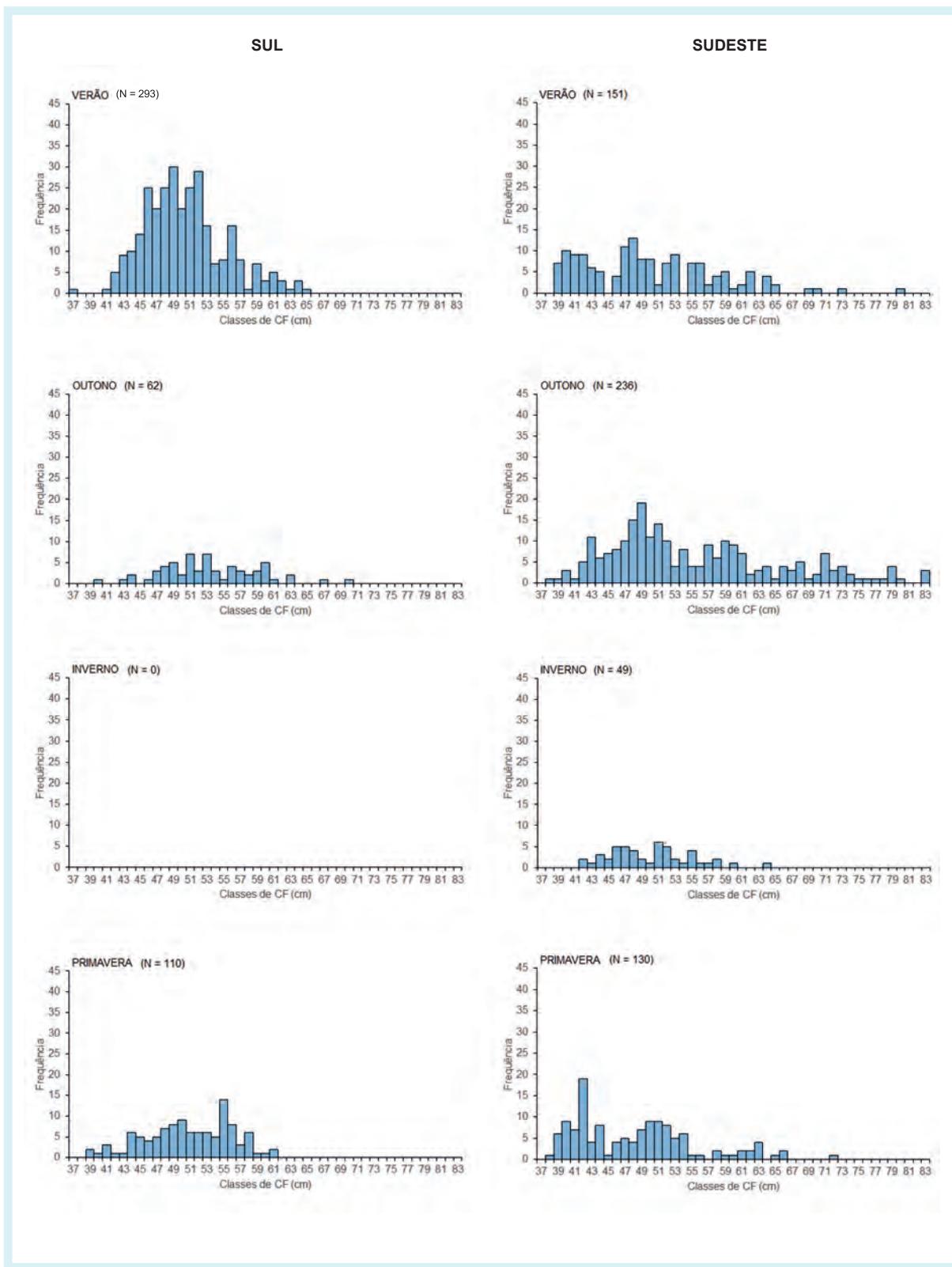


Figura 2b. Distribuições sazonais de frequência de comprimento furcal (cm) de *K. pelamis* no período entre janeiro de 2017 e agosto de 2018, sazonal.

Não foram monitoradas descargas no inverno na região sul, época em que a frota baseada em Rio Grande permanece inativa. No sudeste, ocorreram exemplares entre 38 e 83 cm de CF, apresentando uma distribuição de frequência polimodal para todo o período, com pelo menos duas modas bem definidas (42 cm e 48-49 cm). Sazonalmente, indivíduos das menores classes de tamanho só não ocorreram no inverno. As maiores classes de tamanho estiveram bem representadas no outono, onde ocorreram os maiores exemplares.

A relação peso-comprimento determinada para o bonito-listrado na região sul foi: $PT = 0,0128CF^{3,1363}$, apresentando $R^2=0,9039$. Para a região sudeste a equação obtida foi: $PT = 0,0028CF^{3,5075}$, com $R^2=0,9642$, enquanto para ambas as regiões a equação ficou em: $PT = 0,004CF^{3,4217}$ e um $R^2=0,9461$ (Fig. 3).

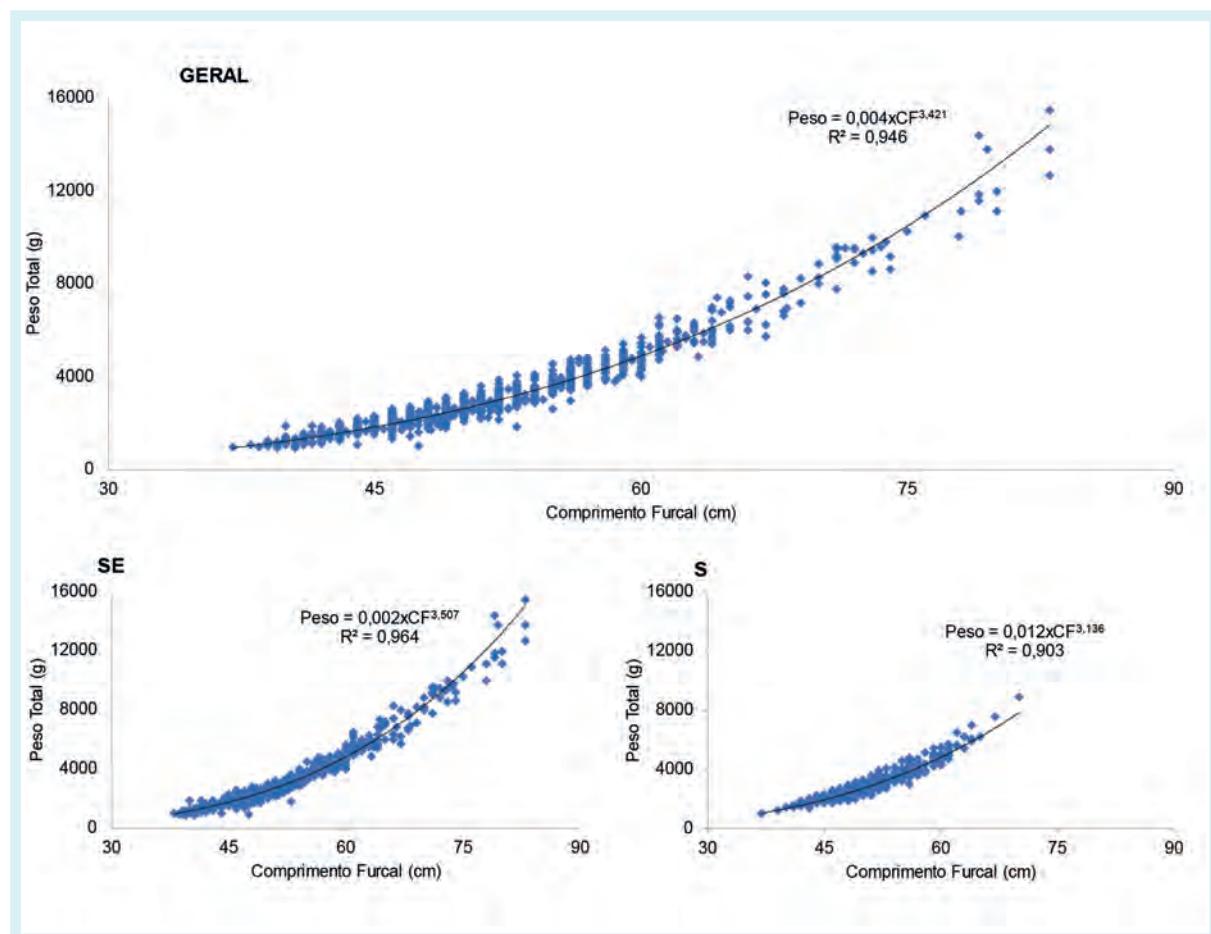


Figura 3. Relação peso-comprimento furcal de indivíduos de *K. pelamis* capturados para o Sudoeste do Atlântico (geral) entre janeiro de 2017 e agosto de 2018, e nas regiões sudeste (SE) e sul (S).

A decomposição modal das distribuições de frequência de comprimento furcal apontou a presença de quatro a cinco coortes ao longo do período amostrado (Tab. 1). A partir dos dados de comprimento médio e dos diferentes grupos etários/coortes, foram estimados os parâmetros de crescimento.

Tabela 1. Parâmetros da decomposição modal obtidos pelo método Battacharya: grupos etários, comprimentos furcais médios, desvio padrão, índice de separação das distribuições de frequências de comprimentos multimodais e idades estimadas (via MINIVAR).

Região Sul					Região Sudeste					Atlântico Sudoeste				
Grupos etários	Idade Estimada	CF médio	Desvio padrão	Índice de separação	Idade Estimada	CF médio	Desvio padrão	Índice de separação	Idade Estimada	CF médio	Desvio padrão	Índice de separação		
1	–	–	–	–	2,34	42,05	1,77	0,00	2,42	42,23	1,95	0,00		
2	2,79	49,11	3,82	0,00	2,83	49,61	3,04	3,14	3,32	49,60	3,20	2,86		
3	3,24	53,43	3,09	0,96	3,32	54,60	3,87	2,68	4,22	57,32	3,32	2,36		
4	3,69	57,20	1,00	2,36	3,81	58,70	1,86	2,59	5,12	63,92	3,72	1,88		
5	4,14	60,00	1,30	2,74	4,30	62,40	1,92	2,90	6,02	69,40	1,70	2,99		
6	4,59	62,10	2,88	1,34	4,79	65,20	2,26	3,87	6,92	74,30	2,31	3,88		

Os melhores resultados estatísticos (menor variação residual) foram obtidos a partir dos valores “sementes” de idade dos indivíduos da primeira amostra/coorte, i.e., baseado nos comprimentos furcais médios dos indivíduos capturados no verão (sul e sudeste: 2,34 anos e Atlântico Sudoeste: 2,42 anos) (Tab. 2). Este parâmetro funciona como uma “ancora biológica”, cuja hipótese de partida é o intervalo de tempo decorrido entre o pico reprodutivo conhecido (verão/outono, SOARES *et al.*, 2019) e a primeira amostra. Assim, os parâmetros da curva de crescimento foram estimados a partir da progressão modal da primeira faixa etária identificada nas amostras de verão e seguidas por um ano inteiro.

Tabela 2. Parâmetros de crescimento estimados por diferentes métodos.

CF_{∞} = comprimento furcal assintótico; CV = coeficiente de variação; K_{vB} = taxa de crescimento instantâneo; R^2 = coeficiente de determinação; Rn = índice de ajuste; MQ = método dos mínimos quadrados; Vm = variância mínima residual.

Rotinas	Método	CF_{∞}	$CV-CF_{\infty}$	K_{vB}	$CV-K_{vB}$	t_0	$R^2/Rn/MQ/Vm$	Phi
FISAT (análise modas CF)	Gulland & Holt	90,00		0,32				3,42
	Faben's Plot	47,46						
	Appeldorn	106,72	0,32	0,19	0,64		0,86	3,34
	Munro	80,00						
	Busca Automática 1	86,35		0,30			0,18	3,35
	Busca Automática 2*	87,15		0,20			0,10	3,18
SOLVER (Espinhos)	N: 486	55,52		0,88		0	12912	3,43
	N: 497	106,49		0,09		-5,10	24062	3,01
	N: 9**	234,20		0,04		-4,75	51,10	3,34
MINIVAR	Região Sul	75,60		0,37		-0,34	0,09	3,33
	Região Sudeste	87,50		0,28		-0,46	0,67	3,33
	Atlântico Sudoeste	91,80		0,24		-0,54	0,67	3,31

*Nesta rotina de cálculo automático, o CF_{∞} foi inicialmente estimado como uma “semente” baseada na relação de Taylor, onde $CF_{\infty} = CF_{\text{máx}}/0,95$.

**Neste caso, foi atribuído a cada idade o mesmo peso.

A figura 4 apresenta as estimativas das taxas de crescimento (k) para as regiões sul, sudeste e Atlântico Sudoeste, e longevidades ($A_{0,95}$) em função de diferentes valores simulados de comprimento assintótico (CF_{∞}). Os melhores ajustes (variação residual mínima) para o modelo de von Bertalanffy foram obtidos quando os comprimentos assintóticos (CF) foram 75,6; 87,5 e 91,8 cm, respectivamente (Sul: $k = 0,37$; $A_{0,95} = 7,9$ anos; Sudeste: $k = 0,29$; $A_{0,95} = 10,3$ anos e Atlântico Sudoeste: $k = 0,24$; $A_{0,95} = 12,6$ anos). As curvas de crescimento com variação residual mínima são apresentadas na figura 5. Assim, as expressões matemáticas das curvas de crescimento em comprimento são: Sul: $CF = 75,6 * (1 - e^{-0,37(t)})$; Sudeste: $CF = 87,5 * (1 - e^{-0,29(t)})$ e Atlântico Sudoeste: $CF = 91,8 * (1 - e^{-0,24(t)})$.

As curvas de captura de cada região e para o Atlântico Sudoeste foram representadas com base nas composições de idades nas capturas correspondentes (Fig. 6). As taxas de mortalidade (Z, M e F), captura e sobrevivência estimadas foram:

Sul: $Z = 1,62$; $M = 0,58$, $F = 1,04$, $E = 0,64$ e $S = 19,8\%$;

Sudeste: $Z = 0,96$; $M = 0,45$, $F = 0,51$, $E = 0,53$ e $S = 38,3\%$; e

Atlântico Sudoeste: $Z = 1,17$; $M = 0,37$, $F = 0,80$, $E = 0,68$ e $S = 31,0\%$.

Comparando-se os valores estimados para M e F de ambas as regiões é possível concluir que a pesca foi o fator mais importante de mortalidade ($F > M$) para o estoque do Atlântico Sudoeste. Todas as taxas de capturas estimadas (E) foram comparadas com o valor de referência igual a 0,5 que segundo Gulland (1983) pode ser considerado um valor indicativo de sobreexploração. No entanto, podemos observar que para a região sudeste, o valor de E está próximo ao limite sustentável, evidenciando estratégias de captura diferenciadas entre as regiões que compõem o Atlântico Sudoeste.

Outra maneira de se analisar o efeito da mortalidade é avaliar seu oposto, a sobrevida. Nesse sentido, a região sudeste apresenta maior taxa de sobrevida (38,3%) em relação à região sul (19,8%). Se apenas a mortalidade natural estivesse agindo nestas regiões, a taxa de sobrevida no sul seria de 56,0% e no sudeste de 63,8%. Mesmo assim, observamos uma redução na taxa de sobrevida em decorrência da pesca na região sul quando comparada com a região sudeste. Não obstante, a avaliação para o Atlântico Sudoeste também corrobora este padrão com taxas de captura e sobrevida opostas.

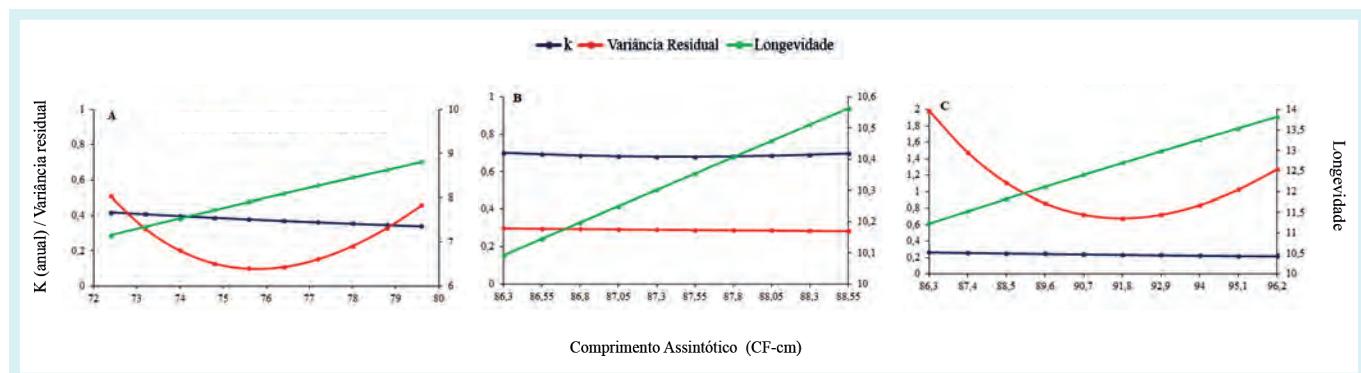


Figura 4. Valores estimados da constante de crescimento (k), longevidade ($A_{0.95}$) e variância residual em relação aos valores simulados dos comprimentos assintóticos (CF_{∞}) de *K. pelamis*. A - região sul, B - região sudeste e C - Atlântico Sudoeste. Parâmetros ajustados rotina MINIVAR (Microsoft Excel; LEWIS & FONTOURA, 2005, dados não publicados).

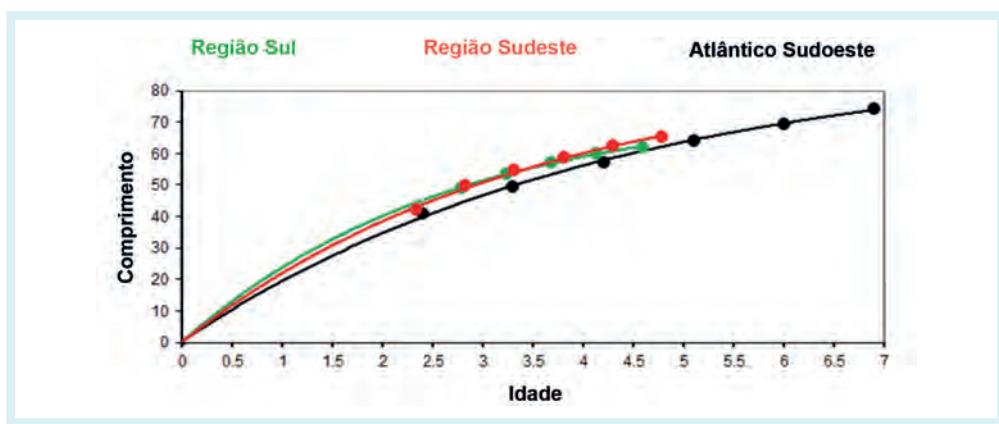


Figura 5. Curvas de crescimento em comprimento furcal de *K. pelamis* capturados ao largo do Atlântico Sudoeste, entre janeiro de 2017 e agosto de 2018.

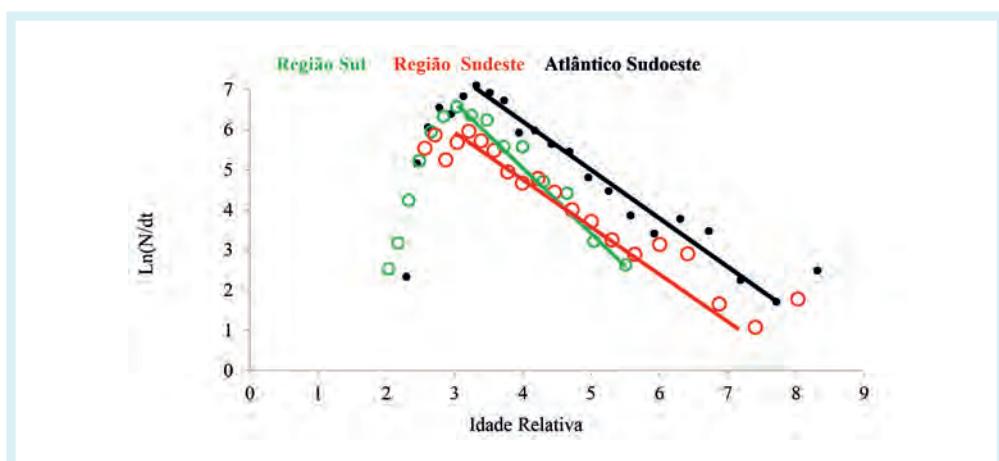


Figura 6. Curvas de capturas linearizadas de *K. pelamis* para as regiões Sul, Sudeste e Atlântico Sudoeste.

A análise de componentes principais (ACP) aplicada aos dados integrados de medidas morfométricas e morfotipos de otólitos gerados a partir da análise dos coeficientes de Fourier explicou 53,4% da variação no primeiro eixo (PC1), enquanto o segundo eixo (PC2) explicou 25,2%. Os dois primeiros eixos juntos explicaram 78,6% da variância total. O perímetro e a circularidade apresentaram correlação positiva com o primeiro componente ($r = 0,66$ e $0,65$, respectivamente), enquanto a retangularidade apresentou correlação positiva com o segundo eixo ($r = 0,92$). A excentricidade apresentou correlação negativa com ambos os eixos ($r = 0,34$). Os dois primeiros eixos da ACP foram plotados por região e por morfotipos, não apresentando um padrão de separação para ambos os fatores, indicando uma única unidade de estoque para a região (Fig. 7).

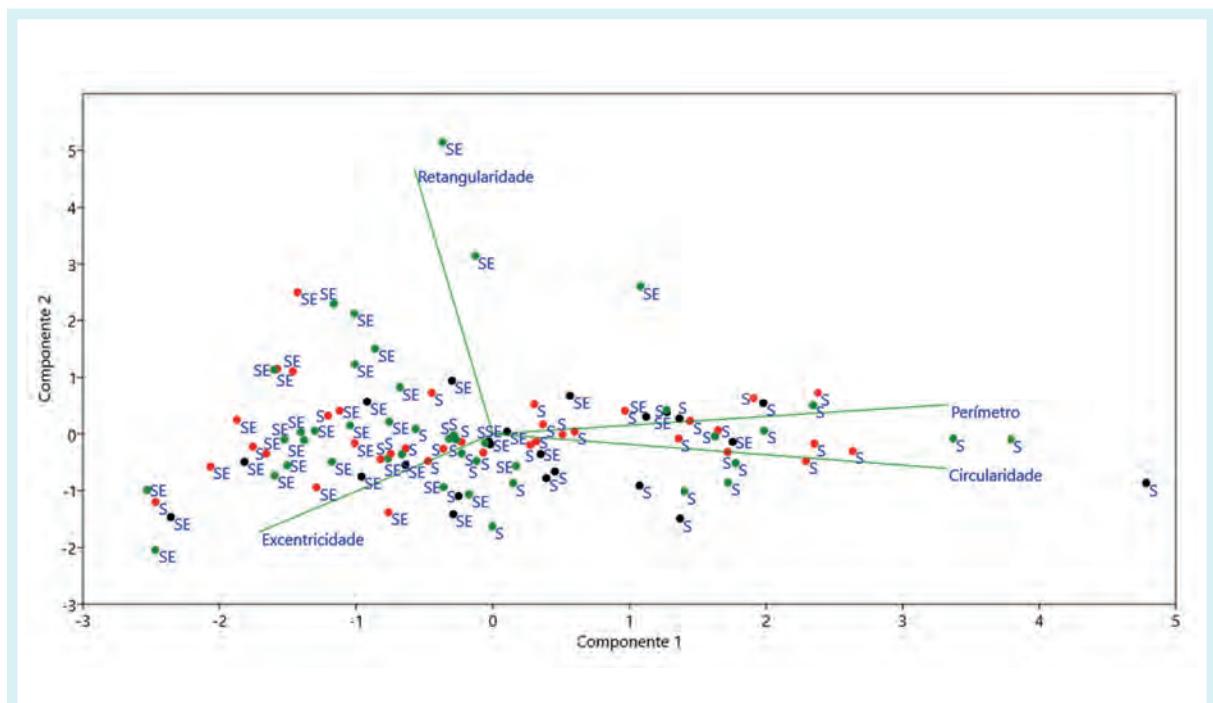


Figura 7. Ordenação das amostras a partir da análise de componentes principais das variáveis de Fourier combinada com as variáveis morfométricas. Amostras codificadas por região (S e SE) e morfotipos (cores).

A integração dos dados morfométricos e morfológicos permitiu a identificação de 3 morfotipos de otólitos. O morfotipo 1 (Fig. 8a) apresenta uma excisura profunda na parte posterior e uma maior elevação na parte posterior dorsal quando comparado com os morfotipos 2 e 3. O morfotipo 2 (Fig. 8b) possui um excisura profunda próximo da região dorsal anterior quando comparado com o morfotipo 1 e 3. O morfotipo 3 (Fig. 8c) apresenta excisura na parte dorsal anterior pouco profunda e uma maior elevação na parte dorsal posterior. A co-ocorrência de todos os tipos é um indicativo da presença de um único estoque na área devido a ausência de separação espacial dos mesmos.

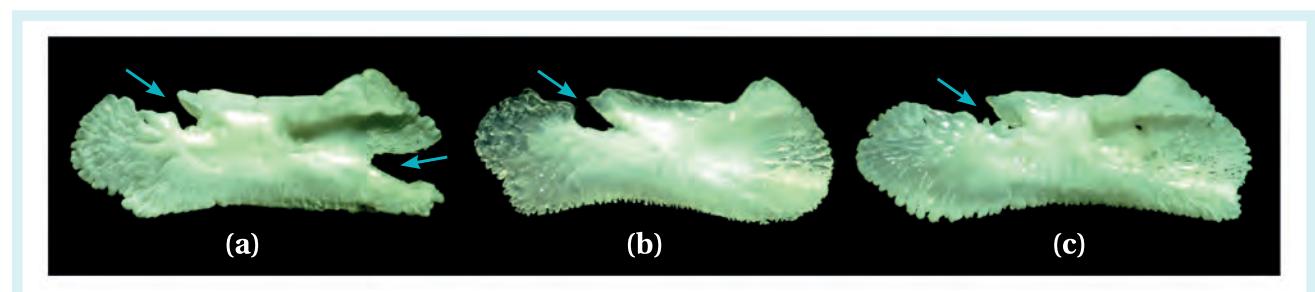


Figura 8. Morfotipos de otólitos: morfotipo 1(a); morfotipo 2(b); morfotipo 3(c). As setas azuis mostram as excisuras. Fotos: Marcus Rodrigues da Costa.

Reprodução

O bonito-listrado é uma espécie conhecida como desovante oportunista, que apresenta uma desova sincronizada quando em cardumes. A pequena variação de IGS observada na região sul ao longo do ano ($N = 394$; méd = $0,6 \pm 0,5$) contrasta com as grandes variações registradas no sudeste ($N = 424$; méd = $1,0 \pm 1,1$; entre 0,95 e 0,04), sugerindo a formação de agregados reprodutivos ao largo da desta região durante o verão, como observado por SOARES *et al.* (2019). Estudos anteriores, produzidos na costa sul-sudoeste do Brasil (CAYRÉ & FARRUGIO, 1986; GOLDBERG & AU, 1986), também indicam um período reprodutivo entre dezembro e março, com um pico de desova entre janeiro e fevereiro.

Os valores de fator de condição (k) mais elevados na região sul (Fig. 9) em praticamente todas as estações do ano sugerem que esta é uma área de alimentação e crescimento, onde os indivíduos que estão em processo de amadurecimento ganham massa corpórea para se deslocarem para áreas de desova mais ao norte.

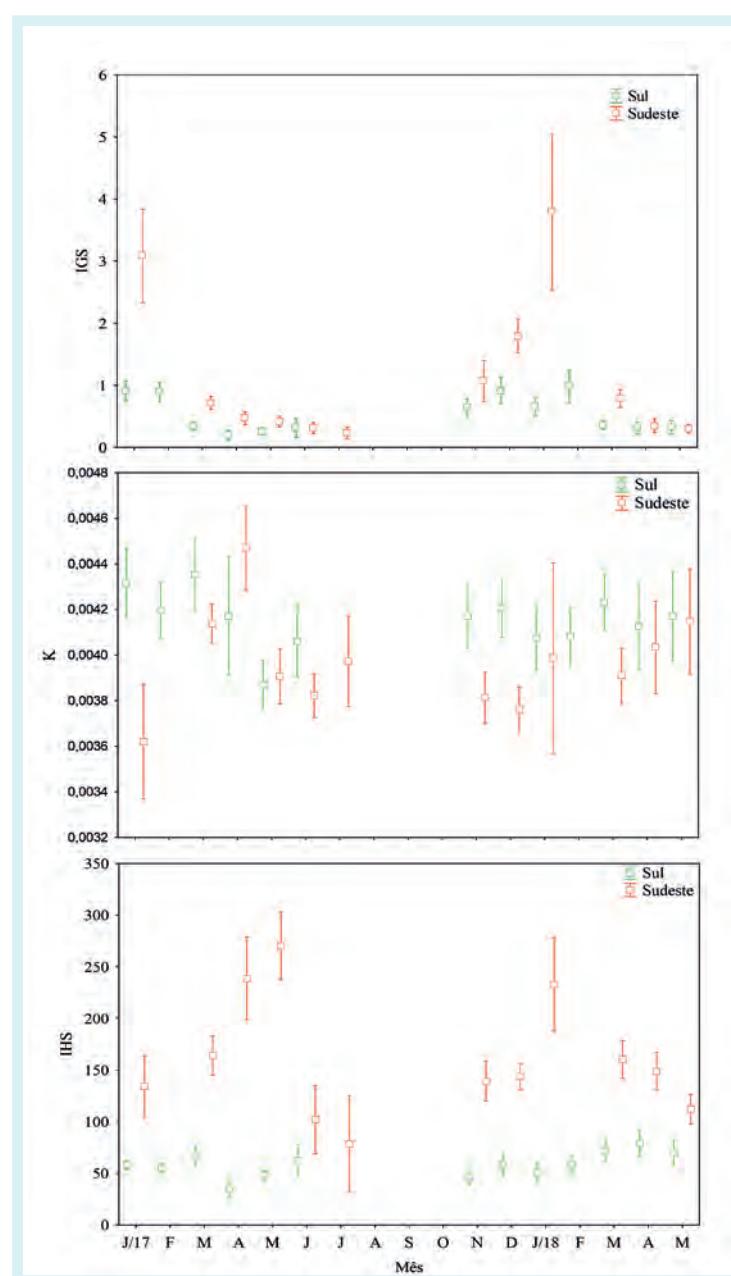


Figura 9. Variação mensal (média e intervalo de confiança) do Índice Gonadosomático (IGS), Fator de condição (k) e Índice Hepatossómático (IHS) por área de captura (sul e sudeste) no Atlântico Sudoeste.

As acentuadas diferenças regionais reveladas nos valores menais do Índice Hepatossómático (IHS), quase três vezes maiores em média no sudeste, reforçam a ideia de um padrão espaço temporal marcado com uma área de alimentação no sul e uma área reprodutiva mais expressiva no sudeste (Fig. 9).

A presença de ovos e larvas de *K. pelamis* em maiores densidades nas proximidades do arquipélago de Abrolhos (BA), conforme registrado por Matsuura (1986) e apresentado no Capítulo 4, assim como a escassa presença de larvas e juvenis nas regiões sudeste-sul, sustentam a hipótese de que existe uma migração reprodutiva no sentido sul-norte (JABLONSKI *et al.*, 1984).

O comprimento furcal médio de primeira maturação (CF_{50}) para machos e fêmeas (sexos grupados) foi estimado em 45,5 cm (intervalo de confiança de 44,8 e 45,9 cm) (Fig. 10). Não foram observadas diferenças significativas entre os sexos (45,4 para machos e 45,5 para fêmeas) e entre as regiões sul e sudeste. Estes valores estão abaixo dos valores estimados na década de 1980 por Vilela & Castello (1993), e próximos aos estimados por Soares *et al.* (2019) para o sudeste nos três anos anteriores (2014 a 2016).

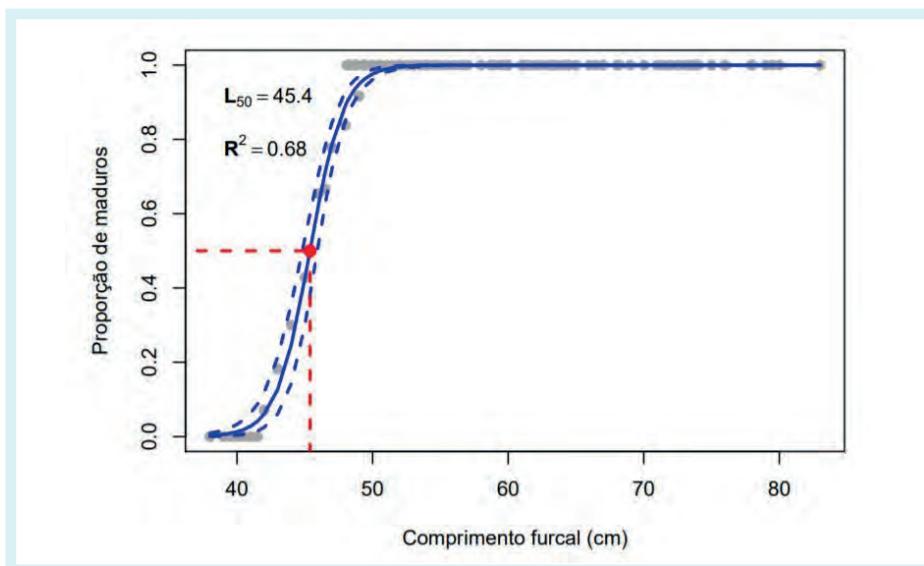


Figura 10. Curva de relação entre a proporção de indivíduos maduros e comprimento furcal de *K. pelamis* na costa sudoeste do Brasil.

Considerações Finais

A implementação de programas de monitoramento sistematizados e contínuos dos recursos naturais permite que a comunidade científica compreenda os padrões e processos que regem a história de vida dos recursos pesqueiros. Dentre os principais atributos que são utilizados nas avaliações de atuns e afins podemos citar o tamanho, o peso e a dinâmica reprodutiva.

Um padrão unimodal do tamanho recorrente desde os anos 1980 ainda persiste ao longo do Atlântico Sudoeste, com indivíduos entre 50 e 56 cm de comprimento furcal. Entre as regiões sul e sudeste os tamanhos das maiores frequências foram similares, com uma leve tendência à diminuição desta amplitude e presença de indivíduos entre 47 e 53 cm. Uma moda menor, bem marcada, observada apenas na região sudeste, evidencia o aparecimento de um estrato populacional que corresponde a um novo recrutamento ao estoque pesqueiro, cujos comprimentos estão abaixo de 45,4 cm, tamanho no qual 50% da população é considerada apta a se reproduzir (CF_{50}). Embora haja registros de indivíduos com tamanhos menores que CF_{50} na região sul, evidências metabólicas (IHS) e fisiológicas (fator de condição) sugerem que a região seja utilizada como área de criação, i.e., alimentação, crescimento e desenvolvimento sexual.

O acompanhamento das modas das frequências de comprimentos, associado a estudos de morfometria e morfologia do otólito, além de auxiliar na identificação de estoques, também sustenta outras informações da história de vida do bonito-listrado, como crescimento e período reprodutivo.

A relação peso-comprimento permitiu inferir que o bonito-listrado ganha mais peso em relação ao seu crescimento em comprimento. Tal padrão tem sido observado ao longo das últimas três décadas nesta área do Atlântico Sudoeste.

Quanto aos parâmetros de crescimento influenciados pelas diferentes características ambientais, os bonitos da região sul ganham mais peso corporal e, à medida que se deslocam para a região sudeste, continuam a incrementar seu peso, culminando com o período reprodutivo no verão, com pico em janeiro. Quanto aos parâmetros de crescimento populacional, oriundos da análise integrada de cada indivíduo capturado, foi observado comportamentos distintos entre as regiões, o que é naturalmente esperado devido às peculiaridades ambientais de cada região. Cabe ainda ressaltar, que o desenvolvimento de frentes térmicas acentuadas na Corrente do Brasil no sul do país atua como um gatilho para movimentos migratórios que desencadeiam estímulos vitais para manutenção de um estoque suscetível de exploração comercial.

A partir dos índices reprodutivos e outras características derivadas do tamanho e peso dos indivíduos, também foi possível inferir sobre os padrões reprodutivos e prováveis formações de agregados reprodutivos. Na região sudeste ocorreram capturas de indivíduos com as melhores condições reprodutivas, seguido da transição entre estas regiões. Tais evidências apontam que o processo reprodutivo ocorre nas menores latitudes do Atlântico Sudoeste, onde há registros de ocorrência das maiores densidades de ovos e larvas da espécie. A relação entre a sazonalidade dos movimentos da Corrente do Brasil com os padrões de movimentação da espécie mostra o uso da área para manutenção do estoque ao longo do tempo. Outro aspecto que corrobora tal hipótese é a integração dos índices de condição e hepatosomático que indicaram níveis elevados de bem estar individual, bem como a transferência de energia de reserva (fígado) pouco antes e/ou concomitantemente às atividades reprodutivas, a fim de garantir esse processo vital, i.e., perpetuação da espécie e transmissão de informações de geração a geração para manutenção das características próprias da espécie.

Os parâmetros de crescimento populacional obtidos (k_{VB} , L_{∞} e longevidade) a partir dos indivíduos capturados seguem um padrão de valores semelhantes aos das últimas décadas para o Atlântico Sudoeste, com distinções latitudinais determinadas por condições naturais (zonas temperadas, intertropical e tropical), bem como por ação da pesca. As estimativas sobre o *status* populacional do estoque disponível para a pesca geradas a partir destes parâmetros (taxas de mortalidade, sobrevivência e captura) são informações primárias para tomada de medidas de gestão e ordenamento de um estoque. Os resultados obtidos indicam que a pesca atua com maior intensidade na região sul, comparada ao sudeste. Entretanto, o estoque parece ainda se encontrar em uma fase de exploração inferior ao limite de 50% das capturas máximas sustentáveis. Estas mesmas estimativas também alertam a comunidade científica para o estabelecimento efetivo de programas contínuos e sistematizados de monitoramento de desembarques/descargas de pescado, a fim de desenvolver uma cadeia produtiva totalmente sustentável sobre este recurso pesqueiro.

Ainda com base em uma estrutura anatômica do bonito-listrado, o otólico, uma peça calcária circular localizada dentro do seu ouvido interno e responsável pelo equilíbrio, foi utilizado como um marcador natural capaz de diferenciar ou não estoques populacionais dentro da área de distribuição da espécie. Para o Atlântico Sudoeste, não foi observada diferenciação intrapopulacional (confirmada também através de estudos genéticos – Capítulo 6), o que nos permite dizer que na região ocorre apenas uma única unidade de estoque que utiliza três regiões geográficas da costa do Brasil (S, SE e NE). Nesta área do Atlântico Sudoeste podem-se observar padrões de utilização dos habitats (regiões) associados às condicionantes ambientais, como a Corrente do Brasil e os vórtices de produtividade primária que se formam em diferentes estações do ano, em latitudes específicas da costa. Deste modo, podemos concluir que ao largo do Atlântico Sudoeste esta única unidade de estoque de bonito-listrado apresenta peculiaridades bioecológicas que corroboram padrões comportamentais descritos na literatura para a região, além de apresentar similaridades com outros estudos de outras áreas oceânicas, influenciados por diferentes condicionantes ambientais e esforço de pesca. Tais resultados permitem análises integradas em diferentes perspectivas atuais e históricas, subsidiando medidas de gestão que visam à sustentabilidade dos estoques do bonito-listrado.

Referências Bibliográficas

- ANDRADE, H. A. Diagnóstico do estoque e orientações para o ordenamento da pesca de *Katsuwonus pelamis* (Linnaeus, 1758). In: ROSSI-WONGTSCHOWSLI, C. L. D. B.; AVILA-DASILVA, A. O.; CERGOLE, M. C. (Eds). *Análise das principais pescarias comerciais da região Sudeste-Sul do Brasil: dinâmica populacional das espécies em exploração II*. Série documentos REVIZEE: Score Sul. São Paulo: Instituto Oceanográfico, USP, 96 p., 2006.
- BERVIAN, G.; FONTOURA, N. F. Growth of the *Silverside Atherinella brasiliensis* in Tramandaí Estuary, Southern Brazil (Actinopterygii: Atherinopsidae). *Neotropical Ichthyology*, Porto Alegre, v. 5, n. 4, out./dez. 2007. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S1679-62252007000400008>. Acesso em: 08 jul 2020.
- CASTELLO, J. P. *Síntese sobre distribuição, abundância, potencial pesqueiro e biologia do bonito-listrado (Katsuwonus pelamis)*. Análise/Refinamento dos Dados Pretéritos Sobre Prospecção Pesqueira. Avaliação do Potencial Sustentável de Recursos Vivos na Zona Econômica Exclusiva MMA – REVIZEE, Rio Grande, 13p., 2000.
- CASTELLO J. P.; HABIAGA, R. P. The skipjack fishery in southern Brazil. SCRS/ 88 / 27 ICCAT Coll. Vol. Sci. Pps., v. 30, n. 1, p. 6-19, 1989.
- CAYRÉ, P.; FARRUGIO, H. Biologie de la reproduction du listao (*Katsuwonus pelamis*) del ocean Atlantique. In: SYMMONS, P. E. K.; MIYAKE, P. M.; SAHAGAWA, G. T. (Eds.). *Proc. ICCAT Conf. Int. Skipjack Year Program, Int. Comm. Conser. Atl. Tunas*, Madrid, Spain, p. 252-272, 1986.
- COLLETTE, B. B.; NAUEN, C. E. FAO Species Catalogue.Vol.2. *Scombrids of the World*. An Annotated and Illustrated Catalogue of Tunas, Mackerels, Bonitos and Related Species Known to Date. Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome. 1983.
- GAYANIL JR., F.C.; SPARRE, P.; PAULY, P. FAO-ICLARM stock assessment tools (*FiSAT II*). Revised version. User's manual. Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome, 2005.
- GOLDBERG, S. R.; AU, D. W. K. The spawning of Skipjack tuna from Southeastern Brazil as determined from histological examination of ovaries. *Proc. ICCAT Intl. Skipjack Yr. Prog.*, v. 1, p. 277-284, 1986.
- GONÇALVES, P. L.; FONTOURA, N. F. Dinâmica populacional de Palaemonetes argentinus na lagoa Fortaleza, Rio Grande do Sul, Brasil (Decapoda, Palaemonidae); *Iheringia*, Série Zoologia, v. 86, p. 171-186, 1999.
- GULLAND, J. A. Fish stock assessment: A manual of basic methods. *FAO/Wiley Ser. Food. Agric.*, v. 1, n. 1, 223p., 1983.
- ICCAT. ICCAT Manual 2006-2016. International Commission for the Conservation of Atlantic Tuna. In: *ICCAT Publications* [on-line], Updated 2016.
- IWATA, H.; UKAI, Y. SHAPE: a computer program package for quantitative evaluation of biological shapes based on elliptic Fourier descriptors. *Journal of Heredity*, v. 93, n. 5, p. 384-385, 2002.
- JABLONSKI, S.; BRAILE, A. A.; ROMO, C. M.; TEIXEIRA, M. S. Sexual maturity and sex-ratios of the skipjack tuna, *Katsuwonus pelamis* (Linnaeus), from southeastern Brazil. SCRS / 83 /49 ICAAT Coll. Vol. Sci. Pps., v. 20, n. 1, p. 217-233, 1984.

LEWIS, D. S.; FONTOURA, N. F. Maturity and growth of *Paralonchurus brasiliensis* females in southern Brazil (Teleostei, Perciformes, Sciaenidae). *J. Appl. Ichthyol.*, v. 21, p. 94-100, 2005.

MATSUURA, Y. Distribution and abundance of skipjack larvae off the coasts of Brazil. *Proc. ICCAT Intl. Skipjack Yr. Prop.*, v. 1, p. 285-289, 1986.

SOARES, J. B.; MONTEIRO-NETO, C.; COSTA, M. R.; MARTINS, R. R. M.; VIEIRA, F. C. S.; ANDRADE-TUBINO, M. F.; BASTOS, A. L.; TUBINO, R. A. Size structure, reproduction, and growth of skipjack tuna (*Katsuwonus pelamis*) caught by the pole-and-line fleet in the southwest Atlantic. *Fisheries Research*, v. 212, p. 136-145, abr. 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.fishres.2018.12.011>. Acesso em: 08 jul 2020.

TAYLOR, C. C. Cod growth and temperature. *Journal du Conseil*, v. 23, p. 366-370, 1958.

TUSET, V. M; LOMBARTE, A.; GONZÁLEZ, J. A.; PERTUSA, J. F; LORENTE, M. J. Comparative morphology of the sagittal otolith in *Serranus* spp. *J. Fish Biol.*, v. 63, n. 6, p. 1491-1504, dez. 2003. Disponível em: <https://doi.org/10.1111/j.1095-8649.2003.00262.x>. Acesso em: 08 jul 2020.

VILELA, M. J. A.; CASTELLO, J. P. Dinámica poblacional del barrilete (*Katsuwonus pelamis*) explotado en la región sudeste-sur del Brasil em el período 1980-1986. *Frente Marítimo*, v. 14, p. 111-124, 1993.

VON BERTALANFFY, L. A quantitative theory of organic growth. *Human Biology*, v. 10, p. 181-213, 1938.

*Pedro Hollanda Carvalho,
Allan Pierre Bonetti Pozzobon,
Anderson Vilasboas Vasconcellos,
Guelson Batista da Silva*

Introdução

No século XXI, os problemas relacionados as mudanças globais (conservação do meio ambiente, segurança hídrica e alimentar etc.) tem colocado desafios importantes para ordem econômica e social dos países, bem como para as relações entre eles. Em um contexto de expansão populacional, uma das questões fundamentais é aquela da exploração dos recursos naturais, e o problema correlato que dela advém, sua conservação. Nesse sentido, a construção de estratégias de exploração racional dos recursos naturais tem se tornado uma necessidade das nações no médio e longo prazo. É nesse ponto que os objetivos das ciências da Biologia Pesqueira e da Biologia da Conservação se cruzam para produção de dados que são fundamentais para economia de um país.

Até recentemente, os recursos pesqueiros eram considerados inesgotáveis, concepção fundamentada na visão de que o oceano era praticamente infinito e de que a taxa de mortalidade causada pela pesca era irrisória em relação àquela causada por causas naturais, como a predação, por exemplo (HUXLEY, 1883). Contudo, com os estoques pesqueiros do Atlântico Norte tendo sido levados a uma redução de 90% pelos avanços tecnológicos da pesca no século XX, o equívoco ficou evidente (CHRISTENSEN *et al.*, 2003). Padrões semelhantes do impacto da pesca sobre os estoques foram observados em todo mundo (PAULY *et al.*, 2005), chegando-se a postular o colapso da pesca extrativista para meados desse século (WORM *et al.*, 2006).

Diante da situação de ameaça ao último recurso natural explorado em grande escala para alimentação humana, questões como a regulamentação da atividade pesqueira e sustentabilidade da pesca entraram na agenda política dos países. Nesse contexto, a Biologia Pesqueira se estabeleceu como a ciência capaz de fornecer os subsídios necessários para o ordenamento e conservação da pesca, visando, basicamente, permitir o máximo de produtividade que não afete a recuperação dos recursos, o chamado Rendimento Máximo Sustentável. Para alcançar esse objetivo são integrados conhecimentos da história natural das espécies em modelagens matemáticas que incluem ainda aspectos sociais, econômicos e políticos da atividade pesqueira (CARVALHO & HAUSER, 1995) os quais, muitas vezes, podem ser conflitantes.

Para o manejo sustentável dos recursos pesqueiros, é fundamental conhecer sua Menor Unidade Operacional, ou seja, o estoque. Um estoque pode ter diferentes definições na dependência do interesse específico envolvido (biológico, político, social, prático) (GULLAND, 1969; JAMIESON, 1973; BOOKE, 1981; OVENDEN, 1990; SMITH, 1990; CARVALHO & HAUSER, 1995; BOOKE, 1999), porém, pode se considerar que o conceito mais aceito e utilizado é aquele que define um estoque como um grupo intraespecífico de indivíduos se intercruzando aleatoriamente, apresentando uma integridade temporal e espacial (IHSSEN *et al.*, 1981). Esse conceito considera as dimensões biológica, geográfica e temporal, e, desse modo, é suficientemente generalista e inclusivo.

Para a caracterização dos estoques pesqueiros são utilizados caracteres morfológicos, morfométricos, merísticos, elementos químicos, traços e até padrões de distribuição de parasitas. Contudo, com o desenvolvimento dos marcadores genéticos, especialmente a partir da década de 1960, um conceito de estoque que tem se tornado mais e mais importante para as estratégias de manejo é o conceito genético de estoque. Essa importância se dá por que este conceito define de maneira objetiva o grupo de indivíduos dentro da espécie que mantém a sua integridade genética como grupo intercruzante, ou seja, aqueles indivíduos dentro da espécie que são mais semelhantes do ponto de vista genético e, portanto, tem mantido a sua integridade como uma unidade reprodutiva. A maior vantagem dos marcadores genéticos é que, diferentemente da morfologia, por exemplo, eles são menos influenciados pelo ambiente. Além disso, alguns marcadores apresentam um padrão de herança mendeliano que é facilmente interpretável e compreendido, em contraste, por exemplo, com características morfométricas, cuja herança é complexa, multifatorial e não totalmente compreendida.

O uso dos marcadores genéticos na identificação de estoques inclui, de uma maneira geral, etapas como a amostragem dos organismos nas áreas de interesse, definição dos marcadores a serem usados e análise do padrão de distribuição das diferentes formas desse marcador entre as áreas amostradas. Com isso, o objetivo principal é tentar fazer com que as unidades (estoques) definidas sejam maximamente fiéis à unidade biológica funcional (levando em conta múltiplos parâmetros biológicos como taxas de recrutamento, mortalidade, migração, reprodução, entre outros), aproximando os conceitos de estoque e população, o que seria ideal para um gestor. Assim, os resultados produzidos permitem alimentar modelos cada vez mais complexos a respeito do comportamento dos estoques pesqueiros, aumentando a chance de que eles refletem melhor o mundo real.

Neste trabalho, as ferramentas da genética e genômica foram utilizadas para produzir dados a respeito da composição genética e limites geográficos dos possíveis estoques do bonito-listrado (*Katsuwonus pelamis*) no Atlântico Sudoeste na costa brasileira. Desta forma, foram utilizadas tanto análises advindas da genética de populações, que permitem inferir padrões de conectividade entre estoques ou populações, quanto análises filogeográficas, que exploram as relações entre padrões biogeográficos e a genealogia de genes específicos, permitindo, assim, inferir processos como migração, vicariância¹ e redução-expansão populacional. Todas essas informações são fundamentais para auxiliar na conservação e no manejo da pesca do bonito-listrado.

A Genética Informa o Manejo e a Gestão

Para se produzir informação sobre a genética de um organismo, se faz necessária a obtenção de amostras de tecido de indivíduos das diferentes localidades em que a espécie ocorre. No caso das espécies de peixes, esse tecido é, geralmente, um pequeno pedaço (peso de um grão de feijão) de músculo ou barbatana. É desse pedaço de tecido que, por diferentes protocolos, é possível extrair o DNA das células. Esse DNA é composto de muitas regiões diferentes, de modo que, dependendo da região, é possível identificar diferenças em nível de espécies (quando a região do DNA varia pouco), populações (quando a região varia medianamente) e até indivíduos (quando a região é hipervariável). Essas diferenças são as denominadas variações genéticas, que tem origem tanto na recombinação que ocorre na reprodução sexuada, quanto em eventos de baixa frequência chamados de mutação, que são erros ao acaso que ocorrem na replicação do DNA. Embora as mutações sejam eventos de baixa frequência, elas vêm ocorrendo ao longo dos milhões de anos de história de vida dos organismos. Assim, é possível afirmar que mesmo as diferenças recombinacionais entre os

¹ Vicariância é o mecanismo evolutivo no qual ocorre uma fragmentação de uma área biótica, separando populações de determinadas espécies. A falta de fluxo gênico entre as duas sub-populações formadas fará com que elas fiquem cada vez mais diferentes e, mantendo-se a barreira por tempo suficiente, levará à especiação.

indivíduos tiveram sua origem primária em mutações do passado. O conjunto dessas diferenças entre os indivíduos de uma população constitui aquilo que se chama de “polimorfismo”, ou seja, as diferentes formas de DNA dos diferentes indivíduos.

O mais importante para se compreender o uso da genética no estudo dos estoques pesqueiros é o fato de que indivíduos que se cruzam vão partilhar os mesmos polimorfismos. Logo, uma população na qual não existem restrições para reprodução cruzada entre os seus indivíduos deve partilhar os mesmos polimorfismos. De maneira oposta, populações que estão isoladas ou raramente se encontram não devem partilhar polimorfismos ou partilham pouquíssimos polimorfismos. É dessa forma que se pode usar a genética para identificar diferentes estoques (ou populações). Aqueles indivíduos que partilharem os mesmos polimorfismos devem pertencer ao mesmo estoque. Do contrário, indivíduos que não partilham polimorfismos devem, muito provavelmente, pertencer a estoques diferentes. Toda vez que os indivíduos de diferentes regiões apresentarem polimorfismos em comum, diz-se que essas regiões estão em conectividade genética. A ausência de polimorfismos partilhados indica ausência de conectividade entre as regiões. A figura 1 exemplifica graficamente o que foi dito até aqui.

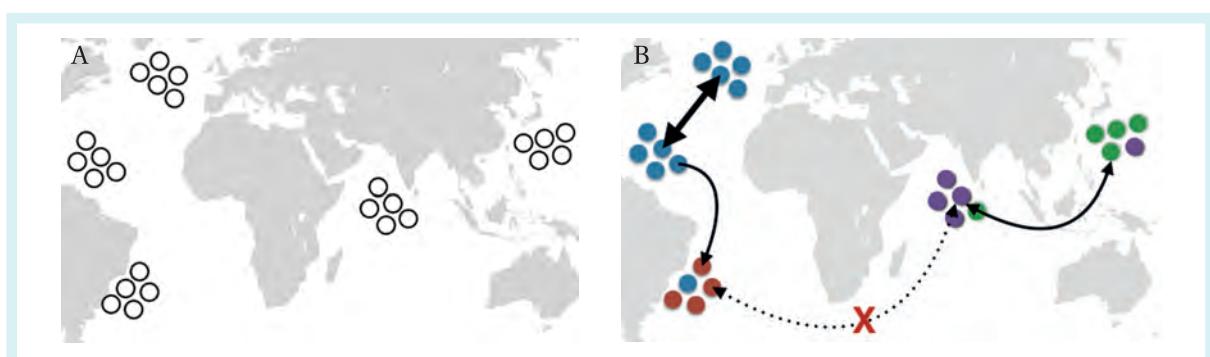


Figura 1. Esquema hipotético de uma análise de polimorfismos para identificar se os indivíduos de peixes das diferentes localidades estão tendo reprodução cruzada, ou seja, se estão em conectividade genética. Na figura A vemos indivíduos (representados por círculos) de cinco regiões (três delas no Oceano Atlântico, uma no Índico e uma no Pacífico). A ausência de cor para os círculos indica que os polimorfismos desses indivíduos não são conhecidos. Na figura B vemos os círculos marcados por diferentes cores. Cada cor equivale a um polimorfismo diferente, de forma que círculos com cores semelhantes indicam aqueles que peixes têm o mesmo polimorfismo genético. Regiões com peixes compartilhando os mesmos polimorfismos são consideradas em conectividade, ou seja, existem encontros reprodutivos entre os peixes dessas regiões. Como conclusão, o grau de conectividade genética entre regiões é indicado por setas. A direção e a espessura das setas indicam a intensidade da conectividade entre as regiões.

Outra informação importante que os dados genéticos trazem para os gestores é o quanto as espécies guardam de polimorfismo, ou seja, de variabilidade genética². É justamente esta variabilidade que confere a uma população (ou estoque) sua capacidade de resiliência e sobrevivência frente às variações ambientais. Mudanças climáticas, maior pressão de pesca, a ocorrência de um novo parasita ou a diminuição na oferta habitual de alimento são alguns exemplos de mudanças ambientais que podem ser mais bem enfrentadas por um estoque se ele tiver variabilidade genética. Em outras palavras, quanto maior a variabilidade genética de um organismo, maior a sua chance de adaptação às mudanças ambientais. De forma semelhante, mas inversamente, com base na variabilidade genética de um estoque é possível inferir, a partir de alguns modelos matemáticos, se ele já sofreu, ao longo do tempo, impactos de mudanças ambientais, tais quais um forte decréscimo do tamanho populacional ou uma expansão desse tamanho. Essas informações (resiliência de um estoque ou

² Os polimorfismos podem ser chamados também de variação gênica, variação genética ou diversidade gênica, diversidade genética.

um estoque impactado) são relevantes do ponto de vista do manejo e gestão de um recurso natural sob exploração comercial.

Ainda lançando mão da informação sobre a diversidade genética é possível, a partir de modelos matemáticos da genética de populações, inferir a ordem de grandeza do tamanho de um estoque. Assim, a diversidade genética pode ser usada como uma medida indireta para aferir se um estoque tem tamanho da ordem de dezenas, centenas ou milhões de indivíduos. Uma informação como essa (ordem de grandeza do número de indivíduos) pode ser usada pelos gestores para inferir a biomassa total de um determinado estoque e sua comparação com os registros de pesca (biomassa pescada anualmente, por exemplo), e deduzir qual o impacto da atividade pesqueira sobre o estoque.

Metodologia

Amostragem e Sequenciamento

Como apresentado anteriormente, a primeira etapa do trabalho genético consiste na obtenção de amostras de indivíduos da espécie de interesse (neste caso, o bonito-listrado) em diferentes áreas da sua ocorrência. Isso foi feito em áreas das regiões Sul, Sudeste e Nordeste do Brasil. Os tecidos amostrados foram mantidos em álcool ultra-puro em concentração próxima a 100%, quando, então, usando protocolos específicos, foi realizada a extração do DNA (ALJANABI & MARTINEZ, 1997). Uma vez extraído o DNA, ele foi submetido ao processo conhecido por sequenciamento, que nada mais é do que identificar as unidades que compõem algumas das regiões dessa molécula em cada um dos indivíduos amostrados ou, alternativamente, toda a molécula. Unidades iguais entre os indivíduos indicam ausência de variação genética, enquanto unidades diferentes entre indivíduos, estoques ou populações representam os polimorfismos. A presença dos polimorfismos representa a variação (ou diversidade) genética entre indivíduos e estoques. Os dados assim obtidos foram, ainda, comparados com aqueles de outras localidades do mundo. A obtenção desses dados globais é simples, uma vez que dados genéticos produzidos em trabalhos científicos são, geralmente, depositados em um banco de dados internacional e público na *World Wide Web* (Rede Mundial de Internet), chamado de *Genbank*³ (Banco de Dados Genéticos).

Neste trabalho, foram utilizadas duas técnicas de sequenciamento diferentes. A primeira foi a técnica chamada de Sanger⁴. Esse método é relativamente simples e barato, e tem a vantagem de ser comparável com grande parte de dados já disponíveis no *Genbank*. Por outro lado, oferece limitações na inferência do grau de conectividade entre populações e, portanto, é menos eficiente para definir estoques pesqueiros de regiões muito próximas. Nesse sentido, os resultados obtidos por essa técnica foram usados nas comparações realizadas entre as três regiões amostradas na costa brasileira e os dados disponíveis no *GenBank*. Com essa técnica foram sequenciadas regiões específicas (fragmentos de genes específicos) para duas formas diferentes de DNA: DNA mitocondrial e DNA nuclear. Do DNA mitocondrial foram sequenciadas as regiões do gene que codificam a proteína citocromo B (CytB) e a subunidade I da proteína citocromo c oxidase (COI). Essas duas regiões do DNA mitocondrial são amplamente utilizadas em estudos populacionais de peixes. Do DNA nuclear foi sequenciado o gene que codifica a proteína rodopsina (Rho), presente nas células bastonetes dos olhos dos peixes e também bastante empregado em estudos populacionais de peixes.

³ O *GenBank* é um banco de dados de Nucleotídeos do NLM/NCBI, localizado no *National Institute of Health* (NIH), armazenando informação sobre sequências nucleotídicas de aproximadamente 260.000 espécies (Benson *et al.*, 2013; PMID: 23193287). O *GenBank* faz parte de uma rede de colaboração juntamente com o *European Molecular Biology Laboratory* (EMBL) e o *DNA Data Bank of Japan* (DDBJ). Juntos, esses três bancos formam a *International Nucleotide Sequence Database Collaboration* (INSDC), armazenando e trocando informações para reunir as sequências nucleotídicas depositadas nesses bancos e garantir que essas sequências sejam acessadas em todo o mundo. Os três bancos de dados de nucleotídeos estão diariamente trocando informações, portanto, sequências encontradas em um banco também serão encontradas nos outros bancos.

⁴ Em referência a Frederick Sanger, pesquisador inglês ganhador do Prêmio Nobel pelo desenvolvimento dessa técnica.

Algumas informações técnicas são importantes para essa parte do trabalho. A obtenção dessas regiões específicas do DNA (mitocondrial e nuclear) são obtidas pelo método da reação em cadeia da Polimerase (*Polymerase Chain Reaction* - PCR) que, basicamente, a partir do DNA total, produz um número muito grande apenas da região que se quer estudar. Para obter essa região de interesse é necessário usar no PCR alguns identificadores moleculares dessas regiões, os chamados iniciadores (ou *primers*, em inglês). Nesse trabalho os *primers* utilizados foram:

- a) Para citocromo b (CytB) - FishcytB-F/TruccytB-R (SEVILLA *et al.*, 2007);
- b) Para citocromo c oxidase I (COI) - FishF1/FishR1 (WARD *et al.*, 2005); e
- c) Para rodopsina (Rho) - Rod-F2w/Rod-4R (SEVILLA *et al.*, 2007).

As reações de PCR foram realizadas nas condições propostas pela literatura, os resultados foram averiguados por eletroforese em gel de agarose 1% e o sequenciamento foi feito pela empresa comercial Macrogen Inc. Todas as sequências recebidas da empresa foram examinadas, editadas e alinhadas utilizando o programa de computador DAMBE 5.0.8, construído para essas funções (XIA & XIE, 2001).

A segunda técnica de sequenciamento utilizada foi o sequenciamento de última geração (*Next Generation Sequencing* - NGS), mais caro e trabalhoso, contudo, oferecendo um sequenciamento total da molécula de DNA, o que permite inferências analíticas mais refinadas. Nesse caso, pequenas diferenças de polimorfismos entre regiões geográficas próximas (como aquelas estudadas nesse trabalho) podem ser mais bem identificadas. Como são comparadas milhares de unidades do DNA é possível identificar os chamados polimorfismos de sítio único (no inglês, *single nucleotide polymorphisms* - SNPs). Desse modo, esse método foi usado para inferência dos limites geográficos dos indivíduos amostrados nas três regiões da costa brasileira.

Para o sequenciamento NGS foi utilizada a plataforma Illumina. As etapas foram realizadas pela empresa EcoMol⁵. A extração de DNA foi feita com kit *DNeasy Blood & Tissue Kit* (Qiagen). O resultado foi inicialmente quantificado e teve sua relação de Absorbância 260/280 nm definida em espectrofotômetro *NanoDrop* 2000 (Thermo Scientific). A qualidade do DNA foi avaliada por três métodos: razão das absorbâncias em espectrofotômetro para 260/280 nm (valores entre 1,7 e 1,9 são ideais), visualização por eletroforese em gel de agarose a 1,5% e quantificação em *Qubit* (Invitrogen), seguida de normalização a 10 ng/µL para sequenciamento. Uma biblioteca GBS (do inglês *Genotyping by Sequencing*) foi construída de acordo com Elshire *et al.* (2011). Para a redução da complexidade do genoma de cada amostra (digestão) foi utilizada a enzima de restrição *PstI*. A qualidade da biblioteca GBS foi avaliada no equipamento *BioAnalyzer Agilent* 2100, utilizando-se o kit *High Sensitivity DNA*. Antes do sequenciamento, a biblioteca GBS foi quantificada por meio de uma PCR em tempo real com o *KAPA Biosystems Quantification Kit* (Illumina⁶). A biblioteca foi então diluída para 2 pM e enviada para o centro de genômica da ESALQ/USP para ser sequenciada na plataforma *HiSeq 2500 Illumina*, modo *high throughput, single-end* (kit *HiSeq v4*, 100 ciclos). O resultado do sequenciamento foi analisado utilizando ferramentas de bioinformática apropriadas, no servidor do NUPEM-UFRJ. Foram empregados o *pipeline STACKS* (CATCHEN *et al.*, 2011; 2013) e o programa *TRIMMOMATIC* (BOLGER *et al.*, 2014) especificamente para a etapa de *trimming* (corte dos adaptadores colocados em laboratório no DNA original). As etapas de *demultiplex*, alinhamento sem genoma de referência (referido como alinhamento “*de novo*”) e genômica populacional foram executados pelo STACKS utilizando os comandos *process_radtags*, *denovo_map.pl*, e *populations*. O comando *denovo_map.pl* foi executado com os parâmetros padrão (-m 3 -M 4 -n 4) para triagem da qualidade das sequências.

⁵ <http://ecomolconsultoria.com.br>.

⁶ Illumina, Inc., San Diego, CA.

Análise de Dados

Os dados obtidos foram submetidos a diversas análises que são sumariamente descritas a seguir:

1) Redes de haplótipos. Um haplótipo é uma forma de polimorfismo genético identificado entre as sequências de regiões específicas do DNA dos diferentes indivíduos. A análise de rede se constitui na construção de um diagrama de conexões entre os diferentes haplótipos identificados. Cada haplótipo, na rede de haplótipos, é representado por um círculo. O tamanho desses círculos é variável, e é proporcional ao número de indivíduos que apresentaram aquele haplótipo. Assim, quanto maior o tamanho do círculo, maior o número de indivíduos amostrados que apresentaram aquela variedade genética. As diferentes cores contidas nos círculos representam, como em um gráfico de pizza, a proporção de cada origem geográfica dos indivíduos que apresentaram aquele haplótipo. As conexões entre os círculos indicam o número de diferenças entre os haplótipos ou passos mutacionais (marcados como traços). Essas análises foram realizadas exclusivamente para os dados de sequenciamento Sanger.

2) Índices de diversidade e outros indicadores. Existem vários índices que indicam a diversidade genética. Nesse trabalho foram utilizados: (a) diversidade haplotípica, indicando o número de haplótipos identificados no total de indivíduos amostrados; (b) diversidade nucleotídica, indicando o número de diferenças (mutações) entre as unidades de DNA (chamadas de nucleotídeos) das sequências; e (c) testes de neutralidade, para determinar se as diferenças observadas entre as sequências se devem ao acaso ou a ação de forças evolutivas (seleção natural, deriva genética, mutação e migração). Essas análises também foram realizadas exclusivamente para os dados de sequenciamento Sanger. Os índices de diversidade molecular (haplotípica e nucleotídica), assim como os testes de neutralidade D de Tajima (TAJIMA, 1989), Fs de Fu (FU, 1997) e índice Theta S, foram realizados no *software* DnaSP 5.1 (LIBRADO & ROZAS, 2009).

3) Análise de variância molecular (AMOVA). Esse método avalia como a diversidade genética está distribuída entre as diferentes regiões e foi utilizado para testar os níveis de diferenciação geográfica (também chamado de estruturação) entre as diferentes localidades amostradas. Os testes foram realizados no *software* Arlequin 3.5.1.2 (EXCOFFIER & LISCHER, 2010). Essas análises também foram realizadas exclusivamente para os dados de sequenciamento Sanger e os testes comparativos realizados na dependência de disponibilidade de sequências das regiões amostradas. Assim, as sequências de CytB foram divididas em três grupos (Rio de Janeiro, Ilhas do nordeste do Atlântico e Pacífico), sendo o segundo grupo dividido em três populações (Ilhas Canárias e Açores, Arquipélago da Madeira e Espanha). Para COI, as amostras foram divididas em quatro grupos (Pacífico, Atlântico Leste, Índico e Atlântico Oeste), sendo os grupos do Atlântico subdivididos em África do Sul e Mediterrâneo (Atlântico Leste), Rio de Janeiro, Caribe e Atlântico Norte (Atlântico Oeste). As sequências de Rho foram organizadas em apenas dois grupos (Rio de Janeiro e Atlântico Leste), sendo que o segundo se subdivide em três populações (Ilhas Canárias, Arquipélago da Madeira e Espanha).

4) Tamanho populacional efetivo. O tamanho de um estoque ou população (representado por "N") indica o número absoluto de indivíduos. Contudo, o "N" de uma população ou estoque é, geralmente, enganoso, uma vez nem todos os indivíduos de uma população contribuem efetivamente (leia-se reprodutivamente) para próxima geração. O número de indivíduos adultos que efetivamente estão envolvidos nas atividades reprodutivas e, portanto, na conectividade entre as populações é chamado Tamanho Efetivo de População (representado por "Ne"). Neste trabalho o Tamanho Efetivo de População (Ne) foi estimado com base tanto nos dados das sequências de DNA mitocondrial quanto nos das sequências de DNA nuclear. No caso do DNA mitocondrial, foi utilizada a fórmula "Teta = 2Nef.mi" (baseada em CHARLESWORTH, 2009), onde "Nef" é o tamanho populacional efetivo para fêmeas de uma população (uma vez que o DNA mitocondrial tem herança exclusivamente materna) e "mi" é a taxa de mutação.

No caso das taxas de mutação, foram utilizadas estimativas aproximadas com base em dados da literatura, uma vez que não existem estimativas da taxa de mutação das regiões estudadas na espécie *K. pelamis*. Para CytB e COI há um consenso razoável de que as taxas de mutação variam entre 1% e 2% (e.g., DELRIEU-TROTTIN *et al.*, 2017) em peixes. Os resultados evidenciaram uma diversidade haplotípica de CytB superior à de COI, portanto, foram usados valores de taxa de mutação de 2% e 1%, respectivamente. Com relação à região Rho, é sabido que o DNA nuclear apresenta taxas evolutivas mais baixas devido a pressão de seleção positiva (LIN *et al.*, 2017; CHEN *et al.*, 2018; HILL *et al.*, 2019). Nesse caso, foi usada uma taxa de 0,5%. O resultado final para Rho foi dividido por quatro, considerando que Ne para DNA mitocondrial é quatro vezes menor que para DNA nuclear (STORZ *et al.*, 2001). Todas essas estimativas foram realizadas no programa DnaSP 5.1.

5) Estimativa do número de populações. Essa análise foi realizada exclusivamente para os dados gerados por NGS. Basicamente foram consideradas as três regiões da costa brasileira e indicado que fossem avaliados três cenários: (a) existência de uma única população abrangendo as três regiões; (b) a ocorrência de duas populações geneticamente distintas; e (c) a existência de três populações geneticamente distintas. Os dados obtidos a partir do NGS foram transferidos para o programa STRUCTURE por meio do comando *populations*, que gerou um arquivo de *input* e determinou quais *loci* (SNPs) estavam em equilíbrio de Hardy-Weinberg. Os comandos usados foram: -- structure (gera um arquivo de *input* para o programa STRUCTURE) e --hwe (calcula a divergência do equilíbrio de Hardy-Weinberg para cada *locus*). O arquivo de *output* gerado para o programa STRUCTURE (FALUSH *et al.*, 2003; HUBISZ *et al.*, 2009) foi modificado em Excel (pacote OFFICE para Windows) para retirada de linhas de cabeçalho gerados automaticamente pelo STACKS, que impedem a correta leitura do arquivo pelo STRUCTURE, conforme sugerido pelo STACKS⁷. Devido a limitação do número de colunas do programa Excel, a análise populacional utilizou os primeiros 1021 SNPs encontrados durante as etapas genômicas. A estruturação genética também foi estudada com uma análise Bayesiana implementada no programa STRUCTURE (PRITCHARD *et al.*, 2000). Essa análise busca estimar qual o número de K populações que melhor explica os dados obtidos. O algoritmo usa um processo de minimização de desequilíbrios de Hardy-Weinberg para tentar atribuir os indivíduos às populações. Na nossa análise foram feitas 5 corridas independentes para cada um dos valores de K (representando o número de populações potenciais, variando de K=1 a K=3). Em cada uma das corridas foram utilizadas 100.000 réplicas de *burn-in* seguidas por 1.000.000 de réplicas por Monte Carlo via Cadeias de Markov (MCMC), sendo considerado um modelo de ancestralidade mista (*admixture*). Após as corridas, as médias dos valores de verossimilhança entre todas as corridas foram calculadas e o valor de K mais provável foi inferido como aquele que tinha o maior valor médio de LnP (D) (PRITCHARD *et al.*, 2000). Os dados obtidos pelas corridas independentes foram compilados pelo programa CLUMPP (JAKOBSSON & ROSENBERG, 2007) e a estrutura obtida foi visualizada no programa DISTRUCT (ROSENBERG, 2004).

Resultados

Sequenciamento Sanger (Diferentes regiões do DNA mitocondrial e nuclear)

Foram obtidas 78 sequências de 1097 nucleotídeos para o gene CytB (88 sequências se incluídos os dados disponíveis no *Genbank*) para as quais foram identificados 84 haplótipos. O índice de diversidade haplotípica foi de 0,999 e o índice de diversidade nucleotídica foi de 0,010 (Tab. 1). Os testes de neutralidade D de Tajima e Fs de Fu resultaram em valores negativos (D= -1,93; Fs= -34,44). A rede haplotípica (Fig. 2) mostra a distribuição e frequência dos haplótipos da costa brasileira (dados originais desse trabalho) e para as localidades ilhas do Atlântico Norte, Espanha e oceano Pacífico (sequências obtidas no *Genbank*). É possível perceber uma distribuição de frequência equilibrada entre os haplótipos e as regiões.

⁷ Disponível em: <http://catchenlab.life.illinois.edu/stacks/manual/#clean>. Acesso 08 jul. 2020.

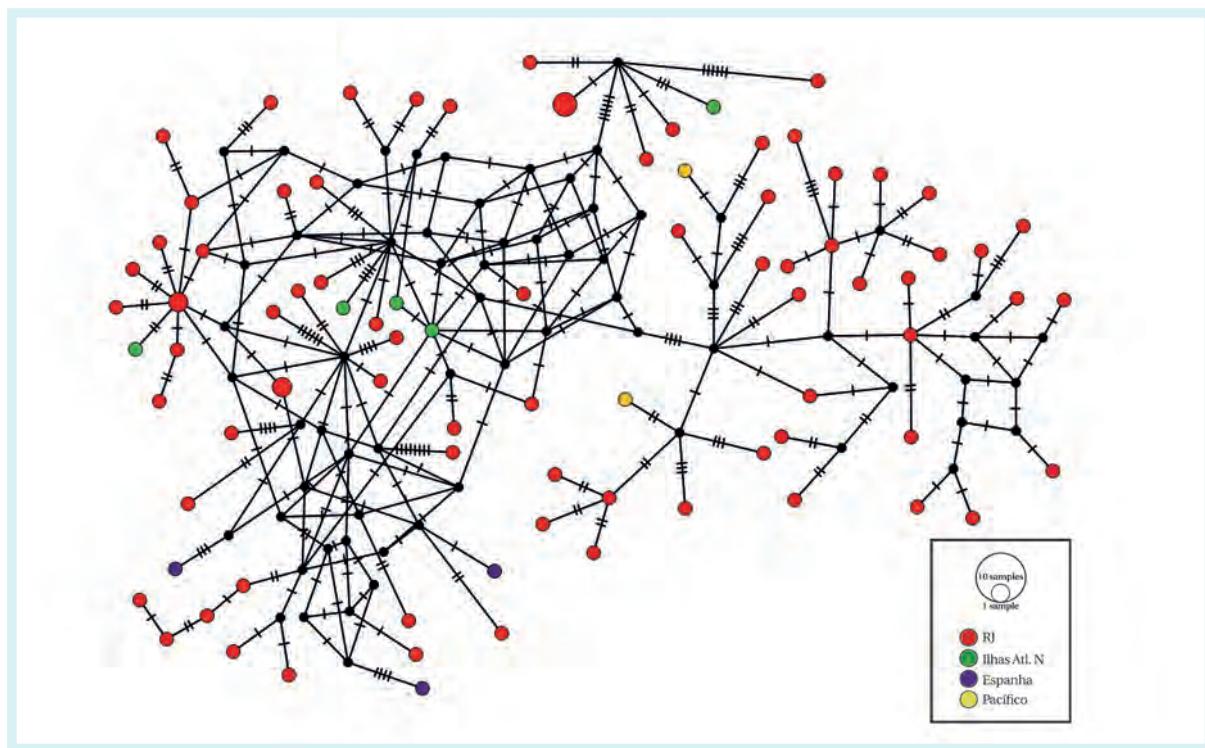


Figura 2. Rede haplotípica para o gene CytB.

Para o gene COI, foram obtidas 33 sequências de 410 nucleotídeos. Incluindo dados disponíveis no *Genbank*, foram analisadas 103 sequências, com um total de 27 haplótipos. Para este total, o índice de diversidade haplotípica é de 0,704 e o índice de diversidade nucleotídica é de 0,003. Os testes de neutralidade D de Tajima e Fs de Fu resultaram em valores negativos ($D = -2,25$; $Fs = -29,63$). A rede de haplótipos é mostrada na figura 3, que inclui, além da costa brasileira, sequências oriundas do México, Caribe, Mar Mediterrâneo, África do Sul e oceanos Índico e Pacífico, além de regiões do Atlântico Ocidental.

Para o gene Rho, foram obtidas 70 sequências de 479 nucleotídeos. Incluindo dados disponíveis no *Genbank*, foram analisadas 77 sequências, com um total de 21 haplótipos. O índice de diversidade haplotípica é de 0,872, e o índice de diversidade nucleotídica é de 0,006. Os testes de neutralidade D de Tajima e Fs de Fu resultaram em valores negativos ($D = -2,41$; $Fs = -9,58$). A rede de haplótipos é mostrada na figura 4 e inclui, além da costa brasileira, as localidades ilhas do Atlântico Norte e Espanha.

A tabela 1 resume os resultados relativos à diversidade haplotípica, diversidade nucleotídica, testes de neutralidade e estimativa de tamanho efetivo de população para as três regiões de DNA estudadas (DNA mitocondrial: CytB e COI; DNA nuclear: Rho). Uma vez que os resultados da AMOVA (Tab. 2) não indicaram resultados significativos para diferenciação geográfica entre as localidades analisadas independente da região de DNA usada, é possível considerar apenas uma população para as amostras de bonito-listrado estudadas. Desse modo, para os genes CytB, COI e Rho os tamanhos populacionais efetivos estimados são respectivamente de 1,28 bilhões, 520 milhões e 1,87 bilhões de indivíduos aproximadamente.

Tabela 1. Dados de diversidade genética, testes de neutralidade e tamanho populacional efetivo.

Gene	N	N. hapl.	h	π	D de Tajima	Fs de Fu	Teta S	Ne
CytB	88	84	0,999	0,010	-1,93	-34,44	0,02329	1,28E+09
COI	103	27	0,704	0,003	-2,25	-29,63	0,01265	5,19E+08
Rho	70	17	0,872	0,006	-2,41	-9,58	0,01954	4,68E+08

N: número de amostras, N. hapl.: número de haplótipos, h: diversidade haplotípica, π : diversidade nucleotídica, Ne: Tamanho efetivo de População.

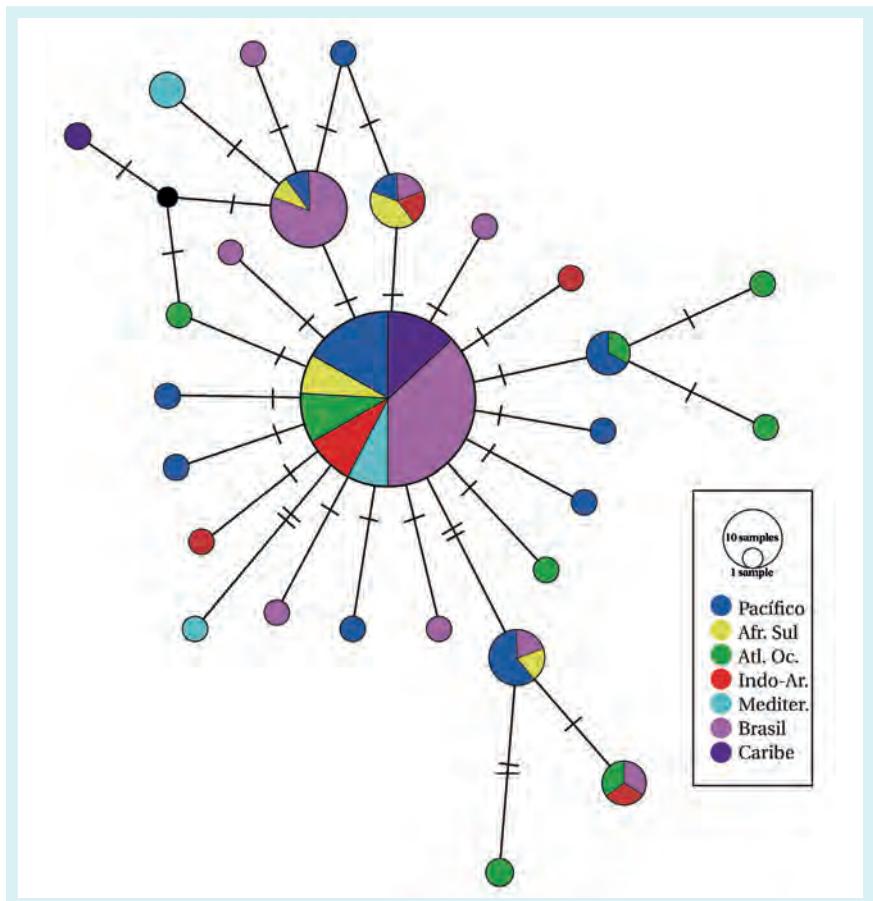


Figura 3. Rede haplotípica para o gene COI.

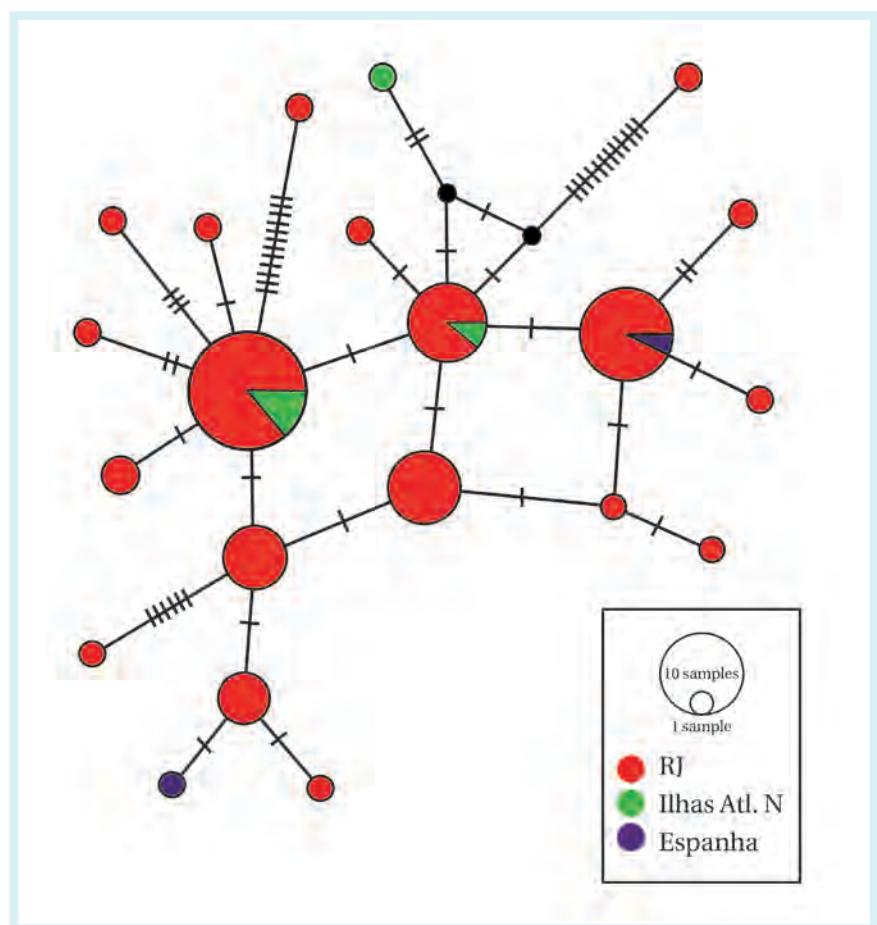


Figura 4. Rede haplotípica para o gene Rho.

Tabela 2. Resultados da AMOVA para os três genes utilizados neste trabalho.

Gene	Fonte de variação	% Variação	Índice de Fixação	Estatística-F	P
CytB	Entre grupos	6,79	FCT	0,06793	0,19648
	Entre populações / Dentro grupos	0,72	FSC	0,00771	0,05670
	Dentro populações	92,49	FST	0,07511	0,06256
COI	Entre grupos	-3,48	FCT	-0,03478	0,89345
	Entre populações / Dentro grupos	4,60	FSC	0,04442	0,04497
	Dentro populações	98,88	FST	0,01118	0,13587
Rho	Entre grupos	4,59	FCT	0,04590	0,49756
	Entre populações / Dentro grupos	-11,56	FSC	-0,12115	0,83675
	Dentro populações	106,97	FST	-0,06969	0,62854

Em resumo, os resultados do sequenciamento de Sanger e sua comparação com as sequências obtidas no *Genbank* mostraram uma homogeneidade na distribuição da variabilidade genética entre as regiões do oceano Atlântico e entre os oceanos. Ou seja, com base nas regiões de DNA estudadas nesse trabalho não é possível afirmar que haja segregação espacial da espécie de bonito-listrado (*Katsuwonus pelamis*) entre as localidades analisadas. Quanto aos índices de diversidade genética, estes indicaram uma estabilidade histórica dos tamanhos efetivos de população. Ou seja, não há traços marcantes de perda de diversidade ao longo da história de vida da espécie para os genes estudados nas regiões abrangidas por esse trabalho. Com exceção do gene COI, que apresentou resultados particularmente distintos, todas as outras análises apontam para populações antigas e estáveis do ponto de vista da diversidade genética.

Sequenciamento NGS

Os dados do sequenciamento por NGS foram obtidos para 34 indivíduos, sendo 12 deles do sul, 12 do sudeste e 10 do nordeste. Os resultados baseados em 1021 SNPs (STRUCTURE) indicaram que as três regiões formam uma única população. Ou seja, há alta conectividade genética entre as três regiões estudadas.

Discussão

Conectividade

As análises genéticas indicaram pouca ou nenhuma diferenciação geográfica do bonito-listrado na costa brasileira, seja com base em dados produzidos por sequenciamento Sanger (mais tradicional e menos sensível), seja com base em dados produzidos por NGS (dados de SNPs que apresentam grande sensibilidade para estimar a conectividade genética em uma curta escala de tempo evolutivo). Esses resultados são consistentes com dados relativos à conectividade genética entre distâncias relativamente curtas para espécies de atuns e albacora. Pouca ou nenhuma estruturação foi encontrada, por exemplo, entre diferentes localidades no oceano Atlântico para esses peixes migradores. Excepcionalmente, para *Thunnus alalunga*, o Mar Mediterrâneo abriga uma população distinta em relação ao resto do Atlântico, enquanto *T. thynnus* apresenta estruturação entre extremos ocidental e oriental do Atlântico (ALBAINA *et al.*, 2013). Para espécies como *T. albacares* (PECORARO, 2018), *T. obesus* (CHOW *et al.*, 2000) e *K. pelamis* (ELY *et al.*, 2005), nenhuma estruturação foi encontrada no Atlântico.

Com relação à conectividade da costa brasileira com outras regiões e oceanos no mundo, os resultados das redes de haplótipos e das AMOVAs também sugeriram uma alta conectividade. As poucas evidências de variação intrapopulacional se deveram, muito provavelmente, aos pequenos tamanhos de amostra analisados. Por exemplo, para os

genes CytB e Rho o número de sequências utilizados nas análises foi extremamente baixo. Os resultados para os três genes estudados (DNA mitocondrial: CytB, COI e DNA nuclear: Rho) se mostraram complementares e, portanto, foram interpretados em conjunto. Com exceção de CytB, que apresentou uma diversidade haplotípica bastante elevada, os demais genes apresentaram compartilhamento de haplótipos entre as diferentes localidades sendo, mais uma vez, um indicativo de conectividade dentro de uma janela de tempo relativa à taxa de evolução desses genes. Esses resultados são todos condizentes com os padrões conhecidos para outras espécies de atuns e afins. Por exemplo, escombrídeos de médio a grande porte com hábitos migradores são cosmopolitas e apresentam pouca estruturação genética. No Pacífico norte, incluindo amostras do Japão, México e Panamá, *Thunnus orientalis* e *T. albacares* apresentam baixa variabilidade genética e ausência de estruturação populacional (NOMURA *et al.*, 2014). Dados baseados em alozimas revelaram pouca variação para *T. thynnus* entre o Atlântico ocidental e oriental, e nenhuma estruturação genética entre localidades do Mar Mediterrâneo e o arquipélago de Açores (PUJOLAR *et al.*, 2003).

Estudos com SNPs, no entanto, têm sido mais bem sucedidos em encontrar evidências de diferenciação geográfica. Por exemplo, estudos com populações de *T. alalunga* dos oceanos Atlântico, Pacífico e Índico foram capazes de identificar evidências de diferenciação geográfica entre essas regiões, além de uma diferenciação expressiva entre populações do Mar Mediterrâneo e Atlântico, o mesmo podendo ser dito para populações de *T. alalunga* entre o Atlântico norte ocidental e oriental para *T. thynnus* (ALBAINA *et al.*, 2013). Ainda para *T. alalunga*, resultados similares quanto a estruturação entre os três oceanos e Mediterrâneo foram encontrados, respaldando assim a definição atual para seus estoques (LACONCHA *et al.*, 2015). Para *T. albacares*, SNPs mostraram diferenciação de estoques para os oceanos Atlântico, Pacífico e Índico (BARTH *et al.*, 2017; PECORARO, 2018). O que esses estudos com escombrídeos têm evidenciado é um padrão no qual a estruturação populacional, quando existente, está relacionada aos limites dos oceanos Atlântico, Pacífico e Índico. Contudo, mesmo o uso de SNPs obtidos pelo sequenciamento NGS não foram capazes, nesse estudo, de demonstrar nenhuma evidência de diferenciação geográfica nas amostras analisadas.

Aspectos Demográficos

Os valores de diversidade genética se mostraram relativamente altos, sugerindo a inexistência de sinais de eventos históricos ou de variação demográfica que pudesse ter dilapidado a variabilidade genética dos estoques estudados. Os resultados são sugestivos de populações antigas e bem estabelecidas. Os maiores valores de diversidades foram encontrados para o gene citocromo B, de origem mitocondrial, o que é um resultado esperado, uma vez que o DNA mitocondrial acumula mutações de forma mais rápida do que a maioria dos genes nucleares. Contudo, os valores de diversidade genética para o gene COI (também mitocondrial) foram inferiores aos valores para rodopsina (um gene nuclear). Esse resultado sugere a existência de forças evolutivas agindo especificamente sobre o gene COI. De fato, os testes de neutralidade (D e Fs) para COI sugerem que tenha havido algum processo evolutivo que moldou a atual diversidade genética da espécie.

Uma das hipóteses sugeridas pelos resultados negativos de D é a de um processo de expansão populacional, que coincidiria com o padrão de distribuição de frequências alélicas de sua rede haplotípica. A expansão significa que o número de indivíduos de uma população aumentou de forma substancial. Entretanto, a expansão populacional não é a única hipótese possível pelos resultados dos testes de neutralidade. Existem formas específicas de seleção natural que podem moldar de forma semelhante a diversidade atual. Um processo de seleção do tipo *selective sweep* é reconhecido como possível responsável pela constituição desse padrão (JENSEN *et al.*, 2005; KORNELIUSSEN *et al.*, 2013). Esse processo acontece quando haplótipos de um certo gene são perdidos em decorrência da seleção agindo a favor de um outro gene que esteja próximo a ele. Neste caso, o resultado esperado seria uma redução nos índices de diversidade genética, tal qual foi observado para COI em relação aos outros dois

genes neste trabalho. Da mesma forma, o valor negativo de F_s de F_u pode ser indicativo de expansão populacional ou de um efeito carona (*genetic hitchhiking*) (FU, 1997). Considerando que os resultados dos índices de diversidade para CytB e Rho apontaram para uma população estável, é provável que o gene COI esteja de fato sob efeito de forças de seleção.

Em resumo, o cenário mais provável é que, de fato, a população do bonito-listrado tenha se mantido estável por longa data e que algum processo de seleção natural tenha acontecido no gene COI. Esse gene faz parte de um complexo proteico mitocondrial fundamental para a respiração celular em quase todos os seres vivos. Em peixes, um processo conhecido por “seleção purificadora” é descrito como a razão para que este gene seja conservado (WARD & HOLMES, 2007). Este processo elimina haplótipos que são deletérios devido a mutações desfavoráveis a sua função, mantendo assim uma versão prevalente do gene funcional. Assim, a discrepância encontrada entre o cenário evolutivo e demográfico de cada gene nos resultados desse trabalho pode ser explicada pela ação de seleção natural.

Por último, os resultados para o tamanho populacional efetivo (N_e) apresentados são uma estimativa aproximada. A robustez dos resultados é dependente da precisão da taxa evolutiva usada assumida nos cálculos. Essa taxa é específica para cada gene de cada espécie e, para o bonito-listrado, os valores dessas taxas são ainda desconhecidos. Nestes cálculos, foram feitas aproximações com base nas taxas de mutação conhecidas de outras espécies de peixes ósseos. O resultado deve, portanto, ser interpretado de acordo com sua ordem de grandeza. Entre os valores extremos é possível estimar algo em torno dos 500 milhões a 1,3 bilhão de peixes diretamente envolvidos na reprodução e constituição de uma nova geração a cada ano. O valor é considerável se comparado com outros peixes pelágicos de médio a grande porte. O dourado-do-mar (*Coryphaena hippurus*) tem tamanho efetivo de população estimado entre 470 mil indivíduos, na população do Mar Mediterrâneo, a 1,2 milhões, na população do oceano Pacífico. Entre os escombrídeos, a albacora (*Thunnus albacares*) tem uma estimativa de 10 milhões. O próprio bonito-listrado tem estimativas em torno dos 98 milhões (ELY *et al.*, 2005). Um resumo desses dados pode ser visto na tabela 3.

Tabela 3. Comparativo de tamanho populacional efetivo (N_e) para diferentes espécies de peixes pelágicos migradores, incluindo resultados deste trabalho.

Nome	Espécie	N_e	População	Referência
Dourado-do-mar	<i>Coryphaena hippurus</i>	470 mil a 1,2 milhão	Mediterrâneo e Pacífico	Díaz-Jaimes <i>et al.</i> , 2010
Marlim	<i>Tetrapturus georgii</i>	1,4 a 10,5 milhões	Atlântico ocidental	Bernard <i>et al.</i> , 2014
Marlim-branco	<i>Kajikia albida</i>	10 a 11,5 milhões	Atlântico ocidental	Bernard <i>et al.</i> , 2014
Albacora	<i>Thunnus albacares</i>	10 milhões	Global	Ely <i>et al.</i> , 2005
Bonito-listrado	<i>Katsuwonus pelamis</i>	98 milhões	Global	Ely <i>et al.</i> , 2005
Bonito-listrado	<i>Katsuwonus pelamis</i>	500 milhões a 2 bilhões	Global	Este trabalho

Considerações finais

Segundo Ely *et al.* (2005), as capturas de *K. pelamis* no mundo giraram em torno de 670 milhões de indivíduos, com peso médio de 3 kg. Em 2008, foram capturadas 149.000 toneladas de *K. pelamis* no oceano Atlântico, um valor próximo a média dos cinco anos anteriores (STECF, 2009), o que permite estimar uma captura entre 50 milhões (peso médio 3 kg) e 15 milhões (peso médio 10 kg) de indivíduos. A estimativa genética de tamanho populacional efetivo apresentada nesse trabalho oscila dentro da mesma ordem de grandeza da captura registrada e uma ordem acima (i.e., bilhões de indivíduos). Apesar dos dados de diversidade genética não indicarem um declínio populacional, os números de captura suscitam preocupação por se aproximarem do tamanho populacional efetivo. É importante

que as estimativas de tamanho populacional, baseadas em dados pesqueiros, ecológicos ou genéticos, sejam refinadas e interpretadas em conjunto. De acordo com a IUCN (COLLETTE *et al.*, 2020), dentre as lacunas de conhecimento para *K. pelamis* estão justamente tamanho e tendência populacionais. Um esforço para suprir essa demanda de informação é fundamental atualmente.

Em linhas gerais, os resultados deste trabalho demostram que *K. pelamis* pertence a um único estoque genético para o Atlântico sul ocidental. Os dados de sequenciamento sugerem também que os peixes que ocorrem em todo o oceano Atlântico sejam igualmente de um único estoque genético. No entanto, esta conclusão deve ser observada com cautela. Os dados utilizados para avaliar as regiões do Atlântico não são sensíveis às mudanças recentes na estruturação de estoques ou às mudanças recentes nos padrões históricos de conectividade genética. Portanto, tais dados não são suficientes para que se contraponham aos parâmetros aceitos atualmente como limites de estoques propostos pelo ICCAT. Segundo o ICCAT⁸, o oceano pode ser dividido em duas grandes áreas de pesca para o bonito-listrado, correspondentes ao Atlântico Leste e Atlântico Oeste. Dados suplementares são necessários para avaliar essa possível ausência de estruturação populacional, em especial para as regiões do Atlântico norte ocidental e do Indo-Pacífico, onde se registra uma variabilidade genética ainda mal compreendida. Ainda, para este trabalho, não foram detectados sinais de declínio ou aumento demográfico e, possivelmente, a população encontra-se estável por longa data. Apesar de não se mostrarem preocupantes do ponto de vista genético, as estimativas de tamanho populacional efetivo suscitam atenção para a quantidade de exemplares pescados anualmente. O estabelecimento de taxas de mutação mais precisas para cálculo do tamanho populacional efetivo (N_e) e inclusão de dados genômicos são direções necessárias para que se avance na temática de definição desses estoques pesqueiros.

⁸ Disponível em: <https://www.iccat.int/en/>. Acesso em: 08 jul. 2020.

Referências Bibliográficas

- ALJANABI, S. M.; MARTINEZ, I. Universal and rapid salt-extraction of high quality genomic DNA for PCR-based techniques. *Nucleic acids research*, v. 25, n. 22, p. 4692-4693, nov. 1997.
- ALBAINA, A.; IRIONDO, M.; VELADO, I.; LACONCHA, U.; ZARRAONAINdia, I.; ARRIZABALAGA, H.; PARDO, M. A.; LUTCAVAGE, M.; GRANT, W. S.; ESTONBA, A. Single nucleotide polymorphism discovery in albacore and Atlantic bluefin tuna provides insights into world wide population structure. *Animal Genetics*, v. 44, n. 6, p. 678-692, dez. 2013.
- BANDELT, H-J.; FORSTER, P.; RÖHL, A. Median-joining networks for inferring intraspecific phylogenies. *Mol Biol Evol*, v. 16, p. 37-48, 1999.
- BARTH, J.; DAMERAU, M.; MATSCHINER, M.; JENTOFT, S.; HANEL, R. Genomic Differentiation and Demographic Histories of Atlantic and Indo-Pacific Yellowfin Tuna (*Thunnus albacares*) Populations. *Genome Biology and Evolution*, v. 9, n. 4, p. 1084-1098, abr. 2017.
- BERNARD, A. M.; SHIVJI, M. S.; PRINCE, E. D.; HAZIN, F. H. V.; AROCHA, F.; DOMINGO, A.; FELDHEIM, K. A. Comparative population genetics and evolutionary history of two commonly misidentified bill fishes of management and conservation concern. *BMC Genetics*, v. 15, n. 141, p. 1-13, dez. 2014.
- BOLGER, A. M.; LOHSE, M.; USADEL, B. Trimmomatic: A flexible trimmer for Illumina Sequence Data. *Bioinformatics*, v. 30, n. 15, p. 2114-2120, ago. 2014.
- BOOKE, H. E. The conundrum of the stock concept—are nature and nurture definable in fishery science? *Can. J. Fish Aquat. Sci.*, v. 38, p. 1479–1480, 1981.
- BOOKE, H. E. The stock concept revisited: perspectives on its history in fisheries. *Fishery Bulletin*, v. 43, p. 9-11, 1999.
- CARVALHO, G. R.; HAUSER, L. Molecular genetics and the stock concept in fisheries. *Reviews in Fish Biology and Fisheries*, v. 4, p. 326-350, set. 1994.
- CATCHEN, J.; HOHENLOHE, P.; BASSHAM, S.; AMORES, A.; CRESKO, W. Stacks: an analysis tool set for population genomics. *Molecular Ecology*, v. 22, n. 11, p. 3124-3140, jun. 2013.
- CATCHEN, J.; AMORES, A.; HOHENLOHE, P.; CRESKO, W.; POSTLETHWAIT, J. Stacks: building and genotyping loci de novo from short-read sequences. *G3: Genes, Genomes, Genetics*, v. 1, n. 3, p. 171-182, ago. 2011.
- CHARLESWORTH, B. 2009. Effective population size and patterns of molecular evolution and variation. *Nature Reviews Genetics*, v. 10, p. 195–205, mar. 2009.
- CHEN, J. N.; SAMADI, S.; CHEN, W. J. Rhoopsin gene evolution in early teleost fishes. *PLoS ONE*, v. 13, n. 11, nov. 2018.
- CHOW, S.; OKAMOTO, H.; MIYABE, N.; HIRAMATSU, K.; BARUT, N. Genetic divergence between Atlantic and Indo-Pacific stocks of bigeye tuna (*Thunnus obesus*) and admixture around South Africa. *Molecular Ecology*, v. 9, n. 2, p. 221-227, fev. 2000.
- 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, n. 1, p. 1-24, mar. 2003.

COLLETTE, B.; ACERO, A.; AMORIM, A. F.; BOUSTANY, A.; CANALES RAMIREZ, C.; CARDENAS, G.; CARPENTER, K. E.; DE OLIVEIRA LEITE JR., N.; DI NATALE, A.; FOX, W.; FREDOU, F. L.; GRAVES, J.; GUZMAN-MORA, A.; VIERA HAZIN, F. H.; JUAN JORDA, M.; KADA, O.; MINTE VERA, C.; MIYABE, N.; MONTANO CRUZ, R.; NELSON, R.; OXENFORD, H.; SALAS, E.; SCHAEFER, K.; SERRA, R.; SUN, C.; TEIXEIRA LESSA, R. P.; PIRES FERREIRA TRAVASSOS, P. E.; UOZUMI, Y.; YANEZ, E. *Katsuwonus pelamis*. The IUCN Red List of Threatened Species 2011: e.T170310A6739812. 2011.

DAMMANNAGODA S. T.; HURWOOD, D. A.; MATHER, P. B. Genetic analysis reveals two stocks of skipjack tuna (*Katsuwonus pelamis*) in the North western Indian Ocean. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, v. 68, n. 2, p. 210-223, jan. 2011.

DELRIEU-TROTTIN, E.; MONA, S.; MAYNARD, J.; NEGLIA, V.; VEUILLE, M.; PLANES, S. Population expansions dominate demographic histories of endemic and wide spread Pacific reef fishes. *Scientific Reports*, v. 7, n. 40519, p. 1-13, jan. 2017.

ELSHIRE, R. J.; GLAUBITZ, J. C.; SUN, Q.; POLAND, J. A.; KAWAMOTO, K.; BUCKLER, E. S.; MITCHELL, S. E. A Robust, Simple Genotyping-by-Sequencing (GBS) Approach for High Diversity Species. *PLoS ONE*, v. 6, n. 5, mai. 2011.

ELY, B.; VIÑAS, J.; ALVARADO BREMER, J. R.; BLACK, D.; LUCAS, L.; COVELLO, K.; LABRIE, A. V.; THELEN, E. Consequences of the historical demography on the global population structure of two highly migratory cosmopolitan marine fishes: the yellowfin tuna (*Thunnus albacares*) and the skipjack tuna (*Katsuwonus pelamis*). *BMC Evol Biol* v. 5, n. 19, fev. 2005.

EXCOFFIER, L.; LISCHER, H. E. L. Arlequin suite ver 3.5: a new series of programs to perform population genetics analyses under Linux and Windows. *Molecular Ecology Resources*, v. 10, p. 2611-2630, 2010.

FALUSH, D.; STEPHENS, M.; PRITCHARD, J. K. Inference of population structure using multilocus genotype data: Linked loci and correlated allele frequencies. *Genetics*, v. 164, p. 1567-1587, 2003.

FU, Y. Statistical tests of neutrality of mutations against population growth, hitch hiking and background selection. *Genetics*, v. 147, p. 915–925, 1997.

GULLAND, J. A. Manual of methods for fish stock assessment - Pt. I. Fish population analysis. *FAO Man. Fish. Sci.*, v. 4, 1969.

HELYAR, S. J.; HEMMER-HANSEN, J.; BEKKEVOLD, D.; TAYLOR, M. I.; OGDEN, R.; LIMBORG, M. T.; CARIANI, A.; MAES, G. E.; DIOPERE, E.; CARVALHO, G. R.; NIELSEN, E. E. Application of SNPs for population genetics of nonmodel organisms: new opportunities and challenges. *Molecular Ecology Resources* v. 11, n. s1, p. 123-136, 2011.

HILL, J.; ENBODY, E. D.; PETTERSSON, M. E.; SPREHN, C. G.; BEKKEVOLD, D.; FOLKORD, A.; LAIKRE, L.; KLEINAU, G.; SCHEERER, P.; ANDERSSON, L. Recurrent convergent evolution at amino acid residue 261 in fish Rhoopsin. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, v. 116, n. 37, p. 18473-18478, set. 2019.

HUBISZ, M. J.; FALUSH, D.; STEPHENS, M.; PRITCHARD, J. K. Inferring weak population structure with the assistance of sample group information. *Molecular Ecology Resources*, v. 9, n. 5, p. 1322–1332, 2009.

HUXLEY, T. H. Inaugural address. *International Fisheries Exhibition*, Literature, 4, 1–19, 1883.

IHSEN, P. E.; BOOKE, H. E.; CASSELMAN, J. M.; MCGLADE, J. M.; PAYNE, N. R.; UTTER, F. M. Stock identification: Materials and methods. *Can J Fish Aquat Sci*, v. 38, p. 1838-1855, 1981.

JAKOBSSON, M.; ROSENBERG, N. A. CLUMPP: a cluster matching and permutation program for dealing with label switching and multimodality in analysis of population structure. *Bioinformatics*, v. 23, p. 1801-1806, 2007.

JAMIESON, A. 1973. Genetic "tags" for marine fish stocks. *Sea Fisheries Research*. (Ed. J. F. R. HARDIN) London: Elek Science, p. 91-99, 1973.

JENSEN, J. D.; KIM, Y.; DUMONT, V. B.; AQUADRO, C. F.; BUSTAMANTE, C. D. Distinguishing between selective sweeps and demography using DNA polymorphism data. *Genetics*, v. 170, n. 3, p. 1401-1410, jul. 2005.

KORNELIUSSEN, T. S.; MOLTKE, I.; ALBRECHTSEN, A.; NIELSEN, R. Calculation of Tajima's D and other neutralityte ststatistics from low depth next-generation sequencing data. *BMC Bioinformatics*, v. 14, n. 289, 2013.

LACONCHA, U.; IRIONDO, M.; ARRIZABALAGA, H.; MANZANO, C.; MARKAIDE, P.; MONTES, I.; ZARRAONAINdia, I.; VELADO, I.; BILBAO, E.; GOÑI, N.; SANTIAGO, J.; DOMINGO, A.; KARAKULAK, S.; ORAY, I.; ESTONBA, A. New Nuclear SNP Markers Unravel the Genetic Structure and Effective Population Size of Albacore Tuna (*Thunnus alalunga*). *PLoS ONE*, v. 10, n. 6, 2015.

LEIGH, J. W.; BRYANT, D. Popart: full-feature software for haplotype network construction. *Methods Ecol Evol*, v. 6, n. 9, p. 1110-1116, 2015.

LIBRADO, P.; ROZAS, J. DnaSP v5: A software for comprehensive analysis of DNA polymorphism data. *Bioinformatics*, v. 25, p. 1451-1452, 2009.

LIN, J.; WANG, F.; LI, W.; WANG, T. The rises and falls of opsin genes in 59 ray-finned fish genomes and their implications for environmental adaptation. *Sci Rep*, v. 7, n. 15568, 2017.

MENEZES, M. R.; IKEDA, M.; TANIGUCHI, N. Genetic variation in skipjack tuna *Katsuwonus pelamis* (L.) using PCR-RFLP analysis of the mitochondrial DNA D-loop region. *Journal of Fish Biology*, v. 68, p. 156-161, 2006.

MENEZES, M. R.; NOGUCHI, D.; NAKAJIMA, M.; TANIGUCHI, N. Microsatellite development and survey of genetic variation in skipjack tuna *Katsuwonus pelamis*. *Journal of Fish Biology*, v. 73, n. 2, p. 463-473, 2008.

MENEZES, M. R.; KUMAR, G.; KUNAL, S. P. Population genetic structure of skipjack tuna *Katsuwonus pelamis* from the Indian coast using sequence analysis of the mitochondrial DNA D-loop region. *Journal of Fish Biology*, v. 80, n.6, p. 2198-2212, 2012.

NOMURA, S.; KOBAYASHI, T.; AGAWA, Y.; MARGULIES, D.; SCHOLEY, V.; SAWADA, Y.; YAGISHITA, N. Genetic population structure of the Pacific bluefin tuna *Thunnus orientalis* and the yellowfin tuna *Thunnus albacares* in the North Pacific Ocean. *Fish Sci*, v. 80, p. 1193-1204, 2014.

OVENDEN, J. R. Mitochondrial DNA and marine stock assessment: A review. *Austr J Mar Freshwat Res*, v. 41, p. 835-853, 1990.

PAULY, D.; WATSON, R.; ALDER, J. Global trends in world fisheries: impacts on marine ecosystems and food security. *Philosophical transactions of the Royal Society of London. Series B, Biological sciences*, v. 360, n. 1453, p. 5-12, 2005.

PECORARO, C.; BABBUCCI, M.; FRANCH, R.; RICO, C.; PAPETTI, C.; CHASSOT, E.; BODIN, N.; CARIANI, A.; BARGELLONI, L.; TINTI, F. 2018. The population genomics of yellowfin tuna (*Thunnus albacares*) at global geographic scale challenges current stock delineation. *Sci Rep*, v. 8, n. 13890, 2018.

PUJOLAR, J. M.; ROLDÁN, M. I.; PLA, C. Genetic analysis of tuna populations, *Thunnu thynnus thynnus* and *T. alalunga*. *Marine Biology*, v. 143, p. 613-621, 2003.

PRITCHARD, J. K.; STEPHENS, M.; DONNELLY, P. Inference of population structure using multilocus genotype data. *Genetics*, v. 155, p. 945-959, 2000.

ROSENBERG, N. A. DISTRUCT: a program for the graphical display of population structure. *Molecular Ecology Notes*, v. 4, p. 137-138, 2004.

SANGER, F.; NICKLEN, S.; COULSON, A. R. DNA sequencing with chain-terminating inhibitors. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, v. 74, n. 12, p. 5463-5467, 1977.

SEVILLA, R. G.; DIEZ, A.; NORÉN, M.; MOUCHEL, O.; JÉRÔME, M.; VERREZ-BAGNIS, V.; VAN PELT, H.; FAVRE-KREY, L.; KREY, G.; CONSORTIUM, T. F.; BAUTISTA, J. M. Primers and polymerase chain reaction conditions for DNA bar coding teleost fish based on the mitochondrial cytochrome b and nuclear Rhoopsin genes. *Molecular Ecology Notes*, v. 7, n. 5, p. 730-734, 2007.

SMITH, P. J.; JAMIESON, A.; BIRLEY, A. J. Electrophoretic studies and stock concept in marine teleosts. *J Cons Int Explor Mer*, v. 47, p. 231-245, 1990.

STECF. *Review of Scientific Advice for 2010 Part 2*. Scientific, Technical and Economic Committee for Fisheries, Vigo, Spain, 2009.

STORZ, J. F.; RAMAKRISHNAN, U.; ALBERTS, S. C. Determinants of Effective Population Size for Loci With Different Modes of Inheritance, *Journal of Heredity*, v. 92, n. 6, p. 497-502, 2001.

TAJIMA, F. The effect of change in population size on DNA polymorphism. *Genetics*, v. 123, n. 3, p. 597-601, 1989.

WARD, R. D.; ZEMLAK, T. S.; INNES, B. H.; LAST, P. R.; HEBERT, P. D. DNA barcoding Australia's fish species. *Philosophical transactions of the Royal Society of London. Series B, Biological sciences*, v. 360, n. 1462, p. 1847-1857, 2005.

WARD, R. D.; HOLMES, B. H. An analysis of nucleotide and amino acid variability in the barcode region of cytochrome c oxidase I (cox1) in fishes. *Molecular Ecology Notes*, v. 7, n. 6, p. 899-907, 2007.

WORM, B.; BARBIER, E. B.; BEAUMONT, N.; DUFFY, J. E.; FOLKE, C.; HALPERN, B. S.; JACKSON, J. B. C.; LOTZE, H. K.; MICHELI, F.; PALUMBI, S. R.; SALA, E.; SELKOE, K. A.; STACHOWICZ, J. J.; WATSON, R. Impacts of biodiversity loss on ocean ecosystem services. *Science*, v. 314, n. 5800, p. 787-790, 2006.

XIA, X.; XIE, Z. DAMBE: Data analysis in molecular biology and evolution. *Journal of Heredity*, v. 92, p. 371-373, 2001.

Juliano L. Coletto, Luciano G. Fischer,
Aldrey W. Szepaniuk, Paula A. Catelani,
Silvina Botta, Lauro A. Saint Pastous Madureira

Introdução

Estudos descrevendo a dieta e hábitos alimentares dos organismos permitem compreender a transferência de energia e as relações tróficas em comunidades e ecossistemas (MUTO *et al.*, 2005). Eles permitem identificar o papel ecológico de cada espécie e são essenciais para o desenvolvimento de modelos tróficos, para a avaliação da estrutura, dos processos e da dinâmica dos ecossistemas (GASALLA & SOARES, 2001; GASALLA *et al.*, 2007). Estudos que quantificam as relações tróficas são especialmente importantes em ecossistemas explotados pela pesca, subsidiando medidas de manejo que buscam a preservação dos ecossistemas marinhos e sustentabilidade das pescarias (CURY *et al.*, 2008; JENNINGS *et al.*, 2011).

Apesar da alta importância econômica no Brasil, até o presente, as informações sobre a ecologia trófica do bonito-listrado (*Katsuwonus pelamis*) eram limitadas a estudos de Análise do Conteúdo Estomacal (ACE) realizados na década de 1990. Estes estudos indicaram que pequenos organismos pelágicos, como o krill (*Euphausia similis*), a anchoíta (*Engraulis anchoita*) e a sardinha (*Sardinella brasiliensis*), e mesopelágicos, como peixe-lanterna (*Maurolicus stehmanni*), são as principais presas na dieta do bonito-listrado na região sudeste-sul (ANKEBRANDT, 1985; VILELLA, 1990).

A ACE é tradicionalmente utilizada para estudar a dieta de peixes (PINKAS *et al.*, 1971; HYSLOP, 1980; CORTÉS, 1997), e tem como vantagem permitir a identificação quantitativa e qualitativa das presas ingeridas previamente à captura. No caso do bonito-listrado, a elevada frequência de estômagos vazios e/ou ainda, aqueles preenchidos com as espécies utilizadas como isca-viva (i.e., juvenis de sardinha-verdadeira e anchoíta, MADUREIRA *et al.*, 2016), podem representar limitações da ACE. Nesse sentido, um número amostral adequado e o uso técnicas complementares podem ser utilizadas para determinar a composição da dieta assimilada e estudar a ecologia trófica do bonito-listrado.

Traçadores químicos, como a análise de isótopos estáveis (AIE) de carbono ($\delta^{13}\text{C}$) e nitrogênio ($\delta^{15}\text{N}$), podem ser usados como indicadores dos hábitos alimentares de um predador, permitindo o estudo da dieta em escala temporal mais ampla que a ACE (MADIGAN *et al.*, 2012). Essa técnica baseia-se na premissa de que os valores de $\delta^{13}\text{C}$ e $\delta^{15}\text{N}$ nos tecidos de um consumidor refletem aqueles das suas presas, com um pequeno enriquecimento nos isótopos mais pesados associado à assimilação e a síntese dos tecidos (i.e., aumento do valor δ), chamado de discriminação trófica (FRY, 2006). Tecidos que possuem rápida taxa de renovação (i.e., sangue e fígado) refletem informações da dieta ingerida entre dias e semanas, enquanto outros (i.e., músculo), refletem a dieta em escala de meses (MARTINEZ DEL RIO & CARLETON, 2012). O enriquecimento a cada nível trófico é maior no caso do $\delta^{15}\text{N}$ (2–4‰), e menor para $\delta^{13}\text{C}$ (0–2‰) (DENIRO & EPSTEIN, 1978; 1981). Desta forma, além de rastrear a dieta, o $\delta^{15}\text{N}$ é utilizado para estimar a posição trófica (POST, 2002), enquanto o $\delta^{13}\text{C}$ é utilizado para identificar fontes na base das cadeias tróficas (PETERSON & FRY, 1987).

A AIE pode ser utilizada em complemento com a ACE em modelos de mistura, os quais utilizam a composição isotópica do consumidor, das presas e o fator de discriminação trófico predador-presa, estimando a proporção das presas na dieta do consumidor (PHILLIPS *et al.*, 2014).

A precisão dos modelos depende da diferença isotópica entre as presas, e diminui quanto maior for o número de fontes. Assim, presas isotopicamente similares podem ser agrupadas *a priori*, e suas contribuições estimadas através de grupos funcionais (NEWSOME *et al.*, 2004; PHILLIPS *et al.*, 2005; MADIGAN *et al.*, 2012; PHILLIPS *et al.*, 2014).

O objetivo desse estudo foi descrever as variações ontogenéticas (relacionadas ao crescimento) sazonais e espaciais na dieta do bonito-listrado nas regiões sudeste-sul, por meio de análises de conteúdo estomacal e determinar a composição da dieta assimilada utilizando análise de isótopos estáveis.

Material e métodos

Análise de Conteúdo Estomacal

Amostras de bonito-listrado provenientes da pesca comercial da frota de vara e isca-viva desembarcada em Niterói (RJ) e Rio Grande (RS) foram coletadas entre janeiro de 2017 e dezembro de 2018. O monitoramento sistemático dos desembarques foi realizado pelas equipes do Laboratório de Biologia do Nécton e Ecologia Pesqueira (ECOPESCA – UFF), da Fundação Instituto de Pesca do Estado do Rio de Janeiro (FIPERJ) e do NUPEM/UFRJ, em Niterói, e pelas equipes do Laboratório de Recursos Pesqueiros Pelágicos e de Tecnologia Pesqueira e Hidroacústica da FURG, nas instalações da empresa Leal Santos, em Rio Grande. Para uma mesma embarcação foram coletados indivíduos de diferentes “urnas”, visando a busca de uma melhor representatividade de diferentes áreas, cardumes e comprimentos (ANDRADE, 1998).

Nas amostragens biológicas foi realizado o registro do comprimento furcal (CF), do peso total e eviscerado (PT e PEv), peso da gônada, do fígado e do estômago (PG, PF e PE, respectivamente), registro de Índice de Repleção (IR), além de identificação de sexo e estágio de maturação, segundo escala proposta por Brown-Peterson *et al.* (2011). Os itens alimentares foram identificados até o menor táxon possível. Para cada item alimentar (táxon) foi registrado o número, peso total e grau de digestão.

A importância das presas foi avaliada por meio das percentagens das frequências de ocorrência (%FO), número (%N), peso (%P) e do Índice de Importância Relativa (%IRI) (PINKAS *et al.*, 1971; HYSLOP, 1980; CORTÉS, 1997). O IRI foi calculado como $IRI = \%FO \times (\%N + \%P)$, e %IRI como $\%IRI = 100 \times IRI / \sum IRI$.

A intensidade alimentar do bonito foi avaliada pelo Índice de Repleção estomacal (IR), calculado como: $IR = 100 \times PC / (PT - PC)$, onde PC= peso do conteúdo estomacal (g) e PT= peso total do peixe (g). As presas de cada item alimentar foram classificadas em uma escala de grau de digestão (GD) de 5 pontos, similar à de Vaske-Jr *et al.* (2004).

Os exemplares foram classificados quanto as áreas de captura em região sudeste (20° - 28° S) e sul (28° - 34° S), tomando a região do Cabo de Santa Marta (SC) como separação entre estas áreas com regime oceanográfico distinto (GARCIA, 1997; Capítulo 2 deste volume).

Para avaliar mudanças ontogenéticas na dieta, os peixes foram agrupados em três classes de tamanho de acordo com o comprimento furcal (CF) no qual 50% e 100% dos indivíduos atingem a maturação sexual (SOARES *et al.*, 2019) como segue: juvenis (<47 cm), jovens adultos (47 - 63 cm) e adultos (>63 cm). A composição de comprimentos dos bonitos-listrados (n=886 exemplares) analisados para estudo de dieta pode ser observada na figura 1. Pode-se perceber que para ambos os períodos (safras) e regiões estão representadas as três categorias de tamanho.

Exemplares de sardinha-verdadeira (*Sardinella brasiliensis*), espécie usada como isca-viva pelas embarcações de pesca, foram frequentes na dieta, algumas ainda na boca (ou recém ingeridas), sugerindo que provavelmente muitas tratavam-se de iscas. Entretanto, consideramos que uma parte dos bonitos-listrados consegue consumir as iscas sem ser capturada, e, como consequência, elas acabam por fazer parte da dieta desses exemplares.

Nesse sentido, sardinhas-verdadeiras recém ingeridas (GD≤2) foram excluídas das análises, e aquelas já digeridas (GD≥3) foram analisadas como parte integrante da dieta, e também inseridas junto com outros pelágicos nos modelos de mistura isotópica. Estômagos contendo só sardinhas-verdadeiras com GD≤2 foram considerados vazios.

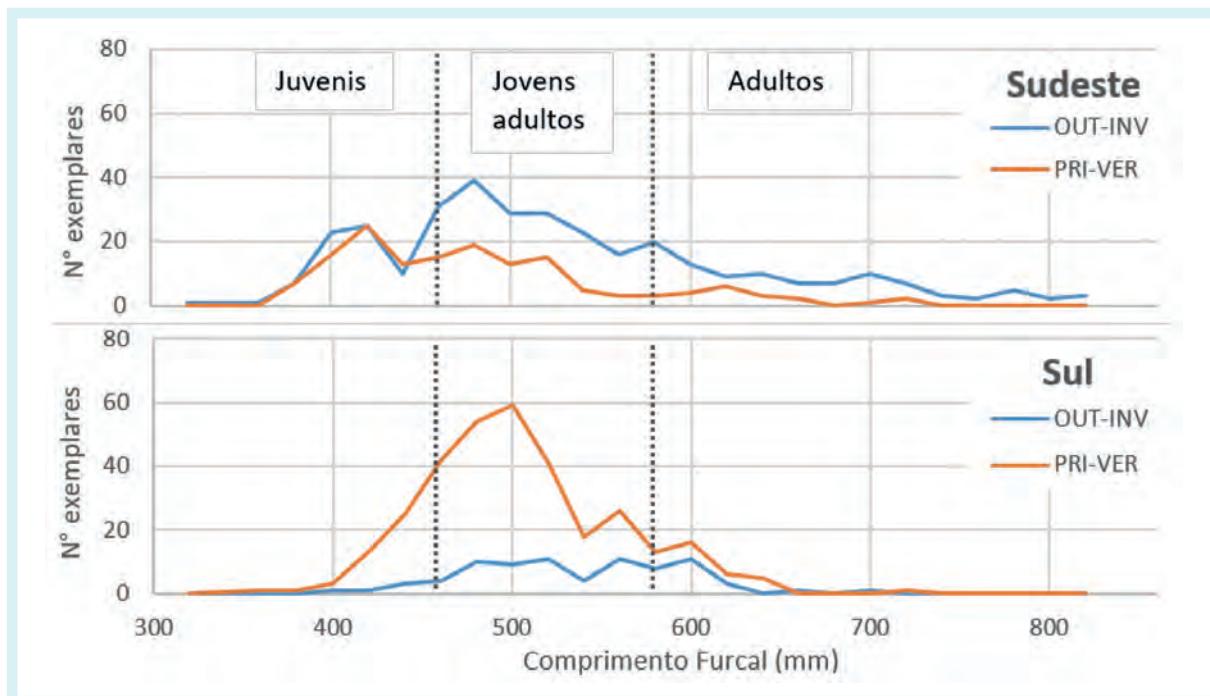


Figura 1. Composição de comprimentos dos 886 exemplares de bonito-listrado analisados para descrição da dieta.

Análises de Isótopos Estáveis

Para as AIE, amostras do músculo de bonito-listrado foram removidas próximo ao primeiro espinho da nadadeira dorsal com uso de bisturi, lavadas com água destilada, e mantidas em freezer (-20°C) até o processamento. Os tecidos foram posteriormente liofilizados ou secos em estufa (60°C) por 48h, e alíquotas de ~0,5 mg foram pesadas em cápsulas de estanho e enviadas para o *Center for Stable Isotopes* (Universidade do Novo México) ou para a *Stable Isotope Facility* (Universidade da Califórnia) para análises de isótopos estáveis de carbono e nitrogênio em espectrômetros de massa em fluxo contínuo. A razão isotópica é reportada em notação delta (δ) através da equação:

$$\delta X = [(R_{amostra} / R_{padrão}) - 1] \times 1000$$

onde: X é ^{13}C ou ^{15}N , e R é a razão entre o isótopo leve e o pesado ($^{13}\text{C}/^{12}\text{C}$ ou $^{15}\text{N}/^{14}\text{N}$) (PETERSON & FRY, 1987). Os padrões internacionais foram *Vienna Pee Dee Belemnite* (V-PDB) e N_2 atmosférico, para $\delta^{13}\text{C}$ e $\delta^{15}\text{N}$, respectivamente. A precisão analítica entre medições ($\pm\text{DP}$) foi estimada através da análise de padrões proteicos internos de cada laboratório, e estimada em $\pm 0.1\%$ para os valores de $\delta^{13}\text{C}$ e $\delta^{15}\text{N}$. Devido à baixa razão C:N (3.2±0.1) nas amostras do bonito-listrado, não foi realizado tratamento químico para remoção de lipídeos (POST *et al.*, 2007).

A contribuição das fontes alimentares na dieta do bonito-listrado foi determinada para cada região e para as classes de tamanho através de modelos de mistura no pacote SIMMR (PARNELL, 2019) do software R (R Development Core Team, 2019). Os modelos Bayesianos estimam uma distribuição de valores possíveis para proporção das presas, e foram reportados através da mediana e intervalos de 95% de credibilidade. Para os modelos de mistura,

presas do bonito-listrado obtidas na análise do conteúdo estomacal e coletadas em cruzeiros de pesquisa no Navio Atlântico Sul, entre 2009-2015, no Projeto Talude/IO-FURG foram analisadas. Em cada região, as presas foram agrupadas por família, e as médias de $\delta^{13}\text{C}$ e $\delta^{15}\text{N}$ foram comparadas através do teste de Tukey HSD. Presas de composição isotópica similar (p -valor >0.05 para $\delta^{13}\text{C}$ e $\delta^{15}\text{N}$) foram agrupadas *a priori* (PHILLIPS *et al.*, 2005; PHILLIPS *et al.*, 2014).

Os valores de discriminação trófica utilizados nos modelos de mistura para o bonito-listrado foram aqueles reportados para o atum-do-Pacífico (*Thunnus orientalis*) obtidos em experimento de dieta controlada ($\Delta^{13}\text{C}=1.8 \pm 0.3\text{‰}$; $\Delta^{15}\text{N}=1.9 \pm 0.4\text{‰}$; MADIGAN *et al.*, 2012b). Os valores médios (e desvios) de cada grupo dos modelos de mistura das regiões Sudeste e Sul estão indicados na figura 5. Para a região sudeste, os grupos utilizados como fontes dos modelos de mistura foram: (1) krill (Euphausiidae); (2) peixes e céfalópodes (Carangidae, Exocoetidae, Ommastrephidae); (3) peixe-lanterna (Sternopychidae); e (4) pequenos peixes pelágicos (Clupeidae, Engraulidae). Para a região sul, os grupos dos modelos de mistura foram: (1) krill (Euphausiidae); (2) céfalópodes (Ommastrephidae); (3) peixe-lanterna (Sternopychidae) e; (4) pequenos peixes pelágicos (Clupeidae, Engraulidae). Por último, a biomassa relativa das presas em cada região, calculada pela ACE, foi utilizada como informação *a priori* nos modelos de mistura (SWAN *et al.*, 2019).

Resultados

Análise de Conteúdo Estomacal

Ao todo, 63,5% dos 740 estômagos analisados de bonito-listrado continham presas (Fig. 2A). Peixes com alimento no estômago foram mais frequentes na região sul (73,4%) do que na região sudeste (55,4%) (Fig. 2A). Os juvenis da região sul apresentaram maiores valores de frequência alimentar (83,4% dos estômagos continham alimento) do que os da região sudeste (49,1%). Em geral, os valores médios do Índice de Repleção apresentaram uma pequena redução com o aumento do comprimento dos bonitos: Jovens=4,0, Jovens Adultos=3,7, Adultos=3,1 (Fig. 2B).

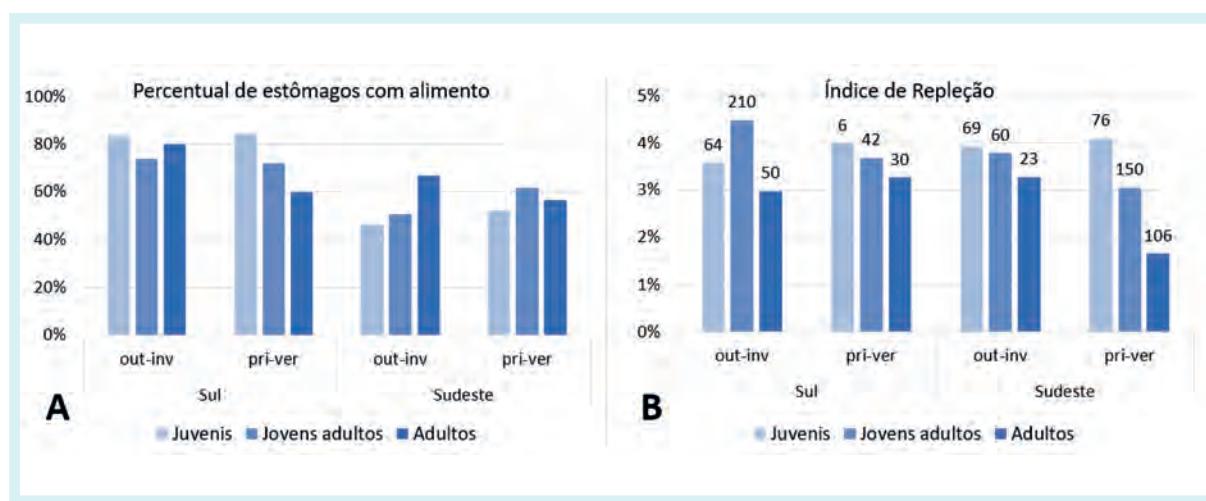


Figura 2. Percentual de estômagos com alimento e média do Índice de Repleção (IR%) por região, período e classes de tamanho. Número de exemplares analisados na parte superior.

No total foram identificados mais de 642 mil itens alimentares de 30 táxons distintos, sendo 16 identificados ao nível de espécie, outros ao nível de família ou ordem. Foram identificadas ao nível de espécie cinco espécies de moluscos pterópodes e três de céfalópodes, uma espécie de crustáceo eufausiáceo e sete espécies de peixes teleósteos. O bonito-listrado

apresentou uma dieta ampla, consumindo desde zooplâncton (krill, pterópodes, larvas de decápodes), a organismos nectônicos (pequenos peixes pelágicos, peixes demersais juvenis, além de lulas demersais e polvos pelágicos).

De forma geral, o principal item encontrado na dieta do bonito-listrado foi o pequeno crustáceo planctônico krill (*Euphausia similis*). O krill representou 41,0% em peso e 99,1% do número total de presas na dieta (636,5 mil exemplares). Nos exemplares de bonito-listrado que consumiram krill, observou-se em média 3.600 exemplares e 72g por conteúdo analisado, com um máximo de 39.300 exemplares em um estômago.

Outros itens importantes foram peixes de diversas famílias (Clupeidae, Sternopychidae, Engraulidae, Carangidae e Dactylopteridae, em ordem de importância numérica). Itens de menor importância foram os moluscos pterópodes e céfalópodes (lulas demersais e polvos pelágicos), além de larvas de crustáceos decápodes. A figura 3 apresenta um resumo da dieta do bonito-listrado. É possível verificar uma grande diferença na dieta do bonito-listrado entre as duas regiões. Enquanto a dieta dos bonitos-listrados do sul foi composta basicamente por krill (%P=69,3, %IRI=97,3), aqueles encontrados no sudeste consumiram principalmente peixes (%P=90,3, %IRI=66,9), mas também krill (%P=8,2, %IRI=32,9).

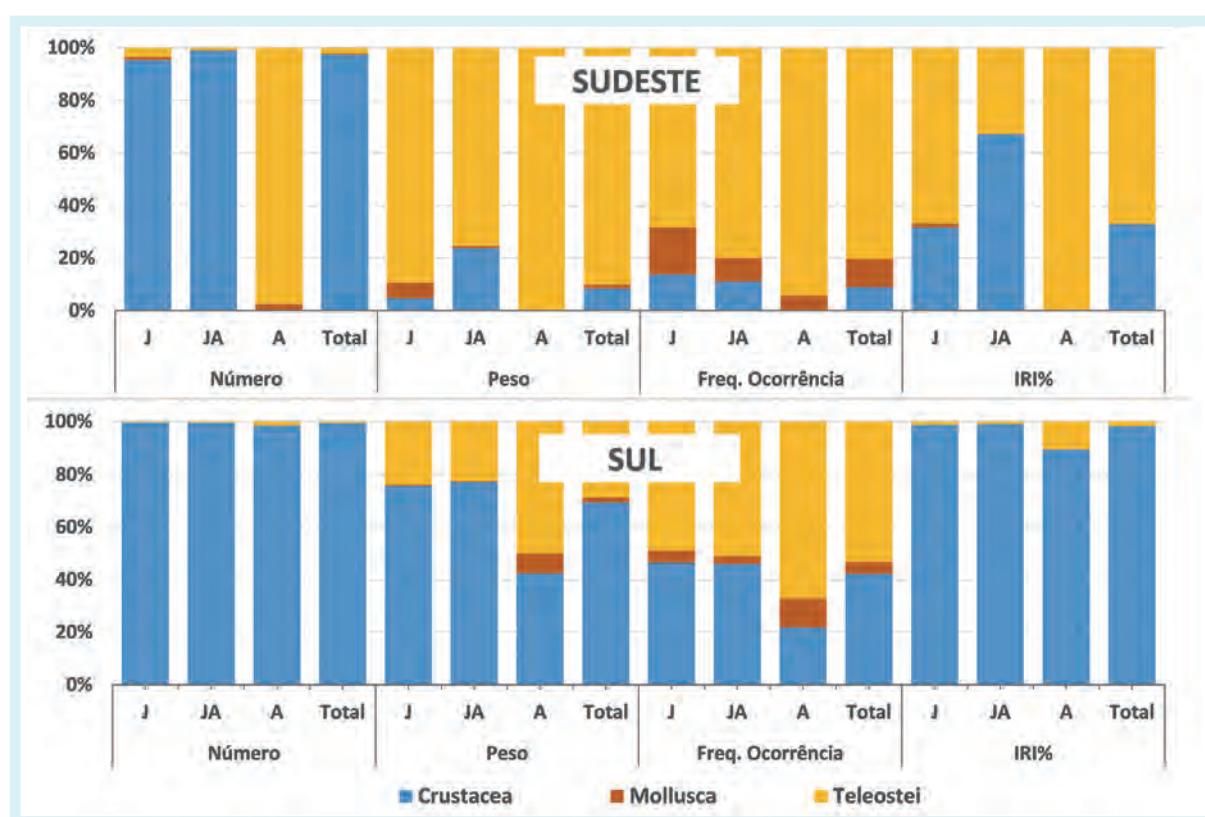


Figura 3. Importância em número (%N), peso (%P), frequência de ocorrência (%FO) e Índice de Importância Relativa (%IRI) dos principais grupos de presas na dieta de bonito-listrado, por classes de tamanho e região. Jovens (360-460mm CF), Jovens Adultos (470-560mm CF) e Adultos (570-830mm CF).

Considerando somente os peixes, a sardinha-verdadeira (*Sardinella brasiliensis*), o coió-voador (*Dactylopterus volitans*) e a anchoíta (*Engraulis anchoita*) foram mais abundantes na dieta dos bonitos-listrados no sudeste, representando respectivamente 30,8%, 14,3% e 4,6%, em número, dos peixes identificados. No sul, os principais peixes consumidos foram o peixe-lanterna (*Maurolicus stehmanni*) e a anchoíta, representando respectivamente 60,0% e 19,4%, em número, dos peixes identificados.

Foram observadas diferenças sazonais marcantes na dieta do bonito-listrado no sudeste. Durante a primavera-verão houve uma redução de 95% no consumo de krill em %N e %P (Fig. 4). No sul, a dieta foi composta principalmente por krill, com pouca variação sazonal.

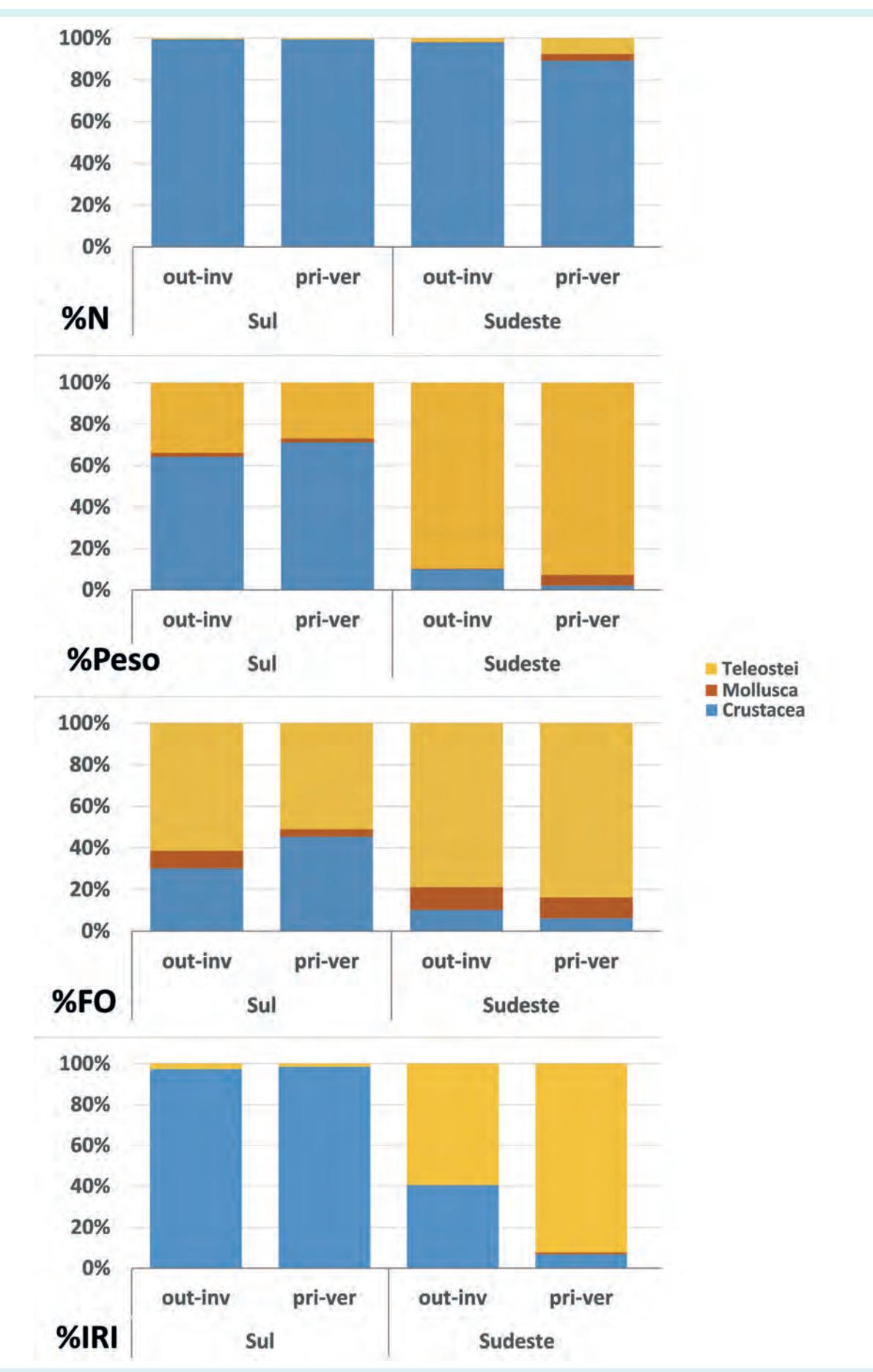


Figura 4. Comparação da dieta do bonito-listrado entre períodos do ano e regiões. Percentual em número (%N), peso (%P), frequência de ocorrência (%FO) e Índice de Importância Relativa (%IRI).

Análises de Isótopos Estáveis

Os valores médios (e desvios) de $\delta^{13}\text{C}$ e $\delta^{15}\text{N}$ do bonito-listrado, corrigidos com os fatores de discriminação, estão dentro do polígono de mistura formado pelos valores médios de $\delta^{13}\text{C}$ e $\delta^{15}\text{N}$ das fontes em ambas as regiões (Fig. 5), indicando consistência dos modelos propostos para determinação da dieta do bonito-listrado. A figura 6 apresenta o resultado dos modelos de mistura, indicando as proporções estimadas das presas na dieta do bonito-listrado, comparando as três classes de tamanho e as regiões sul e sudeste.

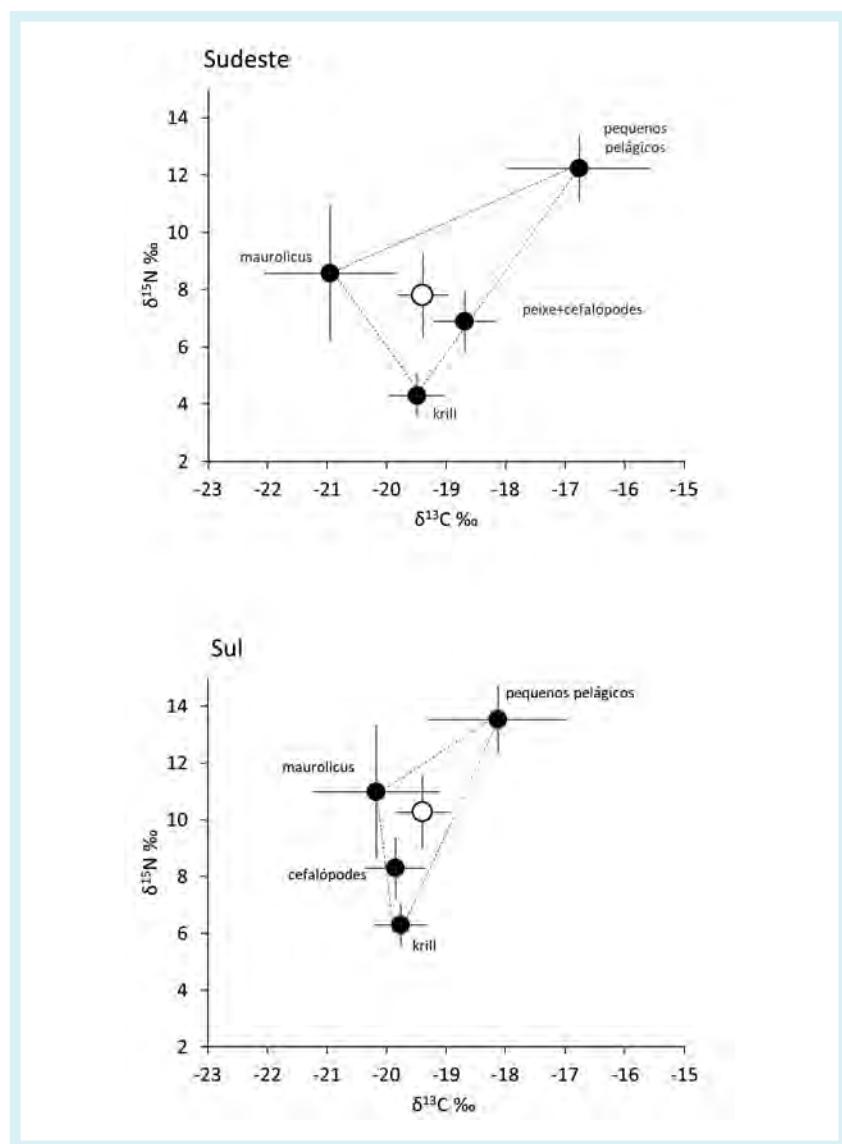


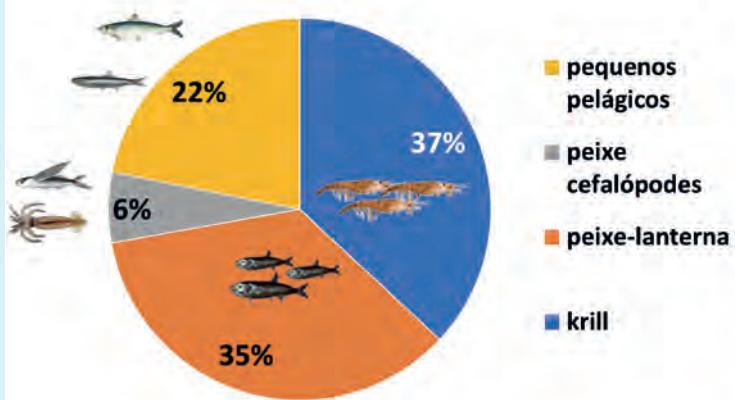
Figura 5. Bi-plot de $\delta^{13}\text{C}$ e $\delta^{15}\text{N}$ com os polígonos de mistura do bonito-listrado (círculos brancos) e suas presas (círculos pretos) nas regiões sudeste e sul.

Na região sudeste, a dieta do bonito-listrado é composta por krill, peixe-lanterna e pequenos pelágicos, com menor proporção do grupo de peixes e cefalópodes. A classe de tamanho juvenil apresentou maior proporção de krill e peixe-lanterna na dieta. A proporção de pequenos pelágicos aumentou nas classes jovem adulto e adulto, comparadas à juvenil.

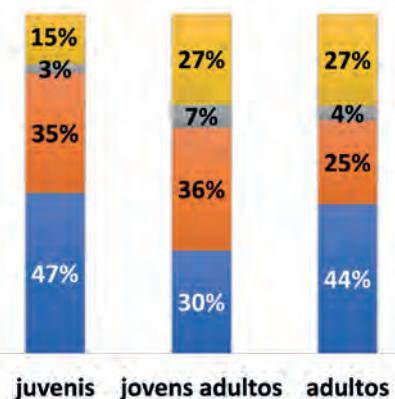
Na região sul, as proporções de krill, peixe-lanterna e pequenos pelágicos na dieta são semelhantes, enquanto a de cefalópodes é muito baixa. As proporções de krill e peixe-lanterna diminuíram com o aumento no tamanho do bonito-listrado, enquanto a contribuição de pequenos pelágicos aumentou nas classes de tamanho maiores. O pequeno número de indivíduos adultos ($\text{CF} > 63$ cm) que tiveram a composição isotópica determinada na região sul ($n=7$) impossibilitou a determinação da dieta através de modelos de mistura.

PROPORÇÃO DA DIETA

SUDESTE



CLASSES DE TAMANHO



SUL

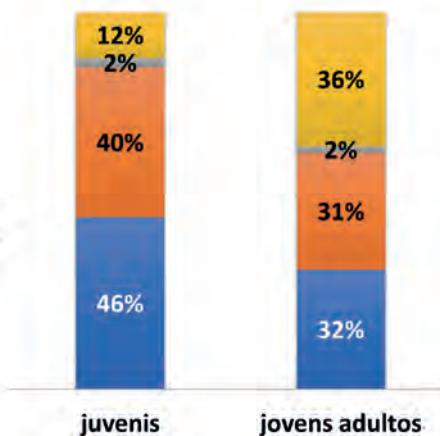
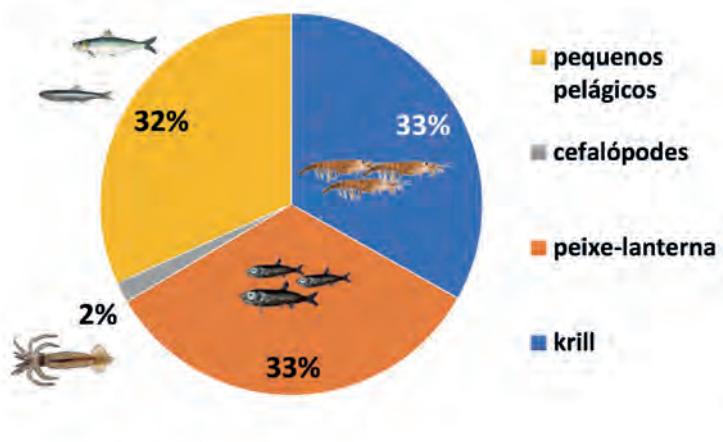


Figura 6. Proporção das presas estimadas através de modelos de mistura na dieta do bonito-listrado nas regiões sudeste e sul, e nas classes de tamanho.

Discussão

A maior frequência alimentar observada na região sul sugere que seja esta uma zona de alimentação mais intensa, para todos os grupos, mas especialmente para os juvenis. Considerando os peixes das regiões sul e sudeste, apenas 36,5% dos estômagos analisados estavam vazios. Esses resultados contrastam com estudos realizados na década de 1980, que encontraram estômagos vazios em 41,9% dos bonitos-listrados do sudeste (ANKENBRANDT, 1985), mas de até 73% considerando as duas áreas (VILELLA, 1990).

Os resultados encontrados neste estudo, a partir de ACE, evidenciaram poucas mudanças ontogenéticas na dieta do bonito-listrado na região sul, mas variações maiores na região sudeste, provocadas por diferenças no consumo de krill entre classes de tamanho. Uma baixa mudança ontogenética indica uma elevada sobreposição alimentar intraespecífica, e, consequentemente, pode aumentar a competição entre grupos de diferentes classes de tamanho migrando no mesmo período.

Foi observada variação espacial na dieta do bonito quando comparamos os resultados obtidos nas regiões sul e sudeste. Variação sazonal na dieta foi observada apenas região sudeste, causada por um consumo maior de krill no período inverno-primavera, enquanto na região sul o consumo de krill foi elevado durante todo o ano. Comparando as duas áreas, na região sudeste houve consumo menor de krill, com maior contribuição relativa de peixes. Essas variações sazonais e espaciais alteram os padrões de sobreposição alimentar intraespecífica, e, consequentemente, a repartição por recursos entre classes de tamanho.

De forma geral, os resultados de ACE mostram que o bonito-listrado apresenta uma dieta ampla, consumindo desde zooplâncton (krill, pterópodes, larvas de decápodes) a organismos nectônicos (como pequenos peixes pelágicos, peixes demersais juvenis, além de lulas demersais e polvos pelágicos).

Os modelos de mistura indicaram que três fontes energéticas sustentam a população do bonito-listrado nas regiões sudeste e sul: krill, peixe-lanterna e pequenos pelágicos. A dieta do bonito-listrado no Atlântico tem sido reportada como composta principalmente de crustáceos e peixes (OLSON *et al.*, 2016). Na costa sudeste brasileira, Ankenbrandt (1985) destacou o peixe-lanterna como a principal presa consumida entre 1981-82 (26,7% do volume no conteúdo estomacal, V), seguido de krill, *Euphausia similis* (22,2% V). Estas estimativas são semelhantes às proporções estimadas pelo modelo de mistura para a região sudeste (Fig. 6).

O grupo composto pelos pequenos peixes pelágicos, representado por peixes das famílias Clupeidae e Engraulidae neste estudo, desempenha um papel-chave nas cadeias tróficas pelágicas, tendo em vista que ao se alimentarem de fitoplâncton e zooplâncton (SCHWINGEL & CASTELLO, 1994; CASTELLO, 2006), transferem energia para níveis superiores nas cadeias tróficas, o que se soma as suas elevadas biomassas nesta região (MADUREIRA *et al.*, 2005; COSTA *et al.*, 2016). A anchoíta, por exemplo, é um importante recurso alimentar de peixes pelágicos, demersais, aves marinhas e mamíferos no Atlântico Sudoeste (CASTELLO, 1997; COSTA *et al.*, 2016). A sardinha-verdadeira é apontada como correspondente trófica da anchoíta na região sudeste, embora as espécies coexistam em ambas regiões (MADUREIRA *et al.*, 2005; CASTELLO, 2006).

A sardinha-verdadeira apresentou alta biomassa no conteúdo estomacal dos exemplares da região sudeste (74,6%), enquanto os modelos de mistura estimaram proporções entre 22% de pequenos pelágicos nessa região. Na região sul, o krill foi a presa dominante na ACE, com 82,5% da biomassa, mas os modelos de mistura estimaram uma proporção de 33% deste item na dieta assimilada. No caso da sardinha-verdadeira, é possível que seu uso como isca-viva introduza um viés na estimativa da importância da espécie na dieta do bonito-listrado, a partir da ACE. No caso do krill, observou-se que estômagos cheios deste item estão associados ao alto rendimento na pescaria, enquanto estômagos vazios estão relacionados com cardumes menores, com baixo rendimento, provavelmente superestimando a importância do krill. Roger (1994) observou relação semelhante no oceano Índico, entre o tamanho dos cardumes de atuns e a quantidade de presas no conteúdo estomacal. Estas informações mostram a importância do uso de técnicas complementares para determinar as relações tróficas do bonito-listrado com amostras provenientes da pesca comercial.

Estudos sobre a importância de cefalópodes na transferência energética das cadeias tróficas do sudoeste do Atlântico classificam o bonito-listrado como um predador pouco frequente (<10%) deste grupo (SANTOS & HAIMOVICI, 2002). A pequena proporção de cefalópodes estimada por modelos de mistura foi coerente com o conteúdo estomacal neste e nos estudos pretéritos de dieta do bonito-listrado na região (ANKENBRANDT, 1985; VILELLA, 1990).

Diferentemente da anchoíta e da sardinha-verdadeira, que ocorrem principalmente sobre a plataforma continental, o peixe-lanterna (*Maurolicus stehmanni*) é abundante em águas de plataforma externa e talude superior (MADUREIRA *et al.*, 2005), e realiza migração vertical diária, permanecendo no mesopelágico (>150m) durante o dia, e ascendendo à zona

epipelágica durante no período noturno (GREIG, 2000; MADUREIRA *et al.*, 2005; Capítulo 3 deste volume). Tal como anchoíta e sardinha-verdadeira, o peixe-lanterna desempenha o papel ecológico de espécie forrageira, alimentando-se de zooplâncton e sendo predado por lulas e grande peixes pelágicos como o bonito-listrado, constituindo o elo intermediário entre componentes basais e superiores da rede trófica (ALMEIDA, 2001).

Diversos estudos sugerem mudanças ontogenéticas na dieta em atuns (OLSON *et al.*, 2016). Graham *et al.* (2007) observaram que albacora-laje (*Thunnus albacares*) juvenil alimenta-se principalmente de larvas de crustáceos, enquanto os adultos consomem camarões e teleósteos. Young *et al.* (2010) verificaram aumento na relação de comprimento presa-predador com o aumento no comprimento médio de predadores pelágicos. Ankenbrandt (1985) observou diminuição na importância de krill e aumento na de peixes, principalmente peixe-lanterna, com o crescimento do bonito-listrado. No presente estudo, os modelos de mistura indicam que juvenis de bonito-listrado tiveram a dieta composta predominantemente por krill, ao passo que a contribuição de pequenos pelágicos foi maior em jovens adultos e adultos (Fig. 6).

O presente estudo mostrou que o krill (*Euphausia similis*) foi a principal fonte de energia utilizada pelo bonito-listrado, particularmente na região sul e para a classe de tamanho juvenil. Apesar do pequeno tamanho, *E. similis* pode ocorrer em densas agregações (GORRI, 1995; HIROTA *et al.*, 1990; MONTÚ *et al.*, 1998), fornecendo alimento em grande quantidade para cardumes migradores. A importância do krill como fonte energética para o bonito-listrado foi também reportada no oceano Pacífico, onde contribuiu com 60% da biomassa no conteúdo estomacal (OLSON *et al.*, 2016). Densas manchas deste crustáceo ocorrem próximas às frentes formadas entre águas quentes oligotróficas e frias produtivas (FIEDLER & BERNARD, 1987), um processo oceanográfico relevante para o forrageamento do bonito-listrado no Atlântico sudoeste (COLETTTO *et al.*, 2019).

Mais de 90% dos exemplares de krill foram encontrados na dieta de bonitos-listrados capturados entre as latitudes de 32,5° S e 34° S, e o restante na latitude de 26° S. Em levantamentos com redes de plâncton, Gorri (1995) observou elevadas concentrações de *E. similis* no outono, no sul do Brasil, próximo à latitude de 33° S. Fischer (2012) observou elevada abundância de *E. similis* na dieta de macrourídeos no talude ao sul de 32° S, no final do verão e início da primavera, e entre 27° S e 28° S no outono.

Euphausia similis é uma espécie de águas temperadas quentes e frias, típica da região de transição entre águas subtropicais e subantárticas (ANTEZANA & BRINTON, 1981; GIBBONS *et al.*, 1999) e sua ocorrência indica a Corrente do Brasil na convergência Brasil/Malvinas. *E. similis* apresenta picos de elevada biomassa sobre o talude (MONTÚ *et al.*, 1998), representando 40-60% do zooplâncton capturado entre a primavera e verão (GORRI, 1995), época em que os processos de ressurgência (fertilização) associados à vórtices da Corrente do Brasil atingem seu máximo na região (GARCIA, 1998; ODEBRECHT & CASTELLO, 2001). O krill é um organismo filtrador que pode reduzir a biomassa fitoplânctônica (GRANELI *et al.*, 1993; ATKINSON *et al.*, 1999), aumentando rapidamente a sua biomassa populacional. Podem se alimentar de fitoplâncton de tamanho grande (e.g., diatomáceas grandes e formadoras de cadeias), típicos de eventos de ressurgência (HERRARA & ESCRIBANO, 2006; HUTCHINGS *et al.*, 1995; SHIN *et al.*, 2017), reduzindo o comprimento das cadeias alimentares, aumentando a eficiência de transferência de energia (POST *et al.*, 2000; CLOERN & DUFFORD, 2005) e permitindo uma maior produtividade de peixes de maior nível trófico, como é o caso do bonito-listrado.

Por outro lado, a biomassa de krill é altamente variável e dependente de certos processos oceanográficos, o que torna a alimentação, o crescimento, a reprodução e a biomassa populacional do bonito-listrado também associados a esses processos. Os processos oceanográficos também influenciam as rotas migratórias utilizadas pelo bonito-listrado (HUMSTON *et al.*, 2000; LEHODEY, *et al.*, 2004), que, assim como outros atuns, migra buscando zonas frontais e vórtices (UDA *et al.*, 1973; RAMOS *et al.*, 1996; ANDRADE, 2003;

SYAMSUDDIN *et al.*, 2016; ZAINUDDIN *et al.*, 2017; COLETTTO *et al.*, 2019), onde em geral há maior produtividade local (BRANDINI, 1988; CAMPOS *et al.*, 1999; 2000; BRANDINI *et al.*, 2000; SILVEIRA *et al.*, 2004; GAETA & BRANDINI, 2006) e agregação de biomassa (LIMA & CASTELLO, 1994; FRANCO *et al.*, 2005; 2006; LOPES *et al.*, 2006; CASTELLO, 2007).

Conclusões

As estratégias de predação dos atuns evoluíram para satisfazer sua alta demanda bioenergética através da maximização da ingestão do alimento, sendo considerados predadores oportunistas (OLSON *et al.*, 2016). O oportunismo na estratégia alimentar do bonito-listrado torna-se evidente por: 1) consumir diversos tipos de presas pelágicas e mesopelágicas abundantes e de distribuição agregada, 2) consumir presas maiores conforme crescem, 3) aproveitar picos sazonais na abundâncias das presas, propiciando o armazenamento de energia e crescimento dos indivíduos mais jovens para completar o ciclo biológico da espécie.

Análises de conteúdo estomacal do bonito-listrado na região sudeste-sul, entre 2017-2018, indicaram que o principal item alimentar foi o krill (*Euphausia similis*), seguido, em ordem de importância numérica, por pequenos peixes, incluindo a sardinha-verdadeira, o peixe-lanterna, a anchoíta, além de espécies de Carangidae e o coiô-voador, *Dactylopterus volitans*.

As variações espaciais e sazonais observadas na dieta foram associadas às diferenças no consumo de krill, que regem os padrões de sobreposição alimentar intraespecífica, e, consequentemente, a repartição por recursos. Os modelos de mistura isotópica corroboraram que o krill é a principal fonte energética, mas mostram que o peixe-lanterna e pequenos pelágicos (sardinha-verdadeira e anchoíta) também são fontes importantes na dieta da espécie.

As principais presas do bonito-listrado (krill, sardinha-verdadeira, peixe-lanterna, anchoíta) apresentam grandes variações sazonais na biomassa relacionadas às condições oceanográficas, indicando que o fluxo energético da cadeia trófica do bonito-listrado está conectado à processos oceanográficos, que provocam variações na produtividade e na distribuição das presas, e demonstram que a biologia do bonito-listrado está sujeita aos efeitos das mudanças climáticas globais.

Referências Bibliográficas

- ALMEIDA, E. M. *Estrutura da população, crescimento e reprodução de Maurolicus stehmanni Parin & Kobyliansky, 1993 (Teleostei: Sternopychidae) na Zona Econômica Exclusiva do Sul e Sudeste do Brasil*. Dissertação de Mestrado. Universidade de São Paulo, 2001.
- ANDRADE, H. A. The relationship between the skipjack tuna (*Katsuwonus pelamis*) fishery and seasonal temperature variability in the south-western Atlantic. *Fisheries Oceanography*, v. 12, n. 1, p. 10-8, 2003.
- ANKENBRANDT, L. Food habits of bait-caught skipjack tuna, *Katsuwonus pelamis*, from the southwestern Atlantic Ocean. *Fish B-NOAA*, v. 83, p. 379-393, 1985.
- ANTEZANA, T.; BRINTON, E. Euphausiacea. In: BOLTOVSKOY, D. (ed). *Atlas del zooplancton del Atlántico sudoccidental y métodos de trabajo con zooplancton marino*. Publicación INIDEP, Ministério de Comercio e Interesses Marítimos, Argentina. p. 681-698, 1981.
- ATKINSON, A.; WARD, P.; HILL, A.; BRIERLEY, A. S.; CRIPPS, G. C. Krill–copepod interactions at South Georgia, Antarctica, II. *Euphausia superba* as a major control on copepod abundance. *Marine Ecology - Progress Series*, v. 176, p. 63-79, 1999.
- BRANDINI, F. P. Hydrography, phytoplankton biomass and photosynthesis in shelf and oceanic waters off southeastern Brazil during autumn. *Boletim do Instituto Oceanográfico*, v. 36, p. 63-72, 1988.
- BRANDINI, F. P.; BOLTOVSKOY, D.; PIOLA, A. R.; KOCMUR, S.; RO, K.; ABREU, P. C.; LOPES, R. M. Multiannual trends in fronts and distribution of nutrients and chlorophyll in the southwestern Atlantic (30–62°S). *Deep Sea Research Part I: Oceanographic Research Papers*, v. 47, p. 1015-1033, 2000.
- CAMPOS, E. J. D.; PIOLA, A. R.; MILLER, J. L. Water mass distribution on the shelf and shelf-break upwelling in the Southeast Brazilian Bight. In: *Proceedings of The 10th Symposium on Global Change Studies 10-15 January 1999*, Vol. 298. American Meteorological Society, Dallas, TX, p. 446-449, 1999.
- CAMPOS, E. J. D.; VELHOTE, D.; DA SILVEIRA, I. C. A. Shelf break upwelling driven by Brazil Current Cyclonic Meanders. *Geophysical Research Letters*, v. 27, p. 751-754, 2000.
- CASTELLO, J. P. Síntese sobre a Anchoita (*Engraulis anchoita*) no Sul do Brasil. In: *A prospecção pesqueira e abundância de estoques marinhos no Brasil nas décadas de 1960 a 1990: Levantamento de dados e Avaliação Crítica*. Brasília: MMA/SMCQA, p. 197-217, 2007.
- CASTELLO, J. P. Síntese sobre a distribuição, abundância, potencial pesqueiro e biologia da sardinha-verdadeira (*Sardinella brasiliensis*). Análise/Refinamento dos Dados Pretéritos Sobre Prospecção Pesqueira. 2006.
- CLOERN, J. E.; DUFFORD, R. Phytoplankton community ecology: Principles applied in San Francisco Bay. *Marine Ecology Progress Series*, v. 285, p. 11-28, 2005.
- COLETO, J. L.; PINHO, M. P.; MADUREIRA, L. S. P. Operational oceanography applied to skipjack tuna (*Katsuwonus pelamis*) habitat monitoring and fishing in south-western Atlantic. *Fisheries Oceanography*, v. 28, n. 1, p. 82-93, jan. 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.1111/fog.12388>. Acesso em: 08 jul 2020.
- CORTÉS, E. A critical review of methods of studying fish feeding based on analysis of stomach contents: application to elasmobranch fishes. *Can J Fish Aquat Sci*, v. 54, p. 726-738, 1997.

COSTA, P. L.; CASTILLO, P. R. V.; MADUREIRA, L. A. S. P. Relationships between environmental features, distribution and abundance of the Argentine anchovy, *Engraulis anchoita*, on the South West Atlantic Continental Shelf. *Fish. Res.*, v. 173, p. 229-235, 2016.

CURY P. M.; SHIN, Y. J.; PLANQUE, B.; DURANT, J. M.; FROMENTIN, J. M.; KRAMER-SCHADT, S.; STENSETH, N. C.; TRAVERS, M.; GRIMM, V. Ecosystem oceanography for global change in fisheries. *Trends Ecol Evol.*, v. 23, n. 6, 2008.

DENIRO M. J.; EPSTEIN, J. Influence of diet on the distribution of carbon isotopes in animals. *Geochim. Cosmochim. Ac.*, v. 42, p. 495-506, 1978.

DENIRO, M. J.; EPSTEIN, J. Influence of diet on the distribution of nitrogen isotopes in animals. *Geochim. Cosmochim. Ac.*, v. 45, p. 341-351, 1981.

FIEDLER, P. C.; BERNARD, H. J. Tuna aggregation and feeding near fronts observed in satellite imagery. *Cont. Shelf Res.*, v. 7, p. 871-881, 1987.

FISCHER, L. G. *Distribuição, Biomassas e Ecologia de Macrouridae (Teleostei, Gadiformes) no Talude Continental do Sul do Brasil, com ênfase em Coelorinchus marinii Hubbs 1934 e Malacocephalus occidentalis Goode & Bean 1885*. Tese de Doutorado em Oceanografia Biológica. Universidade Federal do Rio Grande, FURG, 2012.

FRANCO, B. C.; MUELBERT, J. H.; MATA, M. M. *O ictioplâncton da quebra de plataforma da Região Sul do Brasil e sua relação com as condições ambientais*. São Paulo: Instituto Oceanográfico, USP, 2005.

FRANCO, B. C.; MUELBERT, J. H.; MATA, M. M. Mesoscale physical processes and the distribution and composition of ichthyoplankton on the southern Brazilian shelf break. *Fisheries Oceanography*, v. 15, p. 37-43, 2006.

FRY, B. *Stable isotope ecology*. 1st Ed. New York: Springer, 2006.

GAETA, S. A.; BRANDINI, F. P. Produção primária do fitoplâncton na região entre o Cabo de São Tomé (RJ) e o Chuí (RS). In: ROSSI-WONGTSCHOWSKI, C. L. D. B.; MADUREIRA, L. S. (eds.) *O Ambiente oceanográfico da Plataforma Continental e do Talude na Região Sudeste-Sul do Brasil*. São Paulo: Editora da USP, p. 219-264, 2006.

GARCIA, C. A. E. Physical oceanography. In: SEELIGER, U.; ODEBRECHT, C.; CASTELLO, J. P. (eds.) *Subtropical Convergence Environments: The coastal and sea in the Southwestern Atlantic*. Berlin: Springer, p. 94-96, 1997.

GIBBONS, M. J.; SPIRIDINOV, V.; TARLING, G. Euphausiacea. In: BOLTOVSKOY, D. (ed.) *South Atlantic Zooplankton*. Leiden: Backhuys Publishers, p. 1241-1279, 1999.

GORRI, C. *Distribuição espaço-temporal e estrutura populacional de Euphausiacea (Crustacea) na região do extremo Sul do Brasil (31° 40' S – 33° 45' S)*. 124 f. Dissertação de Mestrado em Oceanografia Biológica - Curso de Pós Graduação em Oceanografia Biológica, Universidade do Rio Grande, Rio Grande. 1995.

GRAHAM B. S.; GRUBBS, D.; HOLLAND, K.; POPP, B. N. A rapid ontogenetic shift in the diet of juvenile yellowfin tuna from Hawaii. *Mar Biol*, v. 150, p. 647-658, 2007.

GRANELI, E.; GRANELI, W.; RABBANI, M. M.; DAUGBJERG, N.; FRANSZ, G.; CUZINROUDY, J.; ALDER, V. A. The influence of copepod and krill grazing on the species composition of phytoplankton communities from the Scotia–Weddell Sea: an experimental approach. *Polar Biology*, v. 13, p. 201-213, 1993.

GREIG, A. B. Determinação da distribuição e estimativa da abundância de *Maurolicus muelleri* (Gmelin, 1789); (teleostei: Sternopychidae) por método hidroacústico na região sudeste-sul do Brasil, para a primavera de 1997. Dissertação de Mestrado. Universidade do Rio Grande, Rio Grande. 104 p., 2000.

HERRARA, L.; ESCRIBANO, R. Factors structuring the phytoplankton community in the upwelling site off El Loa River in northern Chile. *Journal of Marine Systems*, v. 61, p. 13-38, 2006.

HUMSTON, R.; AULT, J. S.; LUTCAVAGE, M.; OLSON, D. B. Schooling and migration of large pelagic fishes relative to environmental cues. *Fisheries Oceanography*, v. 9, p. 136-146, 2000.

HUTCHINGS, L.; PITCHER, G.; PROBYN, T.; BAILEY, G. The chemical and biological consequences of coastal upwelling. *Environmental Sciences Research Report Es*, v. 18, p. 65-82, 1995.

HYSLOP, E. J. Stomach contents analysis-a review of methods and their application. *Journal of Fish Biology*, v. 17, 1980.

JENNINGS, S.; KAISER, M. J.; REYNOLDS, J. D. *Marine Fisheries Ecology*. Blackwell Publishing, 2011.

LEHODEY, P. A Spatial Ecosystem and Populations Dynamics Model (SEAPODYM) for tuna and associated oceanic top-predator species: Part I. Lower and intermediate trophic components. In: 17th Meeting of the Standing Committee on Tuna and Billfish, Majuro, Republic of Marshall Islands, 9-18 August 2004. Oceanic Fisheries Programme, Secretariat of the Pacific Community, Noumea, New Caledonia. *Working Paper: ECO-1*, 26 p., 2004.

LIMA, I. D.; CASTELLO, J. P. Distribución y abundancia de la anchoita (*Engraulis anchoita*) en la costa sur Brasil. *Frente Marítimo*, v. 15, p. 87-99, 1994.

LOPES, R. M.; KATSURAGAWA, M.; DIAS, J. F.; MONICA, A.; MUELBERT, J. H.; GORRI, C.; BRANDINI, F. P. Zooplankton and ichthyoplankton distribution on the southern Brazilian shelf: an overview. *Scientia Marina*, v. 70, p. 189-202, 2006.

MACARTHUR, R. H.; PIANKA, E. R. On Optimal Use of a Patchy Environment. *The American Naturalist*, v. 100, n. 916, p. 603-609, 1966.

MADIGAN, D. J.; CARLISLE, A. B.; DEWAR, H.; SNODGRASS, O. E.; LITVIN, S. Y.; MICHELI, F.; BLOCK, B. A. Stable Isotope Analysis Challenges Wasp-Waist Food Web Assumptions in an Upwelling Pelagic Ecosystem. *Scientific Reports*, v. 2, n. 654, 2012a.

MADIGAN, D. J.; POPP, B. N.; CARLISLE, A. B.; FARWELL, C. J.; BLOCK, B. A. Tissue turnover rates and isotopic trophic discrimination factors in the endothermic teleost, pacific bluefin tuna (*Thunnus orientalis*). *PLoS ONE*, v. 7, n. 11, 2012b.

MADUREIRA, L.; COLETTI, J.; PINHO, M.; WEIGERT, S.; LLOPART, A. Pole and line fishing and live baiting in Brazil. *INFOFISH International*, v. 3, p. 14-17, 2016.

MADUREIRA, L. S. P.; VASCONCELLOS, M. C.; WEIGERT, S. C.; HABIAGA, R. P.; PINHO, M. P.; FERREIRA, C. S.; DUVOISAN, A. C.; SOARES, C. F.; BRUNO, M. A. Distribuição, abundância e interações ambientais de espécies pelágicas na região sudeste-sul do Brasil, entre o Cabo de São Tomé (RJ) e o Chuí (RS). In: MADUREIRA, L. S. P.; ROSSI-WONGTSCHOWSKI, C. L. D. B. (Orgs.) *Prospecção de recursos pesqueiros pelágicos na Zona Econômica Exclusiva da Região Sudeste-Sul do Brasil: hidroacústica e biomassas*. Série de Documentos REVIZEE: Score Sul. São Paulo: USP, 2005.

MARTÍNEZ DEL RIO, C.; CARLETON, S. A. How fast and how faithful: the dynamics of isotopic incorporation into animal tissues. *Journal of Mammalogy*, v. 93, n. 2, p. 353-359, 2012.

MATSUURA, Y.; ANDRADE, H. A. Synopsis on biology of skipjack tuna population and related environmental conditions in Brazilian waters. *Col Vol Sci Pap ICCAT*, v. 51, p. 395-400, 2000.

MUTO, E. Y.; SILVA, M. H. C.; VERA, G. R.; LEITE, S. S. M.; NAVARRO, D. G.; ROSSI-WONGTSCHOWSKI, C. L. D. B. *Alimentação e relações tróficas de peixes demersais da plataforma continental externa e talude superior da Região Sudeste-Sul do Brasil*. São Paulo: Instituto Oceanográfico/USP, 2005.

NEWSOME, S. D.; COLLINS, P. W.; SHARPE, P. Foraging ecology of a reintroduced population of breeding Bald Eagles on the Channel Islands, California, USA, inferred from prey remains and stable isotope analysis. *The Condor Ornithological Applications*, v. 117, p. 396-413, 2015.

NEWSOME, S. D.; PHILLIPS, D. L.; CULLETON, B. J.; GUILDERSON, T. P.; KOCH, P. L. Dietary reconstruction of an early to middle Holocene human population from the central California coast: insights from advanced stable isotope mixing models. *J Archaeol Sci*, v. 31, p. 1011-1115, 2004.

OLSON, R. J.; YOUNG, J. W.; MÉNARD, F.; POTIER, M.; ALLAIN, V.; GÓNI, N.; LOGAN, J. M.; GALVÁN-MAGAÑA, F. Bioenergetics, trophic ecology, and niche separation of tunas. In: CURRY, B. E. (Ed.) *Advances in Marine Biology*, Vol. 74, Oxford: Academic Press. P. 199-344, 2016.

PARNELL, A. *simmr: A Stable Isotope Mixing Model*. R package version 0.4.1. 2019. Disponível em: <https://CRAN.R-project.org/package=simmr>. Acesso em: 08 jul. 2020.

PETERSON, B. J.; FRY, B. Stable isotopes in ecosystem studies. *Annu Rev Ecol Syst*, v. 18, p. 293-320, 1987.

PHILLIPS, D. L.; INGER, R.; BEARHOP, S.; JACKSON, A. L.; MOORE, J. W.; PARNELL, A. C.; XEMMENS, B. X.; WARD, E. J. Best practices for use of stable isotope mixing models in food-web studies. *Can J Zool.*, v. 92, p. 823-835, 2014.

PHILLIPS, D. L.; NEWSOME, S. D.; GREGG, J. W. Combining sources in stable isotope mixing models: alternative methods. *Oecologia*, v. 144, p. 520-527, 2005.

PINKAS, L.; OLIPHANT, M. S.; IVERSON, I. L. K. Food habits of albacore, bluefin tuna, and bonito in Californian waters. *Fish. Bull.*, v. 152, 105 p., 1971.

POST, D. M. Using stable isotopes to estimate trophic position: models, methods, and assumptions. *Ecology*, v. 83, n. 3, p. 703-718, 2002.

POST, D. M.; LAYMAN, C. A.; ALBREY, A. D.; TAKIMOTO, G.; QUATTROCHIET, J.; MONTAÑA, C. G. Getting to the fat of the matter: models, methods and assumptions for dealing with lipids in stable isotope analyses. *Oecologia*, v. 152, p. 179-189, 2007.

R CORE TEAM. R: *A language and environment for statistical computing*. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. 2019. Disponível em: <https://www.R-project.org/>. Acesso em: 08 jul. 2020.

RAMOS, A. G.; SANTIAGO, J.; SANGRA, P.; CANTON, M. An application of satellite-derived sea surface temperature data to the skipjack (*Katsuwonus pelamis* Linnaeus, 1758) and albacore tuna (*Thunnus alalunga*, Bonaterre, 1788) fisheries in the north-east Atlantic. *Int J Remote Sensing*, v. 17, n. 4, p. 749-759, 1996.

ROGER, C. Relationships among yellowfin and skipjack tuna, their prey-fish and plankton in the tropical western Indian Ocean. *Fish. Oceanogr.*, v. 3, n. 2, p. 133-141, 1994.

SANTOS, R. A.; HAIMOVICI, M. Cephalopods in the trophic relations off Southern Brazil. *B Mar Sci.*, v. 71, n. 2, p. 753-770, 2002.

SCHWINGEL, R. P.; CASTELLO, J. P. Alimentación de la anchoíta (*Engraulis anchoita*) en el sur de Brasil. *Frente Marítimo*, v. 15, n. A, p. 67-84, 1994.

SHIN, J. W.; PARK, J.; CHOI, J. G.; JO, Y. H.; KANG, J. J.; JOO, H. T.; LEE, S. H. Variability of phytoplankton size structure in response to changes in coastal upwelling intensity in the southwestern East Sea. *Journal of Geophysical Research: Oceans*, v. 122, p. 10.262-10.274, 2017.

SILVEIRA, I. C. A.; CALADO, L.; CASTRO, B. M.; CIRANO, M.; LIMA, J. A. M.; MASCARENHAS, A. D. S. On the baroclinic structure of the Brazil Current-Intermediate Western Boundary Current system at 22°-23°S. *Geophysical Research Letters*, v. 31, p. 1-5, 2004.

SOARES, J. B.; MONTEIRO-NETO, C.; COSTA, M. R.; MARTINS, R. R. M.; VIEIRA, F. C. S.; ANDRADE-TUBINO, M. F.; BASTOS, A. L.; TUBINO, R. A. Size structure, reproduction, and growth of skipjack tuna (*Katsuwonus pelamis*) caught by the pole-and-line fleet in the southwest Atlantic. *Fish Res*, v. 212, p. 136-145, 2019.

SWAN, G. J. F.; BEARHOP, S.; REDPATH, S. M.; SILK, M. J.; GOODWIN, C. E. D.; INGER, R.; MCDONALD, R. A. Evaluating Bayesian stable isotope mixing models of wild animal diet and the effects of trophic discrimination factors and informative priors. *Methods in Ecology and Evolution*, v. 11, n. 1, p. 139-149, 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.1111/2041-210X.13311>. Acesso em: 08 jul. 2020.

SYAMSUDDIN, M.; SAITO, S.; HIRAWAKE, T.; SYAMSUDIN, F. Interannual variation of bigeye tuna (*Thunnus obesus*) hotspots in the eastern Indian Ocean off Java. *Int J Remote Sensing*, v. 37, p. 1-14, 2016.

UDA, M. Pulsative fluctuation of oceanic fronts in association with tuna fishing ground and fisheries. *J Fac Mar Sci Technol*, Tokai Univ., v. 7, p. 245-266, 1973.

VASKE-JR, T.; VOOREN, C. M.; LESSA, R. P. Feeding habits of four species of Istiophoridae (Pisces: Perciformes) from northeastern Brazil. *Environmental Biology of Fishes*, v. 70, p. 293-304, 2004.

VILELLA, M. J. A. *Idade, crescimento, alimentação e avaliação do estoque de bonito listado, Katsuwonus pelamis (Scombridae: Thunnini), explorado na região sudeste-sul do Brasil*. Dissertação de Mestrado. Universidade do Rio Grande, 81p. 1990.

VOTIER, S. C.; BEARHOP, S.; MACCORMICK, A.; RATCLIFFE, N.; FURNESS, R. W. Assessing the diet of great skuas, *Catharacta skua*, using five different techniques. *Polar Biol.*, v. 26, p. 20-26, 2003.

YOUNG, W. Y.; LANDSELL, M. J.; CAMPBELL, R. A.; COOPER, S. P.; JUANES, F.; GUEST, M. A. Feeding ecology and niche segregation in oceanic top predator off eastern Australia. *Mar Biol*, v. 157, p. 2347-2368, 2010.

ZAINUDDIN, M.; FARHUM, A.; SAFRUDDIN, S.; SELAMAT, M. B.; SUDIRMAN, S.; NURDIN, N.; SYAMSUDDIN, M.; RIDWAN, M.; SAITO, S. I. Detection of pelagic habitat hotspots for skipjack tuna in the Gulf of Bone-Flores Sea, southwestern Coral Triangle tuna, Indonesia. *PLoS ONE*, v. 12, n. 10, 2017.

Contribuição ao estudo do parasitismo por helmintos em bonito-listrado

8

Aleksandra Menezes de Oliveira, Júlia Peralta Gonçalves,
Débora Henrique Salvador Pereira dos Santos,
Thamyrez Luiza de Carvalho Ribeiro,
Fabiana Daniela Mendonça

Introdução

O parasitismo por helmintos é uma das maiores causas de perdas econômicas, tanto no que se refere à saúde humana, quanto na pecuária, aquicultura e agronomia. Esses parasitos causam também perdas nos estoques da biodiversidade de animais silvestres em ambiente de vida livre, especialmente espécies com risco de extinção, assim como em confinamentos, como observado por Brandão (2009).

Outro aspecto importante, e que vem evidenciando a importância do parasitismo por helmintos, é a possibilidade de esses parasitos interferirem no sistema imune dos hospedeiros (WEISS, 2002). No entanto, pouco vem sendo pesquisado acerca dos benefícios e prejuízos dessa relação, não só com o hospedeiro humano, mas, também com outros animais, para que seja possível entender o grau da ação parasitária do helminto ao longo de seu ciclo evolutivo.

Helmintos são metazoários, muitos dos quais parasitam o homem e outros animais (RUPPERT & BARNES, 2005). Dentre os grupos de helmintos podemos destacar os filos: *Platyhelminthes*, *Acanthocephala*, *Nematoda* (BRUSCA *et al.*, 2018).

A presença de helmintos tem sido relatada em atuns obtidos em diferentes localidades, sendo observadas espécies de *Platyhelminthes* no estomago e em brânquias por Bussieras & Aldrin (1968), Adams *et al.* (2017) e Palacios-Abella *et al.* (2017), e *Nematoda* no estômago, intestino, cavidade abdominal e gônadas por Moravec *et al.* (2007), Cardenas *et al.* (2009) e Knoff *et al.* (2017) e *Acanthocephala* no intestino por Amin *et al.* (2009).

Os Filos dos Helmintos

Filo Platyhelminthes

São organismos que podem ser encontrados em diferentes ambientes, sendo aquáticos (de água doce ou salgada) ou terrestres, podendo ser de vida livre ou parasitária (RUPPERT & BARNES, 2005). A maior parte das espécies é hermafrodita, tem sistema digestório incompleto, não possui ânus, nem aparelho respiratório. As estruturas relacionadas à fixação estão, em grande parte das espécies, localizadas na extremidade anterior, podendo ser dobras tegumentares ou ventosas, dependendo do grupo (BRUSCA *et al.*, 2018). Este filo é composto pelas classes Trematoda e Cestoda, as quais apresentam espécies parasitas de peixes.

Classe Trematoda

A classe Trematoda reúne helmintos que apresentam o corpo achatado dorsoventral, no entanto, o mesmo não apresenta segmentação evidente. Grande parte das espécies apresenta espinhos, sendo que estas estruturas auxiliam a sua fixação no organismo do hospedeiro, podendo ser observada também a presença de ventosas.

De acordo com Fonseca & Pereira (2002), algumas espécies podem apresentar indivíduos machos e fêmeas, o que é considerado exceção dentro deste grupo de helmintos.

Uma das características biológicas que permite a disseminação no ambiente aquático é o possível envolvimento com mamíferos marinhos, aves, peixes e crustáceos, bem como a necessidade de parte das espécies de helmintos deste grupo requerer mais de uma espécie de hospedeiro para completar seu ciclo de vida, sendo caracterizados como heteroxenos (GONZALEZ, 2017). Este ciclo envolve a participação de peixes do topo da cadeia alimentar, aves, mamíferos marinhos e, eventualmente, o humano como hospedeiro definitivo, e os demais como hospedeiros intermediários. Cabe ressaltar que, bem como crustáceos e peixes menores, todos os outros também poderiam atuar como hospedeiro intermediário (MARCHIORI, 2008).

Eiras *et al.* (2017), fazendo uma compilação sobre os principais aspectos relacionados a ictioparasitoses, observaram a presença de helmintos em pescado como de ampla distribuição, independente de questões relacionadas ao clima. Entre as espécies incluem-se *Clonorchis sinensis*, *Opistorchis felineus*, *Opistorchis viverrini*, *Heterophyesspp.*, *Metagonimus spp.*, *Diplostomum spathaveum*, *Pygidiopsis summa*, *Stellantchasmus musfalcatus*, *Procerovum varium*, *Haplorchisspp.*, *Nanophyetus schickhobalowi*, *Cryptocotyle lingua*, *Gonadosdasmius sp.*, *Metorchis con junctus*, *Echinoschasmus perfoliatus*, *Echinostoma hortense*, *Clinostomum complanatum*, *Pseudamphistomum truncatum*, e *Isoparorchis hypselobagri*.

Classe Cestoda

Dentro desta classe encontramos organismos amplamente conhecidos como têniias, helmintos que apresentam o corpo dividido em três partes. Uma região anterior chamada de escólex ou escolice, que pode apresentar ventosas ou dobras do tegumento, além de outras estruturas de fixação, como ganchos (RUPPERT & BARNES, 2005). Logo após esta região existe uma constrição, chamada colo, que é responsável pela produção da terceira parte do corpo, denominada de estróbilo (BRUSCA *et al.*, 2018). Este estróbilo é segmentado e cada segmento recebe o nome de proglótide ou proglote (MARKELL, 2003).

O tamanho do corpo varia de acordo com a espécie. São organismos com sistema digestório ausente ou incompleto (BRUSCA & BRUSCA, 2007). Do ponto de vista biológico, o ciclo possui a complexidade de requerer mais de uma espécie para ser hospedeira, e no ambiente marinho, além de peixes, vai envolver a participação de crustáceos (FORTES, 2004). Os cestóides adultos são encontrados na luz intestinal dos hospedeiros definitivos (REY, 2014), e as larvas são encontradas na musculatura, vísceras e cavidade abdominal (EIRAS, 1994).

Existem diversos estudos na literatura sobre o parasitismo de pescados por helmintos deste grupo, dentre os quais: *Tentacularia coryphaenae*, *Nyblelina sp.* e *Mixonybelinia sp.* (SÃO CLEMENTE *et al.*, 2007), *Pterobothrium crassicolle* (PORTO *et al.*, 2014), e espécies do gênero *Diphyllobothrium* (CHAI *et al.*, 2005).

Filo Acanthocephala

São organismos que possuem probóscide retrátil com ganchos, seguido do pescoço e tronco (RUPPERT & BARNES, 2005), sendo a probóscide a estrutura que possui maior relevância para identificação de espécie (EIRAS, 1994).

De acordo com Eiras (1994), existem cerca de 400 espécies de Acanthocephala parasitos de peixes. Santos *et al.* (2008), através de revisões bibliográficas, registraram 23 gêneros e 13 espécies de acantocéfalos parasitos de 119 peixes coletados de água doce, salobra e marinha da fauna brasileira.

Filo Nematoda

Este filo abrange helmintos reconhecidos pelo formato do corpo alongado, não segmentado, cilíndrico e com extremidades afiladas (REY, 2014). De acordo com registros, existem aproximadamente 700 espécies de nematóides parasitos de peixes (EIRAS, 1994).

Neste grupo, devido ao extenso potencial zoonótico, a família Anisakidae apresenta o maior destaque (ACOSTA & SILVA, 2015), sendo os principais gêneros: *Anisakis*, *Phocanema*, *Terranova*, *Contracecum*, *Pseudoanisakis*, *Hysterothylacium* (OKUMURA *et al.*, 1999), *Eustrongylides* (NEVES, 2009), *Capillaria*, *Angiostrongylus* e *Gnathostoma* (MASSON & PINTO, 1998).

O ciclo previsto para os nematóides parasitos de pescado envolve espécies distintas de hospedeiro, sendo hospedeiros definitivos mamíferos marinhos ou peixes do topo da cadeia alimentar, e crustáceos como hospedeiros intermediários (PEREIRA, 2000). Neste ciclo, também tem sido observada a presença de hospedeiros paratênicos ou de transporte (GÓMEZ SÁENZ *et al.*, 1999).

Devido ao papel relevante do parasitismo por helminto em pescados e a necessidade de melhor entendimento da ação destes parasitos nos humanos, fica evidente a necessidade de mais estudos que possam identificar o maior número de ictioparasitoses e assim, subsidiar ações voltadas à saúde humana e às estratégias para evitar perdas dos recursos pesqueiros.

Metodologia

Para este estudo foram analisados 45 exemplares, sendo 15 coletados no âmbito do Projeto Bonito-listrado pelo Laboratório de Biologia do Nécton e Ecologia Pesqueira – ECPESCA/UFF e 30 obtidas no desembarque pesqueiro de Niterói pelo Laboratório Integrado de Zoologia – UFRJ. Em ambos os casos, as coletas ocorreram na costa do estado do Rio de Janeiro.

Coleta de Helmintos

A coleta de helmintos tanto pelo Laboratório ECOPESCA – UFF, quanto pelo Laboratório de Imunoparasitologia – UFRJ, *Campus Macaé*, seguiu o mesmo protocolo.

Durante a necropsia do peixe, foi feita uma abertura da cavidade e exposição dos órgãos. Estes foram separados individualmente em placas de Petri, contendo solução de cloreto de sódio 0,9%. Os órgãos foram inspecionados e os helmintos coletados foram lavados em solução de NaCl 0,9%, separados de acordo com o órgão inspecionado e o filo, e acondicionados em frascos contendo AFA (Ácido Acético Glacial, Formol 37% e Álcool Etílico 70%).

Microscopia de Luz

Para obtenção de dados morfológicos e morfométricos, os helmintos foram clarificados em fenol a 90%, montados entre lâmina e lamínula e observados com o auxílio de microscópio Olympus CX31 acoplado com câmara clara, de acordo com o proposto por Mafra & Lanfredi (1998). As micrografias foram realizadas em microscópio óptico Olympus BX51 acoplado ao sistema de captura de imagem Olympus DP-71, no Laboratório Integrado de Morfologia (NUPEM – UFRJ).

Descritores quantitativos de populações de parasitas

Os índices parasitológicos, como prevalência e intensidade média foram levantados de acordo com Margolis *et al.* (1982) e Bush *et al.* (1997), sendo calculados:

- Prevalência = número de peixes infectados por uma determinada espécie dividida pelo número de hospedeiros examinados $\times 100$;
- Intensidade média = número total de parasitos de uma espécie dividido pelo número de hospedeiros infectados por essa espécie.

Resultados e Discussão

Para as análises foram coletados 45 exemplares de bonito-listrado com comprimento total médio e desvio padrão de $49,5 \pm 3,4$ cm para fêmeas e $48,5 \pm 5,1$ cm para os machos, e peso médio e seu desvio padrão de $5,3\text{ Kg} \pm 98,45\text{ g}$ para as fêmeas e de $4,9\text{ Kg} \pm 115\text{ g}$ para os machos.

Descritores quantitativos das populações de parasitos

Dos 45 exemplares, 100% encontravam-se parasitados por 794 espécimes helmintos coletados e identificados de acordo com a literatura. Dos 45 bonitos-listrados, 30 estavam infectados por nematoides, 8 por acantocéfalos e 1 por cestoides. Os sítios de infecção foram músculo, intestino, estômago e fígado. A distribuição é observada na tabela 1.

Durante as análises do primeiro lote amostral, quando o pescado foi descongelado, observou-se alteração na textura dos tecidos e indícios de decomposição, o que pode ter influenciado a não observação de helmintos encapsulados na musculatura, na cavidade e nos órgãos. Para evitar discrepância no índice de prevalência, optou-se por fazer o cálculo destes descritores separadamente, para cada lote.

A prevalência parasitária de *Acanthocephala* foi de 53,3%, considerando o primeiro lote amostral. Enquanto o segundo lote amostral, que consistia em pescado fresco, obteve os seguintes dados de prevalência: 100% infectados por *Nematoda* e 3,3% por *Cestoda*. Com relação à incidência (em número), foi observado: 14; 22,7; 1 para *Acanthocephala*, *Nematoda* e *Cestoda*, respectivamente.

Tabela 1. Prevalência total e distribuição corporal dos helmintos

Grupo	Nº de peixes examinados	Nº de peixes infectados	Prevalência Total (%)	Número de Parasitos				
				Estômago	Fígado	Músculo	Peritônio	Intestino
Congelado	15	8	53,3	–	–	–	–	8
Fresco	30	30	100	30	46	242	24	444

Aspectos Morfológicos dos Helmintos Encontrados

Neste estudo foi verificado que os nematoides foram os parasitos mais prevalentes. Pelas características observadas, os mesmos pertencem à família Anisakidae (Fig. 1) e os dados corroboram os resultados obtidos por Cavaleiro *et al.* (2017) analisando *K. pelamis* coletados no Arquipélago da Madeira. Além disso, anisaquídeos foram relatados por Cardoso *et al.* (2006) em peixes comercializados no Rio de Janeiro e identificados através de biologia molecular por Kuhnet *et al.* (2013) e Anshary *et al.* (2014). Freire *et al.* (2016), analisando *K. pelamis* obtidos no Terminal Pesqueiro Municipal de Aracaju, observaram a presença de *Anisakis* sp. com a prevalência de 38,4% dos exemplares analisados.

Os anisaquídeos despertam interesse não apenas por seu papel enquanto ictioparasitos com alta prevalência, mas também por seu papel na saúde pública humana, sendo apontada como a principal zoonose transmitida pelo pescado infectado por larvas de *Anisakis*, *Pseudoterranova*, *Contracaecum* (BROGLIA & KAPEL, 2011). Pouco se sabe sobre as consequências desta infecção em pescados no ambiente fora de confinamento, enquanto no humano, de acordo com trabalhos realizados por Martínez *et al.* (2009) e Magalhães *et al.* (2012), causam sintomatologia variando entre episódios de alterações gastrointestinais a alergias.

Estudos realizados por Alves & Luque (2006) demonstraram que os nematoides da família Anisakidae, para completar o ciclo de vida, necessitam infectar outras espécies, sendo estas classificadas como hospedeiro intermediário e paratênicos de diferentes níveis tróficos, até que finalmente infectem mamíferos marinhos, que atuariam como hospedeiro definitivo.

Fazendo uma revisão sobre ictioparasitoses que apresentam papel zoonótico, Eiras *et al.* (2016) relata a existência de cinco casos humanos de nematoidias transmitidas por peixes no Brasil: dois relatos confirmados e um provável com espécies de *Gnathostoma* (caso importado), um caso com *Anisakis* sp. e um caso com *Dioctophyma renale*.

De acordo com Magalhães *et al.* (2012), as larvas ingeridas junto com o pescado pelo humano podem não causar sintomas ou gerar sintomas que se assemelham a outros quadros patológicos, eventualmente causando quadros alérgicos (PURELLO-D'AMBROSIO *et al.*, 2000), sendo o Japão o país que comumente apresenta a maior prevalência de anisquíase humana (CHAI *et al.*, 2005).

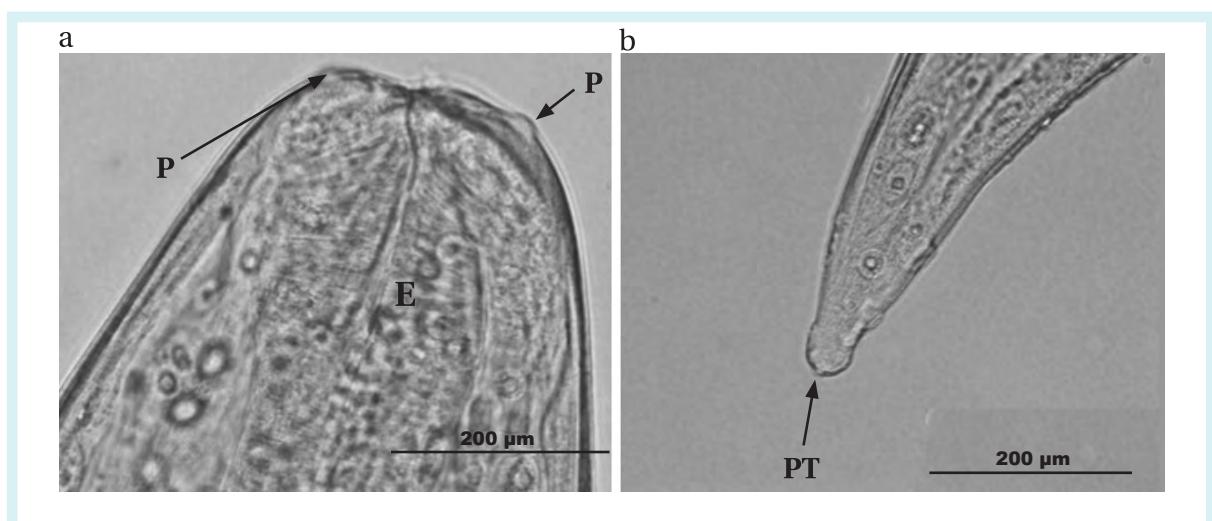


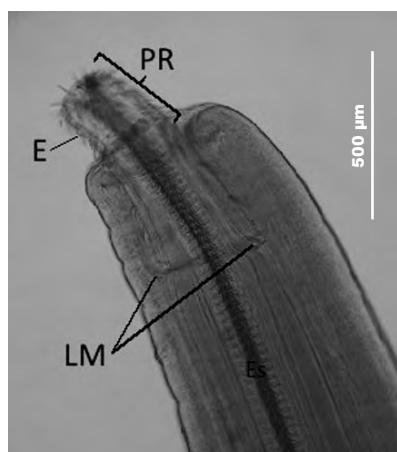
Figura 1. Microscopia de Luz do Anisakidae encontrado parasitando *Katsuwonus pelamis*. (a) Extremidade anterior mostrando as papilas (P) e o esôfago (E). (b) Detalhe da extremidade posterior mostrando a papila terminal (PT). Fonte: Acervo Pessoal.

Durante as análises foi evidenciada a presença de Acanthocephala (Fig. 2). A infecção por Acanthocephala é bastante recorrente em pescado (SANTOS *et al.*, 2008), no entanto, existem poucos relatos em *K. pelamis*. Amin *et al.* (2009), analisando *K. pelamis* coletados na costa do pacífico, fazem uma redescruição morfológica da espécie *Rhadinorhynchus ornatus*, utilizando microscopia eletrônica de varredura, e relatam que o comprimento e a espessura dos ganchos são critérios importantes para definição da espécie. O parasitismo por *R. ornatus* foi também observado por Freire *et al.* (2009) em exemplares de bonito-listrados coletados em Aracaju, com prevalência de 92,3%.

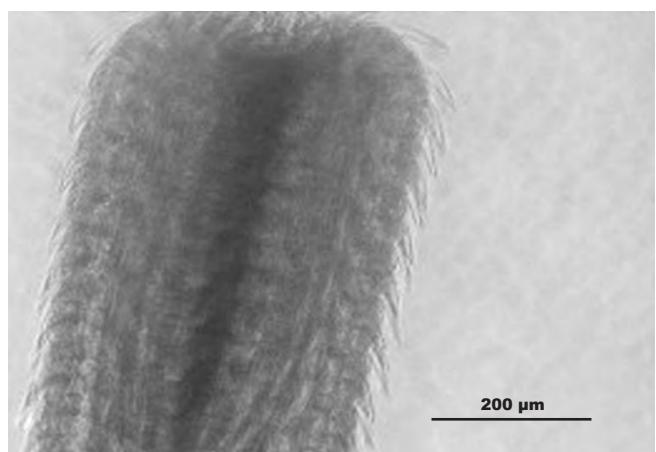
Apesar de não existirem trabalhos associando a infecção de *K. pelamis* com acantocéfalos indicadores de saúde do pescado, possivelmente, pelo perfil de adesão do parasito causando lesões pela penetração nos órgãos, é possível que ele cause danos, como observado em outras espécies (FISCHER, 1998).

Malta *et al.* (2001) observaram a prevalência de acantocéfalos de 100% estudando parasitismo em Tambaqui, ocasionando uma intensa taxa de mortalidade. Estes prejuízos em cativeiro devido ao parasitismo foram relatados por Santos & Malta (2010) e Mariano & Tavares-Dias (2015), bem como a importância higiênico-sanitária, devido ao aspecto repugnante que ocasiona no tecido do pescado (SÃO CLEMENTE, 1995; MATOS *et al.*, 2003), o que impossibilita sua comercialização.

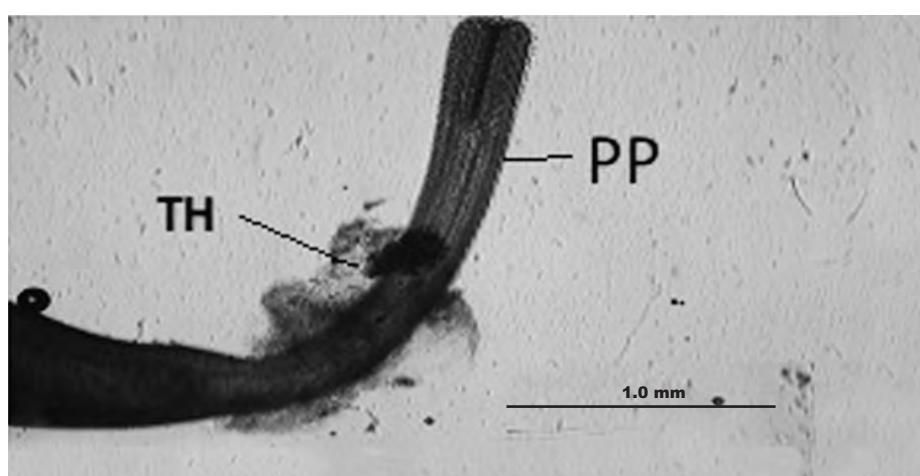
Apesar da baixa prevalência de Cestoda (3,3%), é importante destacar que de forma similar ocorreu uma baixa prevalência deste grupo no estudo realizado por Freire *et al.* (2009), no entanto, estudos realizados por Hermida *et al.* (2018) relatam elevada prevalência de Cestoda em estágio larval, ambos analisando o parasitismo em *K. pelamis*.



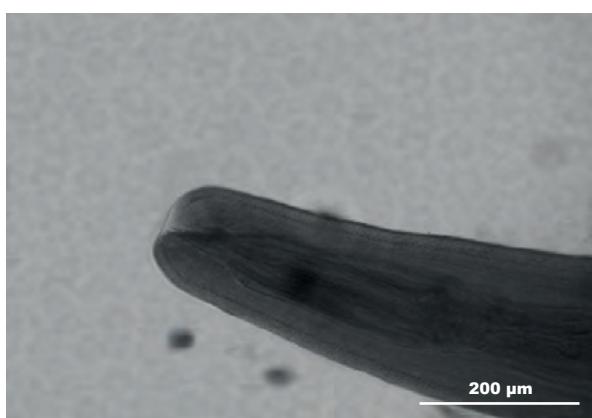
(a) Extremidade anterior mostrando tronco cilíndrico probóscide retraída (PR) com espinho, par de leminisco (LM) e esôfago (Es).



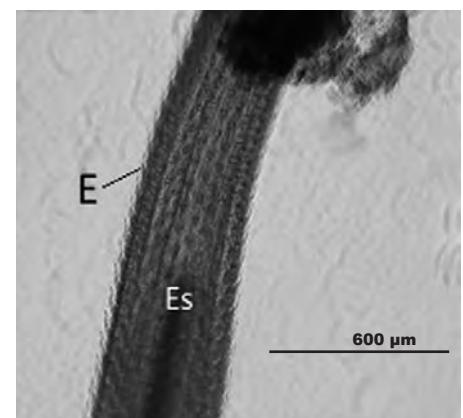
(b) Detalhe da extremidade anterior mostrando os espinhos da probóscide.



(c) Probóscide projetada (PP) com fragmentos de tecido do hospedeiro (TH).



(d) Detalhe da extremidade posterior cilíndrica.



(e) Extremidade anterior mostrando probóscide projetada com espinhos (E) e esôfago.

Figura 2. Microscopia de luz do Acanthocephala encontrado parasitando *Katsuwonus pelamis*. Fonte: Acervo Pessoal.

Apesar de em nossas análises ter sido evidenciado apenas um Cestoda (Fig. 3), existem muitos estudos abordando o parasitismo com cestoides em pescado, sendo um número relevante sobre a ordem Trypanorhyncha (DIAS *et al.*, 2010). São Clemente *et al.* (1995), estudando peixe-porco, relatam uma prevalência de cerca de 80% de parasitismo por este grupo. Em *K. pelamis* foi relatada presença de Cestoda por Freire *et al.*, 2018. Cumpre-se ressaltar que como descrito por Oliveira *et al.* (2009), mesmo não sendo transmissíveis ao homem, algumas espécies de helmintos acabam inviabilizando a comercialização devido a aparência que a musculatura parasitada pelos helmintos passa apresentar.

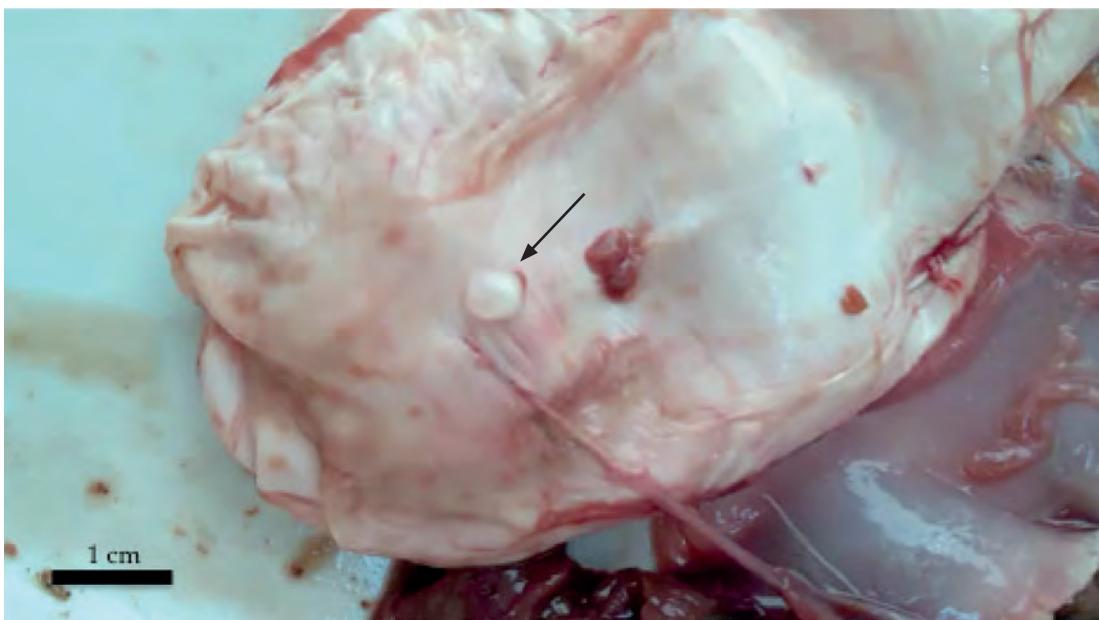


Figura 3. Cestoda perfurando o estômago de *Katsuwonus pelamis*. Fonte: Acervo Pessoal.

Apesar de prevalente em pescado, não foi observada a presença de *Diphyllobothrium* spp. nas amostras analisadas neste estudo. As infecções por *Diphyllobothrium* spp. apresentam grande relevância, sendo necessária grande atenção na inspeção das vísceras e musculatura do pescado, por ser um dos maiores causadores de zoonoses por Cestoda (JIMENEZ *et al.*, 2012). Dados compilados por Oliveira *et al.* (2017) demonstram que foram registrados pela vigilância epidemiológica, 92 casos no Brasil entre 2004–2008. No entanto, é provável que ocorra muita subnotificação nos casos devido a sintomatologia que é inespecífica.

Hermida *et al.* (2019) demonstram que, de uma forma geral, existe uma diferença sazonal entre o parasitismo por helmintos em *K. pelamis* coletados na região do arquipélago da Ilha da Madeira. O fato de não terem ocorrido coletas em diferentes estações do ano, pode justificar os resultados do presente estudo, uma vez que apesar de *K. pelamis* apresentar alta relevância parasitária, ocorreu baixa diversidade entre os parasitos encontrados.

Do ponto de vista legal e devido ao intenso parasitismo, é recomendável que aconteça a inspeção do pescado a ser comercializado. De acordo com as leis reguladoras em vigência sanitária, é importante observar o que versa legislação nacional, a saber:

a) CODEX STAN 190-1995 NORMA PARA FILETES DE PESCADO CONGELADOS RÁPIDAMENTE. Adotada em 1995. Revisada em 2011, 2013, 2014. É considerada defeituosa a amostra que revele a presença de dois ou mais parasitas por quilograma de amostra encapsulados com mais de 3 mm de diâmetro ou a presença de um parasita não encapsulado com mais de 10 mm (BRASIL, 2014).

b) DECRETO Nº 9.013, DE 29 DE MARÇO DE 2017 – Regulamento de Inspeção Industrial e Sanitária de Produtos de Origem Animal (RIISPOA):

Art. 209. Os controles oficiais do pescado e dos seus produtos, no que for aplicável, abrangem, além do disposto no art. 10, o que se segue: [...] V - controle de parasitas.

Art. 499. Além dos casos previstos no art. 497, o pescado ou os produtos de pescado devem ser considerados impróprios para consumo humano, na forma como se apresentam, quando:

I - estejam em mau estado de conservação e com aspecto repugnante; [...]

IV - apresentem infecção muscular maciça por parasitas; [...] (BRASIL, 2017)

É extremamente necessário o atendimento das normas regulatórias vigentes, uma vez que pouco se sabe sobre métodos que possam tornar o pescado infectado com larvas ou helmintos adultos sem risco para o consumidor, mesmo após o cozimento.

Considerações Finais

Devido à relevância do bonito-listrado no cenário pesqueiro nacional e aos escassos resultados com relação ao impacto do parasitismo, tanto para a saúde animal, quanto para a saúde humana, torna-se cada vez mais necessário realizar estudos sobre a biologia do parasitismo como estratégia para prevenir surtos, que pela não identificação do agente parasitário, poderia ocasionar o agravamento da patologia nos humanos e a perda econômica no mercado pesqueiro.

Referências Bibliográficas

- ACOSTA, A. A.; SILVA, R. J. First Record of *Hysterothylacium* sp. Moravec, Kohn et Fernandes, 1993 larvae (Nematoda: Anisakidae) infecting the ornamental fish *Hyphessobrycon eques* Steindachner, 1882 (Characiformes, Characidae). *Brazilian Journal of Biology*, São Carlos, v. 75, n. 3, p. 638-642, 2015. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/1519-6984.19913>. Acesso em: 08 jul. 2020.
- ADAMS, M.B.; HAYWARD, C.J.; NOWAK, B.F. Branchial Pathomorphology of Southern Bluefin Tuna *Thunnus maccoyii* (Castelnau, 1872) Infected by Helminth and Copepodan Parasites. *Front Physiol.*, v. 8, n. 187, 2017.
- AL-HASAWI, Z. M. Environmental Parasitology: intestinal helminth parasites of the siganid fish *Siganus rivulatus* as bioindicators for trace metal pollution in the Red Sea. *Parasite*, v. 26, n. 12, 2019.
- ALVES, D. R.; LUQUE, J. L. Community ecology of the metazoan parasites of Five Scombrid species (Perciforme: Scombridae), from the coastal zone of the State of Rio de Janeiro, Brasil. *Ver Bras Parasitol Vet.*, v. 15, n. 4, p. 167-181, 2006.
- AMIN, O. M.; HECKMANN, R. A; RADWAN, N. A.; ANCHUNDIA, J. S.; ALCIVAR, M. A. Redescription of *Rhadinorhynchus ornatus* (Acanthocephala: Rhadinorhynchidae) from skipjack tuna, *Katsuwonus pelamis*, collected in the Pacific Ocean off South America, with special reference to new morphological features. *J. Parasitol.*, v. 95, n. 3, p. 656-664, 2009.
- ANSHARY, H.; SRIWULAN; FREEMAN, M. A.; OGAWA, K. Occurrence and Molecular Identification of Anisakis Dujardin, 1845 from Marine Fish in Southern Makassar Strait, Indonesia. *Korean J Parasitol.*, v. 52, n. 1, p. 9-19, 2014.
- BRASIL. MAPA. CODEX STAN 190-1995 *Norma para filetes de pescado congelados rapidamente*, 2014.
- BRASIL. DECRETO Nº 9.013, DE 29 DE MARÇO DE 2017 - *Regulamento de Inspeção Industrial e Sanitária de Produtos de Origem Animal* (RIISPOA), 2017.
- BROGLIA, A.; KAPEL, C. Changing dietary habits in a changing world: Emerging drivers for the transmission of food borne parasitic zoonoses. *Veterinary Parasitology*, v. 182, p. 2-13, 2011.
- BRUSCA, R. C.; BRUSCA, G. J. *Invertebrados*. 2^a ed. Rio de Janeiro: Editora Guanabara Koogan, 2007.
- BRUSCA, R. C.; MOORE, W.; SHUSTER, S. M. *Invertebrados*. 3^a ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2018.
- BUSH, A. O.; LAFFERTY, K. D.; LOTZ, J. M.; SHOSTAK, A. W. Parasitology meets ecology on its own terms: Margolis et al. revisited. *Journal of Parasite*, v. 83, p. 575583, 1997.
- BUSSIERAS, J.; ALDRIN, J. F. *Sphyrioccephalus dollfusi* n. sp., the cestode Trypanorhyncha, a stomach parasite of the Patudo tuna, *Thunnus obesus*. *Ann Parasitol Hum Comp.*, v. 43, n. 6, p. 645-653, nov./dez. 1968.
- CARDENAS, M. Q.; MORAVEC, F.; KOHN, A. First record of *Philometra katsuwoni* (Nematoda, Philometridae), a parasite of skipjack tuna *Katsuwonus pelamis* (Perciformes, Scombridae), off South American Atlantic Coast. *Biota Neotrop.*, v. 9, n. 2, p. 263-266, 2009.

CARDOSO, T. P.; SALGADO, R. L.; ANDRADE, P. F.; SÃO CLEMENTE, S. C.; LIMA, S. C. Nematodes of Anisakidae family andcestodes of Trypanorhyncha order in teleosts fishes commercialized in Rio de Janeiro State. *R. Bras. Ci. Vet.*, v. 13, n. 2, p. 98-101, 2006.

CHAI, J. Y.; MURRELL, K. D.; LYMBERY, A. J. Fish-borne parasitic zoonoses: Status and issues. *International Journal for Parasitology*, v. 35, p. 1233-1254, 2005.

CROMPTON, D. W. How Much Helminthiasis Is There in the World? *Journal of Parasitology*, v. 85, p. 397-403, 1999.

DIAS, F. J. E.; SÃO CLEMENTE, S. C.; KNOFF, M. Nematoides anisaquídeos e cestoides *Trypanorhyncha* de importância em saúde pública em *Aluterusmonoceros* (Linnaeus, 1758) no Estado do Rio de Janeiro, Brasil. *Revista Brasileira de Parasitologia Veterinária*, v. 19, n. 2, p. 94-97, 2010.

EIRAS, J. C. *Elementos de Ictioparasitologia*. Porto: Fundação Eng. António de Almeida, 1994.

EIRAS, J. C.; PAVANELLI, G. C.; TAKEMOTO, R. M. et al. Potential risk of fish-borne nematode infections in humans in Brazil – current status based on a literature review. *Food and Waterborne Parasitology*, v. 5, p. 1-6, 2016.

EIRAS, J. C.; VELLOSO, A. L.; PEREIRA JR, J. (Eds.) *Parasitos de peixes marinhos da América do Sul*. [recurso eletrônico] Rio Grande: Ed. da FURG, 2017.

FISCHER, C. *A fauna de parasitas do tambaqui Colossoma macropomum (Cuvier, 1818) (Characiformes: Characidae) do médio rio Solimões (AM) e baixo rio Amazonas (PA) e seu potencial como indicadores biológicos*. Dissertação de Mestrado. Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia, Fundação Universidade do Amazonas. Manaus, 63p., 1998.

FONSECA, A. H; PEREIRA, M. J. S. *Classificação e morfologia de Platelmintos em medicina veterinária: Cestóides*. Coleção Parasitológica Veterinária. Seropédica, 2002.

FORTES, E. *Parasitologia veterinária*. 4^a ed. São Paulo: Ícone, 2004. 607p.

FREIRE et al. Fauna Parasitária de Escombrídeos (Perciformes: Scombridae) desembarcados no Terminal Pesqueiro de Aracaju. *Anais 2016: 18^a Semana de Pesquisa da Universidade Tiradentes. “A prática interdisciplinar alimentando a Ciência”*. 2016. ISSN: 1807-2518

GELNAR, M.; SEBELOVÁ, S.; DUSEK, L.; KOUBKOVÁ, B.; JURAJDA, P.; ZAHRÁDKOVÁ, S. Biodiversity of parasite in freshwater environment in relation to pollution. *Parasitol.*, v. 39, p. 189-199, 1997.

GÓMEZ SÁENZ, J. T.; GÉREZ CALLEJAS, M. J.; ZANGRÓNIZ URUÑUELA, M. R.; MURO OVEJAS, E.; GONZÁLEZ, J. J.; GARCÍA PALACIOS, M. J. Reacciones de hipersensibilidad y manifestaciones digestivas producidas pela ingestión de pescado parasitado por *Anisakis simplex*. *Semergen*, v. 25, p. 792-797, 1999.

GONZALEZ, M. S. *Parasitologia na Medicina Veterinária*. 2^a ed. São Paulo: Editora Roca, 2017.

HALMETOJA, A., VALTONEN, E. T., KOSKENNIEMI, E. Perch (*Perca fluviatilis* L.) parasites reflect ecosystem conditions: a comparison of a natural lake and two acidic reservoirs in Finland. *Int. J. Parasitol.*, v. 30, p. 1437-1444, 2000.

HERMIDA, M.; CAVALEIRO, B.; GOUVEIA, L.; SARAIVA, A. Parasites of skipjack, *Katsuwonus pelamis*, from Madeira, Eastern Atlantic. *Parasitol Res.*, v. 117, n. 4, p. 1025-1033, abr. 2018.

HERMIDA, M.; CAVALEIRO, L.; GOUVEIA, A.; SARAIVA, A. Seasonality of skipjack tuna parasites in the Eastern Atlantic provide an insight into its migratory patterns. *Fisheries Research*, v. 216, p. 167-173, 2019.

JIMENEZ, J. A.; RODRÍGUEZ, S.; GAMBOA, R.; RODRIGUEZ, L.; GARCIA, H. H. *Diphyllobothrium pacificum* infection in seldom associated with megaloblastic anemia. *American Journal of Tropical Medicine and Hygiene.*, v. 87, p. 897-901, 2012.

KENNEDY, C.R.; DI CAVE, D.; BERRILLI, F.; ORECCHIA, P. Composition and structure of helminth communities in eels *Anguilla anguilla* from Italian coastal lagoons. *J Helminthol.*, v. 71, n. 1, p. 35-40, 1997.

KNOFF, M.; FONSECA, M.; NUNES, N.; SANTOS, A.; SÃO CLEMENTE, S.C.; KOHN, A.; GOMES, C. Anisakidae And Raphidascarididae Nematodes Parasites Of Tuna (Perciformes: Scombridae) From State Of Rio de Janeiro, Brazil. *Neotropical Helminthology.*, v. 11, p. 45-52, 2017.

KUHN, H.; HAULER, F.; HARRY, W. P.; KLIMP, S. Global assessment of molecularly identified *Anisakis Dujardin*, 1845 (Nematoda: Anisakidae) in their teleost intermediate hosts. *Folia Parasitologica*, v. 60, n. 2, p. 123-134, 2013.

MAFRA, A. C. A.; LANFREDI, R. M. Revaluation of *Physaloptera bispiculata* (Nematoda: Spirurida) by light and scanning electron microscopy. *Journal of Parasitology*, v. 84, n. 3, p. 582-588, 1998.

MAGALHÃES, A. M. S.; COSTA, B. S.; TAVARES, G. C.; CARVALHO, S. I. G. Zoonoses parasitárias associadas ao consumo de carne de peixe cru. *PUBVET*, Londrina, v.6, n. 25, ed. 212, 2012.

MALTA, J. C. O.; GOMES, A. L. S.; ANDRADE, A. M. S.; VARELLA, A. M. B. Infestações maciças por acantocéfalos, *Neoechinorhynchus buttnerae* Golvan, 1956, (Eoacanthocephala: Neoechinorhynchidae) em tambaquis jovens, *Colossoma macropomum* (Cuvier, 1818), cultivados na Amazônia Central. *Acta Amazonica*, v. 31, p. 133-143, 2001.

MARGOLIS, L.; ESCH, G. W.; HOLMES, J. C.; KURIS, A. M.; SCHAD, G. A. The Use of Ecological Terms in Parasitology (Report of an Ad Hoc Committee of the American Society of Parasitologists). *The Journal of Parasitology*, v. 68, n. 1, p. 131-133, 1982.

MARKELL, E. K. et al. *Parasitologia médica*. 8^a ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2003.

MARTINEZ, E.; LOAIZA, L.; BASTIDAS, G. Anisakiosis. *Comunidad y Salud*, v. 7, n. 2, p. 18-22, 2009.

MASSON, M. L.; PINTO, R. A. Perigos potenciais associados ao consumo de alimentos derivados de peixe cru. *B. CEPPA*, Curitiba, v. 16, n. 1, p. 71-84, 1998.

MATTOS, D. P. B. G; VERÍCIMO, M. A.; SÃO CLEMENTE, S. C. O Pescado e os Cestoides Trypanorhyncha – Do aspecto higiênico ao potencial alergênico. *Vet. Not.*, Uberlândia, v. 19, n. 2, p. 127-139, 2003.

MORAVEC, F.; LORBER, J.; KONECNY, R. Two new species of parasitic nematodes from the dogtooth tuna *gymnosarda unicolor* (pisces) off the maldive islands. *Journal of Parasitology*, v. 93, n. 1, p. 171-178, mar. 2007.

OLIVEIRA, S. A. L.; SÃO CLEMENTE, S. C.; BENIGNO, R. N. M.; KNOFF, M. *Poecilancistrium caryophyllum* (Diesing, 1850) (Cestoda, Trypanorhyncha), parasito de *Macrodon ancylodon* (Bloch & Schneider, 1801) do litoral Norte do Brasil. *Revista Brasileira de Parasitologia Veterinária*. v. 18, n. 4, p. 71-73, 2009.

OLIVEIRA, S. S. S.; NUNES, E. F. C.; DE SOUSA, A. P. P.; MARQUES, F. H. D.; RAMOS, I. S.; SILVA, M. B.; OLIVEIRA, T. M.; MEDEIROS, B. G. S.; PEIXOTO, M. R. S. M. Estudo do número de casos de dífilobotriase no Brasil. *BIOFARM*, v. 13, n. 2, 2017.

PALACIOS-ABELLA, J. F.; RODRÍGUEZ-LLANOS, J.; VÍLLORA-MONTERO, M.; MELE, S.; RAGA, J. A.; MONTERO, F. E. Diagnostic accuracy of the light microscope method to detect the eggs of *Cardicola* spp. in the gill filaments of the bluefin tuna. *Vet Parasitol.*, v. 30, n. 247, p. 26-32, 2017.

PEREIRA, A. D.; ATUI, M. B.; TORRES, D. M. A. G. V.; MANGINI, A. C.; ZAMBONI, C. Q. Incidência de parasitos da Família Anisakidae em bacalhau (*Gadus morhua*) comercializado no Estado de São Paulo. *Rev. Inst. Adolfo Lutz*, v. 59, n. 1-2, p. 45-49, 2000.

PORTO, C. J. S.; SÃO CLEMENTE, S. C.; FREITAS, M. Q.; SÃO CLEMENTE, R. R. B.; KNOFF, M.; MATOS, E. *Pterobothrium crassicolle* (Eucestoda: Trypanorhyncha) em corvinas, *Micropogonias furnieri*, comercializadas no município de Niterói, Rio de Janeiro, Brasil. *Revista Brasileira de Ciência Veterinária*, v. 16, p. 133-135, 2009.

PURELLO-D'AMBROSIO, F.; PASTORELLO, E.; GANGEMI, S.; LOMBARDO, G.; RICCIARDI, L.; FOGLIANI, O.; MERENDINO, R. A. Incidence of sensitivity to *Anisakis simplex* in a risk population of fisherman/fishmongers. *Ann. Allergy Asthma Immunol.*, v. 84, p. 439-444, 2000.

REY, L. *Bases da parasitologia médica*. 3^a ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2014.

RUPPERT, E. E.; FOX, R. S.; BARNES, R. D. *Zoologia dos Invertebrados: uma abordagem funcional-evolutiva*. 7^a ed. São Paulo: Roca, 2005.

SANTOS, A. K. S.; MALTA, J. C. O. A fauna de Protozoa, Acanthocephala, Nematoda e Crustacea parasitas do *Arapaima gigas* (Schinz, 1822) (Osteichthyes: Arapaimatidae criados em cati-veiro na Amazônia central. *Revista Igapó*, v. 4, p. 74-79, 2010.

SANTOS, C. P.; GIBSON, D. I.; TAVARES, L. E. R.; LUQUE, J. L. Checklist of Acanthocephala associated with the fishes of Brazil. *Zootaxa*, v. 1938, p. 1-22, 2008.

SÃO CLEMENTE, S. C.; KNOFF, M.; LIMA, F.; ANDRADA, C. D. G.; FELIZARDO, N. N.; PADOVANI, R. E. S.; GOMES, D. C. Cestóides Trypanorhyncha parasitos de peixe sapo-pescador, *Lophius gastrophysus* Miranda-Ribeiro, 1915, comercializados no Estado do Rio de Janeiro, Brasil. *Rev. Bras. Parasitol. Vet.*, v. 16, n. 1, p. 37-42, 2007.

SÃO CLEMENTE, S. C.; LIMA, F. C.; UCHOA, C. M. A. Parasitos de *Balistes vetula* (L.) e sua importância na inspeção do pescado. *Revista Brasileira de Ciência Veterinária*, v. 2, n. 2, p. 39-41, 1995.

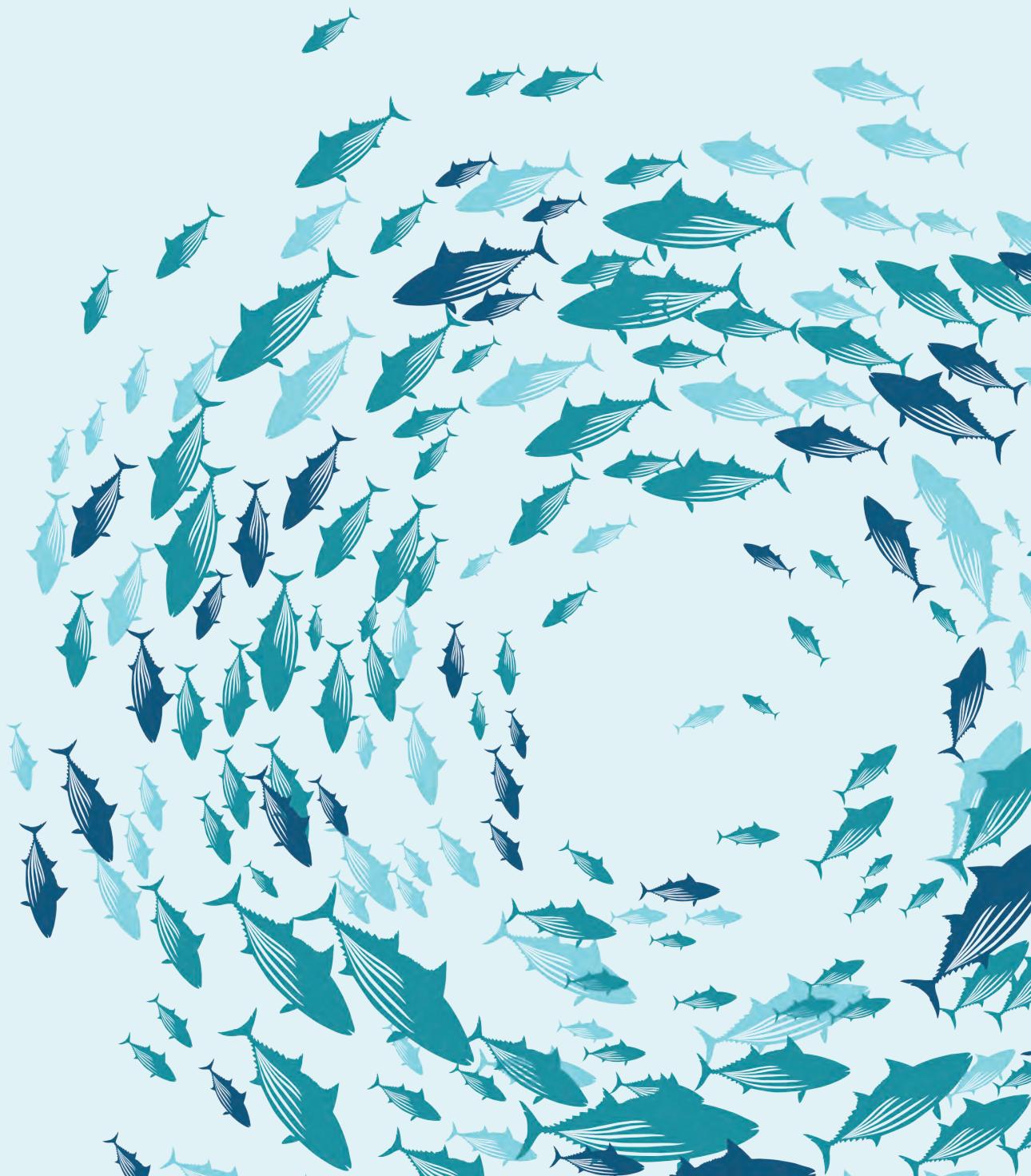
TAVARES-DIAS, M.; MARIANO, W. S. (Orgs.) *Aquicultura no Brasil: novas perspectivas*. v. 1. São Carlos: Pedro & João Editores, 2015.

THIELEN, F.; ZIMMERMANN, S.; BASKA, F.; TARASCHEWSKI, H.; SURES, B. The intestinal parasite *Pomphorhyncus laevis* (Acanthocephala) from barbel as bioindicator for metal pollution in the Danube River near Budapest, Hungary. *Environ. Pollut.*, v. 129, p. 420-429, 2004.

WEISS, R. A. Virulence and pathogenesis. *Trends Microbiol.*, v. 10, n. 7, p. 314-317, jul. 2002.

Unidade III

PESCA E SUSTENTABILIDADE



Dinâmica da frota de vara e isca-viva no Atlântico Sudoeste

9

Raquel Rennó M. Martins, Fernanda Gonçalves e Silva,
Júlia Benevenuti Soares, Cassiano Monteiro-Neto,
Marcus Rodrigues da Costa, Rafael de Almeida Tubino,
Lauro A. Saint Pastous Madureira, Jorge Pablo Castello

Introdução

Os atuns e espécies afins são importantes recursos pesqueiros capturados por diferentes modalidades, em especial, pescarias de cerco, vara e isca-viva e espinhel. O bonito-listrado (*Katsuwonus pelamis*), a albacora-laje (*Thunnus albacares*), a albacora-bandolim (*T. obesus*), e espécies de cavalas (*Scomberomorus* spp.) são responsáveis por 75% das capturas mundiais do grupo (FAO, 2020). Essas espécies são capturadas pelas frotas artesanais e industriais de diferentes países, e amplamente consumidos e valorizados no mercado global (ARRIZABALAGA *et al.*, 2012; GRANDE, 2014).

Em função de seu volume de produção, o bonito-listrado é a espécie de tunídeo mais importante em todo o mundo (FAO, 2018). O Brasil se destaca como quarto maior produtor mundial de atuns e afins, utilizando o método de vara e isca-viva, e o bonito-listrado (*Katsuwonus pelamis*) é a principal espécie-alvo (MADUREIRA *et al.*, 2016). A viagem de pesca da frota pode ser dividida em duas etapas: uma dedicada a captura de isca-viva, e outra direcionada a captura das espécies-alvo.

A frota de vara e isca-viva brasileira está sediada nos estados do Rio de Janeiro, Santa Catarina e Rio Grande do Sul, onde estão instaladas as maiores fábricas de enlatados de atum e empresas exportadoras do país (MADUREIRA *et al.*, 2016; FIPERJ, 2019; UNIVALI/EMCT/LEMA, 2020). A proximidade estratégica em relação às rotas migratórias dos principais estoques de atuns e afins no Atlântico Sul reforça a importância desse recurso para o setor pesqueiro do Brasil (HAZIN & TRAVASSOS, 2007).

Análises da dinâmica das frotas pesqueiras são ferramentas úteis para identificar as estratégias de pesca adotadas pelas embarcações, permite avaliar o uso do habitat, bem como a abundância de recursos pesqueiros (ANDRADE *et al.*, 2003; COLETTTO *et al.*, 2019), além de fornecer indicadores biológicos e socioeconômicos de relevância para a gestão pesqueira. Neste contexto, o presente capítulo tem como objetivo descrever a estrutura física da frota de vara e isca-viva e os padrões de dinâmica da pesca no sudeste e sul do Brasil, com ênfase nas capturas de bonito-listrado, identificando as estratégias de operação da frota.

Metodologia

Os dados pesqueiros analisados neste capítulo foram provenientes da frota de vara e isca-viva que descarregou nos portos localizados em Niterói, no estado do Rio de Janeiro (Fig. 1), e em Rio Grande, no Rio Grande do Sul, em dois períodos distintos: o primeiro em 2012-2013, e o segundo em 2018-2019.

O conjunto de dados do Rio de Janeiro é proveniente do Programa de Monitoramento da Atividade Pesqueira, conduzido pela Fundação Instituto de Pesca do Estado do Rio de Janeiro (FIPERJ), e as metodologias estão descritas em Lima-Green & Moreira (2012) e FIPERJ (2013; 2018). O conjunto de dados do Rio Grande do Sul é proveniente dos mapas de bordo preenchidos pelos mestres das embarcações das Indústrias Alimentícias Leal Santos Ltda. (Grupo ACTEMSA), localizada em Rio Grande. Estas embarcações foram responsáveis por 87% e 95% da produção total descarregada em Rio Grande em 2018 e 2019, respectivamente. Para o ano de 2012, com exceção dos dados de captura total e mensal por categoria de pescado, as informações do Rio Grande do Sul não estiveram disponíveis para a totalidade das viagens de pesca da frota analisada. Ao todo, foram analisadas 584 operações de pesca, sendo 365 de descargas realizadas em Niterói e São Gonçalo, e 219 em Rio Grande. O número de dias de mar, número de dias de iscagem, volume descarregado por categoria de pescado, e as áreas de pesca, foram obtidas por viagem e consideradas como parâmetros de análise.

A estrutura física atual das frotas de vara e isca-viva em operação foi avaliada através do número de embarcações ativas e de seus atributos físicos: comprimento total, arqueação bruta, material de casco, tipo de conservação a bordo, potência do motor (HP) e ano de construção. Para esta avaliação foram consideradas apenas as embarcações ativas em 2019 sediadas em cada estado.

As análises subsequentes foram conduzidas considerando o porto de descarga das embarcações, com ênfase para as capturas de bonito-listrado. A avaliação da atividade da frota de vara e isca-viva no decorrer do tempo foi realizada por meio da consolidação anual do número de embarcações que descarregaram nestes estados e do número de descargas registradas. A composição anual das capturas foi analisada utilizando a representatividade de cada categoria de pescado no volume total descarregado no ano (% e tonelada). A contribuição do bonito-listrado para a captura foi avaliada trimestralmente no intuito de verificar se existem variações no padrão da composição das capturas.

O número de dias de pesca por viagem foi escolhido como unidade de esforço para as análises realizadas. Este indicador corresponde ao número de dias de mar menos o número de dias dispendidos para iscar (ANDRADE *et al.*, 2007). Valores medianos, quantis e valores mínimos e máximos do número de dias de pesca por viagem empregado pelas embarcações foi avaliado anualmente e trimestralmente. Para todas as análises, os trimestres foram consi-



Figura 1. Desembarque de bonito-listrado no porto em Niterói (RJ).
Foto: Rosane Boechat.

derados conforme as estações do ano: verão - janeiro, fevereiro e março; outono - abril, maio e junho; inverno - julho, agosto e setembro; e primavera - outubro, novembro e dezembro.

O rendimento, em toneladas, de bonito-listrado por dia de pesca (t/dias de pesca) foi utilizado como parâmetro para inferir sobre a disponibilidade deste recurso para a frota de vara e isca-viva no tempo e no espaço. A sazonalidade das capturas foi avaliada a partir da distribuição trimestral do rendimento, representado pelos valores medianos, quantis e valores mínimos e máximos. A fim de descrever a movimentação sazonal da frota de vara e isca-viva nas áreas de pesca e a distribuição do bonito-listrado na área estudada, a distribuição espaço-temporal dos rendimentos foi avaliada utilizando o mapeamento das medianas do rendimento em *grid* de 1° de latitude por 1° de longitude. Para viagens com mais de uma posição de captura informada, o esforço e a produção total foram divididos pelo número de posições.

A fim de verificar diferenças significativas entre esforço e rendimento ao longo das estações do ano e entre os períodos analisados, aplicou-se o teste Kruskal-Walis (nível de significância $p=0,05$).

Resultados

Capacidade da frota de vara e isca-viva

A capacidade atual da frota de vara e isca-viva é apresentada na forma de uma análise da estrutura física das embarcações sediadas nos estados do Rio de Janeiro e Rio Grande do Sul (Fig. 2).

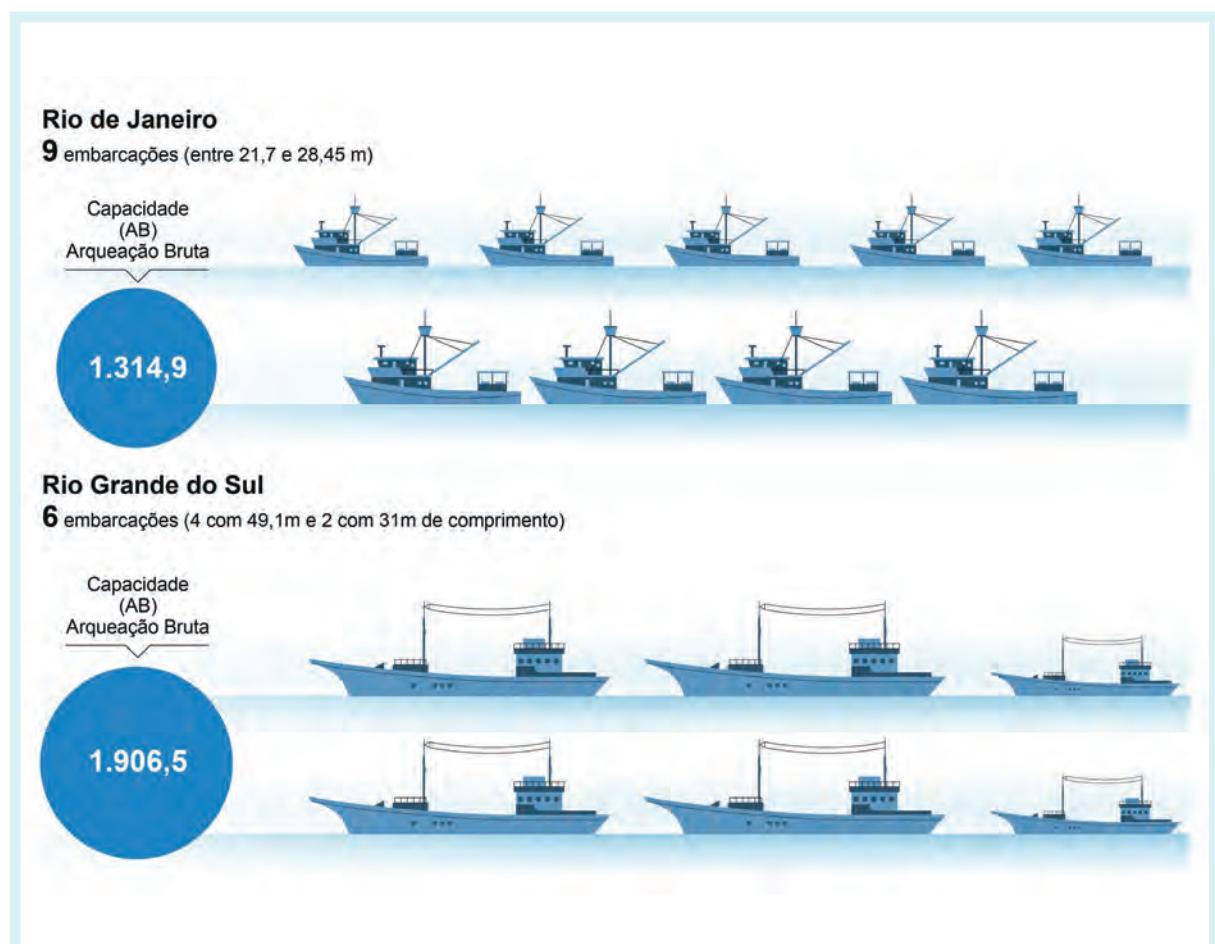


Figura 2. Ilustração comparativa da estrutura física (número e arqueação bruta) das embarcações que compõem a frota de vara e isca-viva dos estados do Rio de Janeiro e Rio Grande do Sul.

Em 2019, a frota do Rio de Janeiro (Fig. 3) era composta por nove embarcações que apresentaram comprimento médio de 26,3 m (DP=2,29), com valores entre 21,7 e 28,5 m. A arqueação bruta (AB) variou entre 98 e 187 AB, com valor médio de 146,1 (DP=29,93). A potência dos motores foi reportada entre 350 e 580 HP, com média de 429 HP (DP=88,79). Cerca de 66% das embarcações possuíam casco de aço e, o restante, de madeira. Todas as embarcações utilizavam o gelo como método de conservação do pescado a bordo. A embarcação mais antiga foi construída em 1969 e desde 2005 não há registros de novas embarcações incorporadas à frota.

A frota do Rio Grande do Sul (Fig. 4) era composta por seis embarcações com casco de aço, das quais quatro apresentaram comprimento de 49,1 m e 381 AB, e duas 31 m de comprimento e 191,5 AB. A potência dos motores foi reportada entre 540 e 1600 HP, onde duas apresentaram motores de 540 HP, duas de 1300 HP e duas de 1600 HP. Todas as embarcações utilizam a salmoura refrigerada como método de conservação do pescado a bordo e foram construídas em 1973. Apesar da frota fluminense apresentar um número maior de embarcações ativas, a frota do gaúcha apresenta uma capacidade de pesca 31% superior, tendo sido contabilizado o total de 1.314,9 AB para o Rio de Janeiro e 1.906,5 para o Rio Grande do Sul.



Figura 3. Embarcação da frota do Rio de Janeiro. Foto: Joabe Rezende.



Figura 4. Embarcação da frota da empresa Leal Santos, Rio Grande do Sul. Foto: Lauro A. Saint Pastous Madureira.

Atividade da frota e composição das capturas

A atividade da frota de vara e isca-viva que utilizou os portos do Rio de Janeiro e do Rio Grande do Sul está representada na tabela 1, a partir do número de embarcações e do número de descargas registradas.

No Rio de Janeiro foram registradas 18 embarcações em todos os períodos analisados, sendo 16 com origem no Rio de Janeiro (n=16) e 2 em Santa Catarina (n=2). A frota sediada no Rio de Janeiro foi composta por 15 embarcações em 2012. No entanto, em 2013, foram registradas 13 embarcações. A queda em relação a 2012 foi resultante de uma embarcação naufragada e uma que saiu da pescaria. Já em 2018, foi registrada a atuação de 10 embarcações do Rio de Janeiro. A diferença em relação a 2013 foi decorrente de duas embarcações que paralisaram as atividades, uma que naufragou, e uma nova que entrou. Em 2019, com a paralisação de uma embarcação, a frota do Rio de Janeiro totalizou 9 embarcações. As embarcações de Santa Catarina atuaram no Rio de Janeiro nos anos de 2013 (n=2) e 2018 (n=1).

O número de descargas nos portos do Rio de Janeiro acompanhou a queda do número de embarcação entre os períodos analisados. A maior quantidade de descargas foi registrada em 2012 (n=155) e a menor em 2018 (n=42) (Tab. 1). O número médio anual de descargas por embarcações sediadas no Rio de Janeiro caiu de 10,3, em 2012, para 4,2 em 2018, sendo que em 2019 foram registradas 5 descargas por ano/embarcação. As embarcações de Santa Catarina realizaram 4 descargas no Rio de Janeiro em 2013 e 1 em 2018.

Tabela 1. Composição em espécies das capturas (toneladas) e participação relativa (%) de pescados, produção total, número de embarcações e número de descargas realizadas nos estados do Rio de Janeiro* e Rio Grande do Sul, nos anos 2012 e 2013, 2018 e 2019.

Rio de Janeiro		2012		2013		2018		2019	
Composição das capturas	Nome científico	Ton.	%	Ton.	%	Ton.	%	Ton.	%
Bonito-listrado	<i>Katsuwonus pelamis</i>	5.778,1	83,9	4.805,5	87,9	587,5	49,9	1.535,5	79,1
Albacora-branca	<i>Thunnus alalunga</i>	450,9	6,5	438,5	8,0				
Albacora-bandolim	<i>Thunnus obesus</i>	265,0	3,8	106,1	1,9	73,0	6,2		
Atum	<i>Thunnus spp.</i>	153,6	2,2	86,6	1,6	392,8	33,4	393,5	20,3
Bonito	<i>Scombridae</i>	70,7	1,0	0,7	<0,01	19,0	1,6		
Albacora-laje	<i>Thunnus albacares</i>	46,8	0,7	8,0	0,2	18,0	1,5		
Albacorinha	<i>Thunnus spp.</i>	42,2	0,6	6,0	0,1				
Dourado	<i>Coryphaena hippurus</i>	36,9	0,5	7,7	0,1	13,5	1,1	10,0	0,5
Serra	<i>Sarda sarda</i>	28,2	0,4						
Bonito-cachorro	<i>Auxis thazard thazard</i>	11,4	0,2	9,2	0,2	36,1	3,1		
Xereletes	<i>Caranx spp.</i>	1,2	<0,01	0,2	<0,01	27,6	2,3	1,2	0,1
Cavala	<i>Scomberomorus cavalla</i>	0,8	<0,01						
Bonito-pintado	<i>Euthynnus alletteratus</i>					9,0	0,8		
Olhete	<i>Seriola spp.</i>					<0,01	<0,01		
Produção total		6.885,8	100,0	5.468,6	100,0	1.176,5	100,0	1.940,2	100,0
Número de embarcações		Embarcação RJ		15		13		10	
		Embarcação SC		2		1			
Número de descargas		Embarcação RJ		155		118		42	
		Embarcação SC		4		1		45	
Rio Grande do Sul		2012		2013		2018		2019	
Composição das capturas	Nome científico	Ton.	%	Ton.	%	Ton.	%	Ton.	%
Bonito-listrado	<i>Katsuwonus pelamis</i>	7.983,4	94,3	6.056,6	88,4	4.510,0	95,0	3.988,5	96,7
Albacora-laje	<i>Thunnus albacares</i>	87,9	1,0	95,9	1,4	239,0	5,0	64,0	1,6
Albacora-branca	<i>Thunnus alalunga</i>	362,5	4,3	697,6	10,2			73,0	1,8
Bonito-cachorro	<i>Auxis thazard thazard</i>	30,3	0,4						
Produção total		8.464,1	100,0	6.850,1	100,0	4.749,0	100,0	4.125,0	100,0
Número de embarcações		Embarcação RS		6		6		6	
Número de descargas		Embarcação RS		33		58		68	
*Para o Rio de Janeiro, a produção apresentada consiste na produção monitorada.									

A frota do Rio Grande do Sul foi composta por 6 embarcações durante todos os períodos. Em 2013 foram registradas 58 descargas. O pico do número de descargas no Rio Grande do Sul foi de 68 em 2018, caindo para 60 em 2019. O número médio anual de descargas por embarcação, flutuou entre 9,6 em 2013, 11,3 em 2018 e 10 descargas ano/embarcação em 2019, e não apresentou grandes variações.

A composição das capturas das frotas que descarregaram no Rio de Janeiro e Rio Grande do Sul, apresentada na tabela 1, destaca ainda os valores de produção por categoria de pescado registrados anualmente nos dois estados. No período de 2012 e 2013, para o Rio de Janeiro, o bonito-listrado foi responsável por mais de 80% do total anual de pescado capturado, alcançando quase 90% em 2013. A albacora-branca e a albacora-bandolim apresentaram-se em seguida, contribuindo com cerca de 10% das capturas (Tab. 1). Nota-se ainda a presença de outros recursos nas capturas, embora com baixa representatividade, alcançando, em conjunto, cerca de 10% do total capturado em 2012. Para o Rio Grande do Sul, a importância do bonito-listrado na composição das capturas foi ainda maior, com participação em mais de 88% no período. Em 2013 a albacora-branca representou 10% da captura, sendo o único recurso com participação expressiva neste período.

Ao trazer essa análise para uma perspectiva mais atual (2018 e 2019), é possível perceber a modificação da composição de captura da frota do Rio de Janeiro, motivada principalmente pela queda da participação do bonito-listrado em 2018 para 50% (Tab. 1). Espécies de atuns, como a albacora-laje, a albacora-branca e a albacora-bandolim, totalizaram cerca de 40%. Em 2019 o bonito-listrado demonstrou uma recuperação, porém, sem alcançar os patamares do período anterior, acima de 83%. O dourado e a categoria xereletes estiveram presentes em todos os anos avaliados. A composição das capturas manteve-se praticamente constante para a frota do Rio Grande do Sul, com menor participação de outras espécies nas capturas (Tab. 1).

A representatividade do bonito-listrado nas capturas totais das embarcações está ilustrada nas figuras 5A (Rio de Janeiro) e 5B (Rio Grande do Sul).

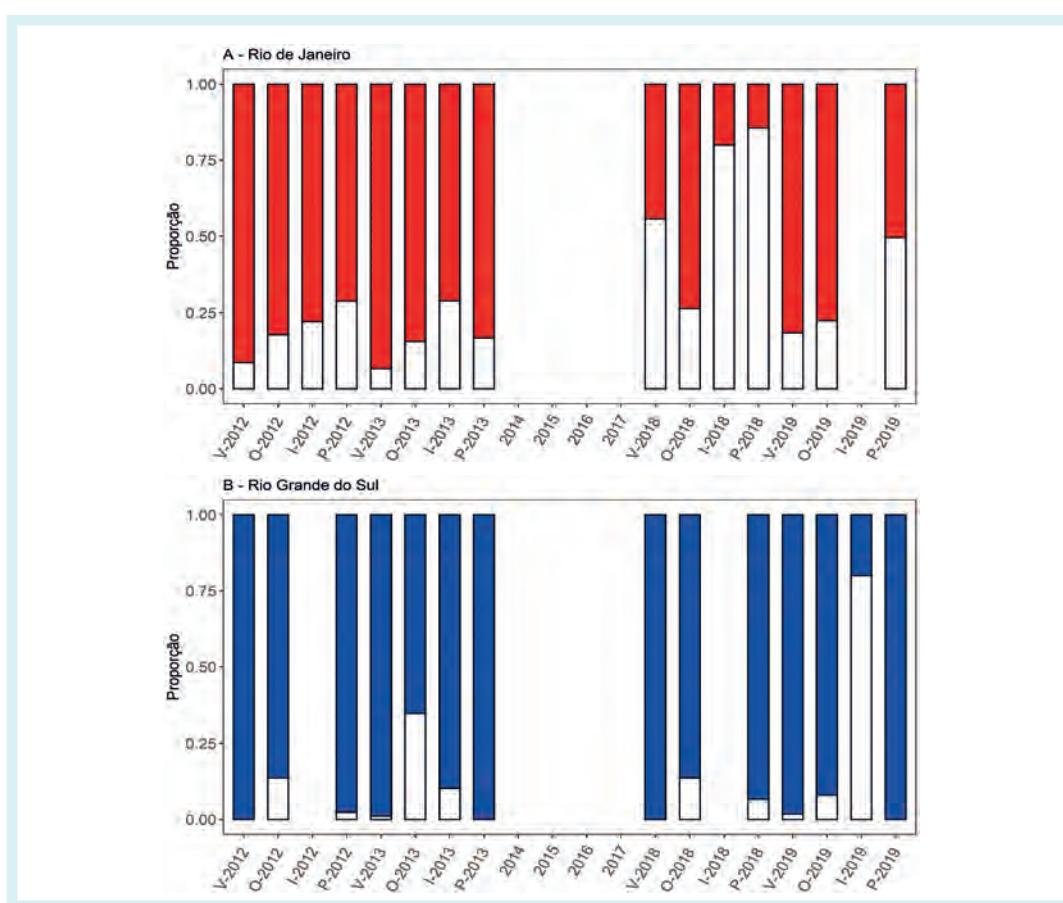


Figura 5. Proporção trimestral de bonito-listrado (A - Rio de Janeiro, barras vermelhas; B - Rio Grande do Sul, barras azuis) e outras categorias (barras brancas) nas capturas totais da frota de vara e isca-viva nos anos 2012, 2013, 2018 e 2019. Onde V – verão; O – outono; I – inverno; e P – primavera.

As descargas no Rio de Janeiro apresentaram variações entre os dois períodos analisados, e, de maneira geral, sua proporção diminui do verão para a primavera. No verão e outono de 2012 e 2013, o bonito-listrado contribuiu com mais de 89% do total registrado (Fig. 5A). No ano de 2018, apresentou menor participação de todo o período de estudo, especialmente no inverno e na primavera. Em 2019 houve um aumento da contribuição do bonito-listrado nas capturas, demonstrando mesmo padrão do período de 2012 e 2013.

A participação do bonito-listrado nas capturas do Rio Grande do Sul foi regular, com proporções acima de 98% no verão e na primavera dos quatro anos analisados (Fig. 5B). No outono, as proporções de outros recursos aumentaram, e no período de 2012 e 2013 foram mais importantes, chegando a alcançar cerca de 30% em 2013. No inverno de 2019 a proporção de bonito-listrado foi a menos expressiva, e destoou dos demais anos analisados.

Variação anual e trimestral do esforço de pesca

Ao analisarmos a distribuição anual do esforço (dias de pesca) empregado pela frota que descarregou no Rio de Janeiro é possível identificar um aumento do primeiro período (2012 e 2013) para o segundo (2018 e 2019) ($\chi^2 (3) = 65,78, p < 0,001$). A análise do fator sazonal revelou menores valores associados ao verão e maiores ao inverno ($\chi^2 (14) = 99,08, p < 0,001$) (Fig. 6A). No primeiro período, as maiores medianas para o esforço ocorreram no inverno (12 dias de pesca, DP=3,60 e DP=5,20, em 2012 e 2013, respectivamente), enquanto a menor no verão de 2013 (7 dias de pesca, DP=3,01). No período entre 2018 e 2019, a maior mediana ocorreu no inverno de 2018 (16 dias de pesca, DP=5,67), e a menor no verão de 2018 (9 dias de pesca, DP=3,22) (Fig. 6A).

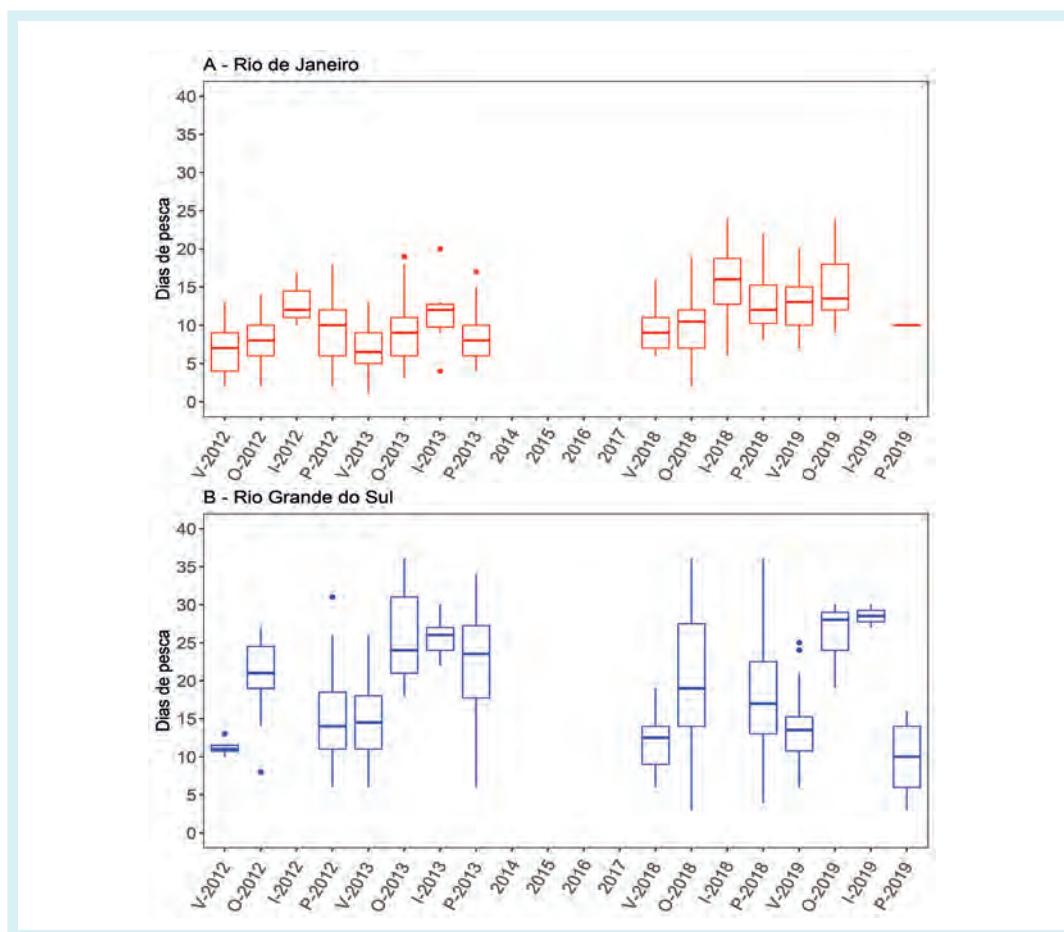


Figura 6. Variação trimestral do esforço (dias de pesca) da frota de vara e isca-viva nos anos 2012, 2013, 2018 e 2019, para A – Rio de Janeiro e B – Rio Grande do Sul. A linha horizontal representa a mediana e a linha vertical representa a amplitude; os pontos, os *outliers* e as caixas contêm o 2º e o 3º quartil da distribuição. V – verão; O – outono; I – inverno; e P – primavera.

O esforço (dias de pesca) das embarcações do Rio Grande do Sul apresentou uma tendência de estabilidade entre todos os períodos analisados, mas em 2018 foi significativamente menor que 2013 ($\chi^2 (3) = 14,41, p = 0,002$). O maior esforço foi empregado nos meses de outono e inverno, já que as embarcações se encontraram mais afastadas de seu porto de origem, enquanto os menores valores foram identificados no verão e primavera, para ambos os períodos analisados ($\chi^2 (13) = 101,41, p < 0,001$) (Fig. 6B). No período de 2012 e 2013, a maior mediana ocorreu no outono de 2013 (24 dias de pesca; DP=5,77), enquanto a menor no verão de 2012 (11 dias de pesca; DP=1,25). No período mais recente (2018 e 2019), a maior mediana foi observada no inverno de 2019, alcançando 28,5 dias de pesca por viagem (DP=2,1). A menor foi registrada na primavera de 2019, tendo sido o menor valor de todo o período (10 dias de pesca; DP=4,8) (Fig. 6B).

Distribuição espaço-temporal do rendimento de bonito-listrado

Os maiores rendimentos para a frota que descarregou no Rio de Janeiro foram obtidos nos anos de 2012 e 2013 ($\chi^2 (3) = 63,648, p < 0,001$). Houve uma tendência de valores maiores nos meses de verão e menores na primavera, durante todo o período estudado ($\chi^2 (11) = 57,174, p < 0,001$) (Fig. 7A). Em 2012 e 2013, verificou-se a maior mediana em 2013 (6,43 t/dia de pesca, DP=4,31), enquanto a menor ocorreu na primavera de 2013 (2,77 t/dia de pesca, DP=2,62). No período de 2018 e 2019, a maior mediana de rendimento foi de 3,33 t/dia de pesca (DP=1,92), durante o verão de 2019, e a menor, registrada na primavera de 2018 (0,15 t/dia de pesca, DP=0,06) (Fig. 7A).

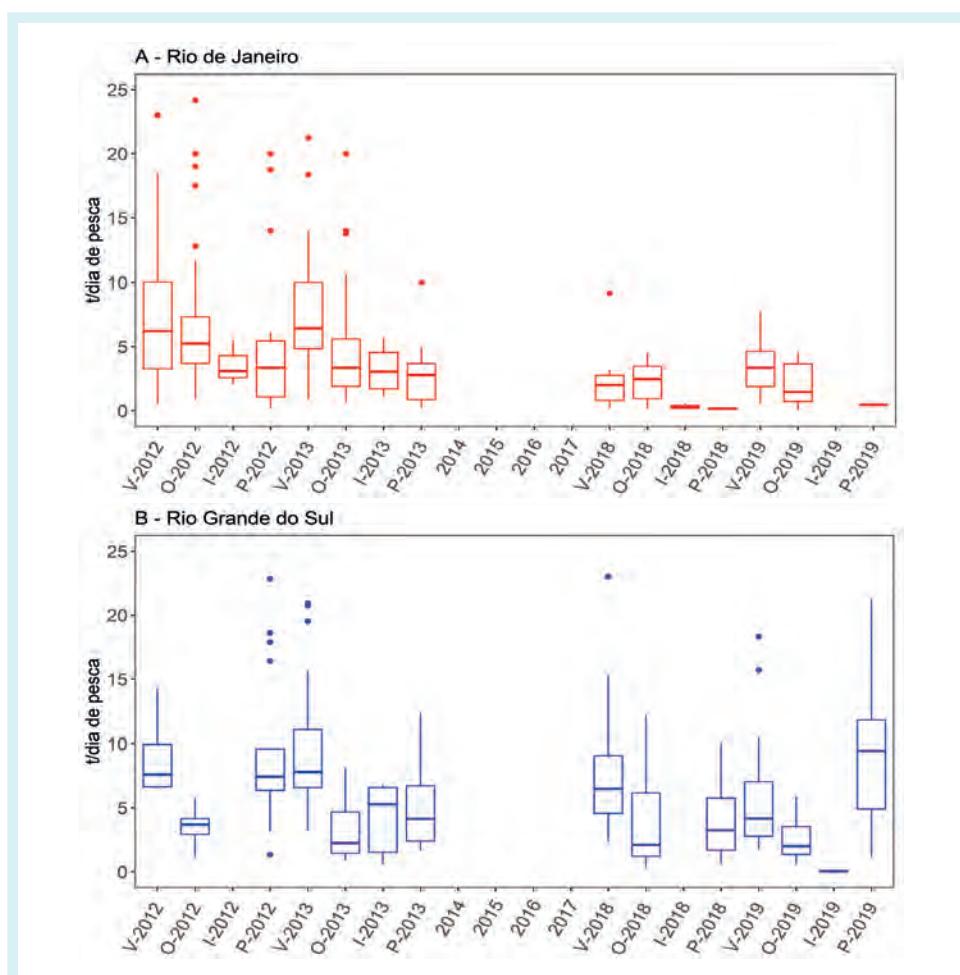


Figura 7. Variação trimestral do rendimento do bonito-listrado nos anos 2012, 2013, 2018 e 2019, para A – Rio de Janeiro e B – Rio Grande do Sul. A linha horizontal representa a mediana e a linha vertical representa a amplitude; os pontos, os outliers, e as caixas contêm o 2º e o 3º quartil da distribuição. V – verão; O – outono; I – inverno; e P – primavera.

Já a frota do Rio Grande do Sul apresentou um padrão semelhante em todos os anos, sem diferenças estatísticas significantes ($\chi^2 (3) = 7,1118, p = 0,068$). A análise sazonal sugere maiores valores de rendimentos na primavera e verão, e menores valores no outono e inverno ($\chi^2 (12) = 72,901, p < 0,001$) (Fig. 7B).

Em 2012 e 2013, a mediana variou de 7,78 t/dia de pesca (DP=5,26), obtidos no verão de 2013, a 2,24 t/dia de pesca (DP=2,23), no outono do mesmo ano. No período de 2018 e 2019, a primavera de 2019 chamou a atenção, com o pico de 10,38 t/dia de pesca por viagem (DP=8,43), enquanto o menor valor foi registrado no outono de 2019 (2 t/dia de pesca, DP=1,45) (Fig. 7B).

As capturas de bonito-listrado realizadas pela frota de vara e isca-viva que descarregou no Rio de Janeiro se distribuíram entre o sul do Espírito Santo (20° S) e o litoral de Santa Catarina, em Itajaí (27° S) (Fig. 8).

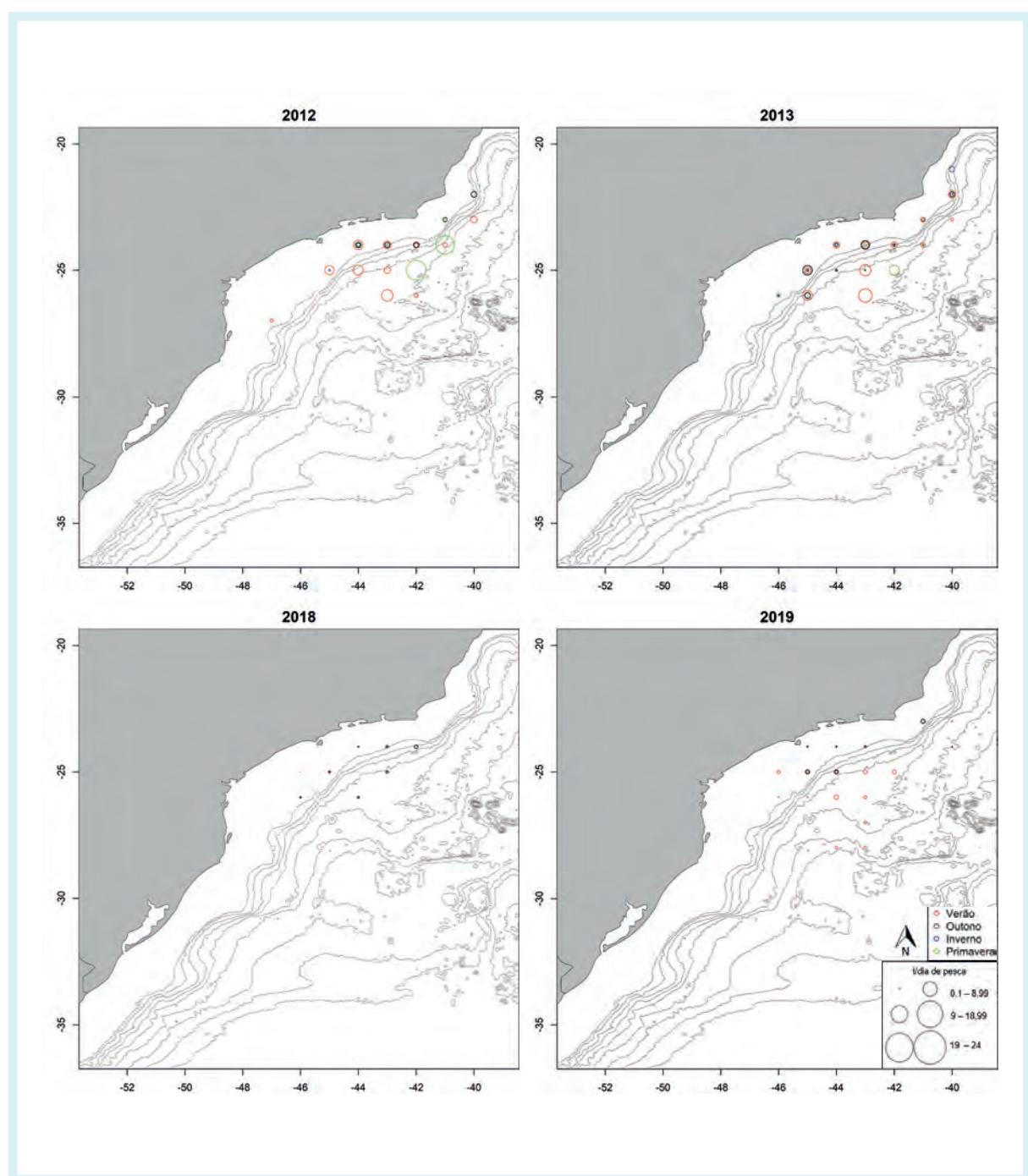


Figura 8. Distribuição espaço-temporal de rendimento (t/dias de pesca) do bonito-listrado obtidos pela frota de vara e isca-viva que descarregou no Rio de Janeiro nos anos de 2012, 2013, 2018 e 2019.

Apesar disso, as operações se concentraram entre Ilhabela (SP) e Paranaguá (PR) (23° e 25° S) em todos os períodos analisados, quase sempre acompanhando a linha de quebra da plataforma continental. Durante o verão e outono de 2012 e 2013 foram observados rendimentos moderados ao sul da latitude 23° S. No verão de 2012 e 2013, as capturas com maiores rendimentos se estenderam até áreas mais afastadas da costa (próximas às plataformas do Pré-sal, isóbata de 2000 m). No inverno e primavera de 2013, as operações se distribuíram nas proximidades do Cabo de São Tomé (21° S), mas com valores inferiores a 2 t/dia de pesca. Em 2018 houve menor dispersão das operações, concentrando-se entre 23° S e 25° S. No verão de 2019 as embarcações se deslocaram até a latitude 27° S, com rendimentos inferiores a 3 t/dia de pesca, confirmando um padrão observado em todos os anos, de atuação mais ao sul nesta estação do ano.

A distribuição espaço-temporal da pescaria de bonito-listrado realizada pela frota de Rio Grande (RS) está apresentada na figura 9.

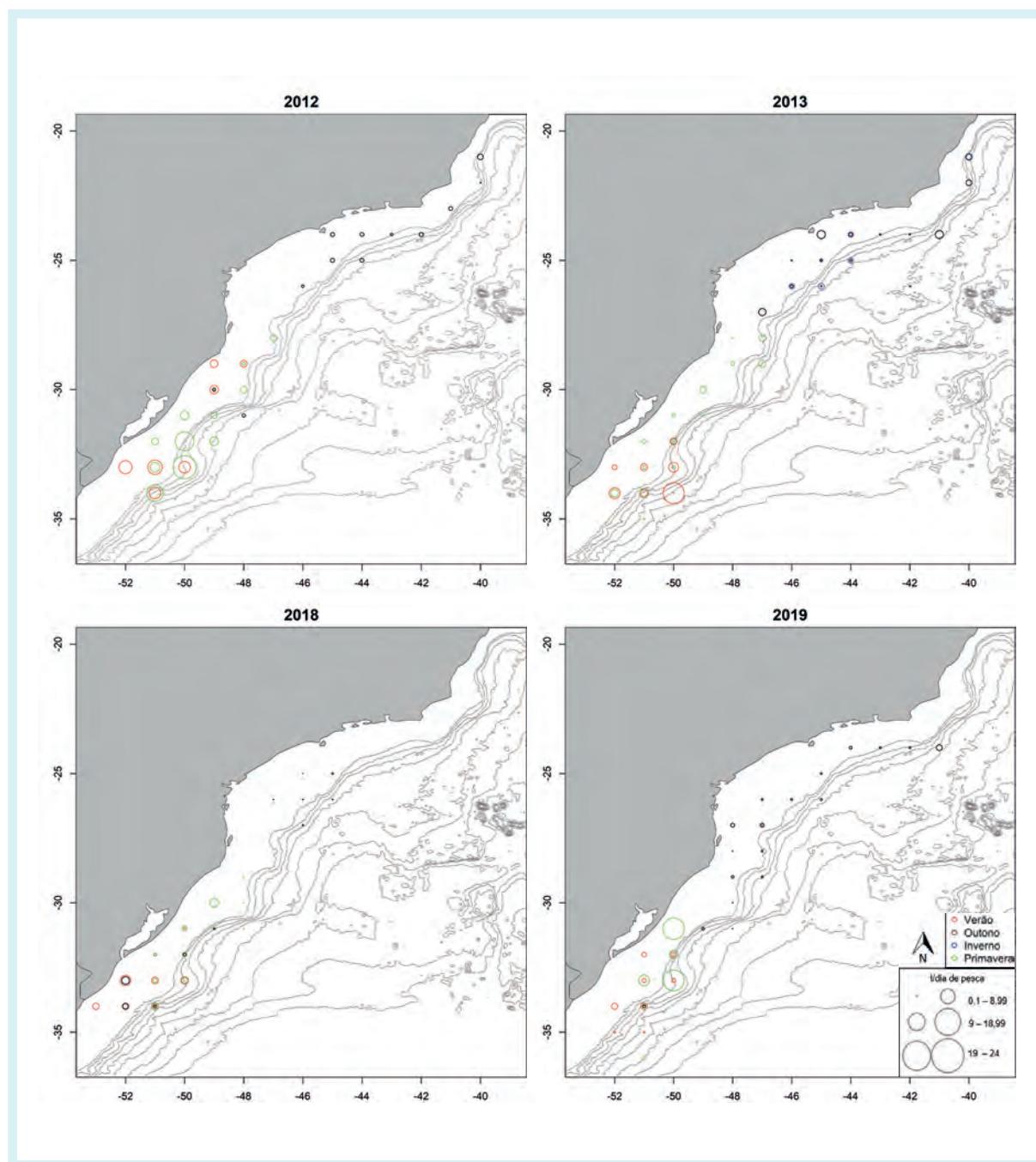


Figura 9. Distribuição espaço-temporal do rendimento (t/dias de pesca) do bonito-listrado obtidos pela frota de vara e isca-viva que descarregou no Rio Grande do Sul nos anos de 2012, 2013, 2018 e 2019.

De um modo geral, as embarcações operaram ao longo de toda a costa sul e sudeste, desde a divisa com o Uruguai até o norte do Rio de Janeiro, tendo sido notáveis as variações interanuais e sazonais. Com o início da safra do bonito-listrado no sul do Brasil na primavera, as embarcações se deslocaram gradualmente no sentido sul e se concentraram nestas áreas até o verão. Os maiores rendimentos (>9 t/dia de pesca) foram registrados nestes trimestres e áreas (35° S - 30° S). No outono e inverno de 2012 e 2013, as operações se distribuíram para o norte e alcançaram o Cabo de São Tomé (21° S), onde apresentaram menores rendimentos por dia de pesca. A associação das operações com as regiões de quebra da plataforma continental, principalmente próximo à costa do Rio de Janeiro e extremo sul do Brasil, foi observada. No litoral de São Paulo, em Ilhabela, a pesca parece estar associada com a plataforma interna e intermediária, durante o outono.

Em 2018, a área de atuação desta frota foi restrita ao sul do Cabo de Santa Marta Grande ($>28^{\circ}$ S), com manutenção dos maiores rendimentos na primavera e verão. Diferentemente dos outros anos, houve capturas durante o outono no extremo sul. No outono de 2019, as embarcações atuaram até o leste de Cabo Frio (RJ), mas sem confirmar o mesmo padrão de atuação nas proximidades do Cabo de São Tomé (21° S), conforme observado em 2012 e 2013 (Fig. 9).

Discussão

As estratégias de pesca são influenciadas pela disponibilidade dos recursos e condições climáticas e meteorológicas nas áreas de pesca, por oportunidades de mercado e por regulamentações em suas mais diversas instâncias, como, por exemplo, de manejo pesqueiro, de mercado e trabalhistas (SMITH, 2012). A frota de vara e isca-viva no Brasil atualmente é constituída por aproximadamente 40 embarcações, localizadas nos estados do Rio de Janeiro, Santa Catarina e Rio Grande do Sul, que operam nos portos de Niterói, Itajaí/Navegantes e Rio Grande, respectivamente (MADUREIRA *et al.*, 2016). O comprimento médio e arqueação bruta das embarcações da frota fluminense aumentaram desde a década de 2000, quando apresentaram comprimento médio de 24,6 m, e pouco mais de 100 TAB (MENEZES *et al.*, 2010). Já a frota do Rio Grande do Sul apresentou capacidade muito superior à do Rio de Janeiro, com embarcações cerca de 17 m maiores, arqueação bruta de quase o dobro e potência do motor podendo chegar a 1600 HP. Desta forma, a frota do Rio Grande do Sul demonstra maior poder de pesca para operar ao longo da área de ocorrência do bonito-listrado.

Ambos os estados avaliados apresentaram decréscimo da produção pesqueira no período de 2018 e 2019 em relação a 2012 e 2013, mas a magnitude foi mais importante para o Rio de Janeiro. A queda da produção pesqueira foi acompanhada da diminuição da atividade da frota atuneira no Rio de Janeiro, especialmente na redução de 40% no número de embarcações atuantes (de 15 para 9), e no número médio de descargas por embarcação (de 11 para 5 descargas/embarcação/ano).

Dados oficiais disponíveis para os anos estudados corroboram o declínio da atividade observado para 2018. Segundo a ICCAT (2019), o ano de maior produtividade da frota de vara e isca-viva brasileira foi 2013, seguido de 2012. O ano de 2018 foi o ano de pior resultado, com apenas 14.886 t registradas do recurso. Rio de Janeiro e Rio Grande do Sul somados representaram 32,5% da produção brasileira de bonito-listrado em 2012, 34% em 2013 e 36,4% em 2018. Dados disponíveis indicam que a frota que descarregou em Santa Catarina realizou 256 viagens em 2012 e foi responsável por 60% da captura de bonito-listrado registrada para o Brasil em 2012, enquanto em 2018 caiu para 95 descargas, totalizando 37% do bonito-listrado nacional (UNIVALI/EMCT/LEMA, 2020).

Diferenças na composição das capturas são esperadas em função da área de operação da frota e das estratégias adotadas pelas embarcações do Rio de Janeiro e Rio Grande do Sul. A variabilidade interanual das estratégias de pesca foi verificada para o Rio de Janeiro através da proporção de bonito-listrado nas capturas totais em 2018, que chegou a 50%,

o menor valor já registrado na literatura. Espécies do gênero *Thunnus* spp. sustentaram os rendimentos da frota neste período, e o bonito-cachorro, xereletes e o dourado ocorreram com frequência ao longo dos anos analisados, mantendo o padrão reportado para a década de 2000 (MENEZES *et al.*, 2010).

Para a frota do Rio Grande do Sul, as capturas de bonito-listrado representaram 100% da captura total anual, especialmente nos meses de primavera e verão em todos os anos estudados, quando a frota atuou no sul do Brasil, e apenas as espécies do gênero *Thunnus* foram registradas nas descargas em Rio Grande. A proporção de bonito-listrado nas capturas totais da frota que operou no Rio de Janeiro estão abaixo da média nacional, estimada em 90%, enquanto a do Rio Grande do Sul esteve acima (ICCAT, 2019). Andrade *et al.* (2005) reportou maior proporção de bonito-listrado nas áreas de pesca ao sul, sendo que nas áreas ao norte, os cardumes são compostos por diferentes espécies, e corrobora o padrão encontrado no presente estudo.

A análise dos parâmetros de esforço de pesca e de rendimento de bonito-listrado realçou as diferentes estratégias de pesca adotadas por cada frota analisada, e demonstrou ainda alterações dos padrões de captura no período de 2018 e 2019, em relação a 2012 e 2013, e aos anos anteriores (MENESES DE LIMA *et al.*, 2000, ANDRADE, 2008; COLETTI *et al.*, 2019). Para o Rio de Janeiro o fator anual foi significante para a explicação do aumento do número de dias de pesca e de diminuição dos rendimentos de bonito-listrado entre 2012 - 2013, e 2018 - 2019. Estes rendimentos se mostraram influenciados também pelo fator sazonal, com os maiores valores concentrados nos meses de verão e outono em ambos os períodos, corroborando resultados de Meneses de Lima *et al.* (2010) para o ano de 2007. O aspecto espacial do rendimento não apresentou grandes variações e indica a concentração da frota do Rio de Janeiro predominantemente na área entre 25° S e 23° S ao longo do ano. O deslocamento acima de Cabo Frio (>23° S) foi observado no outono em 2012 e durante todo o ano de 2013, porém, com menor frequência. Em 2018 e 2019 as embarcações restringiram a área de atuação e se concentraram em latitudes superiores a 23° S.

Por sua vez, a frota do Rio Grande do Sul demonstrou um forte padrão espaço-temporal no esforço por viagem e nos rendimentos de bonito-listrado nos anos estudados. Na primavera, tem início a safra no sul do Brasil, com concentração das operações nas áreas mais ao sul até o verão (> 28° S). Neste período, as viagens mais curtas e consequentemente de menor esforço, contribuíram para o aumento dos rendimentos, justificado ainda pela época de maior abundância do bonito-listrado nestas áreas (ANDRADE, 2008, COLETTI *et al.*, 2019). Durante o outono, as embarcações operaram em latitudes menores que 28° S. Neste contexto, os menores rendimentos estão também associados ao afastamento gradual das embarcações de seu porto de descarga, acompanhando a migração do bonito-listrado (CASTELLO & HABIAGA, 1989). Em 2018, a frota do Rio Grande do Sul alterou seu padrão de atuação com a diminuição da amplitude latitudinal de operação, mas manteve seus níveis de exploração. Ao que tudo indica, demonstrou ter sido uma mudança de estratégica acertada, ao contrário do que ocorreu para o Rio de Janeiro, que permaneceu em menores latitudes e apresentou baixos rendimentos.

As estruturas agregadoras de cardumes ao longo da costa do Rio de Janeiro também podem explicar os resultados encontrados sobre os padrões de dinâmica de atuação da frota de vara e isca-viva e de disponibilidade do bonito-listrado durante as operações das embarcações em latitudes inferiores a 25° S e também externas ao talude. Existem diversas teorias sobre o efeito agregador de boias, objetos flutuantes e plataformas de petróleo sobre os tunídeos, como o bonito-listrado (FAO, 2017). Uma teoria diz respeito à dinâmica da cadeia alimentar que se forma no entorno destes dispositivos, outra apresenta a hipótese de que estes atraem os cardumes que buscam áreas de maior concentração de nutrientes, entretanto, as áreas são oligotróficas. Além disso, supõem-se que estes dispositivos atraem os peixes pelo contraste de luz ou sombra gerada nestas estruturas, fazendo com que o peixe permaneça por mais tempo embaixo dos mesmos. Apesar de nenhuma teoria ser conclusiva, acredita-se que os tunídeos são atraídos por diferentes razões para áreas próximas aos dispositivos (FAO, 2017). A presença de um grande número de plataformas de petróleo na costa fluminense incentiva, portanto,

a manutenção da estratégia de pesca direcionada a estas áreas de agregação ao longo do ano pela frota do Rio de Janeiro (MENESES DE LIMA *et al.*, 2000; JABLONSKI, 2008). Este padrão é tradicional e foi acompanhado por Jablonski (2008), que registrou uma intensa atividade da frota de vara e isca-viva sobre cardumes de grandes densidades nas proximidades de plataformas na Bacia de Campos e na Bacia de Santos.

A composição das capturas, o tipo de beneficiamento e o local de descarga dos produtos são definidas pelas estratégia de pesca das embarcações e determinantes para a viabilidade das comunidades costeiras e das pescarias, ao influenciar as receitas das operações (ASHE *et al.*, 2015). Neste sentido, podemos relacionar os métodos de conservação a bordo das embarcações e a demanda regional do mercado como fatores que também podem ter influenciado nas diferenças de aproveitamento da fauna acompanhante do bonito-listrado entre as frotas. A estratégia de aproveitamento restrito de bonito-listrado e atuns foi adotada pela frota do Rio Grande do Sul que utiliza a salmoura como método de conservação a bordo, e é de propriedade de uma indústria de conserva. Por esta razão, supõe-se que não existiria vantagem no aproveitamento do pescado sem entrada na linha de produção da empresa, uma vez que a produção é direcionada exclusivamente à indústria.

Já para as embarcações do Rio de Janeiro, a estratégia de aproveitamento da fauna acompanhante pode ser definida como mista, uma vez que abastece as indústrias de conserva e ainda o mercado de peixe fresco (FIPERJ, dados não publicados). Esta estratégia só pode ser adotada uma vez que utilizam o gelo como método de conservação a bordo, e, se por um lado representa alguma desvantagem em termos de autonomia ou qualidade do pescado, a vantagem é escoamento para o mercado de peixe fresco da região metropolitana do Rio de Janeiro, uma das principais regiões em termos de consumo no Brasil (INFOPESSCA, 2010). Desta forma, sugere-se que a demanda local do mercado de peixe fresco pelo pescado suscetível à captura da frota de vara e isca-viva e a disponibilidade destes recursos nas áreas de pesca desta frota, garante uma receita extra para as embarcações, e representa uma vantagem para a adoção de uma estratégia de aproveitamento integral de outras espécies da fauna acompanhante do bonito-listrado.

Os padrões de operação das frotas do Rio de Janeiro e Rio Grande do Sul saíram de sua tradicionalidade para um padrão atípico no ano de 2018, e em menor escala em 2019. Infelizmente, os dados apresentados não permitem elucidar os fatores determinantes para esta alteração. Alterações no comportamento alimentar podem ajudar a explicar os menores rendimentos de bonito-listrado neste período (Andrade, 1999). Por outro lado, não se pode descartar que as operações da frota atuneira foram afetadas pela baixa disponibilidade da isca-viva. Tal afirmação ganha sentido ao levar em consideração o alto nível de dependência da frota de vara e isca-viva pela sardinha-verdadeira (SCHWINGEL *et al.*, 1999), e a influência do El Niño que acarreta o aquecimento na água na região sul e sudeste causando dispersão dessa espécie (SCHMIDT *et al.*, 2019), com capturas em declínio até 2018 (FIPERJ, 2018, 2019; UNIVALI/EMCT/LEMA, 2020).

Todavia, considerando especialmente a composição das capturas da frota do Rio de Janeiro e a permanência de bons rendimentos da frota do RS em áreas restritas ao sul do Brasil em 2018, sugere-se que o fator isca-viva não foi o único para a alteração da dinâmica das frotas. A dinâmica oceanográfica na área de distribuição do bonito-listrado explorada em maior detalhe no Capítulo 2 contribui para conectar os resultados aqui apresentados com os padrões oceanográficos relativos ao período de 2018 e 2019.

Considerações finais

A frota permissionada para pesca de vara e isca-viva do sudeste e sul é composta por embarcações que atuam sobre o estoque de bonito-listrado utilizando estratégias diferenciadas, relacionadas ao porto de origem e descarga da produção, características físicas das embarcações, composição das capturas descarregadas, distribuição do esforço em dias de pesca por viagens e deslocamento entre as áreas de pesca.

A frota sediada no Rio Grande do Sul é constituída por seis embarcações de grande porte, sendo uma das maiores do Brasil atuantes na modalidade de vara e isca-viva. A autonomia revelada em capacidade de armazenamento e conservação do pescado permitiu que a frota explorasse toda a costa do sudeste e sul em busca dos melhores rendimentos de bonito-listrado. As características climatológicas e oceanográficas da costa adjacente ao Rio Grande do Sul exercem influência no gatilho para a migração do recurso alvo deste estudo, que se torna indisponível nestas áreas em padrões sazonais bem marcados diante de condições normais, determinando o deslocamento das embarcações entre as áreas de pesca. Em situações atípicas, como observado em 2018, a frota demonstra versatilidade para atuar nas áreas de concentração do bonito-listrado, revelando um perfil especialista no recurso. Conforme demonstrado no Capítulo 2, o uso de tecnologia de ponta (denominada Oceanografia Operacional) para fazer a leitura do ambiente marinho em busca de áreas mais propícias às capturas, por meio de parcerias com universidades, permitiu o aperfeiçoamento das estratégias de pesca com aumento da eficiência de captura, a redução dos custos de operação e maior preparo para lidar com a necessidade de alteração da dinâmica tradicional de pesca.

A pescaria de vara e isca-viva surgiu no Rio de Janeiro e em 2019 o estado contou com nove embarcações preparadas para atuar, de acordo com sua tecnologia instalada, em busca do bonito-listrado disponível em áreas de pesca privilegiadamente ricas em nutrientes em função da ressurgência de Cabo Frio, em agregadores artificiais, como as plataformas de petróleo, e próximas ao porto de origem. Em condições normais, de escoamento para a indústria e de características oceanográficas, estes fatores permitem viagens mais curtas e com menor custo operacional, garantindo a manutenção do escoamento de pescado para atender a demanda do mercado consumidor. Sob condições atípicas, como verificado em 2018, especialmente as embarcações de maior porte conseguiram se manter na atividade, vide a saída de quatro embarcações em relação ao ano de 2012. A versatilidade da frota do Rio de Janeiro está no privilégio de poder atuar sobre outros recursos que não o bonito-listrado para manter a geração de receitas alternativas diante da indisponibilidade de recursos tecnológicos e outras ferramentas de gestão de risco. Por outro lado, a principal desvantagem é a distância entre o porto de origem e o parque enlatador, gerando instabilidade para o setor produtivo.

O presente trabalho avaliou o segmento da captura da cadeia produtiva do bonito-listrado e concluiu que cada uma das frotas analisadas respondeu à queda da disponibilidade do bonito-listrado em latitudes superiores a 28° S de sua maneira no ano de 2018. Provavelmente os reflexos do forte evento do El Niño ocorrido no período de 2015-2016 influenciaram os padrões observados e o resultado deve ser interpretado como alerta para todos os atores do setor pesqueiro. Frente às incertezas e dificuldades de previsão das capturas e consequente fornecimento de matéria-prima ao mercado, deve-se buscar a compreensão dos fatores que interferem na dinâmica do setor da captura utilizando-se de um monitoramento a longo prazo de indicadores econômicos, sociais, biológicos e ambientais, para fazer gestão com antecedência. A integração dos resultados apresentados neste livro ilustra o futuro que deve ser perseguido, ao correlacionar os diferentes aspectos que envolvem a cadeia produtiva do bonito-listrado. Acredita-se que somente desta forma é possível avaliar o *status* da população no atlântico sudoeste e as perspectivas para o desenvolvimento da cadeia produtiva no Brasil.

Agradecimento

Os autores agradecem ao Alexandre Llopert (Leal Santos) pela disponibilização dos dados de Mapas de Bordo das embarcações do Rio Grande do Sul, e à equipe técnica da FIPERJ responsável pela coleta dos dados no Rio de Janeiro.

Referências Bibliográficas

- ANDRADE, H. A. The relationship between the skipjack tuna (*Katsuwonus pelamis*) fishery and seasonal temperature variability in the south-western Atlantic. *Fish. Oceanogr.*, v. 12, p. 10-18, 2003.
- ANDRADE, H. A.; TOZETTO, A. L.; SANTOS, J. A. T. The effect of environmental factors and of the fishermen strategy on the skipjack tuna (*Katsuwonus pelamis*) CPUE in the Southwest Atlantic. *Col. Vol. Sci. Pap. ICCAT*, v. 58, n. 1, p. 350-358, 2005.
- ANDRADE, H. A.; PEREIRA, M. D.; MAYER, F. P. Alternative Methods for Calculating Catch-Per-Unit effort for Skipjack Tuna (*Katsuwonus pelamis*) Caught in The Southwestern Atlantic Ocean. *Braz. J. Aquat. Sci. Technol.*, v. 11, n. 2, p. 63-66, 2007.
- ANDRADE, H. A. Taxa de Captura para o Bonito-Listrado (*Katsuwonus pelamis*) do Sudoeste do Oceano Atlântico Sul. B. *Inst. Pesca*, São Paulo, v. 34, n. 3, p. 391- 402, 2008.
- ASCHE, F.; CHEN, Y. C.; SMITH, M. D. Economic incentives to target species and fish size: prices and fine-scale product attributes in Norwegian fisheries. *ICES Journal of Marine Science*, v. 72, n. 3, p. 733-740, mar./abr. 2015.
- ARRIZABALAGA, H.; MURUA, H.; MAJKOWSKI, J. Global status of tuna stocks: summary sheets. *Rev. Invest. Mar.*, v. 18, n. 9, 2012.
- BRANDER, K. M. Impacts of climate change on fisheries. *Journal of Marine Systems*, v. 79, p. 389-402, 2010.
- CASTELLO, J. P.; HABIAGA, R. P. The skipjack tuna fishery in Southern Brazil. *ICCAT Collective Volume of Scientific Papers*, v. 30, n. 1, p. 6-19, 1989.
- COLETO, J. L.; PINHO, M. P.; MADUREIRA, L. S. P. Operational oceanography applied to skipjack tuna (*Katsuwonus pelamis*) habitat monitoring and fishing in south-western Atlantic. *Fish. Oceanogr.*, v. 28, p. 82-93, 2019.
- FAO. *Desk Review of FADs fisheries development in the WECAFC region and the impact on stock assessments*. Merida, México. 38p. 2017.
- FAO. *Sustainability in action*. Rome, 2020.
- FAO. *Impacts of climate change on fisheries and aquaculture*. Rome, 628p. 2018.
- FIPERJ. Fundação Instituto de Pesca do Estado do Rio de Janeiro. *Diagnóstico da Pesca do Estado do Rio de Janeiro*. Niterói: Fundação Instituto de Pesca do Estado do Rio de Janeiro, 108f., 2013.
- FIPERJ. Fundação Instituto de Pesca do Estado do Rio de Janeiro. *2º Relatório Técnico Semestral – PMAP-RJ*, 2018.
- FIPERJ. Fundação Instituto de Pesca do Estado do Rio de Janeiro *3º Relatório Técnico Semestral – PMAP-RJ*, 2019.
- GRANDE, M. *The reproductive biology, condition and feeding ecology of the skipjack, Katsuwonus pelamis, in the Western Indian Ocean*. PhD Thesis. Universidad del País Vasco. 234p. 2014.
- HAZIN, F. H. V.; TRAVASSOS, P. E. A pesca oceânica no Brasil no Século 21. *Revista Brasileira de Engenharia da Pesca*, v. 2, n. 1, p. 60-75, 2007.

ICCAT. International Commission for the Conservation of Atlantic Tunas. The current edition provides the catch and other statistics series starting in 1950 up to 2019. *Statistical Bulletin version, 2019.*

INFOPESCA. *O mercado de pescado da região metropolitana do Rio de Janeiro.* 103p. 2010.

JABLONSKI, S. The interaction of the oil and gas offshore industry with fisheries in Brazil: The “Stena Tay” experience. *Braz. J. Oceanogr.*, São Paulo, v. 56, n. 4, out./dez. 2008.

LIMA-GREEN, A. P.; MOREIRA, G. G. *Metodologia Estatística de Pesca: Pesca Embarcada.* Rio de Janeiro: IBGE, 2012.

LOUKOS, H.; MONFRAY, P.; BOPP, L.; LEHODEY, P. Potential changes in skipjack tuna (*Katsuwonus pelamis*) habitat from a global warming scenario: modeling approach and preliminary results. *Fisheries Oceanography*, v. 12, p. 474–482, 2003.

MADUREIRA, L.; COLETTI, J.; PINHO, M.; WEIGERT, S.; LLOPART, A. Pole and line fishing and live baiting in Brazil. *INFOFISH International*, v. 3, p. 14–17, 2016.

MATSUURA, Y.; ANDRADE, H. A. Synopsis on biology of skipjack tuna population and related environmental conditions in brazilian waters. *ICCAT Collective Volume of Scientific Papers*, v. 51, n. 1, p. 395-400, 2000.

MENESES DE LIMA, J. H.; LIN, C. F.; MENEZES, A. A. S. As pescarias brasileiras de bonito-listrado com vara e isca-viva, no sudeste e sul do Brasil, no período de 1980 a 1998. *Boletim Técnico-Científico do CEPENE*, v. 8, n. 1, p. 185-278, 2000.

MENEZES, A. A. S.; SANTOS, R. A.; LIN, C. F.; VIANNA, M.; NEVES, L. F. Caracterização das capturas comerciais do bonito-listrado, *Katsuwonus pelamis*, desembarcado em 2007 no Rio de Janeiro, Brasil. *Revista CEPSUL - Biodiversidade e Conservação Marinha*, v. 1, n. 1, p. 29-42, 2010.

SCHMIDT, J. O.; BOGRAD, S. J.; ARRIZABALAGA, H. et al. Future ocean observations to connect climate, fisheries and marine ecosystems. *Frontiers in Marine Science*, v. 6, p. 550, 2019.

SCHWINGEL, P.; WAHRILICH, R.; BAILON, M.; RODRIGUES-RIBEIRO, M. *Diagnóstico da pesca do bonito-listrado (Katsuwonus pelamis) com vara e isca-viva no Estado de Santa Catarina.* Itajaí: CTTMar/ UNIVALI, 18 p, 1999.

SMITH, M. D. The new fisheries economics: incentives across many margins. *Annual Review of Resource Economics*, v. 4, p. 379-402, 2012.

SOARES, J. B. *Dinâmica populacional do Bonito-listrado Katsuwonus pelamis (Linnaeus, 1758) capturado na costa sudeste do Brasil.* Dissertação de Mestrado em Biologia Marinha e Ambientes Costeiros. 141 f. Niterói, Universidade Federal Fluminense, 2018.

UNIVALI/EMCT/LEMA. *Estatística Pesqueira de Santa Catarina.* Consulta On-line. Projeto de Monitoramento da Atividade Pesqueira do Estado de Santa Catarina. Laboratório de Estudos Marinhos Aplicados (LEMA), da Escola do Mar, Ciência e Tecnologia (EMCT) da Universidade do Vale do Itajaí (UNIVALI), 2020. Disponível em: <http://pmap-sc.acad.univali.br/>. Acesso em: 30 mar. 2020.

*Luís Gustavo Cardoso, Jorge Pablo Castello,
Marcus Rodrigues da Costa, Rafael de Almeida Tubino,
Cassiano Monteiro-Neto,
Lauro A. Saint-Pastous Madureira*

Introdução

Para a grande maioria dos estoques pesqueiros mundiais não existem séries temporais de captura, esforço, comprimentos e idades que, combinados com dados independentes da pesca, permitam o ajuste de modelos de dinâmica populacional (COSTELLO *et al.*, 2012). O ajuste destes tipos de modelos possibilita avaliar o estado de exploração dos estoques, o que, por sua vez, é um passo fundamental para guiar o manejo das pescarias. No entanto, a limitação de dados não deve ser utilizada como desculpa, visto que existem atualmente diversos modelos de avaliação para estoques com limitação de disponibilidade de dados (DOWLING *et al.*, 2014).

Para o atum bonito-listrado *Katsuwonus pelamis* (Linnaeus, 1758) do oceano Atlântico Oeste há uma certa limitação nos dados disponíveis e possíveis de serem utilizados em modelos de avaliação de estoques. Por exemplo, a utilização de séries temporais de captura por unidade de esforço (CPUE) como representativas das alterações de abundância pode ser questionável devido ao fenômeno conhecido como hiperestabilidade (HARLEY *et al.*, 2001). Este fenômeno ocorre principalmente quando a pescaria é realizada sobre concentrações de indivíduos, o que mantém os valores de CPUE altos, mesmo quando a abundância geral do estoque está diminuindo. A quase totalidade das capturas de bonito-listrado no oeste do oceano Atlântico é realizada sobre grandes concentrações de indivíduos (cardumes), com a utilização de artes de pesca como vara e isca-viva, linha de mão e cerco (GARBIN & CASTELLO, 2014; SOARES *et al.*, 2019). Com isso, o acompanhamento das séries de CPUE pode não representar a tendência real da abundância.

A Comissão Internacional para Conservação de Atuns e Afins (ICCAT, 2020), para fins de manejo, utiliza a premissa de que o bonito-listrado capturado em todo o Atlântico Oeste compreende um único estoque, que se estende desde águas da costa leste dos Estados Unidos (Atlântico Norte) até o sul do Brasil (Atlântico Sul). No entanto, estudos de marcação e recaptura demonstram que a movimentação de indivíduos entre os hemisférios Norte e Sul é limitada, com uma média de distância de menos de 500 milhas entre as posições de marcação e recaptura, sendo muito rara a recuperação de indivíduos com distâncias superiores a 1500 milhas (1% das recapturas) (GAERTNER, 2014). Devido a esses movimentos limitados, os autores concluíram que existe uma probabilidade muito baixa de mistura entre o bonito-listrado distribuído no Atlântico Norte com do Atlântico Sul, e ainda persistem dúvidas em relação à estruturação populacional da espécie em todo o Atlântico Oeste. Considerando-se que a maior parte das capturas de bonito-listrado no Atlântico Oeste¹ ocorre na região sul deste oceano, realizadas principalmente pelas frotas de vara e isca-viva sediadas nos estados do Rio de Janeiro, Santa Catarina e Rio Grande do Sul (GARBIN & CASTELLO, 2014; SOARES *et al.*, 2019), neste capítulo foram projetados dois cenários de estruturação de estoque para avaliar seu estado de exploração: 1) um estoque único em todo o Atlântico Oeste, e 2) um estoque no Atlântico Sudoeste.

¹ Aproximadamente 90% (ICCAT, 2020).

A série temporal de capturas totais desembarcadas (ICCAT, 2018) pode ser considerada como a informação mais precisa sobre as quantidades de bonito-listrado removidas do estoque do Atlântico Sudoeste ao longo do tempo, visto que: 1) a produção do estoque oeste é predominantemente brasileira; 2) os desembarques históricos foram registrados e os atuais estão concentrados na sua maioria em três estados do Brasil (RJ, SC e RS); e 3) todos os indivíduos capturados são desembarcados, ou seja, não há rejeição a bordo. Dados de desembarques de bonito-listrado provenientes de capturas no Atlântico Oeste estão disponíveis para o período de 1952 a 2018, e para o Atlântico Sudoeste para o período entre 1979 e 2018 (ICCAT, 2020).

O estado de exploração do estoque (nível atual de depleção) é uma entrada importante para vários modelos de avaliação, pois informa a mudança relativa de um parâmetro que expressa a quantidade atual do estoque em relação a uma situação virginal, ou sem pesca. A depleção do estoque pode ser estimada, por exemplo, comparando-se a biomassa atual de desovantes ou o potencial de desova em relação a uma biomassa ou potencial de desova virginal, sem pesca (THORSON *et al.*, 2012). Métodos recentes, baseados em composições de comprimentos, permitem estimar o potencial atual de desova a partir de composições representativas da estrutura de comprimento dos indivíduos do estoque e de parâmetros de história de vida (HORDYK *et al.*, 2015).

Neste sentido, a história de vida do bonito-listrado apresenta uma variabilidade considerável entre estudos e áreas de distribuição (JUAN-JORDÁ *et al.*, 2013). Para o oceano Atlântico Oeste, existem diversos trabalhos técnicos-científicos sobre os parâmetros de dinâmica populacional de bonito-listrado. Estes estudos estimaram parâmetros de crescimento (VILELLA & CASTELLO, 1991; GARBIN & CASTELLO, 2014; SOARES *et al.*, 2019; ANDRADE *et al.*, 2004), comprimento de primeira maturação (CAYRÉ & FARRUGIO, 1986; VILELLA & CASTELLO, 1991) e mortalidade natural (GARBIN & CASTELLO, 2014). Com o objetivo de estimar um nível de capturas sustentável para o estoque de bonito-listrado no Atlântico Oeste e Sudoeste, aplicamos um sistema de suporte à decisão em manejo pesqueiro (FishPath - DOWLING *et al.*, 2016) para eleger os modelos mais indicados para serem aplicados ao estoque, considerando a disponibilidade dos dados. Em um primeiro momento, estimou-se o nível atual de depleção do estoque com um modelo de potencial de desova (em inglês, *Spawning Potential Ratio (SPR)*), baseado na composição do comprimento e informações de histórico de vida (HORDYK *et al.*, 2015). Esta estimativa foi combinada com uma série de dados de captura para reconstruir o histórico de biomassa do estoque e estimar um valor de captura total permitida por meio de uma análise de redução de estoque baseada no nível atual de depleção (DICK & MACCALL, 2011).

Material e métodos

Os modelos utilizados para avaliar o estoque de bonito-listrado do Atlântico Sudoeste foram selecionados com um sistema de suporte à decisão, FishPath (DOWLING *et al.*, 2016), que considera 60 opções de modelos de avaliação e utiliza critérios, via árvore de decisão, para selecionar os métodos que podem ser aplicados tendo em vista a disponibilidade de dados sobre o estoque.

A seleção dos modelos foi realizada por meio da exclusão daqueles que não poderiam ser aplicados, por diversos critérios, como no exemplo abaixo (Fig. 1), onde se demonstra a exclusão de dois modelos, *Depletion analysis* e *Ecosystem Based Biomass Targets*, pelo fato de serem aplicados a recursos pesqueiros com características específicas, não encontradas no caso do bonito-listrado.

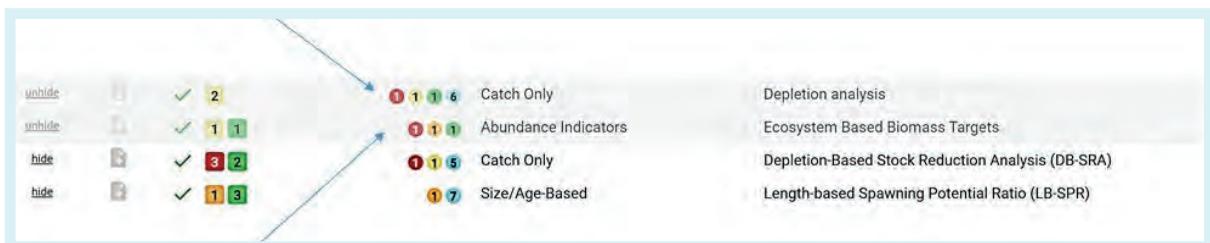


Figura 1. Exemplo da etapa de seleção de modelos, demonstrando dois dos modelos excluídos da lista de opções. O primeiro foi desconsiderado por ser um modelo utilizado para espécies com dinâmica populacional do tipo “boom and boost”, por exemplo, pequenos pelágicos. Já o segundo foi desconsiderado por ser um modelo utilizado para espécies de recifes de corais, com informações de abundâncias relativas nas tramas tróficas.

Após a exclusão dos modelos devido à falta de dados necessários ou que não poderiam ser aplicados devido à sua natureza, o sistema selecionou 11 tipos de modelos de um total de 60 opções (Fig. 2).

Notes	Criteria	Caveats	Output-Based Category	Option
hide	✓ 1 1		3 3 Catch, Fishing Rate, or Stock Status	Data exploration via plotting and descriptive statistics
hide	✓ 3 2	1 1 5	Catch	Depletion-Based Stock Reduction Analysis (DB-SRA)
hide	✓ 1 3	1 7	Stock Status	Length-based Spawning Potential Ratio (LB-SPR)
hide	✓ 1 1 1	1 5	Catch	Only Reliable Catch Stocks (ORCS)
hide	✓ 2 3	1 1 4	Catch	Stochastic Stock Reduction Analysis (SRA)
hide	✓ 5	1 1	Fishing Rate	Yield-Per-Recruit
hide	✓ 3	1 1	Catch or Fishing Rate	B-K Life History Model
hide	✓ 3	1 1	Fishing Rate	Intrinsic Rebound Potential
hide	✓ 4	1 1	Fishing Rate	Demographic FMSY
hide	✓ 1 4	1 2	Stock Status	Length-based Bayesian Biomass Estimation (LBB)
hide	✓ 1 1 5	1 2	Stock Status	Catch Curve Stock-Reduction Analysis (CC-SRA)

Figura 2. Lista com as 11 opções de categorias de avaliação de estoques disponíveis para serem aplicados ao estoque de bonito-listrado.

Tendo em vista o objetivo deste trabalho de estimar um valor de captura total aceitável para os dois cenários de estoque e a lista de opções disponíveis conforme o sistema de suporte à decisão, foram selecionados dois modelos para serem utilizados de forma complementar, são eles: 1) *Length-based Spawning Potential Ratio* (LBSPR) (HORDYK *et al.*, 2015) e 2) *Depletion-based Stock Reduction Analysis* (DBSRA) (DICK & MACCALL, 2011).

O modelo *Length-based Spawning Potential Ratio* (LBSPR) foi utilizado para estimar a fração atual do potencial de desova, que, por sua vez, foi considerado como um *proxy* do nível atual de depleção do estoque (THORSON *et al.*, 2012). O nível atual de depleção do estoque foi utilizado como dado de entrada para o modelo *Depletion-based Stock Reduction Analysis* (DBSRA), que permitiu reconstruir o histórico de biomassa e estimar um valor de captura total permitida (TAC) para os dois cenários de estoque.

O método LBSPR compara uma composição de comprimentos modelada de um estoque sem mortalidade por pesca (condição virginal) com a composição atual de comprimento observada nas capturas. Este método assume uma condição de equilíbrio do estoque (toda biomassa perdida pelo estoque devido à mortalidade natural e por pesca é recuperada pelo recrutamento no ano seguinte) e as seguintes premissas: (i) a equação de von Bertalanffy descreve adequadamente o crescimento; (ii) uma única curva de crescimento pode ser usada para ambos os sexos com a mesma probabilidade de captura; (iii) as taxas de crescimento permanecem constantes entre as coortes dentro de um estoque; (iv) a seletividade é assintótica; (v) o comprimento em cada idade é normalmente distribuído;

(vi) o recrutamento permanece constante ao longo do tempo; e (vii) a mortalidade natural permanece constante nas classes de idade adultas (HORDYK *et al.*, 2015).

A fração do potencial de desova (SPR) para a população explorada é uma função da razão entre mortalidade por pesca e mortalidade natural (F/M), seletividade e as duas invariantes de história de vida M/k e L_{50} / L_{∞} , onde: k é o coeficiente de crescimento de von Bertalanffy, L_{50} é o tamanho da maturidade e L_{∞} é o tamanho assintótico. A composição do comprimento virginal pode ser obtida através dos parâmetros de crescimento de von Bertalanffy (L_{∞} e k), mortalidade natural (M) e o comprimento furcal de 50% e 95% de maturidade (CF_{50} e CF_{95}).

Existem várias estimativas de parâmetros de história de vida para a espécie no Atlântico Oeste (Tab. 1). Para calcular o SPR consideramos várias combinações entre diferentes estimativas da história de vida para incluir as incertezas. O método LBSPR é muito sensível à taxa de mortalidade natural (M), à taxa de crescimento individual de Von Bertalanffy (k), e à história de vida invariante M/k (HORDYK *et al.*, 2014). Os valores de M/k acima de 4,5 foram excluídos da análise pela falta de observação de valores próximos em um trabalho de meta-análise com 123 espécies (PRINCE *et al.*, 2014).

Tabela 1. Parâmetros de história de vida considerados para a estimativa de fração do potencial reprodutivo de *Katsuwonus pelamis* no oceano Atlântico Sudoeste.

CF_{∞}	k	M	M/k	CF_{50}	CF_{95}	<i>Growth source</i>	<i>M source</i>
92,50	0,16	0,98	6,10	46,50	52	Garbin & Castello (2014)	ICCAT (2013)
92,50	0,16	0,8	5,00	46,50	52	Garbin & Castello (2014)	ICCAT (2014)
92,50	0,16	0,72	4,50	46,50	52	Garbin & Castello (2014)	ICCAT (2014)
92,50	0,16	0,63	3,90	46,50	52	Garbin & Castello (2014)	Garbin & Castello (2014)
87,12	0,22	0,98	4,50	46,50	52	Vilella & Castello (1991)	ICCAT (2013)
87,12	0,22	0,80	3,60	46,50	52	Vilella & Castello (1991)	ICCAT (2014)
87,12	0,22	0,72	3,30	46,50	52	Vilella & Castello (1991)	ICCAT (2014)
87,12	0,22	0,63	2,90	46,50	52	Vilella & Castello (1991)	Garbin & Castello (2014)
90,10	0,24	0,98	4,10	46,50	52	Soares <i>et al.</i> (2019)	ICCAT (2013)
90,10	0,24	0,80	3,30	46,50	52	Soares <i>et al.</i> (2019)	ICCAT (2014)
90,10	0,24	0,72	30,00	46,50	52	Soares <i>et al.</i> (2019)	ICCAT (2014)
90,10	0,24	0,63	2,60	46,50	52	Soares <i>et al.</i> (2019)	Garbin & Castello (2014)

O comprimento furcal de 50% e 95% da maturidade foi considerado $CF_{50} = 46,5$ cm e $CF_{95} = 52,0$ cm, que é o valor médio para fêmeas entre a estimativa feita por Cayré & Farrugio (1986) ($CF_{50} = 42,0$ cm e $CF_{95} = 49,0$ cm) com indivíduos do leste e oeste do oceano Atlântico, e a estimativa feita por Vilella & Castello (1993) ($CF_{50} = 51,0$ cm e $CF_{95} = 55,0$ cm) com indivíduos do sudoeste do Atlântico. O valor usado para o parâmetro CF_{50} está de acordo com o valor estimado na meta-análise realizada por Juan-Jordá *et al.* (2013).

Para validar o uso do SPR baseado em comprimento como um estimador de depleção, aplicamos o modelo para composição de comprimento do estoque em dois períodos. O primeiro, representativo do início da pesca com vara e isca-viva no sul e sudeste do Brasil (início dos anos 1980), amostrados por Vilella & Castello (1993). O segundo período é representativo do estado atual do estoque amostrado em desembarques da frota de vara e isca-viva durante as safras de pesca 2017-2018 e 2018-2019 (Fig. 3). Estas amostragens ocorreram em desembarques da frota industrial de vara e isca-viva nas cidades de Rio Grande (RS) e de Niterói (RJ).

As amostras das duas temporadas de pesca foram ponderadas pelas capturas totais de cada estado e combinadas para refletir uma “fotografia” atual da composição de tamanhos do estoque. Mais de 80% dos desembarques das espécies no Atlântico Oeste provêm da pesca de vara e isca-viva (ICCAT, 2014), portanto, pode-se considerar a composição de comprimentos desta pescaria como representativa da estrutura de comprimentos da fração adulta do estoque.

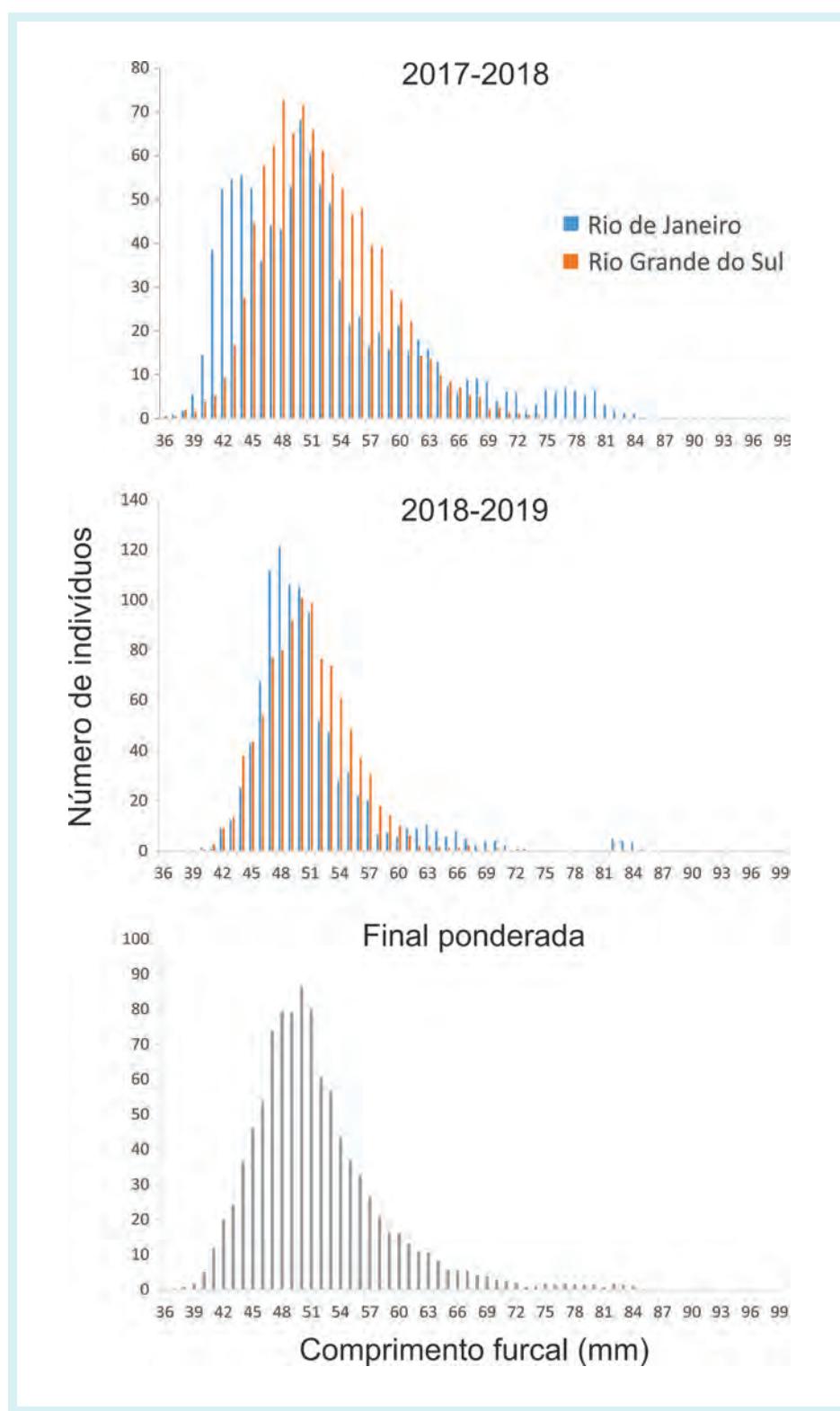


Figura 3. Composição de comprimentos de bonito-listrado amostrados em desembarques da frota de vara e isca-viva durante as temporadas de pesca 2017-2018 e 2018-2019 pela equipe do Projeto Bonito FUNBIO.

As séries de capturas (1952-2018 para o Atlântico Oeste, e 1979-2018 para o Atlântico Sudoeste) utilizadas neste trabalho foram extraídas das estatísticas de capturas no Atlântico Ocidental fornecidas pela ICCAT (2018) (Fig. 4). Para o cenário de um estoque no Atlântico Oeste, as capturas foram baixas de 1952 a 1979, (em média 2.700 toneladas). Neste período as capturas foram realizadas em sua quase totalidade no Atlântico Norte, no início dos anos 1980 aumentaram abruptamente, passando de 6.000 toneladas em 1979 para 32.000 toneladas em 1982, devido ao início da pesca de vara e isca-viva no sul e sudeste do Brasil (MATSUURA, 1983). Do início da década de 1980 a 2018, as capturas apresentaram um comportamento cíclico com um período de cinco a seis anos e uma tendência geral ligeiramente decrescente (Fig. 4). Para o cenário de um estoque no Atlântico Sudoeste, as capturas apresentam um aumento abrupto logo depois do início das capturas em 1979 e até o ano de 1982, e posteriormente uma tendência de aumento crescente, atingindo seu pico em 2013, com 32.400 toneladas (Fig. 4).

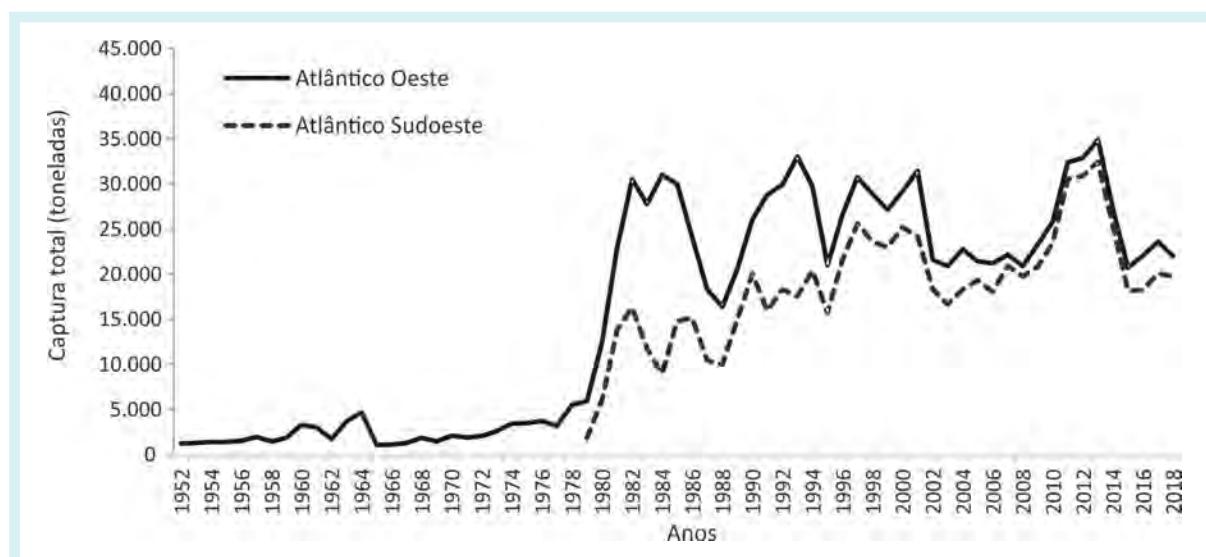


Figura 4. Série de capturas totais de *Katsuwonus pelamis*, conforme relatado pela ICCAT para o oceano Atlântico Oeste entre 1952 e 2018, e para o oceano Atlântico Sudoeste entre 1979 e 2018.

A análise de redução de estoque baseada na depleção (DBSRA) (DICK & MACCALL, 2011) requer uma série de capturas históricas, a taxa de mortalidade natural (M), a idade de maturação (Imat) e o nível de depleção do estoque em um ano recente. Um modelo de produção híbrido de Schaefer e Pella, Tomlinson & Fletcher fornece uma função de produção latente que permite total flexibilidade na especificação do B_{msy}/B_0 (B_{msy} : biomassa na “*maximum sustainable yield*” e B_0 : biomassa virginal). As distribuições de probabilidade dos parâmetros Depleção, M e B_{msy}/B_0 para entrada no modelo foram obtidas via procedimento de reamostragem, denominado cadeias de Monte Carlo. Presume-se que a seletividade siga um padrão de modelo logístico (ogiva de maturidade) na idade de maturação (Imat) que é utilizada para dividir a biomassa imatura e madura.

O DBSRA usa um modelo simples de produção com um intervalo de tempo para recrutamento e mortalidade, da seguinte maneira:

$$B_{t+1} = B_t + P(B_{t-Imat}) - C_t$$

onde B_t é a biomassa no início do ano t , $P(B_{t-Imat})$ é a produção anual latente com base na biomassa adulta no ano $t-Imat$ e C_t é a captura no ano t . A função de produção é parcialmente derivada de uma relação padrão de recrutamento de estoques (DICK & MACCALL, 2011). A biomassa no primeiro ano (B_0) é assumida igual à biomassa sem pesca. O pacote DLMtool versão 5.4.2 foi utilizado para realizar esta análise (CARRUTHERS & HORDYK, 2020). Foram realizadas 1.000 simulações para cada um dos parâmetros estimados.

As capturas totais permitidas (TAC) para cada cenário foram calculadas considerando a taxa de exploração que permitiria o rendimento máximo sustentável (F_{msy}/M), multiplicada pela biomassa atual estimada, que, por sua vez, foi calculada multiplicando-se a biomassa virginal pelo nível atual de depleção.

Resultados

A combinação de parâmetros de história de vida utilizada para simular a distribuição de comprimentos virginais está apresentada na figura 5.

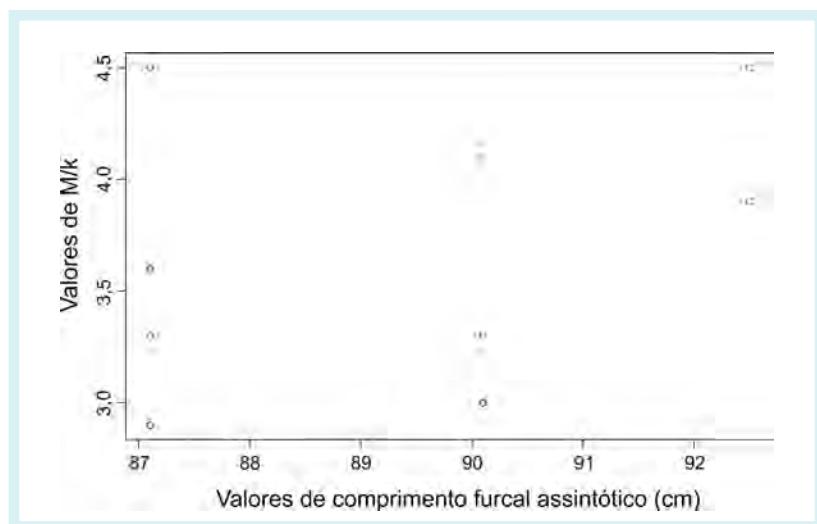


Figura 5. Combinação de parâmetros de história de vida utilizada para a simulação da distribuição de comprimentos virginais do estoque de *Katsuwonus pelamis* no oceano Atlântico Sudoeste.

A fração do potencial reprodutivo (SPR) resultante para 2017-2019 foi de 47% (36-71%) (Fig. 6). Este valor foi utilizado como representativo do nível de depleção atual do estoque em ambos os cenários. A fração de potencial reprodutivo resultante para o início dos anos de 1980 foi de 78% (Fig. 7), ou seja, próximo à um valor virginal. De fato, supõe-se uma composição de comprimentos amostrada no início da exploração, similar à virginal, o que demonstra a boa performance em estimar o nível de depleção do estoque. Consequentemente, podemos inferir que o valor de SPR estimado para o período atual pode ser considerado um bom indicador do nível atual de depleção do estoque.

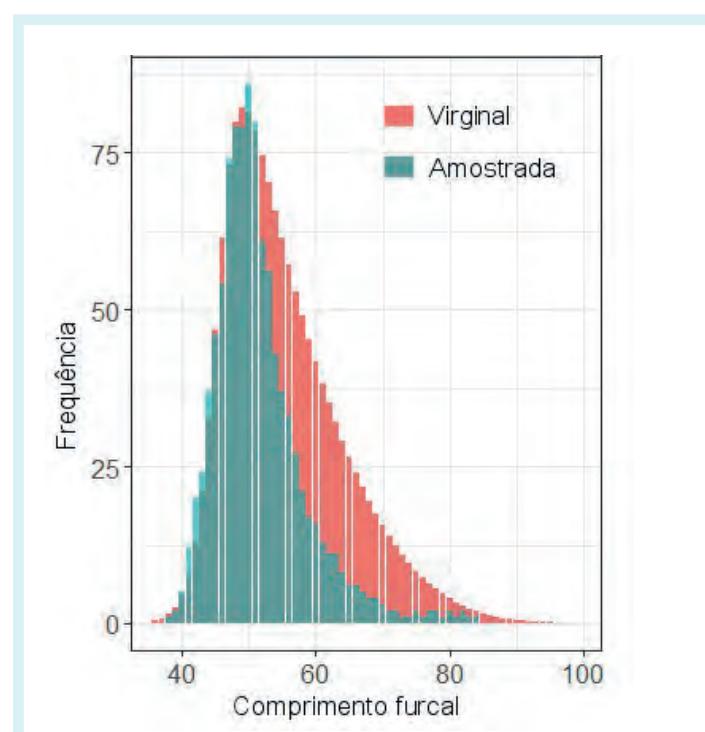


Figura 6. Figura ilustrativa da comparação entre a composição de comprimentos de bonito-listrado amostrada nas safras de 2017-2018 e 2018-2019, representativas da situação atual do estoque na região sudeste e sul do Brasil e a composição virginal modelada a partir das combinações de parâmetros de história de vida.

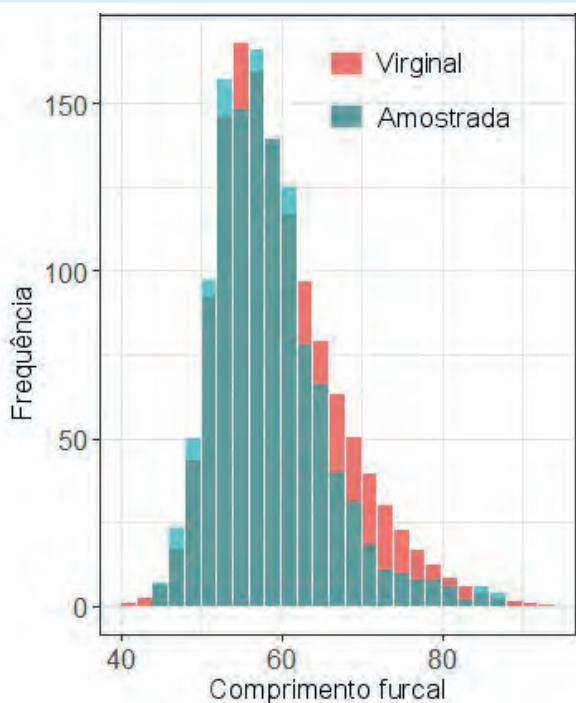


Figura 7. Figura ilustrativa da comparação entre a composição de comprimentos de bonito-listrado amostrada no início dos anos 1980 (dados publicados por Vilella & Castelo, 1993), representativa da região sudeste sul do Brasil em um período próximo ao início da pescaria industrial na região e a composição virginal modelada a partir das combinações de parâmetros de história de vida.

As incertezas associadas aos parâmetros de entrada utilizados no modelo DBSRA para ambos os cenários estão apresentadas nos histogramas na figura 8.

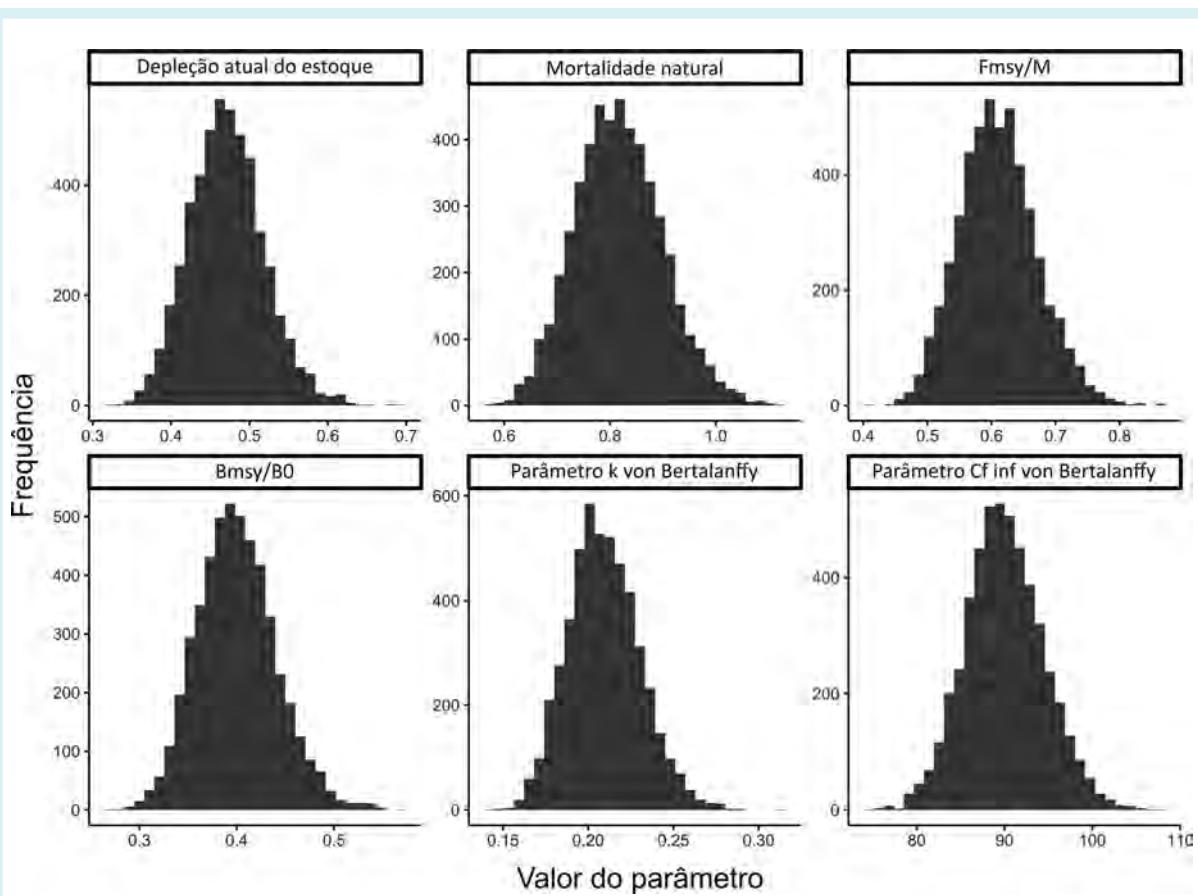


Figura 8. Distribuições de probabilidades dos parâmetros de entrada utilizados no modelo DBSRA para o bonito-listrado no Atlântico Sudoeste.

Cenário de Estoque no Atlântico Oeste

Para o cenário de um único estoque no Atlântico Oeste, o padrão temporal de biomassa modelada estima que a biomassa virginal do estoque esteve entre 200.000 e 400.000 toneladas até o final dos anos 1980. Após alguns anos do início da pescaria industrial de vara e isca-viva em uma nova área de pesca, no sudeste e sul do Brasil, a biomassa diminuiu paulatinamente até o final da década de 1980, quando se estabilizou entre 80.000 e 200.000 toneladas, permanecendo neste patamar até os dias atuais (Fig. 9). Cada linha da figura 9 representa uma das 1.000 repetições do modelo, portanto, é importante destacar que o valor inicial de cada linha deve ser comparado somente com o valor final da mesma linha.

Atualmente (embora a teoria remonte à década de 1930), existem vários estudos mostrando que a biomassa na qual o estoque aumenta sua produtividade é de cerca de 40% (um pouco mais ou menos) da biomassa virginal, dependendo da história de vida das espécies (HILBORN *et al.*, 2003; THORSON *et al.*, 2010). Nesse nível de depleção, o estoque maximizaria sua produção excedente, isto é, produção de biomassa acima do necessário para substituir indivíduos perdidos para a mortalidade por pesca. Portanto, considerando-se os resultados do modelo, pode-se afirmar que a biomassa atual estaria acima do nível de 40% da biomassa virginal. Com isso, pode-se afirmar que o estoque no Atlântico Oeste não se encontra em situação de sobre-exploração e a manutenção dos níveis de capturas atuais assegurariam uma exploração sustentável deste recurso no longo prazo.

A fração da biomassa virginal também diminuiu no início dos anos 1980 passando de 1,0 para valores entre 0,40 e 0,60, segundo os resultados do modelo (Fig. 10). Cada linha da figura 10 significa uma das 1.000 repetições do modelo, portanto, os valores iniciais de cada linha devem ser comparados somente com os valores finais da mesma linha.

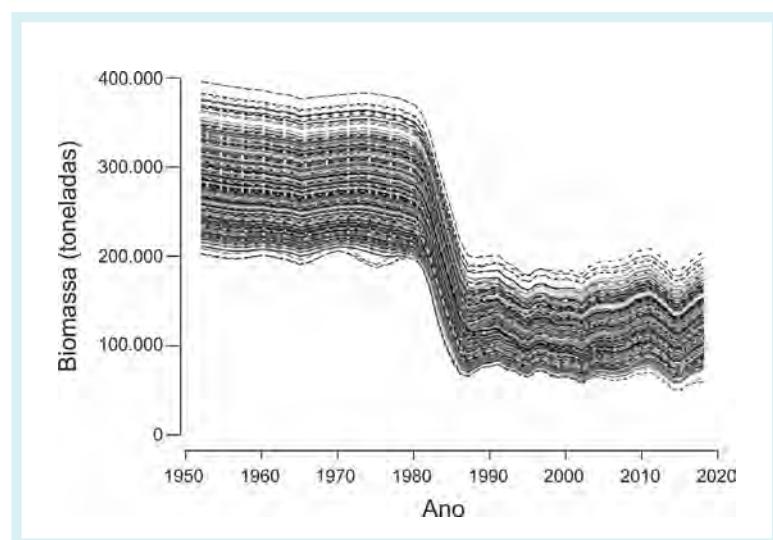


Figura 9. Estimativas (1.000 repetições) da evolução temporal da biomassa de bonito-listrado no oceano Atlântico Oeste entre 1953 e 2018 de acordo com o modelo DBSRA.

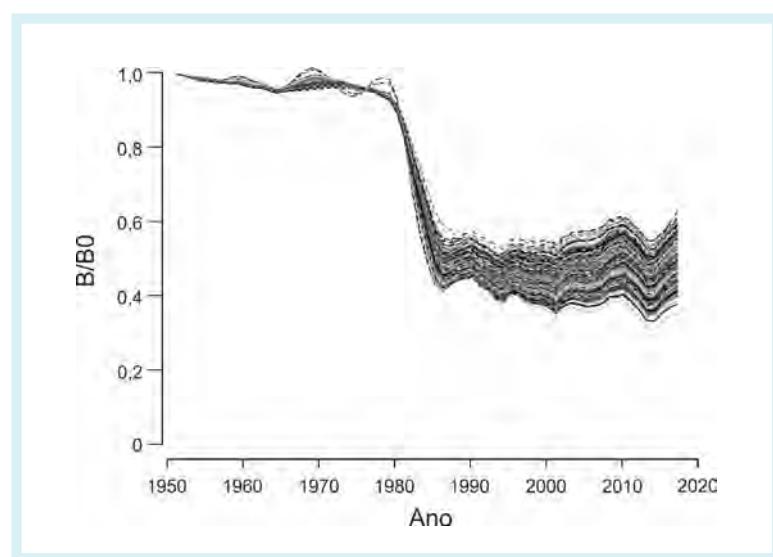


Figura 10. Estimativas (1.000 repetições) da evolução temporal da biomassa atual em relação à virginal (B/B_0) de bonito-listrado no oceano Atlântico Oeste entre 1953 e 2018.

Com isso, segundo o resultado do modelo e considerando os parâmetros de entrada, as capturas totais permitidas para o estoque foram estimadas em torno de 32.749 toneladas (28.000 e 38.000) (Fig. 11), um pouco acima das capturas registradas para os últimos anos.

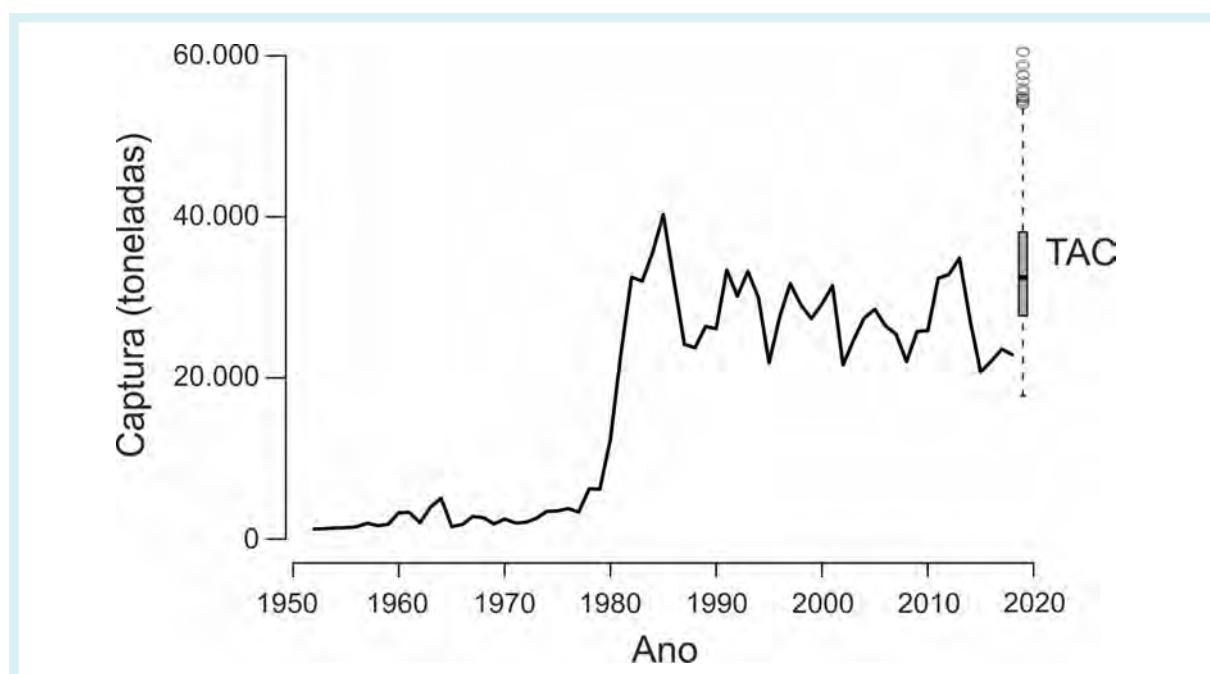


Figura 11. Evolução temporal das capturas registradas de bonito-listrado no oceano Atlântico Oeste entre 1953 e 2018 e as capturas totais permitidas para o estoque (TAC = *Total Allowable Catch*).

Cenário de Estoque no Atlântico Sudoeste

Para o cenário da existência de um estoque no Atlântico Sudoeste distinto do Atlântico Noroeste, o padrão temporal de biomassa modelada estima que a biomassa virginal do estoque esteve entre 150.000 e 320.000 toneladas até o final dos anos 1970. Após o início da pescaria industrial de vara e isca-viva no sudeste e sul do Brasil, a biomassa diminuiu paulatinamente até o final da década de 2010, quando se estabilizou entre 50.000 e 180.000 toneladas, permanecendo neste patamar até os dias atuais (Fig. 12). Cada linha da figura 12 representa uma das 1.000 repetições do modelo, portanto, é importante destacar que o valor inicial de cada linha deve ser comparado somente com o valor final da mesma linha.

Com este cenário e considerando-se os resultados do modelo, pode-se afirmar que a biomassa atual estaria acima do nível de 40% da biomassa virginal. Com isso, pode-se afirmar que o estoque de bonito-listrado do Atlântico Sudoeste está sendo explorado em um nível sustentável no longo prazo.

A fração da biomassa virginal também diminuiu paulatinamente desde o início dos anos 1980, passando de 1,0 para valores entre 0,35 e 0,60, segundo os resultados do modelo (Fig. 13). Cada linha da figura 13 significa uma das 1.000 repetições do modelo, portanto, os valores iniciais de cada linha devem ser comparados somente com os valores finais da mesma linha.

Com isso, segundo o resultado do modelo e considerando os parâmetros de entrada, as capturas totais permitidas para um cenário de um estoque no Atlântico Sudoeste foram estimadas em torno de 27.000 toneladas (entre 23.000 e 31.000) (Fig. 14). Este valor (27.000 t) é um pouco maior do que as capturas registradas entre os anos de 2014 e 2019 (Fig. 14), no entanto abaixo do máximo registrado em 2013 (32.400 t).

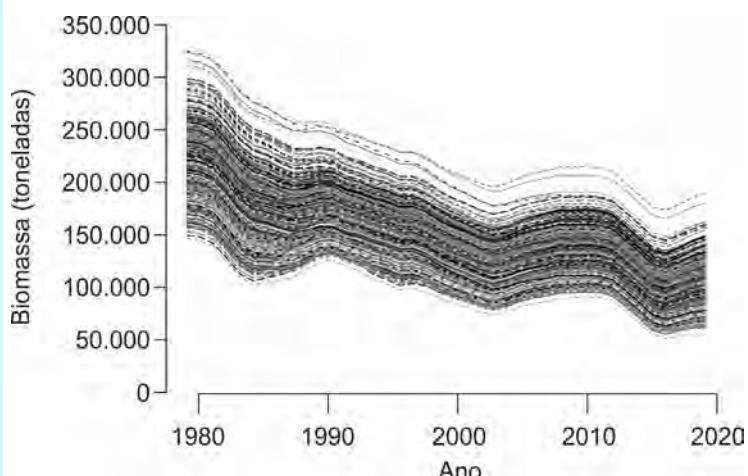


Figura 12. Estimativas (1.000 repetições) da evolução temporal da biomassa de bonito-listrado no oceano Atlântico Sudoeste entre 1979 e 2018 de acordo com o modelo DBSRA.

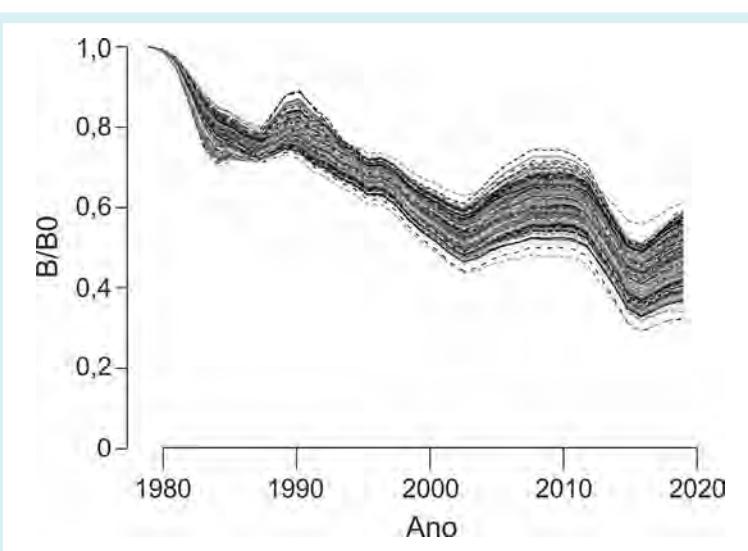


Figura 13. Estimativas (1.000 repetições) da evolução temporal da biomassa atual em relação à virginal (B/B_0) de bonito-listrado no oceano Atlântico Sudoeste entre 1979 e 2018.

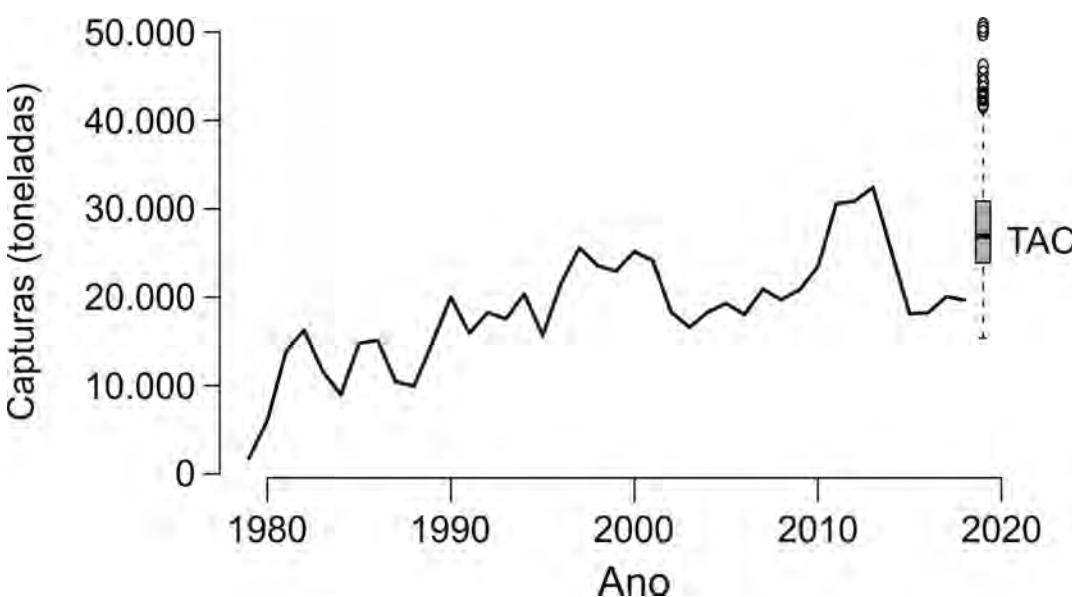


Figura 14. Evolução temporal das capturas registradas de bonito-listrado no oceano Atlântico Sudoeste entre 1979 e 2018 e as capturas totais permitidas para o estoque (TAC = Total Allowable Catch).

Considerações finais

A avaliação de estoque apresentada neste capítulo resulta da aplicação dos métodos possíveis tendo em vista os dados disponíveis. A composição de comprimentos amostrada em duas safras (2017-2018 e 2018-2019) representou uma “fotografia” da atual estrutura de tamanhos do estoque, e foi utilizada para estimar a fração do potencial reprodutivo remanescente. Esta fração foi estimada em 47% da biomassa virginal. Com menos indivíduos de tamanhos maiores removidos ao longo do tempo pela pesca, podemos afirmar que o estoque perde potencial de desova. No entanto, é importante ressaltar que a disponibilidade do estoque para a frota pesqueira é altamente dependente da dinâmica oceanográfica da região (vide Capítulos 2 e 9). Conforme relatado no Capítulo 9, o ano de 2018, foi considerado “atípico” e pode representar um ano de baixa disponibilidade de bonito para a frota. Com isso, o potencial reprodutivo poderia estar subestimado. Por outro lado, a falta de um programa contínuo de amostragem, faz com que estes sejam os melhores dados disponíveis.

A utilização deste parâmetro como *proxy* para o nível atual de depleção pode ser questionada, visto que não considera a captura de indivíduos imaturos. No entanto, considerando a falta de representatividade dos índices de captura por unidade de esforço para estimar a queda de abundância ao longo do tempo, esta foi a melhor alternativa possível. Com isso, podemos afirmar que o estoque, em ambos os cenários, não se encontra sobre explorado e que os níveis de capturas atuais significam uma exploração sustentável do recurso no longo prazo. Os valores estimados de biomassa ao longo dos anos e de capturas totais permitidas (TAC) apresentaram uma ampla variação resultante das incertezas consideradas nos parâmetros de entrada do modelo DBSRA (Fig. 8). Os valores estimados de TAC para esta pescaria indicam que o nível de capturas mantido ao longo dos últimos anos seria satisfatório e não deixa espaços para grandes incrementos na biomassa removida, visto que é necessário reservar uma margem de segurança devido às flutuações naturais do estoque pela variabilidade oceanográfica. Isto significa que qualquer aumento no esforço de pesca, que signifique um aumento no número de barcos, ou mesmo por meio de novas tecnologias que aumentem o poder de pesca, pode resultar em uma situação de sobre exploração do estoque. A utilização dos valores de TAC de 32.700 para o Atlântico Oeste e de 27.000 para o Atlântico Sudoeste como medida de gestão passa necessariamente pela construção de uma estratégia de manejo. Esta estratégia deve contemplar a coleta contínua de dados, a fiscalização eficaz do respeito às regras e os objetivos dos órgãos responsáveis pela gestão deste recurso, assim como dos usuários e representantes da sociedade civil. Consideramos que estabelecer uma estratégia de gestão é algo fundamental para a sustentabilidade desta importante pescaria e, para isso, é necessário contar com um fluxo constante de dados e informações científicas.

Agradecimentos

Os autores agradecem a todos os que contribuíram para a realização das amostragens de comprimentos em desembarques da frota de vara e isca-viva, são eles: Juliano Coletto, Vladmyr Mello, Alberto Campos, Henrique Quadros, Diego Cortezia e Alexandre Llopert (Leal Santos).

Referências Bibliográficas

- ANDRADE, H. A.; ABREU-SILVA, J. L.; DUARTE-PEREIRA, M. Crescimento do bonito listrado (*Katsuwonus pelamis*) e um método para a correção de vícios decorrentes da vascularização central dos espinhos das nadadeiras dorsais. *Notas Téc. FACIMAR*, v. 8, p. 83-93, 2004.
- CARRUTHERS; HORDYK. *Data-Limited Methods Tool kit* (DLMtool 5.4.2), 2020.
- CAYRÉ, P.; FARRUGIO, H. Biologie de la reproduction du listao (*Katsuwonus pelamis*) de l'océan Atlantique. *Proc. ICCAT conference on the international skipjack year program*, Madrid, p. 252-272, 1986.
- COSTELLO, C.; OVANDO, D.; HILBORN, R.; GAINES, S. D.; DESCENES, O.; LESTER, S. E. Status and solutions for the world's unassessed fisheries. *Science*, v. 338, n. 6106, p. 517-520, out. 2012. Disponível em: <https://doi.org/10.1126/science.1223389>. Acesso em: 08 jul. 2020.
- DOWLING, N. A.; DICHMONT, C.; HADDON, M.; SMITH, D.; SMITH, T.; SAINSBURY, K. Empirical harvest strategies for data-poor fisheries. A review of the literature. *Fish. Res.*, v. 171, p. 141-153, 2014. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.fishres.2014.11.005>. Acesso em: 08 jul. 2020.
- DICK, E. J.; MACCALL, A. D. Depletion-based stock reduction analysis: a catch-based method for determining sustainable yields for data-poor fish stocks. *Fisheries Research*, v. 110, n. 2, p. 331-341, 2011.
- GAERTNER, D. SCRS/2014/072 *Review of life history data and stock structure of Atlantic skipjack* (*Katsuwonus pelamis*), 2014.
- GARBIN, T.; CASTELLO, J. P. Changes in population structure and growth of skipjack tuna, *Katsuwonus pelamis* during 30 years of exploitation in the southwestern Atlantic. *Latin American Journal of Aquatic Research*, v. 42, n. 3, p. 534-546, 2014.
- HARLEY, S. J.; MYERS, R. A.; DUNN, A. Is catch-per-unit-effort proportional to abundance? *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, v. 58, n. 9, p. 1760-1772, 2001.
- HILBORN, R.; BRANCH, T. A.; ERNST, B.; MAGNUSSON, A.; MINTE-VERA, C. V.; SCHEUERELL, M. D.; VALERO, J. L. State of the world's fisheries. *Annual review of Environment and Resources*, v. 28, n. 1, p. 359-399, 2003.
- HORDYK, A.; ONO, K.; SAINSBURY, K.; LONERAGAN, N.; PRINCE, J. Some explorations of the life history ratios to describe length composition, spawning-per-recruit, and the spawning potential ratio. *ICES Journal of Marine Science*, v. 72, n. 1, p. 204-216, 2014.
- HORDYK, A.; ONO, K.; VALENCIA, S.; LONERAGAN, N.; PRINCE, J. A novel length-based empirical estimation method of spawning potential ratio (SPR), and tests of its performance, for small-scale, data-poor fisheries. *ICES Journal of Marine Science*, v. 72, n. 1, p. 217-231, 2015.
- JUAN-JORDÁ, M. J.; MOSQUEIRA, I.; FREIRE, J.; DULVY, N. K. The conservation and management of tunas and their relatives: setting life history research priorities. *PLoS ONE*, v. 8, n. 8, 2013.
- MATSUJURA, Y. Development of a new Brazilian skipjack fishery in the Rio de Janeiro region. *Bull. Jap. Soc. Fish. Oceanogr.*, v. 44, p. 151-154, 1983.
- PRINCE, J.; HORDYK, A.; VALENCIA, S. R.; LONERAGAN, N.; SAINSBURY, K. Revisiting the concept of Beverton–Holt life-history invariants with the aim of informing data-poor fisheries assessment. *ICES Journal of Marine Science*, v. 72, n. 1, p. 194-203, 2014.

SOARES, J. B.; MONTEIRO-NETO, C.; DA COSTA, M. R.; MARTINS, R. R. M.; DOS SANTOS VIEIRA, F. C.; DE ANDRADE-TUBINO, M. F; DE ALMEIDA TUBINO, R. Size structure, reproduction, and growth of skipjack tuna (*Katsuwonus pelamis*) caught by the pole-and-line fleet in the southwest Atlantic. *Fisheries Research*, v. 212, p. 136-145, 2019.

THORSON, J. T.; COPE, J. M.; BRANCH, T. A.; JENSEN, O. P. Spawning biomass reference points for exploited marine fishes, incorporating taxonomic and body size information. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, v. 69, n. 9, p. 1556-1568, 2012.

THORSON, J. T.; MUNCH, S. B.; COPE, J. M.; GAO, J. Predicting life history parameters for all fishes worldwide. *Ecological Applications*, v. 27, n. 8, p. 2262-2276, 2017.

VILELA, M. J. A.; CASTELLO, J. P. Dinámica poblacional del barrilete (*Katsuwonus pelamis*) explotado en la región sudeste-sur del Brasil em el período 1980-1986. *Frente Marítimo*, v. 14, p. 111-124, 1993.

Rosane Aparecida Boechat,
Cassiano Monteiro-Neto

Introdução

A proposta desse capítulo é apresentar um panorama sobre a pesca do bonito-listrado com vara e isca-viva, a partir de dados públicos oficiais disponibilizados. A pesquisa foi realizada no período de 2017 a 2019, no âmbito do Projeto Bonito-listrado, atendendo ao objetivo específico de *caracterização da dinâmica populacional do bonito-listrado e da frota pesqueira de vara e isca-viva*¹.

A questão norteadora inicial foi entender as circunstâncias que marcaram a introdução da pesca do bonito-listrado com vara e isca-viva no Brasil. Em seguida, identificar os principais fatores que influenciaram os resultados da produção pesqueira, desde seu início até os dias de hoje. A base de dados pesquisada e aqui utilizada, provem de anuários estatísticos e relatórios governamentais. Embora sejam dados oficiais publicados ao longo dos anos, em alguns anos, foram observadas discrepâncias entre relatórios nacionais e regionais, bem como lacunas nas estatísticas disponibilizadas. Além disso, de 2011 em diante, não se encontra disponível uma síntese de dados nacionais da produção pesqueira. Ou seja, não há um sistema nacional de dados unificado sobre a produção pesqueira no Brasil. Diante destes problemas, a alternativa foi recorrer a diversas fontes regionais para verificar o resultado da produção pesqueira do bonito-listrado com vara e isca-viva. Também verificamos que todos os dados dos órgãos oficiais, tanto os federais quanto os regionais, não coincidem com os dados apresentados em outros capítulos dessa mesma unidade temática. Esse é um fator preocupante, que dificulta o entendimento como um todo, e que pode afetar o manejo da espécie no Brasil.

Apesar dessas discrepâncias e da impossibilidade de se estabelecer uma base de dados comum, visto a grande diversidade de informações e as necessidades específicas dos pesquisadores, prosseguimos na seleção dos dados provenientes das instituições responsáveis pelo monitoramento da pesca marinha no Brasil. Trata-se de uma escolha com o propósito de, primeiro, conhecer melhor a organização dos nossos bancos de dados, e, segundo, partindo do princípio de que para construir uma política de valorização dos dados é preciso verificar suas falhas e lacunas, entender quais são os fatores limitantes, para, então, propor programas de inovação para desenvolver modelos, métodos e linguagens que expressem com transparência todas as ações relacionadas aos recursos naturais. No entanto, considerando as informações do Capítulo 10 desta unidade, onde pesquisadores optaram por utilizar o banco de dados da Comissão Internacional para Conservação de Atuns e Afins (ICCAT), apresentamos ao longo do texto valores comparativos da produção pesqueira total nacional do bonito listrado, principalmente nos anos mais recentes onde a estatística nacional consolidada é inexistente.

Para construção do panorama sobre a pesca do bonito-listrado com vara e isca-viva, a pesquisa foi organizada em três etapas: a *primeira etapa* do trabalho foi a busca de dados estatísticos históricos sobre a produção da pesca do bonito-listrado com vara e isca-

¹ A pesquisa foi desenvolvida no período de 2017 a 2019, pelo Laboratório ECOPESCA – Biologia do Nécton e Ecologia Pesqueira da Universidade Federal Fluminense – UFF em parceria com o programa de Pós-graduação em Sociologia e Direito PPGSD-UFF.

-viva, desde a sua introdução no Brasil, em 1979, até 2018. Na página do Instituto de Pesca – Secretaria de Agricultura e Abastecimento do Estado de São Paulo –, encontramos a *Série Histórica de Dados da Pesca Marinha no Brasil* disponibilizada em planilha eletrônica. São informações compiladas desde 1950 até 2011, que incluem a estatística pesqueira comercial (artesanal e industrial) constante nos boletins nacionais publicados pelas diferentes instituições que assumiram a responsabilidade de registrar e consolidar os dados da pesca no Brasil ao longo dos anos². Este banco de dados consolida informações de todas as espécies capturadas por diferentes artes de pesca em águas brasileiras, incluindo a pesca do bonito-listrado com vara e isca-viva.

Utilizando as ferramentas da planilha eletrônica, foi possível selecionar os registros das capturas anuais de três principais portos³, que estão disponíveis no banco de dados geral desde 1979 até 2011. A partir desses registros, foi gerada uma nova planilha eletrônica, contendo apenas os dados do bonito-listrado pescado com vara e isca-viva. Observamos que em alguns anos faltavam informações, em especial no detalhamento da produção de algumas regiões.

Como a *Série Histórica de Dados da Pesca Marinha no Brasil* não chegava até o ano de 2018, foi necessário buscar dados diretamente nas fontes regionais, tanto para complementar os dados já obtidos, quanto para atualizá-los. Contudo, investigar esse período específico, de 2011 a 2018, tornou-se um desafio, tendo em vista que para encontrar dados que pudessem estabelecer o padrão de desenvolvimento da pescaria do bonito-listrado, foi necessário revisar e conferir detalhadamente os relatórios para complementar as informações na planilha eletrônica. Com isso, procurou-se evidenciar os períodos de crescimento, estabilidade ou descontinuidades na produção pesqueira.

Após esta padronização dos registros anuais da estatística da pesca com vara e isca-viva entre 1979 e 2018, nos portos de descarga do Rio Grande do Sul, Santa Catarina e Rio de Janeiro e o total nacional, buscamos evidenciar as principais tendências da pescaria ao longo do período analisado. Para suavizar flutuações interanuais de curto prazo e destacar as tendências de longo prazo, foram calculadas médias móveis anuais da produção, com intervalo de três anos⁴. Esta análise permitiu identificar quatro fases de desenvolvimento da pesca do bonito-listrado com vara e isca-viva, que serão apresentadas e discutidas ao longo deste capítulo.

A *segunda etapa* do trabalho consistiu em verificar a produção técnica e científica para identificar os possíveis eventos que influenciaram o desenvolvimento da pesca com vara e isca-viva no Brasil. O ponto de partida foram as publicações do Laboratório ECOPESCA-UFF. Em seguida, foram consultados os relatórios das reuniões de trabalho do Grupo Permanente de Estudos de Atuns e Afins e os relatórios técnicos de pesquisa realizados pelas agências governamentais, disponíveis no acervo digital do CEPSUL-ICMBio⁵. Finalmente, foi feita uma busca no *Google Acadêmico*, que reúne periódicos indexados de diversas fontes, utilizando as palavras-chave “*Katsuwonus pelamis*” e “Brasil”. Mesmo não sendo uma busca exaustiva sobre o tema, o resultado apresenta uma *cientometria*⁶ do desempenho da produção científica sobre a espécie no Atlântico Sudoeste.

Por fim, na *terceira etapa*, que ocorreu no período de 2017 a 2019, buscou-se indicadores qualitativos que pudessem clarificar o significado de alguns dados e elucidar o fun-

² Mais informações sobre o projeto de reconstrução da série histórica estão disponíveis em: <http://www.propesq.pesca.sp.gov.br/35/conteudo>. Acesso em: 7 jun. 2018.

³ São três os portos de descarga onde as embarcações descarregam a sua produção pesqueira. No caso da pesca com vara e isca-viva, são os portos de Rio Grande (RS), Itajaí-Navegantes (SC) e Niterói-São Gonçalo (RJ).

⁴ Uma média móvel é um estimador calculado a partir de amostras sequenciais da população. Médias móveis são comumente usadas com séries temporais para suavizar flutuações curtas e destacar tendências de longo prazo. No caso específico deste estudo, a sequência original da produção pesqueira anual foi suavizada utilizando a média entre três anos $[(\text{ano-1} + \text{ano} + \text{ano+1})/3]$ (KING, 2013, p.156).

⁵ Disponível em: <https://www.icmbio.gov.br/cepsul>. Acesso em: 12 ago. 2018.

⁶ A *cientometria* é o estudo da mensuração e quantificação do progresso científico, estando a pesquisa baseada em indicadores bibliométricos (SILVA & BIANCHI, 2001).

cionamento da cadeia produtiva. O arcabouço metodológico para as análises qualitativas, propostas por Haguete (2007), foi a chave incentivadora para a coleta de dados, realizada da seguinte forma: (i) **entrevistas** – foram realizadas 27, sendo seis com gestores envolvidos com o setor pesqueiro (três em nível estadual e três em nível federal), quatro com pesquisadores de universidades federais, duas com armadores de pesca, duas com integrantes dirigentes do sindicato dos Armadores de Pesca do Rio de Janeiro – SAPERJ, uma com um dirigente industrial, uma com um consultor do setor pesqueiro, quatro com mestres de embarcação, quatro com pescadores e três com intermediários na comercialização do pescado; (ii) **acompanhamento de descargas** de bonito-listrado – foram acompanhadas cerca de 10 descargas da frota industrial de vara e isca-viva no “cais da Sardinha 88” e na FRIDUSA, ambas localizadas na Ilha da Conceição, e na Funelli, localizada na Ponta da Areia - Niterói (RJ); (iii) **visitas técnicas** – em duas indústrias processadoras; a Camil, de grande porte, e a Tours Conservas, empresa de menor porte que produz enlatados de atum para um mercado diferenciado.

Com os dados coletados foi construído e será apresentado neste capítulo um panorama sobre a pesca do bonito-listrado com vara e isca-viva na costa brasileira, desde a sua introdução até os dias atuais, e as características desta arte de pesca em suas diferentes etapas, da captura até chegar às indústrias.

1. A arte de pesca com vara e isca-viva

O bonito-listrado (*Katsuwonus pelamis*) é uma espécie cosmopolita, pelágica e migratória de grande importância comercial, com produção global crescente nas últimas décadas e matéria-prima das indústrias de conserva. No Brasil, as capturas são realizadas por embarcações de vara e isca-viva, especialmente entre a primavera e o verão, e no outono. Esta pescaria desembarca aproximadamente 25.000 t/ano, colocando-a em quarto lugar nas capturas mundiais da espécie (GILLET, 2016).

A pesca do bonito-listrado com vara e isca-viva foi introduzida no Brasil em 1979, no Rio de Janeiro, por portugueses imigrantes da Ilha da Madeira e de outras regiões como Cabo Verde e Angola (LIMA *et al.*, 2000; CASTELLO, 2007). Podemos considerar que a pesca com vara e isca-viva no Brasil é relativamente recente. Trata-se de uma das artes de pesca mais sustentáveis, porque pressupõe alta seletividade, já que captura apenas os alvos, retirando os peixes “um a um”, minimizando assim as capturas incidentais de outras espécies (MILLER, 2017).

1.1 Captura das iscas-vivas

Juvenis de sardinha-verdadeira (*Sardinella brasiliensis*), boqueirão (*Anchoa* spp.), sardinha-cascuda (*Harengula clupeola*), manjuba (*Centengraulis edentulus*) e manjubão (*Lycengraulis grossidens*), utilizados como isca-viva, são capturados em baixa profundidade, em baías, enseadas ou no entorno de ilhas, entre o Cabo de São Tomé (RJ) e o Cabo de Santa Marta Grande (SC) (LIMA *et al.*, 2000). Atualmente, a frota de atuneiros da empresa Leal Santos, do Rio Grande do Sul, vem utilizando com sucesso a anchoíta (*Engraulis anchoita*), espécie abundante no sul do Brasil (MADUREIRA *et al.*, 2016).

A arte de pesca utilizada para a captura da isca é o cerco. Atualmente é obrigatório que a própria embarcação atuneira realize esta operação, para a qual utiliza uma embarcação auxiliar (*panga*) e um ou dois *caícos*, geralmente tripulados por cinco pescadores (Fig. 1). Após a avistagem do cardume da isca, o *caíco* permanece parado com uma das extremidades da rede, enquanto a *panga* cerca o cardume e inicia-se o cerco. Ao completar o cerco, a parte inferior da rede é fechada, formando uma grande bolsa que é lentamente recolhida. Ao final do recolhimento, com a isca retida no ensacador da rede, a *panga* se aproxima lentamente do atuneiro para o transbordo da isca.



Figura 1. Embarcação atuneira em zona costeira ao largo de Paraty (RJ), durante o processo de iscagem. A esquerda observa-se a *panga* motorizada rebocando dois *caicos* que serão utilizados na operação do cerco ao cardume. Fotos: Lauro A. Saint Pastous Madureira.

Uma vez na embarcação, as iscas são mantidas vivas em tinas com constante circulação de água. Diariamente, as sardinhas-verdadeiras são alimentadas com uma ração específica (OCHIALINI, 2013) e a tina é limpa retirando-se os resíduos e os peixes que vierem a morrer na estocagem.

1.2 Pesca em alto mar

A pescaria do bonito-listrado propriamente dita é praticada a mais de 60 milhas da costa, geralmente sobre o limite da plataforma continental, em profundidades que variam entre 80 e 500 m (MATSUURA, 1982; COLETTTO *et al.*, 2019). A plataforma continental é a porção do fundo marinho adjacente aos continentes que começa na linha da costa e se inclina para o mar, com um pendente suave em direção às profundezas dos oceanos. Uma mudança abrupta com aumento no pendente do fundo oceânico estabelece o limite externo da plataforma continental. Em geral, esta mudança ocorre a distâncias variáveis da costa, em profundidades entre 150 e 200 m (COOKE *et al.*, 2007; CASTRO, 2012, p. 33).

Ao chegar na área de pesca, pescadores experientes (olheiros) auxiliam o mestre na procura dos cardumes (ou “manchões”). Aves marinhas (ou “passarinhos”, denominação popular dada pelos pescadores) e objetos flutuantes geralmente são boas indicações da presença destas agregações. Ao se aproximar do cardume, o mestre aciona o “chuveiro”, uma cortina de água no entorno da embarcação, que serve para dissimular a silhueta do barco e criar turbilhão na superfície da água. As iscas-vivas são lançadas ao mar atraindo os peixes até a embarcação, quando começa a pesca. Pescadores posicionados no bordo da embarcação utilizam varas de pesca de bambu ou fibra-de-vidro, dotadas de anzóis sem barbela, para a captura dos peixes (Fig. 2). Os peixes são desvencilhados rapidamente do anzol e direcionados ao porão, onde são armazenados. Embarcações mais modernas utilizam o resfriamento com salmoura. Cada embarcação leva entre 20 e 25 pescadores em viagens que duram de 15 a 30 dias, dependendo dos fatores condicionantes que são: o tempo gasto na captura das iscas e o tempo gasto para localizar os cardumes e capturar o pescado.

2. O desenvolvimento da pesca do bonito-listrado no Brasil

A pesca da frota de vara e isca-viva, desde a sua introdução em 1979, concentrou suas atividades inicialmente na região sudeste, estendendo-se posteriormente para o sul, ocupando uma região entre as latitudes de 18° S e 36° S (VILELA & CASTELLO, 1993; ANDRADE & SANTOS, 2004). O Rio de Janeiro foi o precursor na arte de pesca do bonito-listrado com vara e isca-viva. Em 1978, duas traineiras adaptadas fizeram suas primeiras prospecções para captura do bonito-listrado com sucesso. O êxito impulsionou o empreendimento no ano seguinte, e, a partir dessa data, começaram a operar de forma comercial. Segundo o relatório



Figura 2. Momento da pescaria do bonito-listrado. Na foto é possível observar o “chuveiro” em funcionamento e os pescadores capturando os peixes. Foto: Lauro A. Saint Pastous Madureira.

da SUDEPE (1980), a frota apresentou um aumento de produção de 300%, aproximadamente, em comparação com as capturas realizadas pelos barcos linheiros e espinheleiros em anos anteriores. Os resultados foram tão animadores que, no período de junho de 1979 e junho de 1980, a frota para captura de bonito-listrado cresceu de 7 para 33 embarcações. Até abril de 1981 este número chegou a 47 (SUDEPE, 1981).

A partir desse sucesso, esta pescaria se desenvolveu como uma das principais pescarias de alto mar, alimentando um parque industrial sediado inicialmente no Rio de Janeiro e posteriormente em Santa Catarina e no Rio Grande do Sul.

A figura 3 apresenta os resultados da análise da produção pesqueira anual do bonito-listrado com vara e isca-viva, entre 1979 e 2018, para os estados em que se encontram os principais portos de descarga (Rio Grande-RS; Itajaí/Navegantes-SC; Niterói/São Gonçalo-RJ) e totais para o Brasil. A análise da produção evidenciou que esta pescaria poderia ser subdividida em fases temporais, para serem interpretadas à luz dos modelos apresentados por Grangier e Garcia (1996) e mais recentemente por Jennings *et al.* (2009), que definem os diferentes estágios de desenvolvimento de uma pesca. Assim, o panorama sobre a pesca do bonito-listrado foi organizado em quatro fases (Fase I: 1979 a 1988; Fase II: 1990 a 1998; Fase III: 1998 a 2011; Fase IV: 2011 a 2018), que serão detalhadas a seguir.

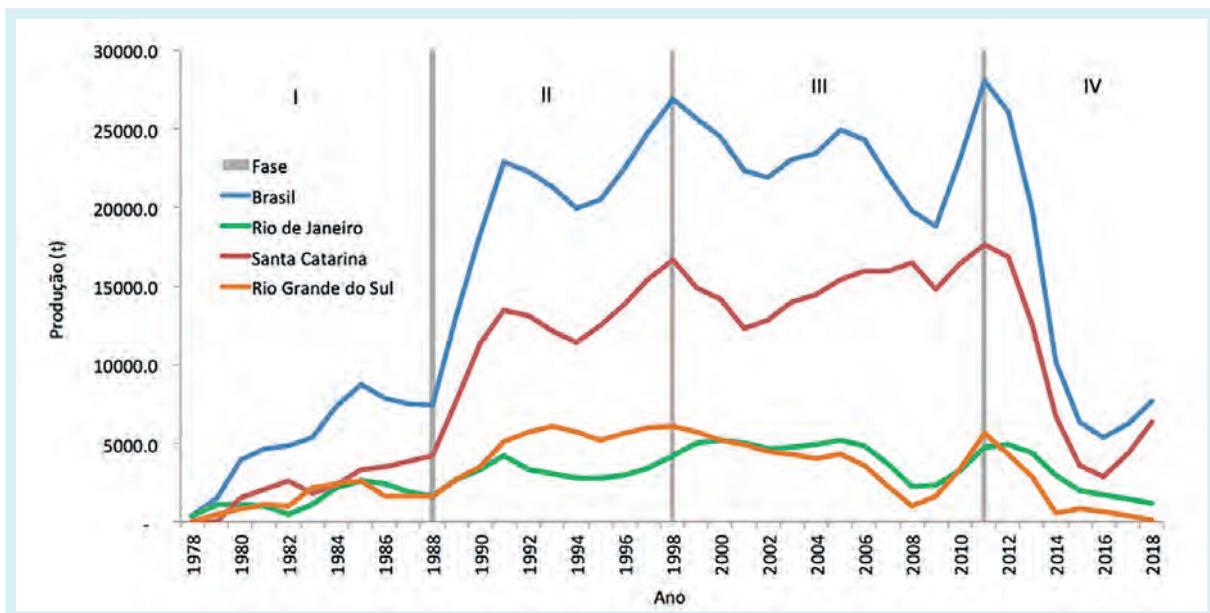


Figura 3. Produção pesqueira, em toneladas, de bonito-listrado capturado pela pesca de vara e isca-viva para os estados do Rio Grande do Sul, Santa Catarina, Rio de Janeiro e total nacional no período entre 1979 e 2018, e as respectivas fases do desenvolvimento (I, II, III, IV).

Para entender melhor a dinâmica de cada fase (I, II, III e IV) e compreender o percurso da pesca do bonito-listrado no Brasil, para cada um dos períodos foram descritos os seguintes temas-chave: *Área de pesca* – apresenta a expansão da área de pesca no Atlântico Sudoeste e o comportamento das frotas; *Frotas* – caracteriza o desenvolvimento das frotas em função do número e tamanho das embarcações e seus portos de origem; *Produção pesqueira* – compara a produção média por porto de descarga, bem como a contribuição desta produção no total nacional; *Tecnologia* – explora o processo histórico de modernização do setor, em especial na tecnologia de pesca das embarcações; *Indústria e mercado* – é uma síntese dos principais elementos do ciclo econômico do bonito-listrado.

Como resultado da *segunda etapa* do trabalho, apresentaremos em cada fase um Quadro: Produção Científica, cujo objetivo é evidenciar o papel da pesquisa na construção do conhecimento sobre o bonito-listrado e da pesca com vara e isca-viva no Atlântico Sudoeste. Nos quadros, as informações foram organizadas por data de publicação. Os temas mais recorrentes foram: a) *tecnologia do pescado* – artigos que tratam do processamento do pescado a bordo das embarcações e na indústria; b) *oceanografia pesqueira* – publicações que versam sobre as relações entre as características oceanográficas e a atividade pesqueira; c) *parasitas* – tratando da ocorrência e identificação de parasitas no bonito-listrado; d) *história de vida* – trabalhos científicos abordando aspectos relativos aos parâmetros populacionais e reprodutivos da espécie; e) *pesca* – tratando da produção pesqueira, do esforço de pesca e dos modelos de rendimento pesqueiro.

2.1 FASE I: Introdução e Expansão da Pesca do Bonito-Listrado - 1979 a 1988

Os dados desta fase, de 1979 até 1988, são dos Relatórios de Estatística de Produção Pesqueira do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE, que estão disponíveis na *Série Histórica de Dados da Pesca Marinha no Brasil*, do Instituto de Pesca de São Paulo.

Esta pescaria com vara e isca-viva começou no estado do Rio de Janeiro em 1979, inicialmente com uma produção tímida, mas promissora. A figura 3 acima, mostra um crescimento acentuado da produção nos três primeiros anos, atingindo em 1988 um patamar acima de 6.000 toneladas. Nos dois primeiros anos, o Rio de Janeiro liderou a produção pesqueira, sendo gradualmente superado pelas pescarias descarregadas em Santa Catarina.

Quadro 1. Produção Científica

A produção científica sobre o bonito-listrado e a pesca com vara e isca-viva foi impulsionada pelas discussões que ocorreram entre 1978 e 1979, quando formalizaram a criação do Grupo Permanente de Estudos sobre Atuns e Afins (GPE-Atuns e Afins). Também foi instituído em 1979 o “Ano Internacional do Listrado”, promovido pela ICCAT – Comissão Internacional para a Conservação do Atum do Atlântico. Esse evento marcou a participação do Brasil. Assim, durante quatro anos houve um incentivo às pesquisas sobre bonito-listrado, que culminou na apresentação dos resultados em reunião da ICCAT, em Tenerife (SAKAGAWA & SYMONS, 2011). Nesse tempo, foram desenvolvidos estudos sobre ovos e larvas (MATSUURA, 1982; 1984), reprodução, marcação e estimativas do estoque e rendimento pesqueiro (LIMA, 1984).

Também, em 1980, iniciaram-se as pesquisas pesqueiras a bordo do Navio Malacostraca, sob responsabilidade da Empresa de Pesquisa Agropecuária do Estado do Rio de Janeiro (PESAGRO-RIO), que se estendeu até 1991 (ÁVILA DA SILVA & VAZ DOS SANTOS, 2000).

A figura 4 apresenta a produção científica nesta fase. A pesquisa encontrou 17 publicações, destacando 1983 como o ano com maior número de publicações.

Conforme indica o gráfico, os temas predominantes nessas publicações foram: (i) aspectos da biologia do bonito-listrado, tais como ocorrência e caracterização dos estágios larvais (ex., MATSUURA, 1982) e hábitos alimentares (ex., ANKENBRANDT, 1985), relações de peso e comprimento (AMORIM *et al.*, 1981); (ii) a pesca, com enfoque nas análises sobre taxas de exploração e tamanho do estoque (JABLONSKI & MATSUURA, 1985); (iii) apenas um artigo relacionando as características oceanográficas, e a susceptibilidade de captura da espécie (EVANS *et al.*, 1981).

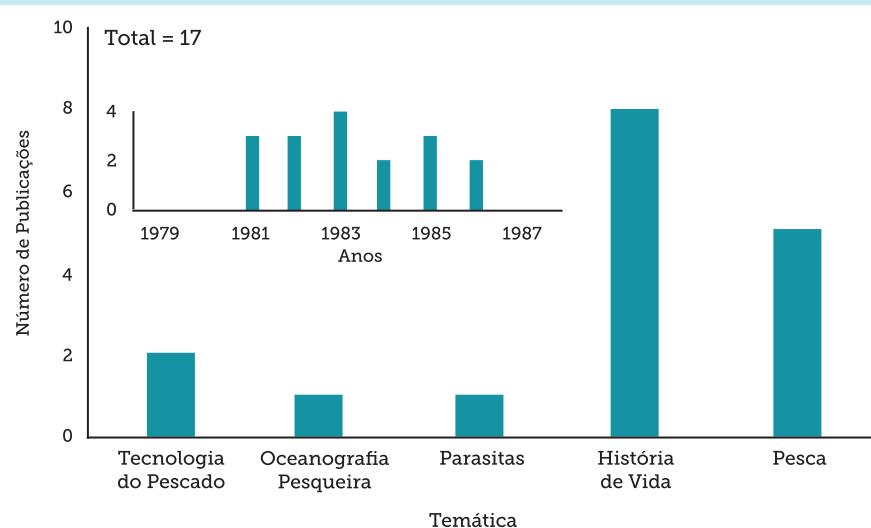


Figura 4. Número de publicações em periódicos científicos nacionais e internacionais sobre o bonito-listrado (*Katsuwonus pelamis*) por ano de publicação (figura menor) e temática principal (figura maior), durante a Fase I (Elaborado pelos autores).

A Fase I é definida como fase exploratória. Marca a introdução da pescaria com vara e isca-viva no Brasil. As poucas embarcações apresentaram uma pescaria aventureira, inovadora, com resultados significativos nas capturas e grande rentabilidade.

Os temas-chave, a seguir, apresentarão um panorama da Fase I que caracteriza a introdução e a expansão da pesca do bonito-listrado com vara e isca-viva no Brasil.

Área de Pesca

As primeiras pescarias registradas ocorreram em duas áreas no litoral sudeste: (i) o Pesqueiro Norte, ao largo do Cabo de São Tomé, no estado do Rio de Janeiro; e (ii) o Pesqueiro Sul, ao largo de São Sebastião, no estado de São Paulo. As duas áreas se localizam no limite da plataforma continental.

A partir de 1980, os registros mostraram a ocorrência de uma terceira área – Pesqueiro Sul 2, ao largo de Itajaí, no estado de Santa Catarina. Esta área de pesca também foi registrada no limite da plataforma continental. Nestes primeiros anos, a pescaria ocorria principalmente próxima às plataformas de prospecção e extração de petróleo, que funcionavam como grandes atratores de cardumes (SUDEPE, 1980; 1981; 1988). No entanto, por motivos de segurança, a SUDEPE publicou a portaria Nº. 002/80, que proibia a pesca próxima às plataformas de petróleo na área norte do Rio de Janeiro (LIMA *et al.*, 2000). Esta regulamentação teve consequências para a composição da frota, como será visto a seguir.

Ao final da Fase I, a área total de pesca ficou estabelecida entre as latitudes de 20° S, ao largo de Vitória, e 35° S, na fronteira Brasil e Uruguai (SUDEPE, 1980; MADUREIRA *et al.*, 2016).

Frota

Uma das características que marcaram a frota de vara e isca-viva nacional na Fase I, foi a grande diversidade das embarcações adaptadas de várias modalidades de pesca, com tamanho médio em torno de 20 m (SUDEPE, 1980; 1983).

Inicialmente, a frota aumentou rapidamente em número. Embarcações provenientes das pescas de cerco (sardinha-verdadeira e cavalinha), arrasto de camarão e pesca de linha de fundo foram rapidamente adaptadas, com a retirada das estruturas originais e instalação de tanques para isca-viva, sistema de bombas para renovação da água e demais adaptações necessárias à pescaria com vara e isca-viva. Dentre as primeiras embarcações adaptadas para pesca do bonito-listrado no Rio de Janeiro estavam o Ave Maria, o Brastuna, o Novo Rio, e o Ferreira e Taí (SUDEPE, 1983). O número de embarcações registradas saltou de sete, em 1979, para 100 embarcações no início do ano de 1982, considerando-se as embarcações que efetuaram ao menos uma descarga de pescado durante esses anos (Tab. 1). No entanto, o número efetivo de embarcações em operação ao final de 1982 foi de apenas 45 (SUDEPE, 1983), sugerindo que as embarcações menores deixaram de atuar nesta pescaria. A limitação da pesca no entorno das plataformas, conforme apresentado acima, restringiu a operação das embarcações menores (10-15 m) aos períodos em que os cardumes eram encontrados mais próximos da costa (LIMA *et al.*, 2000). De fato, após 1982, estas embarcações, incapazes de transportar grandes quantidades de isca e realizar deslocamentos expressivos em alto mar devido à falta de equipamentos, retornaram às suas pescarias de origem. A partir deste momento, mantiveram-se na pesca as embarcações de maior porte, mas ingressaram novas embarcações, também de maior porte e mais bem adaptadas às condições da pesca. Estas mudanças refletiram numa relativa estabilização do número de embarcações atuantes, porém, com um aumento efetivo na tonelada bruta média da frota ao longo dos anos, conforme apresentado na tabela 1 (SUDEPE, 1988).

Na medida em que a atividade de pesca se consolidou, as embarcações se tornaram mais adequadas, tanto no modelo quanto no tamanho. A partir de 1988 inicia-se o estabelecimento de uma nova frota nacional de embarcações, tendo como marco a construção do atuneiro “Vô David”, em Santa Catarina, considerado, na época, o maior barco do país, assemelhando-se às embarcações arrendadas. Esta embarcação foi lançada ao mar em 1990, passando a operar na próxima fase.

Tabela 1. Tonelada bruta média (t) e quantidade de embarcações registradas na pescaria com vara e isca-viva entre 1979 e 1987 (SUDEPE, 1988).

Ano	Tonelada Bruta Média (t)	Quantidade de Embarcações
1979	32,0	7
1980	47,0	39
1981	73,0	69
1982	85,0	100
1983	95,0	57
1984	94,5	48
1985	99,1	50
1986	101,7	45
1987	103,2	40

Ainda em 1981, foram iniciadas em Santa Catarina as pescarias realizadas por atuneiros arrendados japoneses, embarcações consideradas de grande porte em relação aos barcos nacionais (LIMA *et al.*, 2000). Por ser uma espécie pelágica, a pescaria do bonito-listrado exige que as embarcações tenham autonomia e melhores condições de segurança, desse modo, é provável que a diminuição de embarcações a partir de 1983 (Tab. 2) tenha alguma relação com as condições exigidas para a pesca em alto mar (SUDEPE, 1988; LIMA *et al.*, 2000), devido aos baixos rendimentos.

Produção Pesqueira

Embora o Rio de Janeiro tenha dado os primeiros passos na implantação da pesca com vara e isca-viva, já na metade do período que compõe a Fase I, Santa Catarina ultrapassava o Rio de Janeiro. Também a produção do estado do Rio Grande do Sul, começou a ficar expressiva. No entanto, a produção de Santa Catarina foi consideravelmente maior (Fig. 5). Possivelmente, são dois os fatores que ocasionaram o bom resultado da produção: primeiro, em função do acesso à nova área de pesca – Pesqueiro Sul 2; e segundo, o arrendamento de barcos atuneiros da frota japonesa, que por serem de maior porte e mais adequados, permitiram alcançar os melhores resultados (LIMA *et al.*, 2000).

Segundo o relatório da SUDEPE (1988), no final da Fase I, em 1987, Itajaí passou a ser o principal porto de desembarque da produção pesqueira, por várias condições, como a melhor disponibilidade de isca-viva; a implantação de indústrias enlatadoras, compradoras do pescado; e a melhor proximidade com o mercado consumidor do bonito-listrado enlatado.

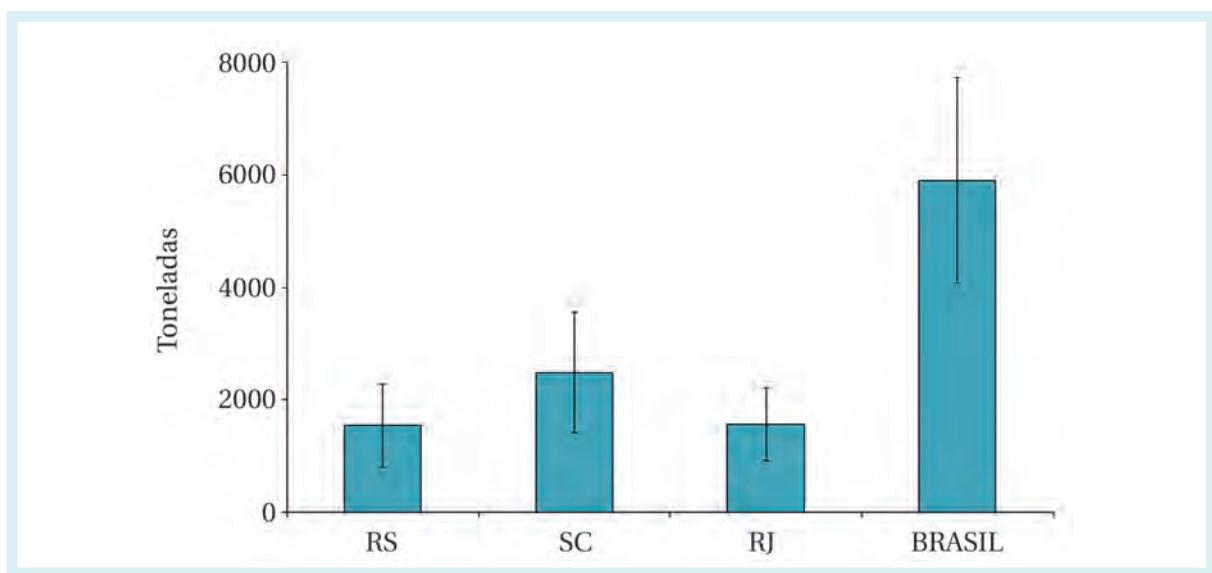


Figura 5. Média (barra azul) e intervalo de confiança (95%) da produção pesqueira no Rio Grande do Sul (RS), Santa Catarina (SC), Rio de Janeiro (RJ) e total para o Brasil durante a Fase I, de 1979 a 1988. Os limites de confiança da média indicam a variabilidade da produção anual durante esta fase (Elaborado pelos autores).

Tecnologia

A tecnologia das embarcações no início da pesca do bonito-listrado com vara e isca-viva era muito limitada. Também, por ser uma pescaria nova no Brasil, não havia pescadores nacionais qualificados nessa arte de pesca. Esse cenário favoreceu os imigrantes portugueses com experiência a se inserirem no mercado de trabalho. Eles atuavam como pescadores, mestres das embarcações e armadores de pesca.

Em 1985, barcos atuneiros estrangeiros mais modernos foram arrendados, munidos de equipamentos de navegação (navegador por satélite, radio-goniômetro), ecossondas e termômetro para medição da temperatura da água de superfície (LIMA *et al.*, 2000). A modernização dos barcos tornou-se fundamental para alcançar melhores resultados.

Indústria e Mercado

As primeiras indústrias de enlatamento surgiram no Rio de Janeiro na década de 1950, produzindo sardinha em lata, centralizando grande parte do parque industrial de pescado em conserva. Na década de 1980, estas empresas passaram a enlatar o atum, sendo que a Santa Iria despontou, no primeiro semestre de 1980, como a maior enlatadora de atum do estado do Rio de Janeiro. Outras empresas, como a Beira Alta e Jangada, também destinavam toda produção pesqueira ao enlatamento, enquanto a Fridusa e a Mantuano, através da GP – Gelo e Pescado, exportavam o pescado congelado (SUDEPE, 1980; 1988).

Conforme já dito nos temas *produção pesqueira e tecnologia* (acima), a partir de 1987, Itajaí passou a ser o principal porto da produção pesqueira.

2.2 FASE II: Consolidação da Pesca do Bonito-Listrado - 1990 a 1998

Os dados desta fase, no período de 1990 até 2003, são das estatísticas pesqueiras nacionais dos relatórios do Centro de Pesquisa e Gestão dos Recursos Pesqueiros do Litoral Nordeste, Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis – CEPENE/Ibama (atualmente Centro Nacional de Pesquisa e Conservação da Biodiversidade Marinha do Nordeste, Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade – CEPENE/ICMBio). Esses dados estão disponíveis na *Série Histórica de Dados da Pesca Marinha no Brasil* do Instituto de Pesca de São Paulo, que informa que, no período de quatro anos, de 1990 a 1994, houve a ausência de dados estatísticos. No entanto, em 1995, os dados retornaram, por meio dos relatórios anuais da Estatística da Pesca pelo CEPENE/Ibama.

Nesta fase, o padrão da frota brasileira foi consolidado. O termo *Frota padrão* indica que a maioria das embarcações apresenta características semelhantes em relação ao tamanho, tecnologia e arte de pesca utilizada (FONTELES-FILHO, 2011). Como consequência, houve um aumento considerável na produção pesqueira. Segundo os dados disponíveis, o período marcou um crescimento significativo em todos os estados, conforme a figura 3.

Além do padrão das embarcações se tornar mais adequado à modalidade de pesca, houve também o aumento na capacidade de carga. Essas adequações permitiram atingir resultados significativos. Mas foi igualmente na Fase II que houve a queda na produção nacional da frota sardinheira. Tal fato pode ser interpretado como a causa de conflitos relacionados à captura de juvenis de sardinha-verdadeira como isca para a frota atuneira de vara com isca-viva (OCCHIALINI, 2013). Para limitar a pesca e o comércio de sardinhas-verdadeiras juvenis, o Ibama instituiu a Portaria 120-N/1992, proibindo o comércio da sardinha-verdadeira com comprimento inferior a 17 cm, e obrigando as embarcações que operam na captura de atuns pelo sistema de vara e anzol, com isca-viva, a capturar a sua própria isca (Portaria Ibama 120-N, Art. 4º, 1992).

É possível inferir que novas pesquisas foram impulsionadas em decorrência dos conflitos causados pelas limitações de acesso à sardinha-verdadeira como isca-viva. Por exemplo: foram realizados estudos para verificar qual o percentual de sardinha-verdadeira usado pela pesca do bonito-listrado. Calculou-se o percentual de retirada de iscas-vivas para avaliar o efeito sobre os estoques de sardinha-verdadeira (LIN, 1992). O estudo evidenciou que a queda na produção da sardinha-verdadeira estava mais relacionada a outros fatores, tais como o aumento no esforço de pesca e o aumento de ocorrência de sardinhas-verdadeiras juvenis nas capturas das frotas sardinheiras. Ainda, que a quantidade de sardinha-verdadeira utilizada como isca-viva representava cerca de 12% do total de captura de sardinhas-verdadeiras jovens pescadas pela frota sardinheira.

Pode-se observar no quadro 2 os registros de pesquisas que buscaram inovações para a questão da isca-viva.

Quadro 2. Produção Científica

Foram registradas sete publicações para esta fase. Os temas mais frequentes foram a pesca e a história de vida do bonito-listrado. A produção científica anual nesta fase foi baixa, com apenas um artigo científico publicado a cada ano (Fig. 6). Grande parte das informações sobre a pesca e a biologia da espécie foi disponibilizada em relatórios de circulação restrita e que muitas vezes não aparecem na base de dados bibliográficos do *Google Acadêmico*.

Outro tema abordado pela produção científica foi sobre o uso da sardinha-verdadeira (*Sardinella brasiliensis*) como isca-viva. Outros estudos buscaram experimentar outras espécies para a isca-viva, como a anchoíta (*Engraulis anchoita*) e o barrigudinho (*Jenynsia multidentata*) (PALUDO *et al.*, 1987; LIMA *et al.*, 2000; MADUREIRA *et al.*, 2016).

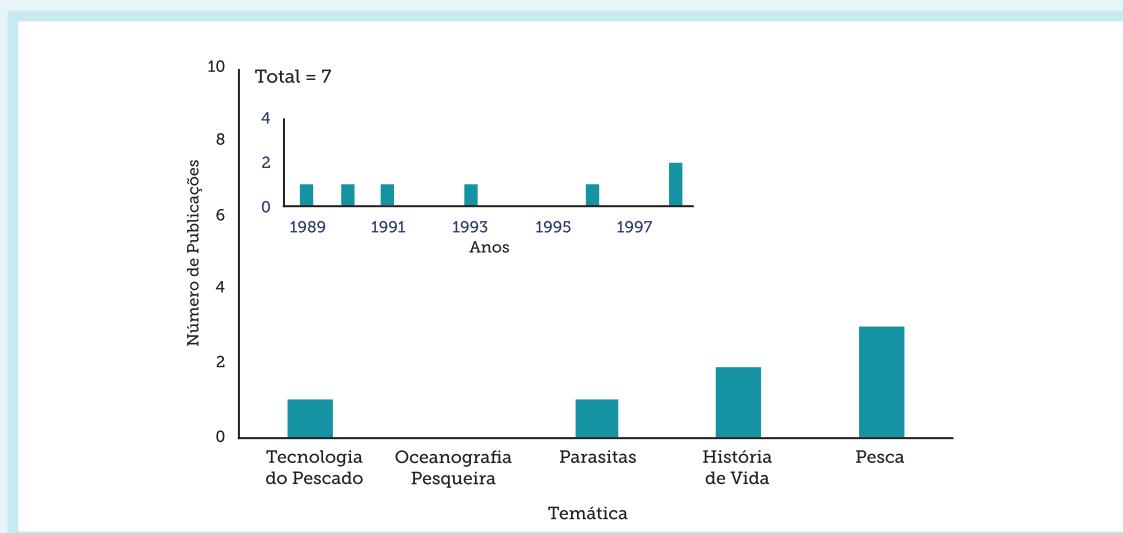


Figura 6. Número de publicações em periódicos científicos nacionais e internacionais sobre o bonito-listrado (*Katsuwonus pelamis*) por ano de publicação (figura menor) e temática principal (figura maior), durante a Fase II (Elaborado pelos autores).

Área de Pesca

Nesta fase e nos anos subsequentes, a região de pesca do bonito-listrado se estendeu entre as latitudes de 20° S, ao largo de Vitória, até 35° S, fronteira Brasil-Uruguai. No final da primavera e durante o verão, devido às migrações sazonais da espécie ao longo da costa, a pesca ocorreu mais ao sul, próximo da fronteira com o Uruguai, e nos meses de outono e início do inverno, a frota, em busca do bonito-listrado, se deslocou para o norte, muitas vezes chegando até o Espírito Santo (vide Fig. 11 do Capítulo 2).

Frota

Uma das principais características da frota que marcou a Fase II foi a sua modernização, adequando-se às necessidades para a pesca em alto mar, o que agregou autonomia e agilidade para grandes deslocamentos. Novos barcos que mediam acima de 25 m e tonelada bruta a partir de 105 t ingressaram na frota, alguns com porão frigorífico a bordo e conservação do pescado em salmoura, além da nacionalização, em 1993, dos barcos japoneses arrendados (medindo 42,4 m de comprimento e tonelada bruta de 284,8 t).

No início da década de 1990, os atuneiros foram obrigados a adaptar estruturas de pesca para capturar sua própria isca, atividade que até aquele momento era executada por uma frota de pequenas traineiras em baías e áreas costeiras abrigadas.

A frota sofreu uma estratificação por tamanho por porto de descarga, onde os barcos de menor porte concentraram-se no Rio de Janeiro, os de maior porte em Santa Catarina e

um terceiro segmento da frota, constituído apenas das embarcações de maior porte destes dois estados, que passaram a realizar desembarques no Rio de Janeiro, entre abril e setembro, e em Santa Catarina, de outubro a abril (LIMA *et al.*, 2000).

Produção Pesqueira

Segundo os dados das fontes consultadas, a produção nacional na Fase II chegou ao máximo, com resultado aproximado de 26.000 toneladas, em 1997. Dados do ICCAT para o ano de 1997 apontam 25.821 toneladas. A partir dos dados nacionais, a produção pesqueira manteve uma produção média de 21.107 t/ano durante o período. Já a produção média descarregada no Rio de Janeiro foi muito inferior em relação à Santa Catarina e ao Rio Grande do Sul (Fig. 7).

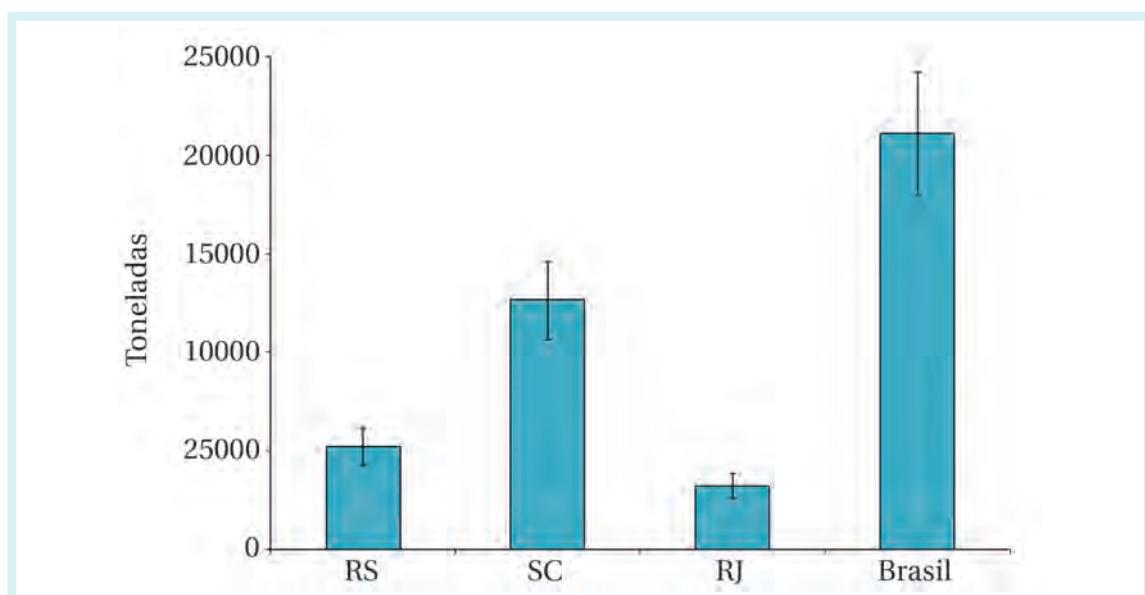


Figura 7. Média (barra azul) e intervalo de confiança (95%) da produção pesqueira no Rio Grande do Sul (RS), Santa Catarina (SC), Rio de Janeiro (RJ) e total para o Brasil durante a Fase II, de 1989 a 1998. Os limites de confiança da média indicam a variabilidade da produção anual durante esta fase (Elaborado pelos autores).

Tecnologia

Sob o ponto de vista tecnológico, os novos barcos ingressando na frota já estavam equipados com instrumentos de posicionamento por satélite e ecossondas. Outro aspecto importante diz respeito à tecnologia de conservação do pescado a bordo, com a introdução de barcos onde o pescado era armazenado em tinas contendo salmoura refrigerada, o que melhorava a qualidade da conservação (OLIVEIRA, 2015).

Indústria e Mercado

Durante essa fase, com a estratificação da frota por tamanho para descarga e as facilidades portuárias disponíveis em Santa Catarina, as indústrias se deslocaram para o sul. As indústrias enlatadoras no Rio de Janeiro passaram por uma crise associada às quedas na produção de sardinha-verdadeira, somado ao fechamento do entreposto da Praça XV, local tradicional de venda direta de pescado ao consumidor, que foi desativado em maio de 1991 (SAPERJ, 1991). Este fato agravou significativamente a situação do mercado de pescado no Rio de Janeiro. A partir desta data, as descargas passaram a ser realizadas em condições precárias no cais da antiga Indústria de Conservas Mantuano (JABLONSKI, 1997), na Ilha da Conceição (Niterói-RJ), também conhecido como o “cais da Sardinha 88”. A estrutura provisória perdurou até final de 2018, quando a indústria do petróleo tomou conta da área⁷.

⁷ Durante o acompanhamento das descargas entre 2017 e 2019, os autores puderam constatar as condições precárias do local.

2.3 FASE III: Estabilidade da Pesca do Bonito-Listrado - 1998 a 2011

Os dados desta fase, especificamente do período de 2004 até 2007, são dos Relatórios da Produção Pesqueira Nacional, de responsabilidade da Coordenação Geral de Autorização de Uso e Gestão da Fauna e Recursos Pesqueiros, Diretoria de Uso Sustentável da Biodiversidade e Florestas – CGFAP-DBFLO-Ibama. Já no período de 2008 a 2011, os dados são dos Boletins Estatísticos da Pesca e Aquicultura, de responsabilidade do então Ministério da Pesca e Aquicultura. Todos esses relatórios foram acessados através da *Série Histórica de Dados da Pesca Marinha no Brasil*, no portal do Instituto de Pesca de São Paulo. Entretanto, os dados se encerram no ano de 2011.

O quadro 3, apresenta um resultado significativo da produção científica na Fase III. Muitas produções nesse período foram impulsionadas pelas pesquisas desenvolvidas pelo Programa de Avaliação do Potencial Sustentável de Recursos Vivos na Zona Econômica Exclusiva – REVIZEE, que teve início em 1996 e se estendeu até 2006. Contudo, o volume de temas referentes ao meio ambiente marinho foram fundamentais para impulsionar a pesquisa científica.

Quadro 3. Produção Científica

Os anos de 2000 e 2010 apresentaram os melhores resultados, com cerca de 21 artigos relacionados em periódicos nacionais e internacionais.

Os principais temas abordados se dividiram em: nove artigos sobre estimativas de captura (p. ex., MENEZES *et al.*, 2010); cinco artigos sobre a presença de parasitas (p. ex., CÁRDENAS & KOHN, 2009); quatro sobre história de vida (p. ex., ANDRADE & CAMPOS, 2002); e, três artigos sobre a oceanografia pesqueira (p. ex., ANDRADE, 2003) (Fig. 8)

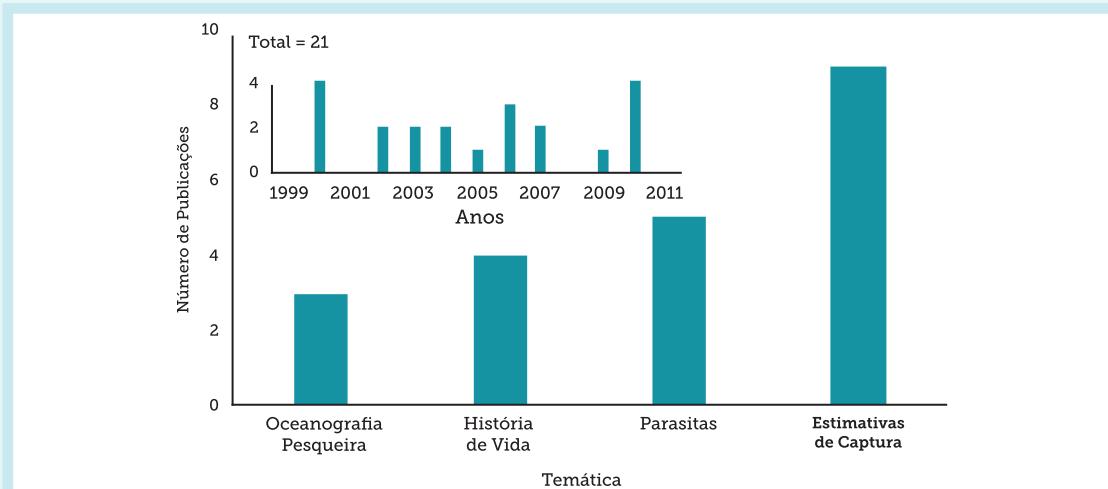


Figura 8. Número de publicações em periódicos científicos nacionais e internacionais sobre o bonito-listrado (*Katsuwonus pelamis*) por ano de publicação (figura menor) e temática principal (figura maior), durante a Fase III (Elaborado pelos autores).

Esta fase se caracteriza pela produção pesqueira brasileira atingindo os valores mais elevados, variando em torno de 20.000 a 25.000 t/ano, por um período de mais de 10 anos. Foram 12 anos de estabilidade desta pesca no Brasil, exceto no Rio de Janeiro, onde a maioria das indústrias enlatadoras foram fechadas. Além disso, houve registros de conflitos entre a frota de isca-viva, a frota sardinheira e os pescadores artesanais, em função das restrições referentes à sardinha-verdadeira, principalmente em áreas costeiras.

Os registros de dados nesta fase indicaram que a pesca do bonito-listrado no Brasil encontrava-se plenamente desenvolvida e estabilizada. Os temas a seguir, descrevem as características da dinâmica da pesca da Fase III.

Área de Pesca

Na Fase III, novas questões sobre as áreas de pesca foram inseridas na arena da pesca do bonito-listrado. Trata-se das áreas onde se realizam as capturas da isca-viva, considerando que o problema da disponibilidade da isca-viva está diretamente relacionado à arte de pesca do bonito-listrado.

Dito isso, é importante ressaltar também que os conflitos estejam relacionados às restrições das novas normas instituídas pela Portaria Ibama 120-N/1992, conforme apresentado na Fase II. Esse instrumento normativo infralegal, que tem por objetivo garantir a recuperação e estabilidade dos cardumes da sardinha-verdadeira, proibiu o comércio da sardinha-verdadeira juvenil, e obrigou as embarcações atuneiras a capturarem sua própria isca. Além disso, foram criadas Unidades de Conservação no Rio de Janeiro e Santa Catarina, supostamente em áreas onde se pescava a sardinha-verdadeira como isca-viva. Por isso, os proprietários de barcos que pescam bonito-listrado alegam que as áreas de pesca de isca-viva ficaram mais restritas com a criação desses espaços de âmbito federal, incluindo-se aqui as Reservas Extrativistas Marinhas.

É, no entanto, fundamental lembrar que o objetivo de se criar uma Unidade de Conservação é a proteção de espécies raras, endêmicas e, principalmente, de espécies ameaçadas de extinção. Uma Reserva Extrativista tem também o objetivo de assegurar o uso sustentável dos recursos naturais pelas populações ou comunidades tradicionais do local. Para isso, são firmados contratos de concessão de direito de uso da área com uma série de obrigações, entre as quais, a responsabilidade de salvaguardar a biodiversidade dentro do limite das Reservas Extrativistas.

Portanto, os cardumes da sardinha-verdadeira que se encontram em uma Reserva Extrativista são de responsabilidade dessa população tradicional que vive ali, ela é legalmente responsável por toda a área. Sendo assim, a pesca da sardinha-verdadeira para isca-viva não é entendida como atividade de subsistência da população. Além disso, a pesca do bonito-listrado é uma modalidade considerada pesca industrial. Não é praticada por pescadores comunitários, não faz parte da pesca de subsistência do local, e por isso não é permitida a pesca da sardinha-verdadeira para isca-viva em nenhuma Unidade de Conservação.

Frota

A Fase III consolida a tendência apresentada na Fase II, ou seja, o desenvolvimento das embarcações de maior porte em Santa Catarina, as quais utilizaram equipamentos modernos, alcançaram resultados bastante significativos, e se mantiveram estáveis. Por outro lado, as embarcações no Rio de Janeiro sofreram pouca modernização (IBAMA, 1998) e pouca inovação (VIANNA, 2009).

Nesse período, especificamente no ano de 2006, foi lançado o Programa Nacional de Rastreamento de Embarcações Pesqueira por Satélite – PREPS, através da Instrução Normativa Interministerial nº 2 de setembro de 2006, sob responsabilidade da Secretaria Especial de Aquicultura e Pesca da Presidência da República, Ministério do Meio Ambiente e Marinha do Brasil. Tratava-se do monitoramento por satélite, que constituiu um importante instrumento de gestão e controle das operações da frota pesqueira. Dessa forma, tornou-se obrigatório que todas as embarcações pesqueiras com arqueação bruta (AB) igual ou superior a 50, ou com comprimento total igual ou superior a 15 metros, incluindo as embarcações de pesquisa pesqueira, sejam rastreadas pelo sistema. O sistema tem ainda como objetivos aumentar a segurança dos pescadores embarcados, aprimorar a fiscalização marinha e minimizar os conflitos entre a pesca industrial e artesanal, relacionados à área de pesca. No entanto, segundo os mestres e armadores entrevistados, com exceção da fiscalização que vem sendo utilizada na aplicação de infrações, poucas melhorias ocorreram, tanto para a segurança no mar, quanto para minimizar os conflitos. Por exemplo, as embarcações consideradas artesanais, em especial a “frota de Itaipava”, não são obrigadas a aderir ao sistema, porém, capturam atuns nas mesmas áreas de pesca, competindo com a frota permissionada sem serem notadas no sistema de reastreamento.

Produção Pesqueira

Os dados obtidos nos bancos oficiais nacionais referentes à média da produção pesqueira na Fase III foi de aproximadamente 23.187 t/ano. Tendo atingido a produção máxima de 29.445 t em 1999 e 29.445 t em 2011 (Fig. 4). Já os dados da ICCAT para o ano de 1999 apontaram 22.948 toneladas, o melhor resultado foi no ano de 2011, que alcançou o resultado de 29.322 toneladas.

A Fase III foi o período em que o resultado nacional se manteve estável e em alta produtividade. O último ano desta fase, 2011, foi o que alcançou o melhor resultado. A produção média de Santa Catarina foi em torno de 15.000 t, e do Rio de Janeiro foi levemente superior ao do Rio Grande do Sul (Fig. 9).

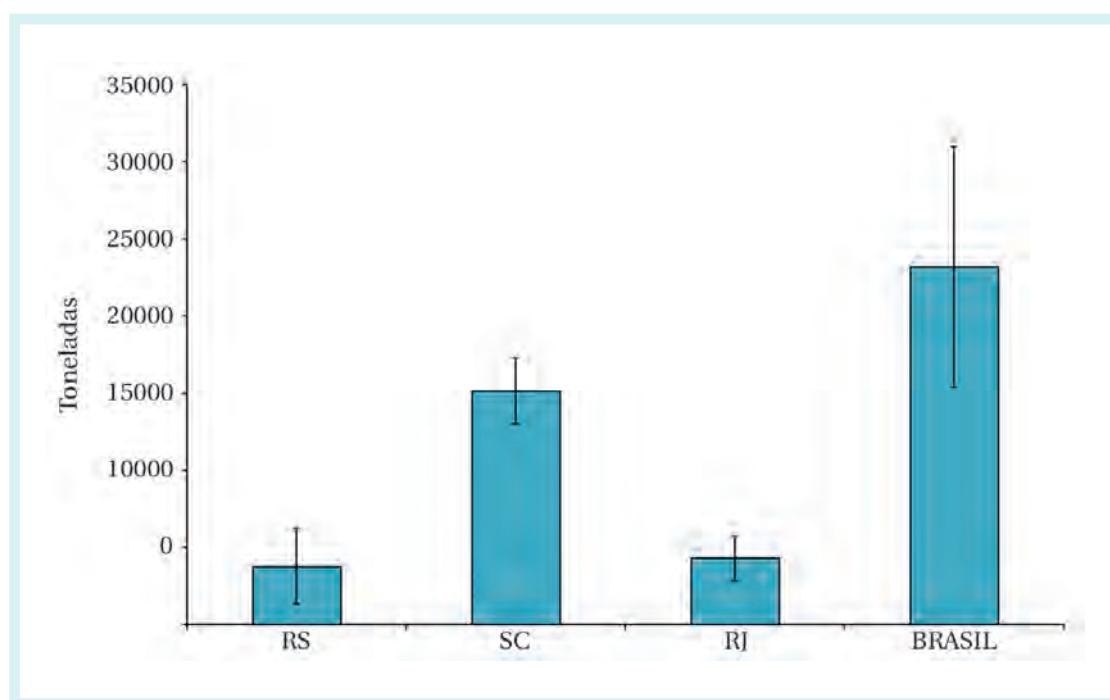


Figura 9. Média (barra azul) e intervalo de confiança (95%) da produção pesqueira no Rio Grande do Sul (RS), Santa Catarina (SC), Rio de Janeiro (RJ) e total para o Brasil durante a Fase III, de 1999 a 2011. Os limites de confiança da média indicam a variabilidade da produção anual durante esta fase (Elaborado pelos autores).

Tecnologia

Essa tecnologia de rastreamento por satélite foi utilizada pela primeira vez em 2001 no monitoramento de embarcações pesqueiras estrangeiras, como parte de um programa do Governo Federal que visava ocupar a zona econômica exclusiva brasileira, explorar áreas mais profundas que 200 m e repassar tecnologia às empresas nacionais.

A partir dos bons resultados obtidos com o monitoramento e o potencial benefício para a gestão, o PREPS foi desenvolvido e instituído.

Indústria e Mercado

Os estados de Santa Catarina e Rio Grande do Sul já apresentavam um bom desempenho, enquanto o cenário do Rio de Janeiro mostrava o contrário. A falta de estrutura portuária adequada para efetuar as descargas foi um dos principais entraves. Armadores e mestres de embarcação demonstraram insatisfação com o cais provisório na Ilha da Conceição, conhecido como o “cais da Sardinha 88”, que inicialmente era o local disponível para atender as descargas após o fechamento da Praça XV. No entanto, como não houve investimento do

estado para atender as embarcações, acabou se tornando o local de descarga definitivo⁸. Com a maior parte das indústrias enlatadoras desativadas, todo o pescado descarregado era retirado do local em caminhões, sendo lavado e congelado no Frigorífico Rio Doce S.A. – FRISA e transportado posteriormente para as grandes indústrias, agora localizadas na região sul, conforme descrito com mais detalhe no Capítulo 12, que aborda a dinâmica socioeconômica e conflitos sociais na cadeia produtiva do bonito-listrado no Rio de Janeiro.

2.4 FASE IV: Do Auge à Escassez da Pesca do Bonito-Listrado - 2012 a 2018

Como os dados nacionais da *Série Histórica de Dados da Pesca Marinha no Brasil* do Instituto de Pesca de São Paulo terminam em 2011, para verificar os dados na Fase IV, foi necessário consultar diretamente diversas instituições regionais. As fontes foram: (i) em Santa Catarina – período de 2012 a 2018, a base de dados da UNIVALI⁹; (ii) para o Rio Grande do Sul – para o período de 2011 a 2013, os relatórios do CEPERG¹⁰, e para o período de 2014 a 2018, os relatórios do Projeto Estatísticas de Desembarque Pesqueiro RS¹¹, do Instituto de Matemática, Estatística e Física da Universidade Federal do Rio Grande (IMEF-FURG), sob coordenação do Prof. Paul Gerhard Kinas; (iii) para o Rio de Janeiro – período entre 2011 e 2017, os dados dos relatórios da FIPERJ¹², e para o ano de 2018, dados do Programa de Monitoramento da Atividade Pesqueira – PMAP¹³, também executado pela FIPERJ.

É possível que os resultados neste período apresentem mais incoerências, se comparadas aos dados da ICCAT. Não está disponível um sistema nacional de coleta e informação de dados que informe à sociedade brasileira sobre a situação dos recursos marinhos, nem mesmo da produção pesqueira. Apesar disso, os dados coletados regionalmente indicam que os resultados nos anos de 2012 e 2013 foram bastante animadores, porém, seguidos por uma queda abrupta até o ano de 2016. Os anos seguintes, tanto 2017 quanto 2018, apresentaram resultados melhores, obviamente, não como o patamar do ano de 2012 (Fig. 4). Os dados da ICCAT para este período também indicam queda, porém, menos abrupta, sendo o ano de 2013 o que apresentou melhor resultado, com 32.127 t, e o ano de 2017 com o pior resultado, com 14.577 t. Para o ano de 2018, o resultado foi de 14.886 t.

Pode-se observar no quadro 4 o aumento do volume de publicações que abordam os aspectos oceanográficos para os anos de 2016 e 2017. A explicação mais provável para este fenômeno está no Estudo de Caso 2, do Capítulo 2. As publicações apresentadas que datam de 2016 são de estudos iniciados em 2013. O Estudo de Caso 2 apresenta o processo de integração entre empresa privada e a Universidade, que, por meio da tecnologia e inovação, incrementado pelo Instituto de Oceanografia da FURG, realizaram uma análise detalhada das condições oceanográficas, aliadas a um monitoramento constante.

A Fase IV é de extrema importância em função das diferenças abruptas que aconteceram dentro do período. É possível que a queda na produção pesqueira esteja relacionada aos efeitos da mudança climática, que afetam a dinâmica oceânica e, consequentemente, a dinâmica da biodiversidade marinha. Os temas a seguir, descrevem as características da dinâmica da pesca nesta fase.

⁸ Armadores e mestres, entrevistados em 2017 e 2018, manifestaram insatisfação com a falta de estrutura do “cais da Sardinha 88”, indicando que faltava um entreposto adequado no Rio de Janeiro para atender as descargas de pescado das diferentes flotas pesqueiras, incluindo a de vara e isca-viva.

⁹ UNIVALI/EMCT/LEMA. Estatística Pesqueira de Santa Catarina. Consulta On-line. Projeto de Monitoramento da Atividade Pesqueira do Estado de Santa Catarina. Laboratório de Estudos Marinhos Aplicados (LEMA), da Escola do Mar, Ciência e Tecnologia (EMCT) da Universidade do Vale do Itajaí (UNIVALI). 2020. Disponível em: <http://pmap-sc.acad.univali.br/>. Acesso em: 12 mar. 2020.

¹⁰ Disponível em: <https://www.icmbio.gov.br/cepsul/acervo-digital/37-download/estatistica/111-estatistica.html>. Acesso em: 16 jul. 2020.

¹¹ Disponível em: <https://imef.furg.br/o-que-e-o-projeto-estatistica-pesqueira>. Acesso em: 16 jul. 2020.

¹² Disponível em: <http://www.fiperj.rj.gov.br>. Acesso em 16 jul. 2020.

¹³ Disponível em: <http://www.fiperj.rj.gov.br/index.php/publicacao/index/1>. Acesso em: 16 jul. 2020.

Quadro 4. Produção Científica

Dezessete publicações foram encontradas (Fig. 10) no período da Fase IV, com especial destaque para os anos de 2015 e 2018, que apresentaram o maior número de publicações. Um dos temas que aparecem entre os mais pesquisados foi sobre a ocorrência de parasitas no bonito-listrado. O outro tema que apresentou um bom resultado de publicações foi sobre aspectos da oceanografia pesqueira (p. ex., MADUREIRA *et al.*, 2016; MADUREIRA *et al.*, 2017) e dos parâmetros oceanográficos na área de distribuição da espécie no Atlântico Sudoeste.

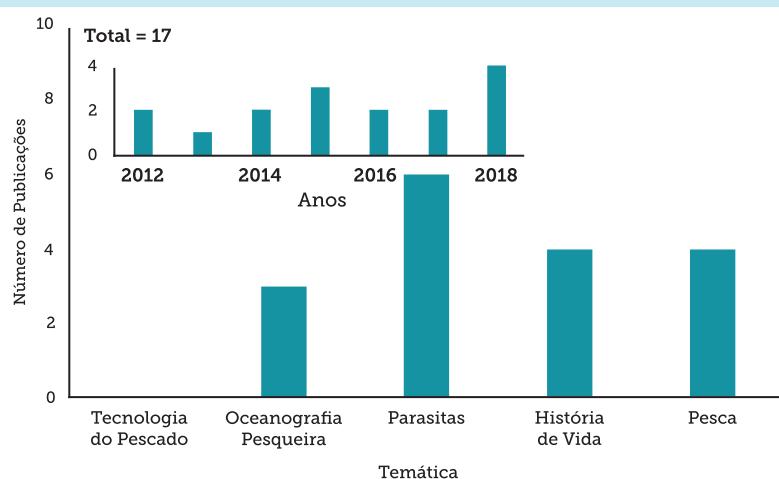


Figura 10. Número de publicações em periódicos científicos nacionais e internacionais sobre o bonito-listrado (*Katsuwonus pelamis*) por ano de publicação (figura menor) e temática principal (figura maior), durante a Fase IV (Elaborado pelos autores).

Área de Pesca

No estado do Rio de Janeiro os conflitos citados na Fase III, continuaram na Fase IV. A questão central que sustentou os conflitos são aqueles apresentados na Fase III, relativos às limitações de acesso para pescar a sardinha-verdadeira para isca-viva em Unidades de Conservação, que é proibido.

Contudo, os problemas relacionados às áreas de pesca e produção pesqueira para a Fase IV podem ser explicados por meio dos resultados do quadro 4. O aumento do número de publicações sobre aspectos oceanográficos das áreas de distribuição da espécie no Atlântico Sudoeste evidencia a complexa interação de questões climáticas que afetam a dinâmica das correntes marinhas, alterando a dinâmica da produtividade marinha, e que, consequentemente, alteram o comportamento dos cardumes de bonito-listrado. Assim, as áreas de pesca pré-estabelecidas, comumente conhecidas, estão em constante estado de alteração.

Frota

De acordo com a entrevista realizada com o representante da SAPERJ, em 2018, a frota do Rio de Janeiro operou com sete barcos, considerado o menor número de embarcações em operação de todos os tempos. Já os dados monitorados pela FIPERJ indicam que nove barcos efetuaram descargas no mesmo ano em Niterói. Esta diferença ocorreu porque a FIPERJ registrou as descargas de pescado realizadas durante o ano, enquanto que a SAPERJ indicou o número de embarcações sindicalizadas. Ou seja, duas embarcações, além daquelas sindicalizadas efetuaram pelo menos uma descarga de pescado no Rio de Janeiro em 2018.

Segundo a análise realizada no Capítulo 9, a queda de produtividade do bonito-listrado em 2018/2019 motivou “a modificação da composição de captura da frota do Rio de Janeiro”.

Produção Pesqueira

Os dados reunidos dos bancos de dados regionais oficiais indicam uma captura recorde em 2012 e 2013 para a produção nacional. Entretanto, houve uma queda abrupta até chegar ao menor valor de 3.316 t em 2016. Esse dado não coincide com dados informados pela ICCAT, que apresentou o resultado de 16.418 t em 2016. Contudo, a construção da figura 11 foi baseada nos dados regionais, indicando a maior variabilidade anual nas capturas nacionais, principalmente devido à disparidade entre a produção desembarcada em Santa Catarina, em relação aos demais estados.

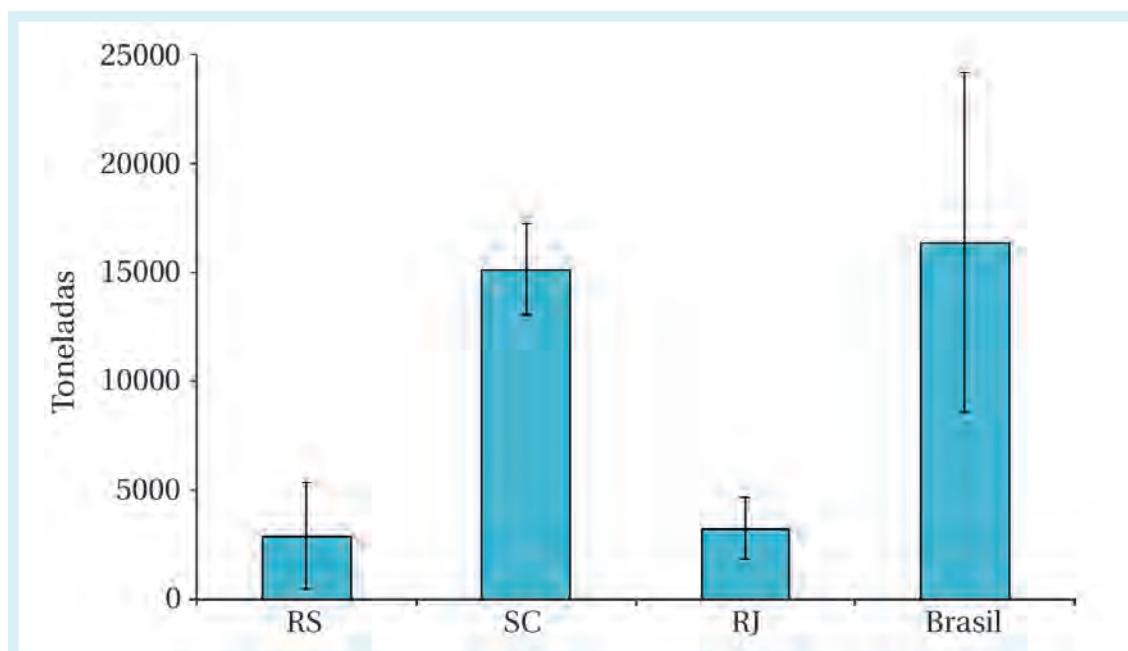


Figura 11. Média (barra azul) e intervalo de confiança (95%) da produção pesqueira no Rio Grande do Sul (RS), Santa Catarina (SC), Rio de Janeiro (RJ) e total para o Brasil durante a Fase IV, de 2012 a 2018. Os limites de confiança da média indicam a variabilidade da produção anual durante esta fase (Elaborado pelos autores).

Tecnologia

A Fase IV pode também ser considerada como o período da inovação. A crise impulsionou novos experimentos, como, por exemplo, substituir a sardinha-verdadeira por anchoíta para isca-viva, como fez a frota da indústria Leal Santos do Rio Grande (RS). Este estudo está apresentado no Estudo de Caso 2, Capítulo 2. A inovação decorreu da transferência de conhecimentos adquiridos em estudos anteriores realizados pelo Instituto de Oceanografia da FURG (IO-FURG) (MADUREIRA *et al.*, 2016). É importante ressaltar as ações dessa parceria – empresa privada-universidade pública –, porque a transferência de conhecimentos é uma das diretrizes que a Comissão Oceanográfica Intergovernamental recomenda para a promoção da sustentabilidade dos recursos marinhos. São diretrizes acordadas durante a *Conferência sobre os Oceanos*¹⁴, de 2017, que visam “fortalecer e promover parcerias efetivas e transparentes entre múltiplas partes interessadas, incluindo parcerias público-privadas [...]” (item 12.c), que deveriam ser aplicadas com caráter de urgência.

A parceria também impulsionou análises detalhadas de dados disponíveis, tanto da empresa quanto do Instituto, com a finalidade de refinar o conhecimento sobre o comportamento dos cardumes de bonito-listrado. Além disso, esta mesma frota tem utilizado um *software* que disponibiliza dados oceanográficos e de produtividade planctônica que auxi-

¹⁴ Disponível em: <https://nacoesunidas.org/wp-content/uploads/2019/05/conferencia-oceanos-2017.pdf>. Acesso em: 30 jun. 2020.

liam na definição de áreas mais propícias às capturas. O Instituto auxiliou na interpretação das cartas fornecidas pelo *software*. As embarcações têm licença de uso do *software* e os mestres, de posse das informações, podem tomar suas decisões a respeito das áreas mais propícias para a pesca. A inovação e a tecnologia tornaram a frota da empresa Leal Santos mais eficiente no quesito economia de combustível (vide Estudo de Caso 2, Capítulo 2). Portanto, se há economia de óleo diesel, significa que a atividade diminuiu a emissão de gases de efeito estufa para a atmosfera (MADUREIRA *et al.*, 2016).

Indústria e Mercado

Com o fechamento das principais indústrias enlatadoras no Rio de Janeiro, o parque industrial acabou centralizado em Santa Catarina, tendo a Camil e a Gomes da Costa como os principais compradores de pescado para o enlatamento. Outro polo importante é representado pelas indústrias Alimentícias Leal Santos LTDA, em Rio Grande (RS).

Até 2017, na Ilha da Conceição, em Niterói (RJ), as empresas compravam o bonito-listrado descarregado principalmente no “cais da Sardinha 88”. Todo o pescado era retirado das embarcações e levado para o centro de distribuição Frigorífico FRISA (Niterói-RJ) para congelamento, e, posteriormente, transportado pela ACM-Pescados de caminhão para as empresas no sul. Ao final de 2017, as descargas no “cais da Sardinha 88” foram desativadas devido às condições de insalubridade. Uma parte das descargas foi transferida para o cais da Friduza, também na Ilha da Conceição, enquanto outra parte passou para o cais do Funelli Comércio de Pescados, situado na Ponta D’Areia, em Niterói. Ao final de 2019, todas as descargas foram transferidas para o Funelli.

Em 2020, apenas uma embarcação atuneira continua a descarregar no Rio de Janeiro, devido à continuidade do contrato com a indústria processadora de pescado. Entretanto, todas as demais embarcações descarregam em Santa Catarina ou no Rio Grande do Sul, onde estão localizadas as maiores enlatadoras do Brasil. Somente a Gomes da Costa, maior enlatadora do ramo, produziu, em 2017, 500.000 latas de 170 g por dia¹⁵. Outras empresas de grande porte (Camil, Leal Santos) também produzem grandes quantidades, enquanto a empresa Tours Conservas, localizada em Itajaí (SC), produz enlatados “artesanais”, em menor escala, destinados a um mercado *gourmet* do eixo São Paulo-Rio de Janeiro¹⁶. Uma análise mais detalhada sobre o tema é apresentada no Capítulo 14.

3. Discussão

A proposta deste capítulo foi entender as condições que viabilizaram o desenvolvimento e a consolidação da pesca do bonito-listrado com vara e isca-viva na região sudeste e sul do Brasil, baseado em dados nacionais e regionais. A organização dos dados em quatro fases distintas: (i) introdução, (ii) expansão, (iii) estabilidade e (iv) auge à escassez, permitiram a construção de um panorama sobre esta pesca.

Talvez a maior dificuldade tenha sido conciliar dados estatísticos abrangentes com dados de períodos descontinuados, ou divulgados apenas em publicações diferentes dos relatórios nacionais anuais, como, por exemplo, os dados disponibilizados pela ICCAT. Muito embora o governo brasileiro, como membro da ICCAT, tenha o compromisso de fornecer a este organismo as estatísticas anuais da produção pesqueira de todas as espécies de atuns e afins capturadas em águas jurisdicionais brasileiras, nem sempre isso tem acontecido¹⁷.

¹⁵ Disponível em: <https://g1.globo.com/sc/santa-catarina/noticia/maior-empresa-enlatadora-de-pescados-da-america-latina-paralisa-producao-em-itajai.ghtml>. Acesso em: 02 abr. 2018; Disponível em: <https://g1.globo.com/sc/santa-catarina/noticia/maior-empresa-enlatadora-de-pescados-da-america-latina-paralisa-producao-em-itajai.ghtml>. Acesso em: 04 abr. 2020.

¹⁶ Informação obtida por meio de entrevista com gestores das indústrias processadoras de pescado: Leal Santos em abril de 2018; Camil e Tours Conservas em novembro de 2019.

¹⁷ Em 2017, a delegação brasileira chegou à reunião da ICCAT com as notícias da renúncia coletiva do Subcomitê Científico do Comitê Permanente de Gestão dos Atuns e Afins do país e sem ter aportado nenhuma informação estatística da pesca referente ao ano de 2016. Nessas condições, em razão da Recomendação 11-15 adotada pela ICCAT em 2011, o Brasil estaria automaticamente proibido de pescar qualquer uma das espécies de atuns e afins sob o mandato da Comissão já a partir de 01 de janeiro de 2018. Disponível em: <http://conepe.org.br/editorial/30>. Acesso em: 25 ago. 2017.

Sem o fornecimento de dados, formam-se lacunas, além de que, muitas vezes, os dados obtidos nem sempre informam as capturas por porto de descarga, o que dificulta análises comparativas entre os estados.

Neste capítulo foi mostrado também que a estatística pesqueira nacional, antes de ser uma política de Estado para o setor, tem sido conduzida por programas e projetos de monitoramento locais ou regionais, muitas vezes dependentes de financiamento com tempo definido para encerramento. Por isso, recuperar e consolidar essas informações não foi tarefa fácil. Foi, porém, relevante para apontar os entraves que dificultam a aplicação apropriada de métodos de gestão pesqueira.

As mudanças geográficas dos pólos produtores são consequências de investimentos no setor e de facilidades logísticas para a atuação da frota e instalação das indústrias. Na década de 1970, o Rio de Janeiro era o pólo das indústrias de conservas no Brasil, em especial de sardinha em lata. Nessa época, existiam praticamente 13 a 15 empresas enlatando sardinha no estado. A Coqueiro despontou como a líder no decorrer dos anos 1980-90, mas foi perdendo mercado, sendo finalmente adquirida pela Camil, em 2011, e transferida para Itajaí. A Gomes da Costa, atual líder do Brasil, também saiu do Rio de Janeiro para Itajaí (SC), tendo sido adquirida pelo grupo espanhol Calvo (MARTINS, 2006), e detém hoje 55% e 60% do mercado dos segmentos da Sardinha e do Atum¹⁸, respectivamente. Produz diariamente mais de 2 milhões de latas (500.000 de atum) e gera mais de 2 mil empregos diretos e 7,5 mil indiretos¹⁹.

O parque instalado em Itajaí ofereceu um apoio logístico na construção e manutenção de embarcações, serviços técnicos especializados para a indústria náutica, bem como instalações industriais adequadas que proporcionavam facilidades para o escoamento da produção para os principais centros consumidores. As instalações precárias de descargas no Rio de Janeiro promoveram, paulatinamente, o deslocamento das atividades para o sul, culminando na paralisação quase que por completo da atividade no estado, pelo menos para a pesca de vara e isca-viva.

Desde a década de 1990, a captura da isca tem sido um gargalo e ponto de conflito entre a frota de isca-viva, a frota sardinheira de cerco e os pescadores artesanais. Os períodos de escassez aumentaram os conflitos, já que a frota sardinheira de cerco atribuiu a falta de sardinha-verdadeira adulta à captura de juvenis para uso como isca-viva. Também os pescadores artesanais reclamam que os atuneiros, ao capturar juvenis de sardinha-verdadeira em áreas costeiras, estariam quebrando um elo na cadeia alimentar, já que muitas outras espécies se alimentam das sardinhas-verdadeiras juvenis nesses ambientes (OCCHIALINI, 2013).

A utilização de iscas alternativas é uma realidade para a frota da Leal Santos em Rio Grande (RS). Segundo relato do diretor comercial da empresa, isso representa uma grande inovação, com consequências econômicas importantes. A anchoíta é uma espécie bastante abundante e pouco utilizada como recurso pesqueiro no Brasil, podendo ser uma alternativa para minimizar os embates sobre a sardinha-verdadeira, pelo menos nas áreas de pesca mais ao sul. Outro campo de pesquisa potencial seria o cultivo de espécies alternativas para serem utilizadas como isca-viva nesta pescaria. É verdade que experimentos nesse sentido datam da década de 1980, e que, apesar disso, a produção em escala a custos compatíveis com a operação de pesca ainda não foi alcançada.

A pesca responsável, realizada dentro de premissas que minimizam as agressões ao meio ambiente e mantém os estoques dentro dos seus limites de exploração sustentável, tem sido buscada como padrão de excelência para produtos nacionais e internacionais. As certificações são mecanismos de avaliação, que atestam os produtos através de análises detalhadas de todas as etapas, desde a pesca até o produto final, verificando se as indústrias seguem protocolos e procedimentos recomendados internacionalmente²⁰. Dessa forma,

¹⁸ Informação obtida por meio de entrevista em 2018, com um consultor da indústria pesqueira.

¹⁹ Disponível em: <http://g1.globo.com/sc/santa-catarina/sc-que-da-certo/noticia/2016/09/setor-pesqueiro-de-sc-se-reinventa-para-evitar-que-crise-cheque-mesa.html>. Acesso em: 02 mai. 2020.

²⁰ O *Marine Stewardship Council* promove a pesca sustentável através de um programa de certificação voluntário para pescarias e empresas que se submetem a uma avaliação levada a cabo por certificadores independentes. Disponível em: <https://www.msc.org/species/tuna>. Acesso em: 20 mai. 2020.

consumidores terão a garantia de estarem adquirindo um produto capturado de forma sustentável. Segundo a *International Seafood Sustainability Foundation and International Pole & Line Foundation* (2019), a pesca com vara e isca-viva é considerada uma pesca sustentável, já que captura o peixe um a um, com os menores índices de capturas incidentais e interações com outras espécies. Além disso, o mercado internacional tem sido mais exigente, sugerindo que os produtos certificados, oriundos da pesca responsável, possam atingir um valor de mercado mais competitivo e diferenciado.

Agradecimentos

Os autores agradecem aos pescadores, mestres de embarcações, armadores de pesca, gestores, pesquisadores e aos representantes dos Sindicatos (Pescadores do Rio de Janeiro e Espírito Santo, SAPERJ, SINDIPI) e das indústrias em Rio Grande e Itajaí/Navegantes, que forneceram informações importantes através das entrevistas e das visitas técnicas. Sem a participação e cortesia de todos, não teríamos alcançado este resultado.

Referências Bibliográficas

ANDRADE, H. A. The relationship between the skipjack tuna (*Katsuwonus pelamis*) fishery and seasonal temperature variability in the south-western Atlantic. *Fisheries Oceanography*, [S.l.], v. 12, n. 1, p. 10-18, 2003. Disponível em: <https://doi.org/10.1046/j.1365-2419.2003.00220.x>. Acesso em: 30 jun. 2020.

ANDRADE, H. A.; CAMPOS, R. O. Allometry coefficient variations of the length-weight relationship of skipjack tuna (*Katsuwonus pelamis*) caught in the southwest South Atlantic. *Fisheries Research*, [S.l.], v. 55, n. 1-3, p. 307-312, 2002. Disponível em: [https://doi.org/10.1016/S0165-7836\(01\)00305-8](https://doi.org/10.1016/S0165-7836(01)00305-8). Acesso em: 30 jun. 2020.

ANDRADE, H. A.; SANTOS, J. A. T. Seasonal trends in the recruitment of skipjack tuna (*Katsuwonus pelamis*) to the fishing ground in the southwest Atlantic. *Fisheries research*, [S.l.], v. 66, n. 2-3, p. 185-194, 2004. Disponível em: [https://doi.org/10.1016/S0165-7836\(03\)00199-1](https://doi.org/10.1016/S0165-7836(03)00199-1). Acesso em: 30 jun. 2020.

ANKENBRANDT, L. Food habits of bait-caught skipjack tuna, *Katsuwonus pelamis*, from the southwestern Atlantic Ocean. *Fishery Bulletin*, [S.l.], v. 83, n. 3, p. 379-393, 1985. Disponível em: <https://spo.nmfs.noaa.gov/content/food-habits-bait-caught-skipjack-tuna-katsuwonus-pelamis-southwestern-atlantic-ocean>. Acesso em: 30 jun. 2020.

AMORIM, A. F.; ANTUNES, S. A.; ARFELLI, C. A. Length-weight and gilled/gutted weight-weight relationships of *Katsuwonus pelamis* Linnaeus, 1758, caught in the south and southeast of Brazil [bonito]. *Boletim do Instituto de Pesca*, São Paulo, v. 8, p. 1-8, 1981. Disponível em: <https://www.pesca.sp.gov.br/boletim/index.php/bip/article/view/45>. Acesso em: 30 jun. 2020.

ÁVILA-DA-SILVA, A. O.; VAZ-DOS-SANTOS A. M. Análise das capturas de atuns e afins pelos métodos de vara e isca viva e corriço realizadas pelo Malacostraca de 1980 a 1991. *Boletim do Instituto de Pesca*, São Paulo, v. 26, n. 2, p. 211-221, 2000. Disponível em: https://www.pesca.sp.gov.br/26_2_211-221.pdf. Acesso em: 30 jun. 2020.

BRASIL. *Portaria Ibama 120-N17, de 17 de novembro 1992*. Estabelece que as embarcações que operam na captura de atuns pelo sistema de vara e anzol, com isca-viva, estão obrigadas a capturar a sua própria isca. Diário Oficial da União. Brasília, 20 nov. 1992. Disponível em: https://www.icmbio.gov.br/cepsul/images/stories/legislacao/Portaria/1992/p_ibama_120_n_1992_revogada_defesosardinha_verdadeira_alterada_p_ibama_140_1992_revogada_p_ibama_68_2003.pdf. Acesso em: 30 jun. 2020.

BRASIL. *Portaria Ibama nº 68, de 30 de outubro de 2003*. Proíbe a captura, desembarque, transporte, salga e comercialização da sardinha verdadeira *Sardinella brasiliensis* de comprimento total inferior a 17 cm dezessete centímetros. Diário Oficial da União. Brasília, 31 out. 2003. Disponível em: https://www.icmbio.gov.br/cepsul/images/stories/legislacao/Portaria/2003/p_ibama_68_2003_revogada_tamanhominimocapturasardinha_verdadeira_revogada_in_ibama_16_2009.pdf. Acesso em: 30 jun. 2020.

BRASIL. *Instrução Normativa SEAP/MMA/MD Nº 2, de 4 de setembro de 2006*. Regulamenta o Programa Nacional de Rastreamento de Embarcações Pesqueiras por Satélite-PREPS, para monitoramento, gestão pesqueira e controle das operações da frota pesqueira permissionada pela Secretaria Especial de Aquicultura e Pesca da Presidência da República - SEAP/PR. Diário Oficial da União. Brasília, Seção 1, p. 7-14, 15 set. 2006. Disponível em: https://www.icmbio.gov.br/cepsul/images/stories/legislacao/Instrucao_normativa/2006/in_seap_mma_md_02_2006_preps.pdf. Acesso em: 30 jun. 2020.

BRASIL. *Instrução Normativa MPA/MMA, Nº 10, de 10 de junho de 2011*. Aprova normas gerais e organização do sistema de permissionamento de embarcações de pesca para acesso de uso sustentável dos recursos pesqueiros, com definição das modalidades de pesca, espécies a capturar e áreas de operação permitida. Diário Oficial da União. Brasília, Seção 1, p. 50, 13 jun. 2011. Disponível em: https://www.icmbio.gov.br/cepsul/images/stories/legislacao/Instrucao_normativa/2011/ini_mpa_mma_10_2011_altrda_regul_permissionamento_completa_altrd_in_14_2014_in_01_2015.pdf. Acesso em: 30 jun. 2020.

BRASIL. *Instrução Normativa MAPA/SAP, Nº 14, de 30 de abril de 2020*. Altera o anexo IV da Instrução Normativa Interministerial do Ministério da Pesca e Aquicultura e do Ministério do Meio Ambiente nº 10 de junho de 2011. Diário Oficial da União. Brasília, Ed. 83, Seção 1, p. 2, 04 mai. 2020. Disponível em: <http://www.in.gov.br/en/web/dou/-/instrucao-normativa-n-14-de-30-de-abril-de-2020-254927477>. Acesso em: 30 jun. 2020.

CÁRDENAS, M. Q.; KOHN, A. Primeiro registro de *Philometra katsuwonii* (Nematoda, Philometridae), parasitando *Katsuwonus pelamis* (Perciformes, Scombridae), ocorrentes ao largo da Costa Atlântica da América do Sul. *Biota Neotropica*, Campinas, v. 9, n. 2, p. 263-266, abr./jun. 2009. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1590/S1676-06032009000200025>. Acesso em: 30 jun. 2020.

CASTELLO, J. P. Síntese sobre o bonito-listrado (*Katsuwonus pelamis*) no sul do Brasil. In: HAIMOVICI, M. (Org.). *A Prospecção pesqueira e abundância de estoques marinhos no Brasil nas décadas de 1960 a 1990*. Levantamento de dados e avaliação crítica. Brasília: MMA/SMCQ, p. 219-224, 2007.

CASTRO, P., HUBER, M. E. *Biologia Marinha*. Trad. Monica Ferreira da Costa, 8^a Ed. Porto Alegre: AMGH, 2012.

COLETTI, J. L.; PINHO, M. P.; MADUREIRA, L. S. P. Operational oceanography applied to skipjack tuna (*Katsuwonus pelamis*) habitat monitoring and fishing in south-western Atlantic. *Fisheries Oceanography*, [S.I.], v. 28, n. 1, p. 82-93, 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.1111/fog.12388>. Acesso em: 30 jun. 2020.

COOKE, C. V.; MADUREIRA, L. S. P.; GRIEP, G. H.; PINHO, M. P. Análise de dados de ecosondagem de fundo oriundos de cruzeiro realizados entre Fortaleza (CE) e Chuí (RS) com enfoque na morfologia e tipos de fundo. *Brazilian Journal of Geophysics*, [S.I.], v. 25, n. 4, p. 443-457, 2007.

EVANS, R. H.; MCLAIN, D. R.; BAUER, R. A. Atlantic Skipjack Tuna: Influences of Mean Environmental Conditions on Their Vulnerability to Surface Fishing Gear. *Marine Fisheries Review*, [S.I.], v. 43, n. 6, p. 1-11, 1981. Disponível em: <https://spo.nmfs.noaa.gov/sites/default/files/pdf-content/MFR/mfr436/mfr4361.pdf>. Acesso em: 30 jun. 2020.

FIPERJ. Fundação Instituto de Pesca do Estado do Rio de Janeiro. *Boletim Estatístico da Pesca do Estado do Rio de Janeiro – Anos 2011 e 2012*. Niterói, 2013a. Disponível em: <http://www.fiperj.rj.gov.br/index.php/publicacao/index/1>. Acesso em: 30 jun. 2020.

FIPERJ. Fundação Instituto de Pesca do Estado do Rio de Janeiro. *Diagnóstico da Pesca do Estado do Rio de Janeiro*. Niterói, 2013b. Disponível em: <http://www.fiperj.rj.gov.br/index.php/publicacao/index/1>. Acesso em: 30 jun. 2020.

FONTELES-FILHO, A. A. *Oceanografia, biologia e dinâmica populacional de recursos pesqueiros*. Fortaleza: Expressão Gráfica e Editora, 2011.

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.; KEUNECK, K. A.; MENDONÇA, J. T.; MORO, P. S.; MOTTA, F. S.; OLAVO, G.; PEZZUTO, P. R.; SANTANA, R. F.; DOS SANTOS, R. A.; TRINDADE-SANTOS, I.; VASCONCELOS, J. A.; VIANNA, M.; DIVOVICH, E. Reconstruction of catch statistics for Brazilian marine waters (1950-2010). *Fisheries Centre Research Reports*, [S.I.], v. 23, n. 4, p. 3-30, 2015.

GILLETT, R. Pole-and-line tuna fishing in the world: Status and trends. IPNLF Technical Report nº 6. *International Pole & Line Foundation*, London, 17 p., 2016. Disponível em: <http://ipnlf.org/perch/resources/ipnlf-tech-report6status-and-trends-of-pole-and-line-tuna-fishing.pdf>. Acesso em: 30 jun. 2020.

GRAINGER, R. J. R.; GARCIA, S. M. Chronicles of marine fishery landings (1950-1994): Trend analysis and fisheries potential. *FAO Fisheries Technical Paper nº 359*. Rome, FAO, 51p., 1996. Disponível em: <http://www.fao.org/3/W3244E/W3244E00.htm>. Acesso em: 30 jun. 2020.

HAGUETTE, T. M. F. *Metodologias Qualitativas na Sociologia*. 11º ed. Petrópolis: Vozes, 224 p., 2007.

IBGE. Fundação Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. *Estatística da Pesca*, Rio de Janeiro, v. 2, n. 1, p. 1-70, 1983.

IBAMA/CEPENE/CEPSUL. *Relatório da VIII Reunião do Grupo Permanente de Estudos de Atuns e Afins*: Tamandaré-PE, 17 a 21 de agosto de 1998. Tamandaré, 1998.

JABLONSKI, S.; MATSUURA, Y. Estimates of exploitation rates and population size of skipjack tuna off the southeastern coast of Brazil. *Boletim do Instituto Oceanográfico*, São Paulo, v. 33, n. 1, p. 29-38, 1985. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S0373-55241985000100003>. Acesso em: 30 jun. 2020.

JABLONSKI, S.; DUMONT, A. S.; OLIVEIRA, J. S. O Mercado de Pescados no Rio de Janeiro. *INFOPECA*, Montevideo, v. 3 (Série O mercado de pescados nas grandes cidades Latino-Americanas), 80p., 1997. Disponível em: <https://www.infopesca.org/sites/default/files/complemento/publibreacceso/275/Rio%20de%20Janeiro.pdf>. Acesso em: 30 jun. 2020.

JENNINGS, S; KAISER, M; REYNOLDS, J. D. Marine fisheries ecology: an introduction. In: JENNINGS, S; KAISER, M; REYNOLDS, J. D. *Marine fisheries ecology*. John Wiley & Sons, 2009, p.1-20.

KING, M. *Fisheries biology, assessment and management*. John Wiley & Sons, 2013.

LAN, K. W.; LEE, M. A.; CHOU, C. P.; VAUGHAN, A. H. Association between the interannual variation in the oceanic environment and catch rates of big eye tuna (*Thunnus obesus*) in the Atlantic Ocean. *Fisheries Oceanography*, [S.I.], v. 27, n. 5, p. 395-407, 2018. Disponível em: <https://doi.org/10.1111/fog.12259>. Acesso em: 30 jun. 2020.

LIMA, J. H. M. *Biologia pesqueira de atuns e afins*. Centro de Pesquisa e Extensão Pesqueira da Região Sudeste-Sul-CEPSUL. Instituto de Pesquisa e Desenvolvimento Pesqueiro-PDP. Superintendência do Desenvolvimento da Pesca-SUDEPE, Itajaí, 18p., 1984. Disponível em: https://www.icmbio.gov.br/cepsul/images/stories/biblioteca/download/trabalhos_tecnicos/pub_1984_biol_atuns_afins.pdf. Acesso em: 30 jun. 2020.

LIMA, J. H. M.; LIN, C. F.; MENEZES, A. D. S. As pescarias brasileiras de bonito-listrado com vara e isca-viva, no Sudeste e Sul do Brasil, no período de 1980 a 1998. *Boletim Técnico Científico do CEPENE*, Tamandaré, v. 8, n. 1, p. 7-99, 2000. Disponível em: https://www.icmbio.gov.br/cepsul/images/stories/biblioteca/download/artigos_cientificos/art_2000_bonlistrado_vara_isca.pdf. Acesso em: 30 jun. 2020.

LIN, C. F. *Atuns e Afins: Estimativa da quantidade de isca-viva utilizada pela frota atuneira*. Brasília: IBAMA, Coleção Meio Ambiente. Série Estudos – Pesca, n. 6, 80p., 1992. Disponível em: https://www.icmbio.gov.br/cepsul/images/stories/biblioteca/download/trabalhos_tecnicos/pub_1992_iscaviva_frotaatun.pdf. Acesso em: 30 jun. 2020.

MADUREIRA, L.; COLETTI, J.; PINHO, M.; WEIGERT, S.; LLOPART, A. Pole and line fishing and live baiting in Brazil. *INFOFISH International*, [S.I.], n. 3, p.14-17, 2016.

MADUREIRA, L. S. P.; COLETTI, J. L.; PINHO, M. P.; WEIGERT, S. C.; VARELA, C. M.; CAMPELLO, M. E. S.; LLOPART, A. Skipjack (*Katsuwonus pelamis*) fishery improvement project: From satellite and 3D oceanographic models to acoustics, towards predator-prey landscapes. *2017 IEEE/OES Acoustics in Underwater Geosciences Symposium RIO Acoustics*, Rio de Janeiro, p. 1-7, 2017. Disponível em: <https://doi.org/10.1109/RIOAcoustics.2017.8349755>. Acesso em: 30 jun. 2020.

MARTINS, C. A. A. *A indústria da pesca no Brasil: o uso do território por empresas de enlatamento de pescado*. Tese de doutorado. Centro de Filosofia e Ciências Humanas. Programa de Pós-graduação em Geografia. UFSC. Florianópolis, 2006.

MATSUURA, Y. Distribution and abundance of skipjack (*Katsuwonus pelamis*) larvae in eastern Brazilian waters. *Boletim do Instituto Oceanográfico*, São Paulo, v. 31, n. 2, p. 05-07, 1982. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S0373-55241982000200002>. Acesso em: 30 jun. 2020.

MATSUURA, Y. Distribution and abundance of skipjack larvae off coasts of Brazil. *Proc. ICCAT Conference on the Inter. Skipjack Year Program*, [S.I.], p.1-6, 1984.

MENEZES, A. A. S.; SANTOS, R. A.; LIN, C. F.; NEVES, L. F. F.; VIANNA, M. Caracterização das capturas comerciais do bonito-listrado, *Katsuwonus pelamis*, desembarcado em 2007 no Rio de Janeiro, Brasil. *Revista CEPSUL-Biodiversidade e Conservação Marinha*, [S.I.], v. 1, n. 1, p. 29-42, 2010. Disponível em: <https://www.icmbio.gov.br/revistaelectronica/index.php/cepsul/article/viewFile/297/247>. Acesso em: 30 jun. 2020.

MILLER, A. M. Social benefits of one-by-one tuna fisheries. Social Dimension Series. *International Pole & Line foundation*, [S.I.], Report, v. 1, 35 p., 2017.

NETO, O. C. O Trabalho de campo como descoberta e criação. In: MINAYO, M. C. S (Org.). *Pesquisa Social: Teoria Método e Criatividade*. 21^a ed. Petrópolis: Vozes, p.51-56, 2002.

OCCHIALINI, D. S. *Diagnóstico da pesca de isca-viva empregada pela frota atuneira no Sudeste e Sul do Brasil*. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal de Santa Catarina, Centro de Ciências Agrárias, Programa de Pós-Graduação em Aquicultura, Florianópolis, 171 p., 2013.

OLIVEIRA, S. *Conservação a bordo de sardinha verdadeira (*Sardinella brasiliensis*) por imersão em salmoura refrigerada e absorção de sódio*. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 153 p., 2015.

PALUDO, D.; LIMA, R. P.; TAGLIANI, P. R. *Estudo preliminar sobre a viabilidade da utilização do “barrigudinho” (*Jenynsia lineata*) como fonte alternativa de isca-viva para a pesca de tunídeos*. Anexo IV. Projeto Bonito II. FURG (mimeografado). 1987.

PMAP-RJ. *Relatório Técnico Semestral – RTS-01*. Projeto de Monitoramento da Atividade Pesqueira no Estado do Rio de Janeiro. [S.I.], 255 p., 2018a. Disponível em: <http://www.fiperj.rj.gov.br/index.php/publicacao/index/1>. Acesso em: 30 jun. 2020.

PMAP-RJ. *Relatório Técnico Semestral – RTS-02*. Projeto de Monitoramento da Atividade Pesqueira no Estado do Rio de Janeiro. [S.I.], 299 p., 2018b. Disponível em: <http://www.fiperj.rj.gov.br/index.php/publicacao/index/1>. Acesso em: 30 jun. 2020.

SAKAGAWA, G. T.; SYMONS, P. E. K. The International Skipjack Year Program of the International Commission for the Conservation of Atlantic Tunas. *Fisheries*, [S.l.], v. 7, n. 4, p. 12-17, 1982. Disponível em: [https://doi.org/10.1577/1548-8446\(1982\)007%3C0012:-TISYPO%3E2.0.CO;2](https://doi.org/10.1577/1548-8446(1982)007%3C0012:-TISYPO%3E2.0.CO;2). Acesso em: 30 jun. 2020.

SAPERJ. Informativo do Sindicato dos Armadores de Pesca do Rio de Janeiro. *Pesca & Mar*, [S.l.], Ano 2, n. 13, 1991.

SILVA, J.; BIANCHI, M. L. P. Cientometria: a métrica da ciência. *Paidéia*. Ribeirão Preto, v. 11, n. 21, p. 5-10, 2001. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S0103-863X2001000200002>. Acesso em: 23 mai. 2019.

SUDEPE. *Observações preliminares sobre a pesca com isca viva de bonito-barriga-listrada, Katsuwonus pelamis*. Ministério da Agricultura, Superintendência do Desenvolvimento da Pesca, Coordenadoria Regional da SUDEPE no Estado do Rio de Janeiro, 29 p., 1980.

SUDEPE. *Análises preliminares sobre a pesca com isca viva de bonito-barriga-listrada, Katsuwonus pelamis*. Ministério da Agricultura, Superintendência do Desenvolvimento da Pesca, Coordenadoria Regional da SUDEPE no Estado do Rio de Janeiro, 101 p., 1981.

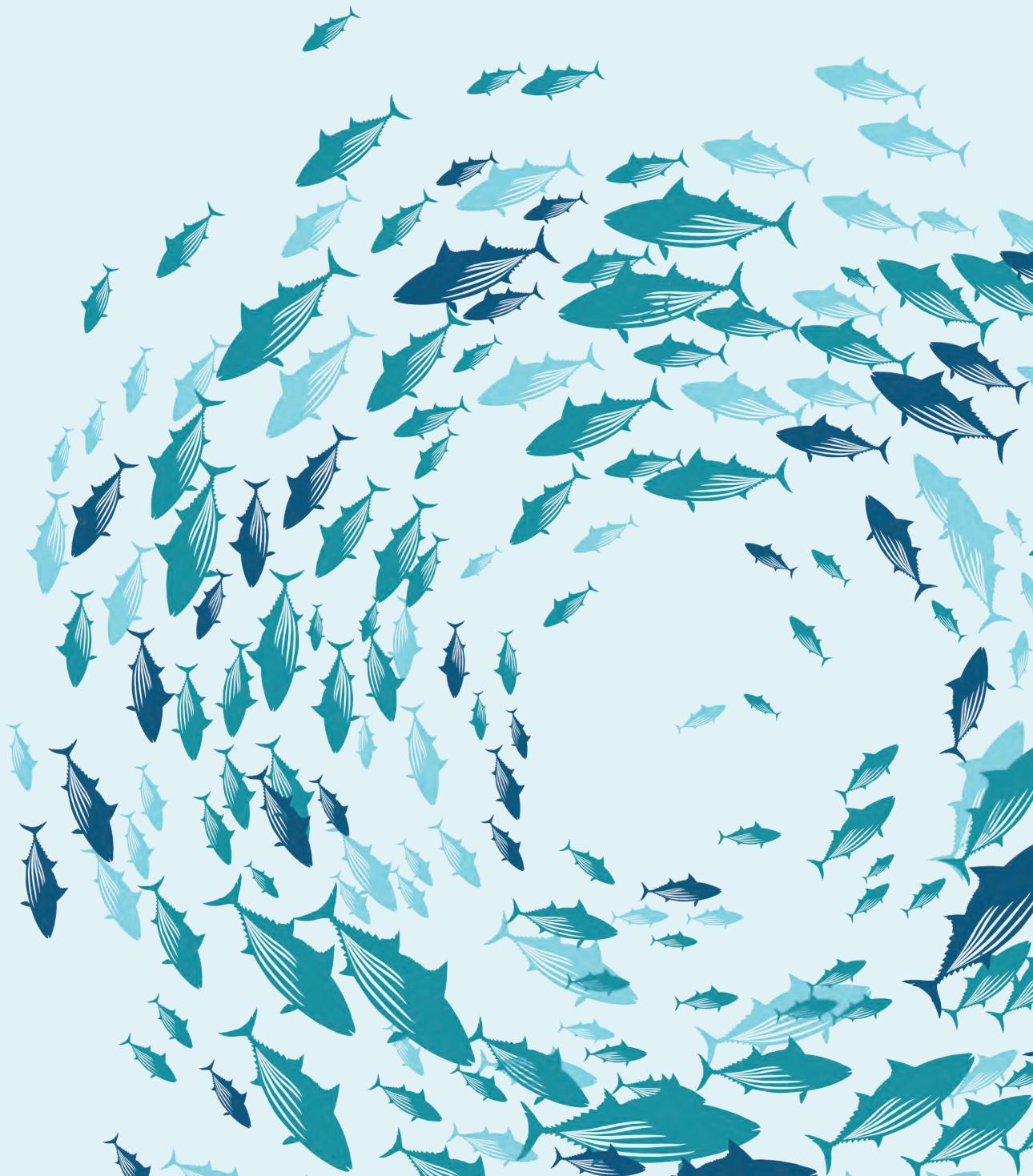
SUDEPE. *Diagnóstico sobre a pesca de atuns e espécies afins com isca viva no estado do Rio de Janeiro*. Ministério da Agricultura, Superintendência do Desenvolvimento da Pesca, Coordenadoria Regional da SUDEPE no Estado do Rio de Janeiro, 27 p., 1988.

VIANNA, M. *Diagnóstico da cadeia produtiva da pesca marítima no Estado do Rio de Janeiro*: relatório de Pesquisa. Rio de Janeiro: FAERJ; SEBRAE-RJ, 2009.

VILELA, M. J. A.; CASTELLO, J. P. Dinámica poblacional del barrilete (*Katsuwonus pelamis*) explotado en la región sudeste-sur del Brasil em el período 1980-1986. *Frente Marítimo*, v. 14, p. 111-124, 1993.

Unidade IV

SOCIOECONOMIA NA PESCA DO BONITO-LISTRADO



Dinâmica socioeconômica e conflitos sociais na cadeia produtiva do bonito-listrado no estado do Rio de Janeiro

12

José Eduardo Viglio,
Samira El Saifi,
Lúcia da Costa Ferreira

Introdução

O bonito-listrado (*Katsuwonus pelamis*) é uma espécie de atum importante para a indústria pesqueira brasileira, além de ser o tunídeo que ocorre com maior frequência no litoral do país. O desenvolvimento e a dinâmica da cadeia produtiva do bonito-listrado estão condicionados por parâmetros que lhe impõem riscos e incertezas, provenientes não apenas de fatores socioeconômicos, políticos e tecnológicos, como também por variáveis biológicas, ecológicas, climáticas e ambientais (SOARES, 2009). Modificações nessas variáveis podem refletir na disponibilidade, sazonalidade e taxa de captura do recurso pesqueiro em determinadas regiões. Dada a complexidade das variáveis envolvendo os sistemas naturais e sociais, as condições necessárias para o desempenho econômico almejado pelos atores da cadeia nem sempre são passíveis de controle.

O presente capítulo apresenta os resultados da pesquisa realizada pelo Núcleo de Estudos e Pesquisas Ambientais da UNICAMP, entre meados de 2017 e o final de 2018, que tratou de compreender a estrutura, a dinâmica socioeconômica e os conflitos sociais da cadeia produtiva do bonito-listrado no estado do Rio de Janeiro (RJ). A ênfase analítica recaiu nas atividades econômicas da cadeia no estado do Rio de Janeiro, nos principais aspectos restritivos, do ponto de vista ambiental e de segurança, envolvidos na captura do bonito-listrado e da isca-viva, e nas relações de conflito entre os diferentes atores da cadeia. A queda contínua na captura de isca-viva e de bonito-listrado nos últimos cinco anos intensificou as tensões e discordâncias entre os diferentes *stakeholders* da cadeia, comprometendo a cooperação entre eles. Isso pôde ser observado, por exemplo, na relação entre pesquisa/gestão e o setor produtivo.

A cadeia produtiva do bonito-listrado no Brasil resume-se, basicamente, ao que se produz nos estados de Santa Catarina, Rio Grande do Sul e Rio de Janeiro. O desenvolvimento da pesca com vara e isca-viva e da tecnologia necessária nas embarcações para tal teve início no Rio de Janeiro, no final da década de 1970 e começo da década de 1980. Nessa época, também no Rio de Janeiro, surgiram as primeiras indústrias de enlatamento de bonito-listrado. Contudo, apesar de o estado ter se tornado líder de produção ao longo da década de 1980, o Rio de Janeiro vem perdendo destaque para os dois estados do sul do país ao longo das últimas décadas. Essa tendência, conforme será demonstrado adiante é notada não apenas pela queda no volume de pescado, como também pela diminuição e obsolescência tecnológica da sua frota pesqueira industrial, quando comparada às de Santa Catarina e do Rio Grande do Sul, e, ainda, pelo fechamento das unidades industriais de enlatamento do pescado no Rio de Janeiro, chegando, por fim, ao encerramento dessa atividade industrial no estado na década de 2010.

A fim de caracterizar e analisar a dinâmica socioeconômica e os conflitos sociais da cadeia produtiva do bonito-listrado no estado do Rio de Janeiro, o trabalho de pesquisa

procurou identificar e descrever seus diferentes atores e momentos, assim como problematizar alguns fatores condicionantes do seu desempenho.

No item 1 deste capítulo estão descritos os instrumentos teóricos e procedimentos metodológicos utilizados nesta análise. Foram realizadas pesquisas bibliográficas e documentais, seguidas de pesquisas de campo que contemplaram entrevistas com diversos atores sociais e variáveis que envolvem a cadeia do bonito-listrado de forma geral e, em específico, a do estado do Rio de Janeiro. Nas pesquisas de campo, utilizou-se ainda o método de observação direta das atividades desenvolvidas na cadeia do Rio de Janeiro e das dinâmicas sociais que as embasam.

No item 2, que trata da estrutura e dinâmica da cadeia produtiva do Rio de Janeiro, descreve-se os segmentos econômicos que fazem parte da cadeia, segundo a Classificação Nacional de Atividades Econômicas (CNAE), e, especificamente, aqueles que são desenvolvidos no Rio de Janeiro. São analisadas as diferentes atividades que fazem parte desses segmentos, seus fluxos e dinâmicas, o perfil dos trabalhadores envolvidos, as características das frotas industrial e artesanal, e o volume de bonito-listrado capturado ao longo dos anos.

O item 3 discute os conflitos sociais entre o setor produtivo, gestão pesqueira e marinha e a ciência na cadeia do bonito-listrado, principalmente em torno de restrições do ponto de vista legal, que condicionam a captura de bonito-listrado e de isca-viva no estado do Rio de Janeiro, com destaque para a institucionalização de áreas protegidas marinhas, período de defeso da sardinha-verdadeira e a restrição da pesca em áreas de plataformas petrolíferas, muito presentes na Bacia de Campos e que constituem atratores do bonito-listrado.

Finalmente, são traçadas algumas considerações finais e sinalizada a importância das dimensões sociais e institucionais na pesquisa interdisciplinar sobre recursos pesqueiros.

1) Instrumentos teóricos e procedimentos metodológicos

A pesquisa buscou compreender os diferentes aspectos da cadeia que se relacionam às atividades estritamente econômicas como definido pela Classificação Nacional de Atividades Econômicas – CNAE. Desse modo, para uma perspectiva mais ampla sobre a dinâmica da cadeia do bonito-listrado no estado do Rio de Janeiro, buscou-se identificar o papel e a atuação dos atores sociais e institucionais vinculados ao setor produtivo, à pesquisa, gestão e fiscalização. Para isso, adotou-se a noção de arena de conflitos e negociação para tratar a cadeia produtiva enquanto um espaço social de interação entre múltiplos atores em disputa pelo acesso e controle dos recursos naturais envolvidos (FERREIRA *et al.*, 2017). Conflito, aqui, é entendido como manifestações de clivagens abertas entre dois ou mais atores individuais ou coletivos, que apresentam interesses históricos ou momentaneamente incompatíveis, quanto à apropriação ou controle de bens considerados raros, escassos (FERREIRA, 2012, p. 3). Nestes conflitos estão em jogo interesses, necessidades, rationalidades, poder, custos e benefícios (BOBBIO *et al.*, 1992).

Já o conceito de cadeia pode ser entendido enquanto estágios de produção e distribuição, como um conjunto de elos interligados entre fornecedores de materiais e os processos de transformação do produto final (RITZMAN & KRAJEWS, 2004, p. 30). Parte-se, portanto, de uma visão sistêmica, que destaca a conexão desses estágios por fluxos de materiais, capital e informação (CASTRO *et al.*, 2002).

Área de estudo

A pesquisa se concentrou nos municípios de Niterói, São Gonçalo e Rio de Janeiro para analisar as atividades, atores sociais e instituições relacionadas à cadeia do bonito-listrado no estado do Rio de Janeiro. Niterói e São Gonçalo concentram a quase totalidade do desembarque de bonito-listrado no estado (FIPERJ, 2013a; 2013b; PMAP-RJ, 2018a; 2018b; 2019).

Coleta de dados

Os dados foram coletados mediante pesquisa documental, entrevistas semiestruturadas e observação direta (BAYLEY, 2008; BERNARD, 2013) de atividades da cadeia produtiva, entre os períodos de julho de 2017 a dezembro de 2018.

Pesquisa documental

A pesquisa documental consistiu na análise dos seguintes documentos e informações: Dispositivos regulatórios e normativos relacionados à captura de isca-viva, especificamente de sardinha-verdadeira e de bonito-listrado com relação à pesca em áreas de plataformas petrolíferas; Atas e relatórios de reuniões vinculados ao extinto Grupo Técnico de Trabalho sobre Isca-Viva – GTT, Associação Brasileira da Pesca do Atum e do Subcomitê científico de atuns e afins; Diário Oficial da União com a lista de embarcações autorizadas na pescaria do bonito-listrado, com dados dos proprietários e número de inscrição; Relatórios e informativos produzidos pelo Sindicato dos Armadores de Pesca do Estado do Rio de Janeiro (SAPERJ); Relatórios e estatísticas publicadas pela Fundação Instituto de Pesca do Estado do Rio de Janeiro (FIPERJ); Textos jornalísticos do Jornal O Globo sobre a cadeia do bonito-listrado; Bases oficiais de emprego e desemprego do governo federal, como a RAIS (Relação Anual de Informações Sociais) e o CAGED (Cadastro Geral de Empregados e Desempregados); Classificação Nacional de Atividades Econômicas (CNAE); e produção bibliográfica sobre pescaria de bonito-listrado no período de 1978 a 2018.

Entrevistas semiestruturadas

Vinte e três (23) entrevistas foram realizadas durante o período da pesquisa. Buscou-se entrevistar um conjunto de pessoas que representasse a amplitude dos atores sociais e político-institucionais envolvidos na cadeia do bonito-listrado nas seguintes categorias: pesquisadores acadêmicos (4 entrevistados); armadores de pesca (3); representantes da SAPERJ (3); representantes do Sindicato da Indústria de Pescado do Rio de Janeiro (SIPERJ) (2); representantes dos serviços de desembarque, transporte e congelamento (3); analistas ambientais do Ibama relacionados a fiscalização e monitoramento pesqueiro (3); representante da RESEX Marinha de Itaipu em Niterói (1); mestre de pesca (1); representante da Marinha do Brasil (1); representante técnico do Sindicato dos Armadores e Indústria de Pesca de Itajaí e Região (SINDIPI) (1); ex-diretor industrial e atualmente consultor da indústria pesqueira (1).

Observação direta

Nos trabalhos de campo foi possível acompanhar dois desembarques de bonito-listrado, um no município de Niterói, de uma embarcação industrial, e outro em São Gonçalo, de embarcação artesanal da Frota de Itaipava. Foi possível observar, por exemplo, as diferentes estruturas internas e externas destas embarcações, e as práticas de recolhimento e transporte do pescado que foram empregadas.

Análise de dados

Esse conjunto de materiais, incluindo as entrevistas transcritas, foi analisado a partir da técnica de análise de conteúdo, cuja finalidade é a descrição objetiva, sistemática e qualitativa do conteúdo manifesto (BARDIN, 1977). Para tanto, buscou-se identificar, na análise do material levantado, o contexto social e institucional dos autores e informantes, a temporalidade, os argumentos, enfoques e visões ali colocados. O conjunto de informações recolhidas e analisadas permitiu, posteriormente, o estabelecimento de diferentes interpretações e interesses entre os atores da cadeia produtiva do bonito-listrado no Rio de Janeiro.

2) Estrutura e dinâmica da cadeia produtiva do bonito-listrado no estado do Rio de Janeiro

Tomando como referência a Classificação Nacional de Atividades Econômicas (CNAE), como utilizado por Soares (2009), a cadeia produtiva do bonito-listrado no estado do Rio de Janeiro é constituída pelos seguintes segmentos econômicos:

1- Pesca e serviços relacionados (classe 05118-CNAE), que compreende as atividades de captura, recolhimento e transporte do pescado.

2- Preparação e preservação do pescado (classe 15148-CNAE).

A atividade de enlatamento/conserva, que também faz parte da classe 15148-CNAE, deixou de ser desenvolvida no estado Rio de Janeiro a partir de 2011, quando a empresa Camil, pertencente ao grupo Pepsico, adquiriu a antiga empresa Coqueiro. Com essa mudança, o processamento e enlatamento do bonito-listrado, que também ocorria em São Gonçalo, no estado do Rio de Janeiro, foi transferido e se concentrou totalmente na planta industrial do estado de Santa Catarina¹. Na planta industrial de São Gonçalo, permaneceu apenas o processamento e enlatamento de sardinha. Antes disso, em 1998, a empresa Gomes da Costa transferiu sua unidade fabril que funcionava no Rio de Janeiro para a cidade de Itajaí, em Santa Catarina. Atualmente, sem o enlatamento, a maior parte do bonito-listrado capturado no Rio de Janeiro, após lavagem, armazenamento e congelamento, é enviada para o Grupo Gomes da Costa (GDC), em Santa Catarina.

Portanto, num maior nível de detalhamento, a cadeia produtiva do bonito-listrado do Rio de Janeiro pode ser desdobrada em três momentos principais, envolvendo: captura, desembarque e conservação, sendo que cada um deles é conduzido por diferentes empresas e atores, como pode ser observado na figura 1.

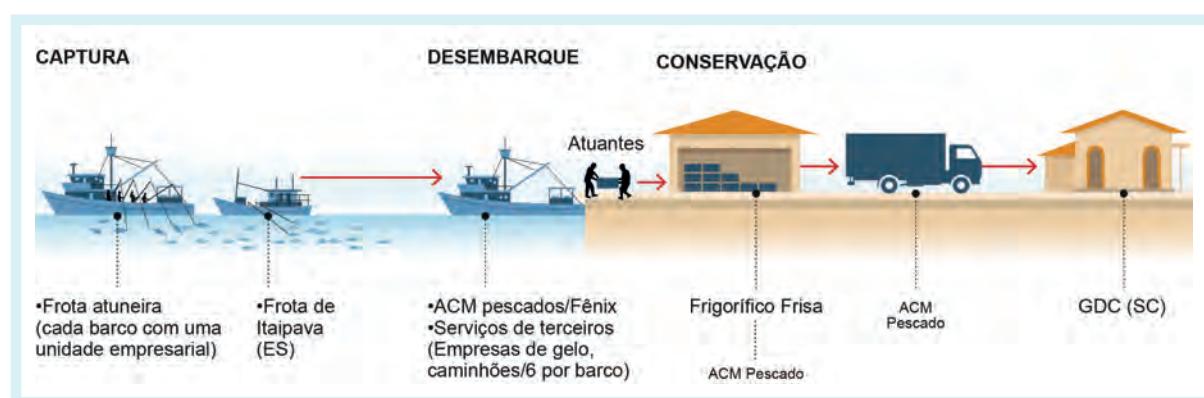


Figura 1. Fluxograma da cadeia produtiva do bonito-listrado no estado do Rio de Janeiro.

Captura

No período analisado, as pescarias de bonito-listrado foram realizadas por embarcações atuneiras do Rio de Janeiro voltadas especificamente para a pesca industrial de bonito-listrado, sendo que nenhuma destas possui sistema de congelamento a bordo², e por embarcações menores da Frota de Itaipava (SOUSA, 2009; MARTINS *et al.*, 2014).

Ao longo das duas últimas décadas tem se observado uma diminuição constante da frota industrial atuneira do Rio de Janeiro. MENEZES *et al.* (2010) e SAPERJ mostraram que em 2003 havia cerca de 17 embarcações de grande porte atuantes no Rio de Janeiro, enquanto em 2018, esse número caiu para cerca de 7 embarcações³ (Fig. 2).

¹ Para maior entendimento do processo de reestruturação, marcada por fusões e novas aquisições no setor da pesca, ver MARTINS, 2006.

² Para maiores detalhes desse tipo de embarcação, ver VIANNA, 2009.

³ Embora o SAPERJ indique apenas 7 embarcações para 2018, o monitoramento da produção pesqueira, Capítulo 9 deste volume, registrou o movimento de 10 embarcações no Rio de Janeiro para o período.



Figura 2. Evolução do número de embarcações industriais de bonito-listrado no Rio de Janeiro.

As embarcações da Frota de Itaipava são assim denominadas em função de grande parte dos barcos ser construído no município de Itaipava (ES) e identificados a partir das singularidades da carpintaria naval, por serem adequadas às necessidades de atuação em oceano aberto, e, principalmente, pela origem de seus pescadores, reconhecidos pelas habilidades de captura de pescados de significativo valor comercial, com escala de atuação de abrangência nacional. Essa frota conta com mais de trezentos barcos de média escala (em média de 12 metros) e utiliza técnicas artesanais competitivas na pesca oceânica, proporcionando pescarias singulares quando comparadas às demais frotas nacionais voltadas para a pesca de atuns e afins (SOUSA, 2009).

Algumas dessas embarcações pescam e desembarcam o bonito-listrado no estado do Rio de Janeiro. Em função da sua dimensão, são enquadradas como artesanais e apresentam grande diversificação de uso de petrechos e de habitats utilizados numa única pescaria (multipesca), e várias modalidades de pesca voltadas também para peixes pelágicos, ou seja, aqueles que nadam, preferencialmente, na superfície e a meia água (MARTINS *et al.*, 2005; MARTINS *et al.*, 2014). Em função dessas características e devido ao grande volume pescado, a pesquisa identificou a existência de questionamentos e desconfiança por parte de alguns atores da arena quanto ao *status* de artesanal desta frota.

Recolhimento

No momento do desembarque, o recolhimento e transporte dos peixes são realizados por uma subcontratada da empresa Gomes da Costa (GDC) sediada no município de São Gonçalo, a ACM Pescados, que é uma divisão da Fênix Pescados para atender a GDC.

Quanto à infraestrutura de desembarque no estado do Rio de Janeiro, especificamente para o caso do bonito-listrado em Niterói e São Gonçalo, não existe em funcionamento um terminal público para o desembarque. Os pontos de desembarque ativos nesses municípios são privados, como no caso dos portos da Friduza e da Fênix Pescados. Segundo Macedo e Viana (2009), para o estado do Rio de Janeiro, as estruturas que fazem parte do apoio à atividade do setor pesqueiro estão sob diversas formas de pressão, como a imobiliária e a de geração de petróleo e gás, que ocupam áreas anteriormente utilizadas pelo setor, dificultando ou tornando mais custoso o acesso ao mar. Para os autores, a queda na oferta de apoio logístico em terra encarece as operações de armação, descarga e manutenção das embarcações de pesca, podendo diminuir a qualidade do pescado torná-lo mais caro.

Preparação e congelamento do pescado

No Rio de Janeiro, apenas uma única empresa executa essas atividades, o Frigorífico FRISA, que não é voltado especificamente para pescados e que, inclusive, tem como principal foco a carne bovina. No Frisa são realizadas as atividades de separação do sangue e resíduos, lavagem e congelamento do pescado. Após o congelamento, o bonito-listrado e demais atuns são enviados integralmente para a GDC, em Santa Catarina, pela ACM Pescados. Portanto, o enlatamento, que faz parte da cadeia do bonito-listrado, tem sido, nos últimos anos, totalmente realizado em Santa Catarina, pela GDC.

2.1) Os trabalhadores da cadeia produtiva do bonito-listrado no estado do Rio de Janeiro

As bases oficiais de emprego e desemprego do governo federal, como a RAIS (Relação Anual de Informações Sociais) e o CAGED (Cadastro Geral de Empregados e Desempregados), não nos permitiram chegar a um nível de desagregação de dados suficiente para captar as informações para esses trabalhadores específicos. O nível máximo de desagregação refere-se a “Empregos formais da pesca de água salgada”. Para levantar os dados específicos sobre os trabalhadores da cadeia produtiva do bonito-listrado do estado do Rio de Janeiro foi necessário recorrer diretamente aos representantes dos segmentos econômicos que compõem esta cadeia. A pesquisa de campo e as articulações com os *stakeholders* foram cruciais para adquirir informações dessa ordem, ainda que sem maiores detalhamentos sociodemográficos.

Na figura 3 estão representados os dados sobre os trabalhadores da pesca envolvidos na captura do bonito-listrado. Eles estão destacados de acordo com o tipo de embarcação: Frota atuneira, considerada industrial, e Frota de Itaipava, tecnicamente considerada artesanal.

Como pode ser observado na figura, em cada unidade da frota industrial embarcam, por viagem, cerca de 25 trabalhadores, distribuídos em uma estrutura ocupacional hierarquizada composta verticalmente, por ordem de comando do barco e de renda, de cima para baixo por: mestre, pessoal de máquina, contramestre e pescadores. O perfil desses trabalhadores é de homens, com idade de 20 anos ou mais, e renda média flutuante, que varia de acordo com o montante pescado e com a divisão por partes, previamente definidas pelo dono ou pelo mestre da embarcação. Em 2017, a SAPERJ estimou que o número total de trabalhadores na pesca industrial foi de 150, uma vez que apenas 10 barcos atuneiros foram para alto mar pescar.

Ainda, conforme a figura 3, em cada barco da Frota de Itaipava trabalhavam entre 10 e 12 pescadores, teoricamente distribuídos de forma horizontal na estrutura ocupacional.

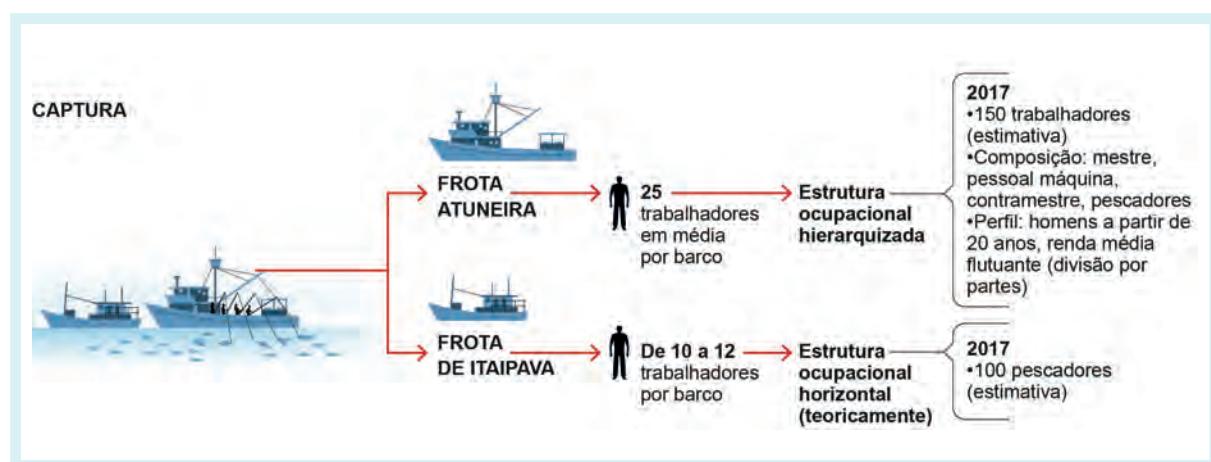


Figura 3. Trabalhadores da cadeia produtiva do bonito-listrado no Rio de Janeiro envolvidos na captura do pescado.

A partir de informações coletadas em campo, é sugerido que ao menos 10 embarcações da Frota de Itaipava desembarcaram bonito-listrado e outras espécies no Rio de Janeiro em 2017⁴. Portanto, foi estimado um total em torno de 100 a 120 trabalhadores para esta frota. Considerando os dois tipos de embarcações, em 2017, havia cerca de 250 trabalhadores envolvidos com a captura de bonito-listrado no Rio de Janeiro.

Em relação à Frota de Itaipava, vale ressaltar que atores da cadeia arguidos pela pesquisa problematizaram o termo artesanal para designá-la, conforme colocado anteriormente. Uma das questões levantadas por eles é que a divisão ocupacional dos trabalhadores desses barcos, mesmo que teoricamente apareça como horizontalizada, e, portanto, sem hierarquia funcional, na prática segue exatamente os mesmos padrões da distribuição verticalizada da frota industrial, implicando a mesma divisão de renda. Sendo assim, os barcos da Frota de Itaipava não estariam submetidos ao ônus das embarcações industriais, tais como estarem sujeitos aos controles fiscais impostos por órgãos de fiscalização ambiental, como o Ibama, ao mesmo tempo em que seus proprietários estariam usufruindo de vantagens financeiras de uma microempresa, tal como ocorre nos barcos industriais.

Em relação às informações da figura 4, estão representados os trabalhadores envolvidos nas atividades relacionadas ao desembarque (recolhimento) e à conservação do pescado. Conforme se pode notar na esquematização da figura, há apenas uma empresa responsável por cada uma dessas duas atividades. Nas atividades ligadas ao desembarque, a ACM Pescados é a empresa responsável. A Fênix Pescados emprega diretamente 35 funcionários, dos quais, apenas 4 atuam exclusivamente na ACM, e mobiliza cerca de 100 microempreendedores individuais (MEIs), entre motoristas de caminhão, empresas de gelo e outros serviços de terceiros. Contudo, é preciso mencionar que muitos desembarques de bonito-listrado e atuns e afins também ocorrem no Porto da Fênix, e, nessas ocasiões, os funcionários da Fênix como um todo são mobilizados. A empresa não informou dados socioeconômicos sobre seus funcionários e nem sobre os terceirizados.

Em relação aos trabalhadores envolvidos nas atividades de conservação, todos são funcionários do Frigorífico Frisa, cujo quadro de funcionários diminuiu consecutivamente entre 2013 e 2017, passando de 50 para apenas 12. Todos os homens, com idade média de 35 anos e com renda média mensal de cerca de dois salários mínimos.

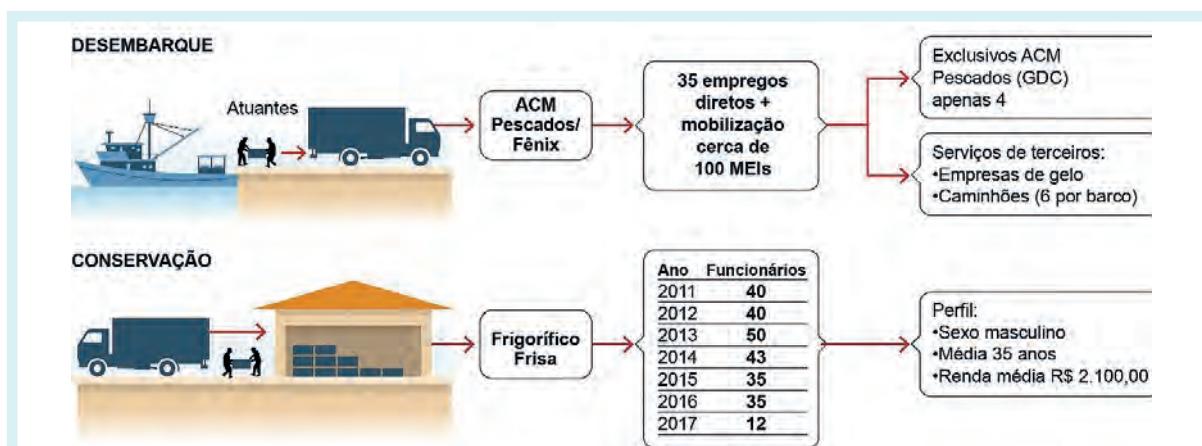


Figura 4. Trabalhadores da cadeia produtiva do bonito-listrado no Rio de Janeiro envolvidos no recolhimento e conservação.

Em termos numéricos, não considerando a Frota de Itaipava, o Rio de Janeiro emprega cerca de 200 trabalhadores diretamente envolvidos nas atividades da cadeia do bonito-listrado. Como observado, esse número vem sendo reduzido a cada ano em todas as atividades ou momentos da cadeia. Como não há dados oficiais sobre a Frota de Itaipava e seus trabalhadores que atuam no Rio de Janeiro, não é possível ainda compreender o quanto

⁴ Informações obtidas por meio de entrevistas, em 2018, com os proprietários de um ponto de desembarque no município de São Gonçalo.

deste nicho econômico⁵ deixado pelo modelo de grandes barcos atuneiros vem sendo ocupado pelo modelo de barcos menores da Frota de Itaipava, cujos trabalhadores, muito provavelmente, não residem no estado do Rio de Janeiro.

2.2) Volume médio anual do bonito-listrado pescado e processado no estado do Rio de Janeiro

Os dados históricos sobre o volume médio anual do bonito-listrado desembarcado no estado do Rio de Janeiro foram levantados junto a fontes documentais, bibliográficas e diretamente com atores da cadeia, especificamente a SAPERJ. As fontes pesquisadas foram: i) Coordenadoria Regional da SUDEPE no estado do Rio de Janeiro (1980), que traz dados para o período de 1976 a 1978⁶; ii) Castello (2000), que traz dados do período de 1979-1985 no documento “Avaliação do Potencial Sustentável de Recursos Vivos na Zona Econômica Exclusiva MMA. REVIZEE Análise/Refinamento dos Dados Pretéritos Sobre Prospecção Pesqueira” (estimativa baseada no gráfico publicado); iii) Jablonski (1996), que traz dados de 1986 a 1996 no documento “Nota sobre a produção pesqueira marinha nas Regiões Sul e Sudeste”; iv) Sindicato dos armadores da Pesca do Rio de Janeiro (SAPERJ), dados fornecidos para o período de 2000-2014; v) Menezes *et al.* (2010), que traz dados para 2007; e vi) FIPERJ que traz dados de 2011-2015. Além desses, foram levantados dados para o período de 2015 a 2017 junto à Frisa Frigorífico, que concentra a lavagem e congelação do bonito-listrado no estado do Rio de Janeiro.

Com base nas fontes e dados acima postos, o gráfico da figura 5 apresenta o volume (em toneladas) de bonito-listrado desembarcado no estado do Rio de Janeiro nos períodos especificados, contemplando o período de 1976 a 2017, com ausência de dados para o período de 1997 a 2000. De acordo com o gráfico (Fig. 5), os dados apontam para uma tendência geral de queda no volume de bonito-listrado desembarcado no Rio de Janeiro entre os anos de 1986 e 2017. Desconsiderando os primeiros anos do final da década de 1970 – que foram os anos de surgimento da pesca – e o início da década de 1980 – para os quais não há dados, mas sabe-se, de acordo com a literatura e com o depoimento de *stakeholders*, que foi um período de consolidação e de grande crescimento da pesca com vara e isca-viva no Rio de Janeiro –, chega-se ao maior pico de captura de todo o período nos anos de 1981 e 1982, quando a captura atinge 15 mil toneladas. Desde então, até 1995, a tendência foi de queda abrupta, chegando a 2,5 mil toneladas em 1993. A partir de 1996, a tendência muda e pequenas altas na captura são verificadas ano a ano até alcançar 5,8 mil toneladas, em 2006. Nos três anos seguintes para os quais constam dados (2007, 2010 e 2011), o total capturado fica na casa das 4 mil toneladas. Contudo, em 2012 atinge-se uma nova alta, chegando perto das 6 mil toneladas de bonito-listrado capturado. Desde então, de acordo com os dados obtidos por este trabalho de pesquisa, até fins de 2018, a queda no volume de captura veio sendo constante e abrupta até 2017, quando se atinge a menor marca histórica desde a consolidação da pesca no Rio de Janeiro no início dos anos 1980, chegando a nada menos do que 1,6 mil tonelada. Os dados levantados pelo PMAP-RJ para o ano de 2018 confirmam essa situação de queda livre do bonito-listrado desembarcado no estado do Rio de Janeiro. Segundo esse levantamento, conforme sintetizado na tabela 1, a produção de bonito-listrado foi em torno de 720 toneladas (PMAP-RJ, 2019).

Há incertezas sobre as causas da escassez, já que diferentes fatores podem estar envolvidos, incluindo fenômenos climáticos cíclicos, mudanças climáticas, sobrepesca, aumento das restrições legais e diminuição na disponibilidade de isca-viva.

⁵ É importante salientar que este nicho econômico é composto pelas albacoras e dourados, que são capturados também pela frota industrial quando esta não encontra o bonito-listrado. Os mestres da frota industrial preferem o bonito-listrado porque este tem preço e compra certa. Se o mestre capturar albacora ou dourado, por exemplo, terá que negociar preço e comprador no porto. Como não são especializados na captura de peixe para consumo a fresco (ao contrário da Frota de Itaipava, que é especializada), muitas vezes não atingem preços satisfatórios com outras cargas.

⁶ Os dados deste período representam capturas de outras pescarias que não a de vara e isca-viva, que tem registros no Brasil a partir de 1979.

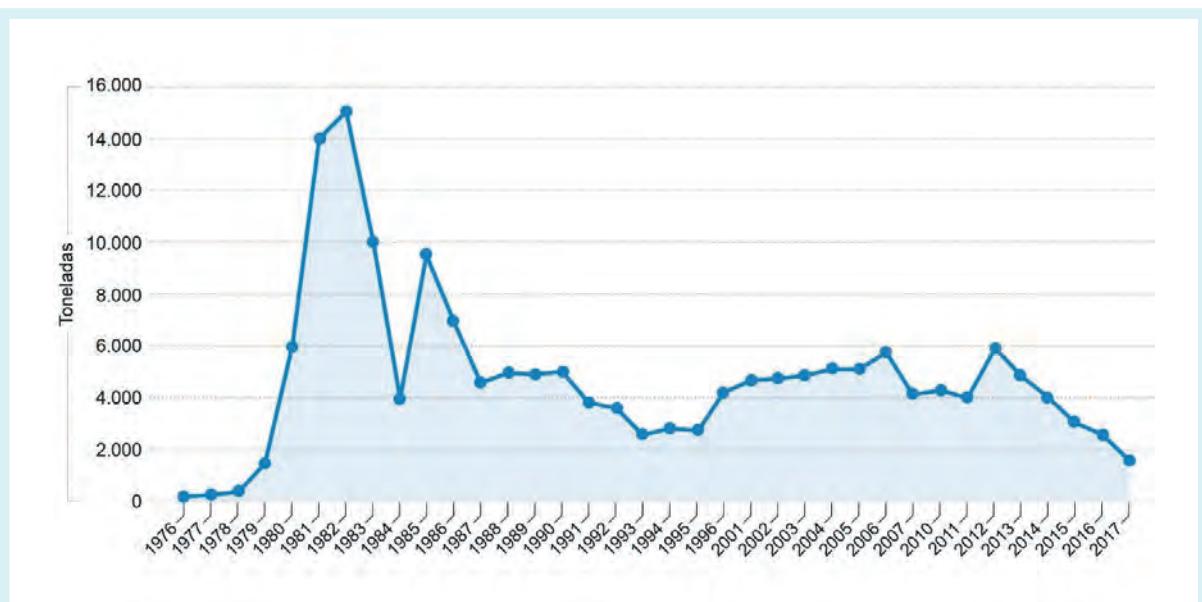


Figura 5. Evolução da captura de bonito-listrado no estado do Rio de Janeiro – 1976-2017 (Fontes: 1. Dados de 1976-1978 – SUDEPE (1980); 2. Dados de 1979-1985 – estimativa baseada em Castello (2000); 3. Dados de 1986-1996 – Jablonski (1996), retirado de FIPERJ, Ibama/SUPES-RJ; 4. Dados de 2000-2014 – SAPERJ; 5. Dados de 2015-2017 – FRISA (2018)).

Tabela 1. Quadro com o total de bonito-listrado desembarcado em Niterói e São Gonçalo (total RJ) para 2017 (apenas 2º semestre) e 2018 (1º e 2º semestres) para a frota industrial e artesanal (em toneladas).

FROTA	2º sem/2017	1º sem/2018	2º sem/2018	Total 2018 (não especificado)
Niterói industrial	148,40	664,80	54,20	719,00
São Gonçalo industrial	não especificado (menor 34,00)	40,10	29,70	69,80
Niterói artesanal	8,58	não especificado (menor 17,5)	3,26	11,84
São Gonçalo artesanal	9,80	9,80	não especificado (menor 3,20)	19,60
Total/semestre (não especificado)	166,80	714,70	87,10	820,20

Fonte: PMAP-RJ/FIPERJ (2018; 2019).

De modo geral, os dados mostram pouca estabilidade no volume capturado ao longo dos anos, contudo, salvo algumas poucas exceções, como é o caso dos levantamento realizados pela FIPERJ para os anos de 2011 e 2012 e pelo PMAP-RJ a partir de 2017, sabe-se que os dados são de pouca confiabilidade. Via de regra, a inconstância e a falta de regularidade nas estatísticas pesqueiras no Brasil, e mais especificamente no estado do Rio de Janeiro, comprometem os resultados e dificultam um retrato fidedigno da realidade. Existem lacunas de séries anuais no levantamento do período como um todo e há falta de padronização amostral. Essas estatísticas não contam com recursos humanos e financeiros regulares, seja por parte das gestões governamentais, seja por parte do próprio setor produtivo. Assim sendo, a FIPERJ, instituição estadual responsável pela gestão pesqueira, fica na dependência de recursos externos e programas específicos que são incertos. Um exemplo, disso é Projeto de Monitoramento da Atividade Pesqueira no Estado do Rio de Janeiro – PMAP-RJ (PMAP-RJ/FIPERJ, 2018; 2019),

que avaliou a produção pesqueira para o segundo semestre de 2017 e para 2018, com recursos provenientes de condicionantes do licenciamento ambiental do setor de óleo e gás⁷.

No próximo tópico serão discutidos alguns aspectos que, de alguma forma, são restritivos para a cadeia produtiva do bonito-listrado no estado do Rio de Janeiro.

3) Conflitos sociais entre produção, gestão pesqueira e ciência na cadeia produtiva do bonito-listrado no Rio de Janeiro

A pesca de bonito-listrado com vara e isca-viva é altamente dependente de estoques naturais de pequenos peixes pelágicos, que, no caso do estado do Rio de Janeiro, tem a sardinha-verdadeira como a principal isca (OCCHIALINI, 2013). O sucesso da pescaria depende, portanto, da relação positiva entre a captura de isca-viva e a captura do bonito-listrado (SCHWINGEL *et al.*, 1999). A inexistência de iscas em quantidade suficiente para suprimento da demanda da frota atuneira é um fator limitante à expansão destas pescarias em várias partes do mundo (LIMA *et al.*, 2000). No caso do Rio de Janeiro, a criação de áreas protegidas marinhas, como a Reserva Extrativista (RESEX) de Itaipu em Niterói em 2013 (que proíbe a iscagem da frota industrial na área), a criação do período de defeso da sardinha-verdadeira em 2009, juntamente com um maior esforço de pesca, principalmente a partir de 2016, diante de uma possível escassez do recurso, tem sido apontado por atores ligados à pesca industrial como um dos gargalos para um melhor desempenho das pescarias no estado⁸. O trecho abaixo, obtido por meio de entrevista com um dos armadores evidencia essa perspectiva:

Eu fiquei 10 dias iscando em Cabo Frio; aqui, Itaipu, é proibido, em Botafogo não tem, às vezes o barco sai daqui pra ir lá em Florianópolis iscar, as vezes tem peixe e não consegue isca, as vezes tem isca e não tem peixe. (Entrevista com Armador em 2018)

Por outro lado, os atores ligados à pesquisa e gestão questionam em parte os argumentos dos armadores, como exposto acima, especificamente no que se refere à magnitude dos impactos negativos, tanto da criação da citada reserva extrativista, quanto do período de defeso. Um estudo realizado pela FIPERJ, entre 2011 e 2012, identificou que, neste período, a área de Itaipu foi utilizada como ponto de iscagem apenas 3 e 9 vezes ao longo destes anos, respectivamente. Jurujuba, também em Niterói, foi a área de maior número de iscagem nesses anos com, 61 e 29 ocorrências, respectivamente (FIPERJ, 2013b). Para um membro da FIPERJ entrevistado, esse estudo, cujos dados foram levantados a partir das informações dos próprios barcos atuneiros, foi considerado pela instituição nas discussões em torno da criação da RESEX de Itaipu, pelo Instituto Estadual de Meio Ambiente do Rio de Janeiro (INEA).

A primeira tentativa de criação da RESEX de Itaipu, segundo Simon (2017), ocorreu no período de 1998 a 2004, sem uma conclusão em razão de inúmeros conflitos, dentre eles, entre os próprios pescadores artesanais. Em 2012, essa demanda foi levada por um grupo de pescadores artesanais de Itaipu à Secretaria de Estado do Ambiente que, em conjunto com o Instituto Estadual do Ambiente e em parceria com a Universidade Federal Fluminense (UFF), decidiu retomar o processo de criação da Reserva (SIMON, 2017).

Devido a tais relações de parceria entre universidade, instituições ambientais e de gestão pesqueira, exemplificado pelo caso da criação da RESEX de Itaipu, foi possível

⁷ Para um maior aprofundamento sobre as competências e transformações do arranjo institucional na gestão pesqueira no país, bem como, dos problemas de implementação de programas e políticas, incluindo o de monitoramento, ver Ramos (2016).

⁸ Segundo Occhialini (2013), a frota industrial emprega cerca de 30% da viagem na obtenção deste insumo, e tem a sardinha-verdadeira como espécie preferencial de isca-viva (82% das iscas capturadas em 2010-2011). Entretanto, em momentos de escassez ou indisponibilidade, como a observada entre 2011-2012, as manjubas ou boqueirão suprem a demanda da frota. Ainda segundo a autora, se contabilizado o tempo de procura e de iscagem, as embarcações atuneiras empregam 4,3±3,13 dias em média no processo, variando de um mínimo de 2 e um máximo de 12 dias.

observar a existência de uma tensão na relação do setor produtivo com o setor de pesquisa e gestão no Rio de Janeiro.

Esses conflitos se dão quando há concorrência entre diferentes setores para utilizar a mesma área marinha. Como os setores de pesquisa e gestão também propõem e implementam medidas de conservação que excluem ou restringem total ou parcialmente a atuação do setor produtivo, esse tipo de conflito é um fenômeno mundial (BESS & RALLAPUDI, 2007).

Os atores do setor produtivo reproduziram, recorrentemente, o argumento de que não veem retornos positivos das pesquisas científicas e da gestão para esse setor. Em trabalho de campo, foi possível constatar situações de ausência de cooperação entre esses atores, por meio de observação direta, quando, por exemplo, um barco industrial de bonito-listrado não comunicou antecipadamente o desembarque, impedindo assim o levantamento estatístico daquele barco. Na concepção de membros do setor produtivo do Rio de Janeiro que foram entrevistados, situações anteriores de cooperação resultaram em dispositivos restritivos a eles, associando assim as atividades de gestão e pesquisa às restrições legais.

Para um pesquisador entrevistado, essa visão de pesquisa e gestão enquanto restrições à pesca é comum entre o setor produtivo devido à ausência de pesquisas sistemáticas sobre estoque, biologia pesqueira e sobre tecnologias com potencial de trazer resultados práticos para o setor. Para este entrevistado, a ausência de um sistema contínuo de obtenção de informações é o que faz com que a política seja restritiva:

Sempre o resultado que aparece é um resultado perigoso, podemos dizer assim, aquele recurso diminuiu e a culpa é da pesca, e aí os órgãos de controle, de gestão, quando existem e querem trabalhar, a primeira medida é a restrição, então o que aparece é a restrição. Não que os trabalhos de pesquisa que são realizados vão dar enfim em medidas de restrição, mas a ausência de um sistema contínuo de obtenção de informações é que faz com que a política seja restritiva. É aquela velha história que vocês conhecem muito bem, na dúvida não ultrapasse, princípio da precaução. (Entrevista com pesquisador, junho de 2018)

Em relação ao período de defeso da sardinha-verdadeira, a captura da espécie fica suspensa por praticamente cinco meses no ano, seguindo determinação do Ibama. Essa proibição foi frequentemente questionada entre os atores do setor produtivo, pois, na opinião destes, tal restrição carece de embasamento científico e compromete o funcionamento e os investimentos no setor, conforme sintetizado no trecho de entrevista com um consultor da indústria pesqueira:

Então como você vai progredir, se tu tens o método mais sustentável [pesca com vara e isca-viva], mas por outro lado, o fundamental que é o fornecimento da isca-viva, para essa metodologia, nós trancamos o seu fornecimento, nós cortamos o seu fornecimento, nós proibimos o seu fornecimento. Mesmo ponto: lentamente os agentes econômicos que investem na área, param de investir. Ele vai caindo, caindo, até que chega um ponto em que a gente tranca e para pior. Existe projeto de sucesso como a da [empresa] Leal Santos que é a da anchoíta. Mas na região do Rio de Janeiro que não tem alternativa de anchoíta fácil como tem no sul, é prejudicada, tem um impacto muito grande né? Associado a isso, as regiões onde capturavam a isca-viva, cada vez mais foram criadas áreas de preservação, proibição de capturas etc né, já dificultou mais o acesso à essa isca. (Entrevista com ex-diretor industrial e atual consultor da indústria pesqueira em novembro de 2018)

Em síntese, a percepção corrente entre os atores do setor produtivo é que houve uma crescente criação de restrições legais às pescarias, amparadas cientificamente, porém de argumentos questionáveis, que são comprometedoras do desempenho da cadeia produtiva do bonito-listrado. É recorrente também o entendimento, não só entre o setor produtivo, de que os conflitos em torno da apropriação destes recursos naturais têm se tornado mais acirrados nos últimos anos diante da escassez crescente de recursos. Nesse contexto, uma área a menos para a iscagem, como foi o caso da criação da RESEX de Itaipu, ganha uma dimensão mais crítica, conforme entendimento do representante da FIPERJ que foi entrevistado.

Outro aspecto restritivo para a captura do bonito-listrado se refere especificamente à proibição das pescarias em áreas de plataformas petrolíferas. De acordo com as normas da Marinha do Brasil (NORMAM-DPC), a pesca é proibida em um raio de 500 metros em torno das plataformas de petróleo. Esta restrição se torna mais problemática para as pescarias de bonito-listrado no estado do Rio de Janeiro, pois somente a Petrobras possui ao menos 40 unidades de produção de petróleo, operando 546 poços e 80 plataformas instaladas, de exploração e de produção, na bacia de Campos (BRONZ, 2009). Ao mesmo tempo, um conjunto de trabalhos tem apontado essas áreas como atratores para os peixes, e mais especificamente para o bonito-listrado (KIM, 2015; MENEZES, 2010; JABLONSKI, 2003; 2008; BRONZ, 2005; 2009).

Segundo Jablonski (2003), em 1998 e 1999, respectivamente 60% e 38% do atum desembarcado no Rio de Janeiro, veio destas áreas proibidas. Recentemente, em 2018, ocorreram alterações na NORMAM-08 e NORTEC-08, que tratam das restrições à pesca e à navegação nas áreas de segurança das plataformas de petróleo e demais unidades offshore e navegação⁹. Segundo um representante da Marinha do Brasil que foi entrevistado na pesquisa, o novo texto visa aumentar o rigor sobre as embarcações pesqueiras que invadem as áreas de segurança de plataformas e demais unidades offshore.

Ao longo da pesquisa, foi possível observar que a prática da pesca em áreas de restrição de 500 metros em torno das plataformas é recorrente na fala dos atores da pesca entrevistados, e não tratado como um assunto velado. Essa situação fica destacada, por exemplo, na fala de um dos armadores, quando afirma: “de vez em quando temos um problema de peixe, eles encostam todos na plataforma e, na plataforma, ou eu morro de fome ou levo uma multa para tentar puxar aquele peixe que está na plataforma”. Esse quadro sugere que alguns atores da pesca já contabilizam os riscos e os custos da ilegalidade em suas decisões de pescar.

Considerações Finais

A cadeia do bonito-listrado do Rio de Janeiro, que foi pioneira e experimentou momentos de auge na captura e no processamento no país, vem passando por transformações nas últimas décadas, resultado direto de um conjunto de fatores político-institucionais, sociais, econômicos e ambientais. Observa-se, principalmente, o encurtamento das etapas desta cadeia no estado do Rio de Janeiro e uma consequente diminuição da sua contribuição socioeconômica.

Como visto neste capítulo, alguns fatores elencados, de ordem político-institucionais, econômicos e naturais, além dos conflitos apontados, explicam a situação da cadeia do bonito-listrado no estado do Rio de Janeiro, principalmente: a sazonalidade na disponibilidade de isca-viva e do pescado marcada por momento de forte escassez, o processo de reestruturação produtiva da indústria, a diminuição e obsolescência tecnológica das embarcações, e a instabilidade e lacunas de gestão e de políticas de fomento ao setor pesqueiro.

⁹ Segue trecho inserido na norma: “A Autoridade Marítima, após realizar a análise qualitativa dos dados, encaminhará as denúncias recebidas à Autoridade Policial e ao Órgão Federal controlador da atividade pesqueira, para adoção de sanções cabíveis. A CP/DL/AG deverá reduzir a validade do despacho por período para as embarcações infratoras”.

Ao mesmo tempo, a constituição e o fortalecimento de uma agenda ambiental no país nas últimas décadas, com normatizações e novos atores em jogo, impõe restrições à cadeia, especificamente na obtenção de sardinha-verdeadeira como isca-viva para as pescarias. Uma das consequências disso, sobretudo em momentos de escassez por condições alheias a estas restrições, é a explicitação de conflitos e questionamentos, e até mesmo deslegitimação das regras ambientais, da gestão e da ciência, por parte dos atores. É praticamente unânime no setor pesqueiro do Rio de Janeiro a visão de que há a prevalência de um enfoque conservacionista em detrimento de um enfoque produtivo da atividade pesqueira. Há, portanto, uma arena ambiental e outra produtiva-pesqueira. Uma possibilidade para uma melhor articulação entre elas seria a criação de instituições e métodos – em grande parte de resolução negociada – como forma de melhor processar as demandas ou mesmo preveni-las (VIÉGAS, 2016).

No plano federal, os mesmos problemas se refletem devido as sucessivas alterações e instabilidades no arranjo institucional da gestão pesqueira no país. Desde a extinção da antiga Superintendência do Desenvolvimento da Pesca (SUDEPE) e incorporação no recém-criado Ibama em 1989, o ordenamento dos recursos pesqueiros enquanto parte integrante da biodiversidade passou a ser de competência tanto de órgãos voltados às questões da conservação, quanto de viés de produção. Em consonância com Ramos (2016), é possível afirmar que difusão do poder e falta de coordenação comprometem a tomada de decisão e efetividade da gestão pesqueira, uma vez que exacerbaram-se os conflitos e propiciou-se a formação de subsistemas (ou subarenas), com perspectivas técnicas e políticas bem delimitadas em cada conjunto de atores e instituições envolvidas.

Para finalizar, é necessário reafirmar a importância das dimensões sociais e institucionais na pesquisa interdisciplinar sobre recursos naturais. Se não olharmos para tais dinâmicas torna-se difícil a compreensão dos aspectos relacionados à gestão, disponibilidade, sazonalidade e taxa de captura do recurso pesqueiro em determinadas regiões.

Referências Bibliográficas

- BAILEY, K. *Methods of social research*. Simon and Schuster, 2008.
- BERNARD, H. R. *Social research methods: Qualitative and quantitative approaches*. Sage, 2013.
- BESS, R.; RALLAPUDI, R. Spatial conflicts in New Zealand fisheries: The rights of fishers and protection of the marine environment. *Marine Policy*, v. 31, n. 6, p. 719-729, 2007.
- BOBBIO, N.; MATTEUCCI, N.; PASQUINO, G. Conflito. *Dicionário de política*. Vol. II. Brasília: Editora UnB, 1992.
- BRONZ, D. *Pesca e petróleo na bacia de Campos – RJ. Políticas de Licenciamento Ambiental no Mar: Atores e Visões*. Dissertação de Mestrado. 168p. Rio de Janeiro: UFRJ/PPGAS, Museu Nacional, 2005.
- BRONZ, D. *Pescadores do petróleo: políticas ambientais e conflitos territoriais na Bacia de Campos, RJ*. Editora E-papers, 2009.
- CASTRO, A. G; LIMA, S. M.; CRISTO, C.N. Cadena productiva: Marco conceptual para apoyar la prospección tecnológica. *Espacios*, v. 23, n. 2, p. 11-26, 2002.
- FERREIRA, L. C. A equação dinâmica entre conflitos sociais, recursos naturais e desastres ambientais: o estado da arte e uma proposta teórica. In: VI Encontro da Associação Nacional de Pós-Graduação e Pesquisa em Ambiente e Sociedade. *Anais* [...], Belém: ANPPAS, 2012.
- FERREIRA, L. C.; CALVIMONTES, J.; DI GIULIO, G.; VIGLIO, J.; ARAOS, F. Conflictos entre expansión urbana y cobertura vegetal y sus consecuencias para los câmbios ambientales globales: um estudio em el litoral del Estado de São Paulo, Brasil. In: FERREIRA, L. C.; SCHIMIDT, L.; BUENDIA, M. P.; CALVIMONTES, J.; VIGLIO, J. E. *Clima de tensão: ação humana, biodiversidade e mudanças climáticas*. Campinas: Editora da UNICAMP, 2017.
- FIPERJ. *Boletim Estatístico da Pesca do Estado do Rio de Janeiro – Anos 2011 e 2012*. Fundação Instituto de Pesca do Estado do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro, RJ, 2013a.
- FIPERJ. *Diagnóstico da Pesca no Estado do Rio de Janeiro*. Rio de Janeiro, 2013b.
- JABLONSKI, S. Interações da pesca com a atividade petrolífera na bacia de Campos, Rio de Janeiro. *Seminário sobre Meio Ambiente Marinho*, v. 4, n. 2003, p. 19-21, 2003.
- JABLONSKI, S. *Notas sobre a produção pesqueira marinha nas regiões sul e sudeste*. FIPERJ, 1996. Disponível em: https://www.icmbio.gov.br/cepsul/images/stories/biblioteca/download/trabalhos_tecnicos/pub_1996_nac_nota_prod_se_s.pdf. Acesso em: 08 jul. 2020.
- JABLONSKI, S. The interaction of the oil and gas offshore industry with fisheries in Brazil: the "Stena Tay" experience. *Brazilian Journal of Oceanography*, v. 56, n. 4, p. 289-296, 2008.
- LIMA, J. H. M.; LIN, C. F.; MENEZES, A. A. S. As pescarias brasileiras de bonito-listrado com vara e isca-viva, no Sudeste e Sul do Brasil, no período de 1980 a 1998. *Boletim Técnico Científico do CEPENE*, v. 8, n. 1, p. 7-99, 2000.
- MACEDO, M. L. C.; VIANNA, M. Infraestrutura costeira ligada à atividade pesqueira fluminense. In: VIANNA, M. (Org.) *Diagnóstico da cadeia produtiva da pesca marítima no estado do Rio de Janeiro*. Rio de Janeiro: FAERJ: SEBRAE-RJ, p. 123-140, 2009.

MARTINS, A. S.; SANTOS L. B.; SILVA, M. P. C.; DOXSEY, J. R.; SOUSA, C. R.; MEIRELES, A. F.; RODRIGUES, C. M.; PIZZETTA, G. T.; ARAUJO, J. S.; ZAMBON, M. C.; RABELO, L. B. A rápida expansão recente da pesca de Itaipava, suas causas e consequências: um estudo de caso. In: HAIMOVICI, M.; ANDRIGUETTO FILHO, J. M.; SUNYE, P. S. (Org.). *A pesca marinha e estuarina no Brasil: estudos de caso multidisciplinares*. 1^a ed. Rio Grande: Editora da FURG, p. 135-146, 2014.

MARTINS, A. S.; OLAVO, G.; COSTA, P. A. S. A pesca de linha de alto mar realizada por frotas sediadas no Espírito Santo, Brasil. In: COSTA, P. A. S., MARTINS, A. S., OLAVO, G. (Eds.) *Pesca e potenciais de exploração de recursos vivos na região central da Zona Econômica Exclusiva Brasileira*. Série Livros, n. 13. Rio de Janeiro: Museu Nacional, p. 35-55, 2005.

MARTINS, C. A. A. *A indústria da pesca no Brasil: o uso do território por empresas de enlatamento de pescado*. Tese de doutorado. Centro de Filosofia e Ciências Humanas. Programa de Pós-graduação em Geografia. UFSC. Florianópolis, 2006.

MENEZES, A.; SANTOS, R.; LIN, C.; VIANNA, M.; NEVES, L. Caracterização das capturas comerciais do bonito-listrado, *Katsuwonus pelamis*, desembarcado em 2007 no Rio de Janeiro, Brasil. *Revista CEPSUL-Biodiversidade e Conservação Marinha*, v. 1, n. 1, p. 29-42, 2010.

OCCHIALINI, D. S. *Diagnóstico da pesca de isca-viva empregada pela frota atuneira no Sudeste e Sul do Brasil*. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal de Santa Catarina, Centro de Ciências Agrárias, Programa de Pós-Graduação em Aquicultura, Florianópolis, 2013.

PMAP-RJ. Projeto de Monitoramento da Atividade Pesqueira no Estado do Rio de Janeiro. *RELATÓRIO TÉCNICO SEMESTRAL – RTS-01*, 2018a. Disponível em: <http://www.fiperj.rj.gov.br/index.php/publicacao/index/1>. Acesso em: 08 jul. 2020.

PMAP-RJ. Projeto de Monitoramento da Atividade Pesqueira no Estado do Rio de Janeiro. *RELATÓRIO TÉCNICO SEMESTRAL – RTS-02*, 2018b. Disponível em: <http://www.fiperj.rj.gov.br/index.php/publicacao/index/1>. Acesso em: 08 jul. 2020.

PMAP-RJ. Projeto de Monitoramento da Atividade Pesqueira no Estado do Rio de Janeiro. *RELATÓRIO TÉCNICO SEMESTRAL – RTS-03*, 2019. Disponível em: <http://www.fiperj.rj.gov.br/index.php/publicacao/index/1>. Acesso em: 08 jul. 2020.

RAMOS, H. A. C. *O arranjo organizacional e seu papel na implementação das políticas nacionais relacionadas à gestão pesqueira no Brasil*. Brasília. Trabalho de Conclusão (Especialista em Gestão Pública) – Escola Nacional de Administração Pública, 2016.

RITZMAN, L. P.; KRAJEWSKI, L. J. *Administração da produção e operações*. Prentice Hall, 2003.

SCHWINGEL, P. R. et al. Diagnóstico da pesca do bonito listrado (*Katsuwonus pelamis*) com vara e isca-viva no Estado de Santa Catarina. *Notas Téc. FACIMAR*, 1999.

SIMON, A. V. S. Criação da Reserva Extrativista Marinha de Itaipu: Uma Reflexão Sobre o Processo de Criação. In: VII Seminário Brasileiro sobre Áreas Protegidas e Inclusão Social SAPIS e II Encontro Latino Americano sobre Áreas Protegidas e Inclusão Social- ELAPIS, 2015, Florianópolis. *ANAIIS DO VII SAPIS e II ELAPIS*. Florianópolis: UFSC, p. 23-896, 2015.

SOARES, A. L. S. O mercado e a cadeira produtiva do pescado fluminense. In: VIANNA, M. (org.). *Diagnóstico da cadeia produtiva da pesca marítima no Estado do Rio de Janeiro*. Rio de Janeiro: FAERJ: SEBRAE-RJ, p.61-90, 2009.

SOUSA, C.R. *Pescadores artesanais de tradição oceânica: identidades, práticas cotidianas e capital social, Itaipava - Campos dos Goytacazes*. Dissertação de Mestrado. Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro, Centro de Ciências do Homem, 2009.

VIANNA, M. *Diagnóstico da cadeia produtiva da pesca marítima no Estado do Rio de Janeiro: relatório de Pesquisa*. Rio de Janeiro: FAERJ: SEBRAE-RJ, 2009.

VIÉGAS, R. N. O campo da resolução negociada de conflito: o apelo ao consenso e o risco do esvaziamento do debate político. *Revista Brasileira de Ciência Política*, v. 21, 2016.

Análise da aceitabilidade de bonito-listrado por escolares da rede pública do município de Macaé

13

Laís Buriti de Barros

Introdução

O bonito-listrado (*Katsuwonus pelamis*) é uma espécie cosmopolita pelágica migratória de grande importância comercial, com produção global crescente nas últimas décadas, e matéria-prima das indústrias de conserva.

Atualmente, a produção de pescado contribui de forma significativa para o fornecimento de alimento e emprego em todo o mundo, participando com 15 a 20% de toda a proteína animal consumida pela população humana. Este valor pode ser superior a 50% em alguns países. O peixe é altamente nutritivo e serve como um suplemento valioso em dietas pobres em vitaminas e minerais essenciais (HLPE, 2014).

O ranking publicado pela *Food and Agriculture Organization of the United Nations* (FAO), em 2018, registrou a captura de aproximadamente 3.000.000 de toneladas bonito-listrado, o que lhe garantiu o 3º lugar mundialmente, naquele ano. O relatório *The State of World Fisheries and Aquaculture* (FAO, 2018, p. 12) ressalta a importância dada para a questão da segurança alimentar, principalmente nos países em desenvolvimento, uma vez que as condições nutricionais do peixe pescado no mar são diferentes dos peixes criados em cativeiro.

Promover o aumento do consumo de peixes e a sua adição às dietas das populações de baixa renda são meios importantes para melhorar a Segurança Alimentar e Nutricional (SAN) pelas seguintes razões: (i) a biodisponibilidade de proteínas é aproximadamente 5 a 15% maior do que em fontes vegetais, contendo vários aminoácidos essenciais para a saúde humana, especialmente lisina e metionina; (ii) a composição lipídica dos peixes é única, tanto de cadeia longa, quanto de ácidos poli-insaturados (LC-PUFAs), com efeitos benéficos potenciais para a saúde de adultos e o desenvolvimento infantil. Muitos peixes pelágicos de baixo custo, como as sardinhas, são algumas das fontes mais ricas de LC-PUFAs. Além disso, o peixe é uma importante fonte de micronutrientes essenciais como as vitaminas D, A e B, e minerais.

O referido relatório da FAO destaca ainda que, quando os ecossistemas de produção e/ou estoques são degradados ou sobre-explorados, a capacidade do setor produtivo de garantir a Segurança Alimentar e Nutricional (SAN) é limitada ou reduzida.

O crescimento populacional e da renda em países em desenvolvimento, juntamente com o acelerado processo de urbanização e a diversificação da dieta, são fatores que deverão criar uma demanda adicional por produtos de origem animal, incluindo peixes. Assim, o futuro do setor pesqueiro depende de ações e decisões tomadas em vários níveis de organização social e em diferentes escalas (BRASIL, 2010).

A inclusão do pescado na alimentação escolar foi avaliada em 2011 pelo extinto Ministério da Pesca e Aquicultura, em parceria com o Fundo Nacional de Desenvolvimento da Educação (FNDE), e apresentada pelo Ministério da Educação em Nota Técnica, recomendando a inserção do pescado na alimentação escolar. A pesquisa indicou que 34% dos 1.884 municípios pesquisados afirmaram ter incluído o pescado na alimentação escolar.

As dificuldades apontadas foram a baixa aceitação/falta de hábito pelos alunos e o custo elevado, seguido de risco de espinhas presentes na carne do peixe, dificuldade de acesso e falta de fornecedores/ausência de produtos no mercado. Apesar disto, 31% dos municípios não alegaram encontrar dificuldades na inclusão do pescado na alimentação escolar (BRASIL, 2013b).

No Brasil, o Programa Nacional de Alimentação Escolar (PNAE) tem por objetivo contribuir para o crescimento e o desenvolvimento biopsicossocial, a aprendizagem, o rendimento escolar e a formação de hábitos saudáveis dos alunos, por meio de ações de educação alimentar e nutricional e da oferta de refeições que cubram as suas necessidades nutricionais durante o período em que permanecem na escola (BRASIL, 2013a).

O FNDE, responsável pelo PNAE, ao publicar a Resolução /CD/FNDE nº 15, de 25/08/2000 e, posteriormente, sua revisão pela Medida Provisória nº 2178-36 de 2001, estabeleceu como um dos procedimentos para o controle de qualidade da alimentação servida aos escolares a aplicação de testes de aceitabilidade por parte das entidades executoras (BRASIL, 2013a).

O teste de aceitabilidade é indicado pelo PNAE para a inclusão ou alteração de fornecedor de um determinado alimento ou marca de um produto definido nos cardápios aprovados pelas Coordenadorias Técnicas de Alimentação Escolar de cada município. Considera-se também que o teste de aceitabilidade deve ser feito para cada município, tendo em vista que a aceitabilidade dos alunos pode variar entre as regiões do país. Portanto, a fim de avaliar a aceitabilidade do atum *Katsuwonus pelamis*, este estudo, no âmbito do Projeto Bonito-listrado, teve como objetivo realizar o teste com escolares da rede pública localizada no município de Macaé, Rio de Janeiro, conforme metodologia proposta pelo PNAE junto aos alunos, crianças e adolescentes, visando incentivar e promover seu consumo na merenda escolar.

Metodologia

Elaboração da receita

A receita definida para o teste de aceitabilidade do atum foi uma salada de atum (lombo de atum em *pauch*, macarrão *fusilli* e temperos naturais). Esta preparação foi escolhida por possibilitar o pré-preparo com um menor número de etapas e transporte sob temperatura controlada (frio), contribuindo para a segurança do alimento. Os ingredientes foram pesados separadamente (Tab. 1)

Tabela 1. Lista de ingredientes da preparação avaliada no teste de aceitabilidade.

Ingredientes	Quantidades
Atum em pedaços ⁽¹⁾	40 g
Macarrão tipo <i>fusilli</i> cozido	40 g
Tomate cereja	10 g
Azeite extra virgem	10 ml
Sal	2 g
Salsa	0,5 g

⁽¹⁾ Atum em pedaços em conserva de óleo comestível com caldo vegetal produzido pela Cellier Alimentos – Selo de Inspeção Federal Nº 3699 (Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento).

O preparo da salada de atum foi realizado no Laboratório de Tecnologia de Alimentos do Polo Ajuda do *Campus* Macaé da Universidade Federal do Rio de Janeiro pela equipe responsável (Fig. 1). O pré-preparo para os dias dos testes foi realizado na véspera de cada data, e acondicionado sob refrigeração por 12h até o momento do teste.



Figura 1. Finalização da salada de atum. Foto: Laís Buriti de Barros.

Os ingredientes servidos na forma crua foram lavados em água corrente e higienizados em solução de hipoclorito por 20 minutos. O macarrão foi cozido no tempo recomendado pelo fabricante com 0,5% de sal e resfriado em seguida com água filtrada gelada para interromper o cozimento e reduzir a temperatura da massa. Em seguida, foi adicionado o atum em pedaços, o tomate cereja, a salsa picada, sal e, por fim, o azeite.

Quando finalizada, a salada de atum foi acondicionada e teve sua temperatura mensurada e registrada em formulário próprio para controle. Seu transporte foi feito em caixas térmicas, e a temperatura mantida com o auxílio de gelo reciclável até o local dos eventos.

Teste de Aceitabilidade

O teste de aceitabilidade é um instrumento de verificação da preferência média dos alimentos oferecidos nas merendas escolares. Segundo o *Manual para aplicação dos testes de aceitabilidade*, publicado pelo PNAE (BRASIL, 2017), o objetivo é “medir o índice de aceitabilidade da alimentação oferecida aos escolares” a fim de oferecer “uma alimentação aceita e saudável”, que melhora o desenvolvimento do estudante em sala de aula e promove a formação de bons hábitos alimentares.

Para a aplicação do teste é preciso solicitar ao provador para avaliar o quanto gosta ou desgosta da amostra. O teste consiste em uma escala de “n” pontos pelos quais o provador indica a sua impressão sobre a amostra, onde os extremos das escalas indicam o máximo ou o mínimo de uma impressão ou um atributo, como sabor, por exemplo. O tipo de escala deve estar adequado à faixa etária do público alvo, podendo ser uma escala hedônica facial, indicada para crianças até 6 anos de idade, ou hedônica verbal ou não estruturada, para provedores acima de 7 anos de idade (PALERMO, 2015).

Para este estudo¹, foi elaborada uma ficha com perguntas utilizando escala hedônica verbal de cinco pontos (1 = detestei; 2 = não gostei; 3 = indiferente; 4 = gostei; 5 = adorei).

¹ O projeto foi aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa da Universidade Federal do Rio de Janeiro – *Campus* UFRJ Macaé, registrado sob o Nº 9555119.3.0000.5699.

Também constavam nesta ficha duas perguntas sobre o que o participante mais gostou e o que menos gostou na preparação, de acordo com o *Manual para aplicação dos testes de aceitabilidade no Programa Nacional de Alimentação Escolar* (BRASIL, 2017) (Fig. 2).

Nome: _____ Idade: _____ Série: _____

Marque a resposta que mais represente o que você achou da salada de atum:

() adorei
() gostei
() indiferente
() não gostei
() detestei

Diga o que você mais gostou na preparação: _____

Diga o que você menos gostou na preparação: _____

Figura 2. Modelo de ficha de escala hedônica verbal que pode ser utilizada por escolares a partir do 6º ano.

As categorias descritivas apresentadas na escala hedônica foram transformadas nos valores numéricos correspondentes, sendo atribuídos valores de 1 e 5 para as categorias “detestei” e “adorei”, respectivamente, para a análise dos dados. Para o teste de aceitabilidade, as amostras são consideradas aceitas se no mínimo 85% dos provadores atribuírem nota ≥ 4 no quesito avaliação global, segundo Resolução/CD/FNDE Nº 26 (BRASIL, 2013a).

Durante a degustação, os provadores foram dispostos em cabines individuais em local com temperatura ambiente controlada (25°C). Cabe destacar que estas condições contribuem para que os provadores, no caso, os alunos, não conversem entre si, conforme a figura 3, abaixo.



Figura 3. Cabine com provadores não treinados durante o teste de aceitabilidade. Foto: Laís Buriti de Barros.

Resultados dos Testes de Aceitabilidade

Para este estudo, foram aplicados testes de aceitabilidade em dois grupos distintos de estudantes, com diferentes faixas etárias, em diferentes ocasiões (ambas no ano de 2019): (i) o primeiro ocorreu no “Dia Mundial dos Oceanos”, evento anual realizado no Instituto de Biodiversidade e Sustentabilidade – NUPEM, no *Campus Macaé* da Universidade Federal do Rio de Janeiro; (ii) o segundo, durante o evento “Semana de Extensão e Pesquisa”, realizado no Instituto Federal Fluminense (IFF) *Campus Macaé*.

O procedimento padrão que antecedeu a aplicação dos testes, tanto para o primeiro quanto para o segundo, foi a distribuição do Termo de Compromisso Livre e Esclarecido (TCLE) para todos os participantes e do Termo de Compromisso e Assentimento de Menor (TCAM) para os responsáveis pelos participantes menores de idade autorizarem sua participação nos testes. Os participantes são denominados *provadores não treinados*.

Primeiro Teste - O TCAM e o TCEL foram entregues para 500 responsáveis de alunos das escolas públicas² que foram previamente convidadas para participação no evento “Dia Mundial dos Oceanos”. Dentre as escolas convidadas, foram delimitados estudantes do ensino fundamental, a partir do 6º ano, com idades entre 10 e 16 anos. Dos 500 convidados, apenas 242 alunos foram autorizados. Mas, efetivamente, a salada de atum foi avaliada por 229 *provadores não treinados*. O resultado foi de 86,5% de aceitabilidade (198 provadores aceitaram a preparação); destes, 32% (64 provadores) destacaram o atum como ingrediente mais preferido, e 8% (16 provadores) como o ingrediente menos preferido. Estes dados estão sintetizados na figura 4.

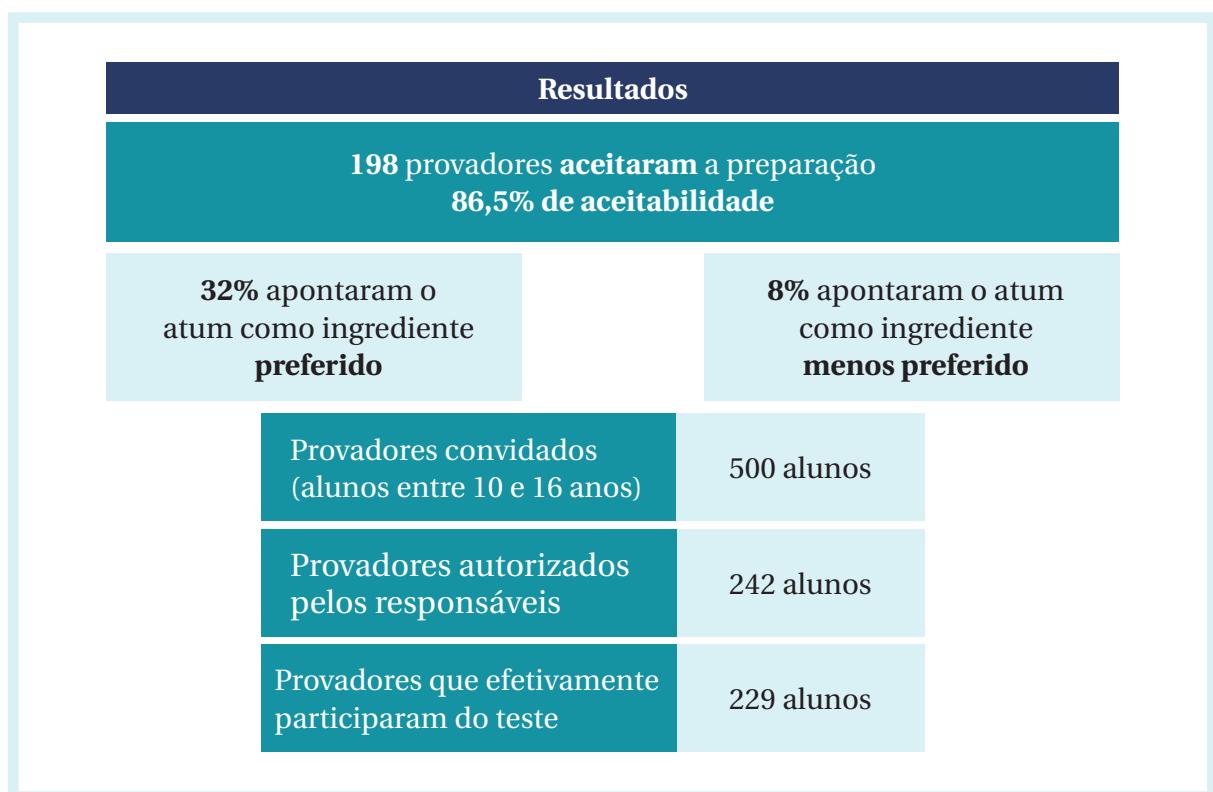


Figura 4. Resultados do primeiro teste de aceitabilidade.

Com objetivo de popularizar os benefícios nutricionais do pescado, a equipe responsável pelo teste, também apresentou receitas com variadas formas de preparo para incentivar o consumo de pescado e organizou a atividade educativa intitulada “Caminho para a alimentação saudável”, baseada nos *10 passos para a alimentação saudável*, segundo o

² Colégio Municipal Amil Tanos, Instituto Federal Fluminense, Colégio Estadual Jornalista Álvaro Bastos, Escola Municipal Joffre Frossard, Colégio Estadual Matias Neto, Escola Municipal Zelita Rocha e Colégio Municipal Doutor Cláudio Moacyr de Azevedo.

Guia Alimentar para a População Brasileira (BRASIL, 2014). A participação de alunos das escolas públicas de Macaé foi bastante positiva, principalmente pela interação participativa e alegre com os graduandos bolsistas e voluntários do Curso de Nutrição da Universidade Federal do Rio de Janeiro – *Campus UFRJ Macaé*. Numa competição saudável e divertida entre os alunos, os grupos respondiam perguntas previamente elaboradas para atingirem o objetivo de completarem um circuito, chegando ao final em primeiro lugar.

Segundo Teste - Com o mesmo procedimento do primeiro teste, inicialmente, foram entregues aos responsáveis dos menores de idade o TCAM e o TCLE e os alunos maiores assinaram apenas o TCLE. Para o segundo teste, foram convidados 300 alunos a partir do 1º ano do ensino médio, na faixa etária entre 14 a 25 anos, todos estudantes do IFF *Campus Macaé*. O objetivo do segundo teste foi de ampliar o número de provadores e, com isso, melhorar os dados do resultado final para a mesma receita. Para o teste de aceitabilidade foi servida a porção de 50g da salada de atum e macarrão, e esta foi avaliada por 168 provadores. Destes provadores, 157 aceitaram a preparação, indicando 93,5% de aceitabilidade, sendo que 36% (56 provadores) indicaram o atum como ingrediente mais preferido, e 6% (10 provadores) como o ingrediente menos preferido. Estes dados estão sintetizados na figura 5.

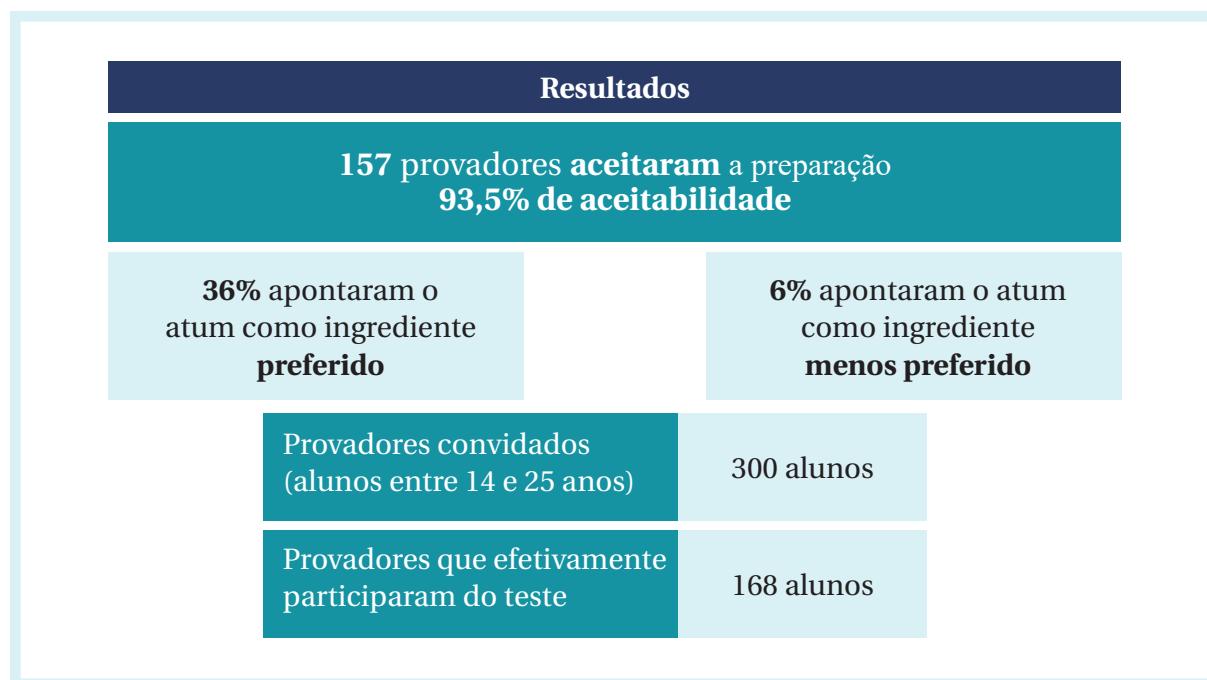


Figura 5. Resultados do segundo teste de aceitabilidade.

O objetivo da aplicação dos dois testes foi melhorar o número de provadores da receita (número amostral) e ter um resultado mais confiável sobre a impressão do provador sobre ela. Apesar de o resultado do primeiro teste ter ultrapassado o percentual mínimo de 85% (ver figuras 4 e 5) exigido pelo PNAE, os pesquisadores decidiram aplicar um segundo teste para confirmar o percentual de aceitabilidade. Somando o número de provadores efetivos do teste 1 (229) com o do teste 2 (168) foram no total 397 alunos que provaram a salada de atum. Deste total, 355 aceitaram a preparação. O resultado foi positivo, porque o percentual final foi de 89,9%, melhorando a aceitabilidade.

Inovação para outros sabores de peixe

É sabido que o peixe oferece nutrientes fundamentais para saúde das crianças e jovens. É sabido também que a cultura alimentar é um processo em construção, de aprendizado constante, sobretudo. Nesse sentido, pesquisas multidisciplinares inovadoras são

fundamentais para experimentar novos alimentos e desenvolver novos sabores. No estado do Rio Grande do Sul foi desenvolvida uma pesquisa inovadora, no período de 2009 a 2014, com objetivo de introduzir a anchoita, *Engraulis anchoita*, uma pequena e abundante espécie pelágica, na alimentação escolar. O estudo teve como objetivo avaliar a possibilidade de inclusão daquele pescado na alimentação escolar, considerando a aceitabilidade e a adesão, e ainda os fatores que interferiam em seu consumo pelos estudantes de escolas públicas no Rio Grande do Sul. A aceitabilidade do produto, na forma de enlatado com molho de tomate, atingiu o índice de 75%, ficando abaixo do índice indicado pelo PNAE, de 85% (MADUREIRA *et al.*, 2009; SILVA *et al.*, 2012; CARBONERA *et al.*, 2014).

Fonseca *et al.* (2017), dando continuidade às análises daquele estudo, indicaram que o peixe não é um alimento habitual na alimentação infantil, especialmente no estado do Rio Grande do Sul, o que dificultou sua aceitação pelos alunos (68,7% gostaram da preparação “massa com molho de anchoita”). Os autores avaliaram que no município de Porto Alegre (RS) a aceitabilidade foi de 81%, embora a adesão tenha sido a mais baixa (45%), sugerindo que a maior aceitabilidade possa ser atribuída à presença de pescado nos cardápios escolares daquele município.

Os autores citados avançaram nos estudos e, em uma segunda etapa do projeto, avaliaram a adesão à diferentes preparações com o peixe anchoita, sendo observado que “massa com molho de anchoita” foi a opção mais escolhida pelas escolas devido, possivelmente, à sua praticidade de preparo, embora tenha sido a que apresentou a menor adesão (68,5%). A preparação que apresentou maior adesão foi a “pizza” (92,1%), sendo a segunda opção mais escolhida pelas escolas para servir aos estudantes. A alta adesão a essa preparação, segundo os autores, pode ser explicada pelo fato de esse ser um alimento tradicionalmente incorporado nas preferências das crianças.

De toda forma, o projeto anchoita mostrou que há um campo a ser explorado para incrementar a alimentação escolar com produtos oriundos da pesca marinha, especialmente aqueles com facilidade de preparo e que tenham alta aceitabilidade pelos escolares.

O lugar do atum na alimentação escolar

Em 2011 foi publicado o relatório com os resultados da pesquisa “Composição nutricional da alimentação escolar no Brasil: uma análise a partir de uma amostra de cardápios” realizada pela CECANE da UFRGS. O objetivo dessa pesquisa foi conhecer a composição nutricional da alimentação oferecida nas escolas. Os pesquisadores analisaram 1.064 cardápios de escolas do Brasil, sendo 54,4% de áreas urbanas, 38% de área rural, 3,2% de comunidades indígenas e 4% de áreas remanescentes de quilombo, tomando a Resolução/CD/FNDE nº 38/2009 como base de comparação. A análise organizou a composição nutricional por *frequência de oferta de alimentos* nos cardápios analisados. Os alimentos citados nos cardápios foram separadas em grupos, por exemplo, o peixe ficou na tabela 3 no grupo das carnes e ovos (BRASIL, 2011, p. 5-6), divididos em duas categorias: (i) peixes e frutos do mar; (ii) peixes enlatados (atum e sardinha). A frequência nos cardápios em todo o Brasil de peixes enlatados, entre os quais, atum e sardinha, apresentou o percentual de 92,5% para “Nenhuma vez” (ver tabela 2).

Tabela 2. Frequência do peixe enlatado (atum e sardinha) no cardápio escolar.

Alimento	Frequência (%)	Brasil	Centro Oeste	Norte	Nordeste	Sudeste	Sul
Peixe enlatado (atum e sardinha)	Nenhuma vez	92,50	98,90	95,30	84,00	96,90	96,90
	1 ou 2 vezes	7,50	1,10	4,70	16,00	3,10	3,10
	3 ou 4 vezes	0	0	0	0	0	0
	5 vezes ou +	0	0	0	0	0	0

Adaptado de BRASIL, 2011.

Os resultados da pesquisa sobre a frequência dos alimentos nos cardápios escolares de todo o Brasil indica que a frequência do atum é praticamente nula, com índice 92,5% de “Nenhuma vez” e 7,5% para 1 ou 2 vezes. No entanto, os resultados das duas análises sensoriais apresentadas neste capítulo, com a participação de 397 provadores das escolas da rede pública de Macaé, no âmbito do Projeto Bonito-listrado, apresentaram uma **média de 89,42% de aceitabilidade** do atum bonito-listrado.

Portanto, na esfera do Projeto Bonito-listrado, os testes de aceitabilidade apresentaram resultados acima do percentual de 85% preconizado pelo PNAE. Esse resultado disponibiliza dados para que novas preparações e/ou produtos possam ser inseridos no cardápio de escolas públicas, indicando positivamente a sua aplicabilidade para o setor de produção e distribuição de refeições de caráter institucional.

Considerações Finais

A composição da receita avaliada sensorialmente no âmbito do Projeto Bonito-listrado oferece um aporte satisfatório de proteína e carboidratos, e pode ser oferecida no cardápio escolar como prato principal. Deve-se considerar também a praticidade do ponto de vista do pré-preparo e preparo da receita. O atum bonito-listrado analisado é comercializado em embalagens que dispensam o acondicionamento sob refrigeração e, além disso, o produto é pronto para consumo. Desta forma, o pré-preparo compreende apenas a cocção do macarrão, higienização e corte dos temperos, e porcionamento dos ingredientes, podendo ser servido quente ou frio.

Considerando um Rendimento Máximo Sustentável de 27.000 t/ano para o bonito listrado na oceano Atlântico Sudoeste (vide Capítulo 10) este pescado pode ser considerado para inclusão na alimentação escolar para estimular o consumo de peixe no Brasil, especialmente em função de sua aceitabilidade e do seu valor nutricional. Além deste aspecto, as facilidades de armazenamento e preparação servem como alternativas para o seu consumo por escolares em regiões distantes de mares e rios.

Agradecimentos

Aos bolsistas do Laboratório de Nutrição, Giovana Fonseca Machado e William Meirellis Lopes pela dedicação ao projeto. À Comissão Organizadora do evento “Dia Mundial dos Oceanos”, realizado pelo Instituto de Biodiversidade e Sustentabilidade – NUPEM UFRJ, *Campus Macaé*. À Comissão Organizadora da “Semana de Extensão e Pesquisa”, realizada no Instituto Federal Fluminense, *Campus Macaé*.

Referências Bibliográficas

- BRASIL. Presidência da República. Secretaria de Assuntos Estratégicos. *Brasil 2022: Trabalhos Preparatórios*. Brasília: SAE, 2010. Disponível em: <http://www.biblioteca.presidencia.gov.br/presidencia/dilma-vana-rousseff/publicacoes/orgao-essenciais/secretaria-de-assuntos-estrategicos/brasil-2022-trabalhos-preparatorios/view>. Acesso em: 20 jun. 2020.
- BRASIL. Ministério da Educação. Fundo Nacional de Desenvolvimento da Educação. *Composição Nutricional da Alimentação Escolar no Brasil: Uma análise a partir de uma amostra de cardápios*. Brasília/DF, 2011. Disponível em: <http://www.fnde.gov.br/index.php/centrais-de-conteudos/publicacoes/category/116-alimentacao-escolar>. Acesso em: 20 jun. 2020.
- BRASIL. *Resolução CD/FNDE nº 26, de 17 de junho de 2013*. Dispõe sobre o atendimento da alimentação escolar aos alunos da educação básica no âmbito do Programa Nacional de Alimentação Escolar – PNAE. Diário Oficial da União, Brasília, 2013a. Disponível em: http://www.in.gov.br/materia/-/asset_publisher/Kujrw0TzC2Mb/content/id/30683767/do1-2013-06-18-resolucao-n-26-de-17-de-junho-de-2013-30683763. Acesso em: 20 jun. 2020.
- BRASIL. Ministério da Educação. *Nota Técnica nº 004/2013 - CGPAE/DIRAE/FNDE, de 11 de julho de 2013*. Inclusão de pescado na alimentação escolar. 2013b. Disponível em: <http://www.fnde.gov.br/component/k2/item/5194-notas-t%C3%A9cnicas-pareceres-relat%C3%B3rios>. Acesso em: 20 jun. 2020.
- BRASIL. Ministério da Saúde. Secretaria de Atenção à Saúde. Departamento de Atenção Básica. *Guia alimentar para a população brasileira*. 2ª ed. Brasília: Ministério da Saúde, 2014. Disponível em: 189.28.128.100/dab/docs/potaldab/publicacoes/guia_alimentar_populacao_brasileira.pdf. Acesso em: 20 jun. 2020.
- BRASIL. Ministério da Educação. *Manual para aplicação dos testes de aceitabilidade no Programa Nacional de Alimentação Escolar (PNAE)*. SCARPARO, A. L. S.; BRATKOWSKI, G. R. (orgs.). 2ª ed. Brasília/DF, 43 p., 2017. Disponível em: <http://www.fnde.gov.br/index.php/centrais-de-conteudos/publicacoes/category/110-alimentacao-escolar>. Acesso em: 20 jun. 2020.
- CARBONERA, N.; MITTERER-DALTOÉ, M. L.; LOHFELDT, M. I.; PASTOUS-MADUREIRA, L. S.; ESPÍRITO SANTO, M. L. P.; QUEIROZ, M. I. Acceptance of fermented anchovy (*Engraulis anchoita*). *Acta Alimentaria*, [S.l.], v. 43, n. 2, p. 239-245, 2014. Disponível em: <https://doi.org/10.1556/aalim.43.2014.2.7>. Acesso em: 20 jun. 2020.
- COLEMBERGUE, J. P.; CARBONERA, N.; ESPÍRITO SANTO, M. L. P. Avaliação química, física e sensorial de conserva de anchoita (*Engraulis anchoita*) em molho com tomate. *Rev. Inst. Adolfo Lutz*, [S.l.], v. 70, n. 4, p. 522-527, 2011.
- FAO. *The State of World Fisheries and Aquaculture: Meeting the sustainable development goals*. Rome. 2018. Disponível em: <http://www.fao.org/3/i9540en/i9540en.pdf>. Acesso em: 10 jun. 2020.
- FIPERJ. *Relatório Final 2014*. Fundação Instituto de Pesca do Estado do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro, 141 p., 2014. Disponível em: http://www.fiperj.rj.gov.br/fiperj_imagens/arquivos/revistarelatorios2014.pdf. Acesso em: 20 jun. 2020.
- FONSECA, S. G.; SCARPARO, A. L. S.; CAPALONGA, R.; DE OLIVEIRA, L. D.; MADUREIRA, L. S. P.; DA SILVA, V. L. O consumo de peixe anchoita na alimentação escolar: aceitabilidade e adesão. *Ciência & Saúde*, Porto Alegre, v. 10, n. 4, p. 245-250, out. /dez. 2017. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.15448/1983-652X.2017.4.25523>. Acesso em: 30 jun. 2020.

HLPE. *Sustainable fisheries and aquaculture for food security and nutrition*. A report by the High Level Panel of Experts on Food Security and Nutrition of the Committee on World Food Security, Rome. 2014. Disponível em: <http://www.fao.org/3/a-i3844e.pdf>. Acesso em: 20 jun. 2020.

MADUREIRA, L. A. S. P.; CASTELLO, J. P.; HERNÁNDEZ, C. P.; QUEIROZ, M. I.; ESPÍRITO SANTO, M. L. P.; RUIZ, W. A.; ABDALLAH, P. R.; HANSEN, J.; BERTOLOTTI, M.I.; MANCA, E.; YEANNES, M.I.; AVDALOV, N.; AMORÍN, S.F. Current and potential alternative food uses of the Argentine anchoita (*Engraulis anchoita*) in Argentina, Uruguay and Brazil. In: HASAN, M. R.; HALWART, M. (eds). *Fish as feed inputs for aquaculture: practices, sustainability and implications*. FAO Fisheries and Aquaculture Technical Paper. No. 518. Rome, FAO. p. 269-287, 2009. Disponível em: <http://www.fao.org/3/i1140e/i1140e06.pdf>. Acesso em: 20 jun. 2020.

MATIHARA, C. H.; TREVISANI, T. S.; GARUTTI, S. Valor nutricional da merenda escolar e sua aceitabilidade. *Revista Saúde e Pesquisa*, Maringá, v. 3, n. 1, p. 71-77, jan./abr. 2010.

PALERMO, J. R. *Análise Sensorial: Fundamentos e métodos*. Rio de Janeiro: Editora Atheneu, 2015.

RAPHAELLI, C. O.; PASSO, L. D. F.; COUTO, S. F.; HELBIG, E.; MADRUGA, S. W. Adesão e aceitabilidade de cardápios da alimentação escolar do ensino fundamental de escolas da zona rural. *Brazilian Journal of Food Technology*, Campinas, v. 20, e2016112, p. 1-9, 2017. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1590/1981-6723.11216>. Acesso em: 19 jun. 2020.

SILVA, V. L.; OLIVEIRA, L.; MADUREIRA, L. A. S. P.; OLIVEIRA, A. B. A.; CAPALONGA, R.; SCARPARO, A. L. La anchoita del extremo sur del Brasil: Una alternativa sustentable para la alimentación escolar. *Revista Española de Nutrición Comunitaria*, [S.l.], v. 18, p. 36-75, 2012.

Paulo Antônio Zawislak,
Ariane Mello Silva Avila,
Guilherme Freitas Camboim

Introdução

Desde os primórdios, a pesca sempre foi uma atividade econômica importante para tribos e civilizações, tanto por ser uma relevante fonte de alimento e nutrição, quanto por ser a base de subsistência e renda de milhões de pessoas ao redor do mundo (SAHRHAGE & LUNDBECK, 2012; FAO, 2016). A pesca (diferentemente da aquicultura) é, mesmo em seu padrão mais avançado, uma atividade extractiva. Podendo ser marinha (87%) ou continental (13%), o recurso pesqueiro é definido como um recurso de propriedade comum para a sociedade, o qual se encontra disponível e livre na natureza e pode ser extraído para benefício comum (GORDON, 1954).

Via de regra, a pesca marinha se divide em duas formas de extração: a costeira e a oceânica. Enquanto a costeira está essencialmente voltada para a atividade de subsistência e de lazer, focada em pescarias de pequena ou média escala de camarões e peixes costeiros, a oceânica é focada, principalmente, em peixes pelágicos, o que a consolida como uma atividade econômica mais elaborada, com espécies maiores e maior valor de mercado (PINCIATTO, 2010).

No entanto, a pesca é suscetível a diversos fatores, tais como a dependência da natureza e a sazonalidade para acessar os cardumes; as técnicas de pesca e armazenagem, face à perecibilidade do produto; o tipo de produto, seu preço de venda e o mercado-alvo; e toda a lógica de recursos e sustentabilidade. Além da exaustão dos recursos pesqueiros costeiros, a principal alternativa para o desenvolvimento da atividade de pesca no Brasil está justamente na pesca oceânica, voltada para a captura, entre outros peixes, do atum (HAZIN & TRAVASSOS, 2007).

O atum bonito-listrado é uma espécie pelágica, cosmopolita de águas tropicais e subtropicais (COLLETTE & NAUEN, 1983). É caracterizada por ser tipicamente oceânica e altamente migratória, formando grandes cardumes na superfície do mar (LIMA *et al.*, 2000). Além disso, o bonito-listrado é uma *commodity* global altamente valorizada e amplamente comercializada com estoques distribuídos no mundo inteiro, em especial para a venda enlatada (FAO, 2014).

No Brasil, 90% das capturas de atum é da espécie *Katsuwonus pelamis*, o bonito-listrado. Considerando a vasta costa brasileira e a confluência das águas, sabe-se que o bonito-listrado se concentra no litoral da região sudeste-sul, configurando grande importância comercial como recurso pesqueiro. No entanto, no Brasil, o consumo de pescado em geral não passa de 10 kg per capita/ano, uma vez que encontra uma série de barreiras e desafios para se tornar uma alternativa a outras fontes de proteína animal, principalmente de aves e suínos (DURAN *et al.*, 2017; AVILA *et al.*, 2019).

Neste contexto, questiona-se: por que se consome outras proteínas em detrimento da proteína do peixe? Por que a oferta de pescado é deficiente? Por que a variedade de produtos é baixa? Apesar da referida expectativa de crescimento global, o baixo consumo brasileiro é causa e consequência de problemas de competitividade para a indústria (baixa variedade de produtos, qualidade deficiente, etc.).

Ao mesmo tempo em que o mercado não faz exigências quanto a qualidade dos produtos, a indústria não busca incrementar o padrão tecnológico para estimular uma nova demanda. Além da baixa intensidade tecnológica, as atividades logísticas apresentam sérios entraves que vão desde embarcações defasadas, falhas de armazenagem e até transporte precário. O resultante baixo volume de consumo desse tipo proteína, aliado a uma deficiência de política pública e de regulação, desarticula os *stakeholders* (pescadores, armadores, indústria, entre outros). Nesse cenário, sem maior incentivo, aqueles que poderiam exercer governança e estimular o desenvolvimento da cadeia do bonito-listrado, não chegam a fazer.

Dadas as características deficientes do mercado, bem como em função dos diferentes níveis de intensidade tecnológica, a lógica de organização e funcionamento da cadeia produtiva do bonito-listrado pode ser interpretada a partir de “dois cenários”. Em um primeiro cenário descreve-se o retrato atual, com tecnologia defasada, estrutura de governança ausente e mercado de baixo valor agregado. No entanto, o segundo cenário mostra que, ao ofertar conhecimento e gerar desenvolvimento tecnológico, associado a uma governança concisa e estabelecida na e pela própria cadeia do bonito-listrado por empresas líderes, é possível criar mercados específicos e agregar valor ao produto gerando riqueza.

Esse comportamento da cadeia do bonito-listrado cria a necessidade de conhecer, entender e discutir diferentes mecanismos para que seja possível transformar uma fonte natural de recursos (marinhos) em riqueza e prosperidade socioeconômicas (produtos da pesca). Para tanto, é necessário analisar a dinâmica da atividade marinho-pesqueira, bem como a estrutura da cadeia do bonito-listrado, ressaltando suas dimensões mercadológica, tecnológica e institucional.

É a partir desse contexto que o presente capítulo visa propor alternativas de desenvolvimento e analisar as perspectivas para a atividade marinho-pesqueira do bonito-listrado. Assim, para atingir o objetivo proposto utilizou-se uma pesquisa com abordagem qualitativa, do tipo descritiva. A coleta de dados baseou-se em pesquisa documental (relatórios técnicos) e bibliográfica (artigos científicos), visitas técnicas, entrevistas em profundidade e na realização de um grupo focal, o qual permitiu discussões entre diferentes atores da cadeia marinho-pesqueira do bonito-listrado.

Dessa maneira, na seção seguinte é apresentada a dinâmica da atividade marinho-pesqueira do bonito-listrado, a partir da relação entre o mercado, a tecnologia e a estrutura de governança do setor. A relação entre essas três variáveis permite a definição da estrutura da cadeia do bonito-listrado. Em seguida, é proposto um plano de desenvolvimento para a cadeia do bonito-listrado no Brasil.

1) A Dinâmica da Atividade Marinho-Pesqueira do Bonito-Listrado

A tradição e cultura nacional não tratam a pesca como uma atividade econômica capaz de gerar riqueza e prosperidade. Por ser uma atividade extrativa, dependente de questões naturais (mudanças climáticas), antrópicas (degradação ambiental) e normativas, os reveses são quase que inerentes. No entanto, é preciso compreender que esses impactos são resultantes de típicas oscilações de uma atividade que é dependente de estoques naturais e, em torno dessa realidade, é preciso estruturar e estabelecer uma dinâmica de mercado (produtos e consumo), tecnológica (cadeia) e institucional (governança setorial).

Para compreender a dinâmica da atividade marinho-pesqueira do bonito-listrado, as seções abaixo relatam os resultados do amplo diagnóstico realizado. Para tanto, foram utilizadas as seguintes técnicas de coleta de dados: pesquisa bibliográfica, documental, visita técnica e entrevistas em profundidade. A pesquisa bibliográfica e a documental basearam-se em dados secundários obtidos por meio de artigos científicos ou relatórios técnicos de amplo acesso. A visita técnica ocorreu nas diferentes empresas que atuam no setor, de modo a analisar suas atividades e compreender os processos de transformação. Além disso, foram realizadas entrevistas em profundidade e *workshop* com diferentes *experts* do setor.

1.1) A Lógica da Atividade Marinho-Pesqueira do Bonito-Listrado

Entre as diferentes espécies de atum, o bonito-listrado se destaca como a terceira espécie de atum mais produzida no mundo – em média, são 3 milhões de toneladas por ano, que representam cerca de 40% do total das capturas mundiais de atum capturados pelas diversas artes de pesca (FAO, 2018). A pesca de atum no oceano Atlântico é menos expressiva que nos demais oceanos, mas ainda assim o bonito-listrado ocupa um lugar de destaque ao considerar que cerca de 20% de toda a captura anual, aproximadamente 25 mil toneladas, provém das pescarias realizadas nas costas sudeste e sul do Brasil (ICCAT, 2019).

No Brasil, 90% das capturas de atum são de bonito-listrado, representando mais de 95% da matéria prima utilizada nas latas de atum (GONÇALVES, 2011; MOHAN *et al.*, 2015). O volume de captura do bonito-listrado é influenciado, principalmente, por variações climáticas como El Niño e La Niña, onde o aumento das anomalias positivas leva à dificuldade de obtenção de isca (neste caso, a captura de sardinha-verdadeira), acesso aos estoques e consequente queda na captura (vide Capítulo 2 e SCHMIDT *et al.*, 2019).

Como consequência dessas variações climáticas, em um período inferior a 10 anos, a produção caiu de 30 mil toneladas, em 2011 para 20 mil toneladas em 2017, o que representa queda de um terço (Fig. 1). A redução do volume de bonito-listrado capturado no Brasil fez com que houvesse a necessidade de importação de atum, o que ocasionou um aumento no preço do produto e a diminuição do consumo.

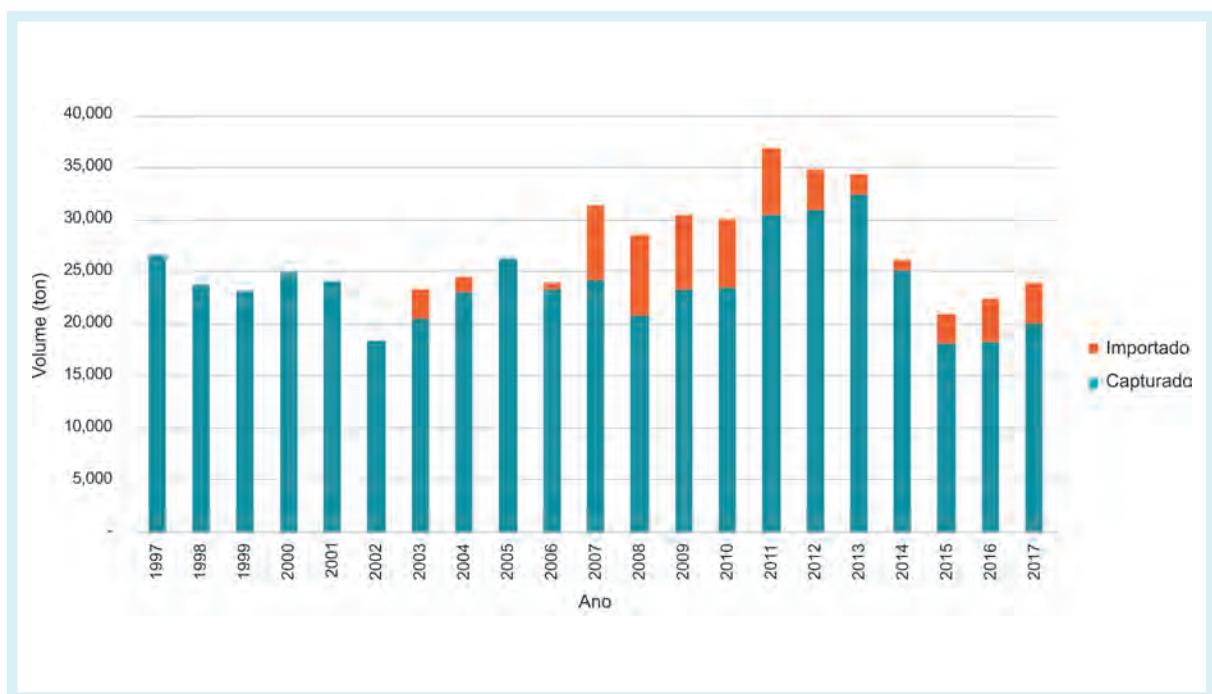


Figura 1. Atum bonito-listrado disponível para produção no Brasil (Adaptado de SCHMIDT *et al.*, 2019).

O aumento da importação, de certa forma, decorrente da inerente falta de previsibilidade da atividade marinho-pesqueira, gerou um efeito em cascata. Esse comportamento de mercado acabou refletindo em toda a cadeia, tendo em vista que comprometeu a renda do pescador e de sua família, o *supply security* das atividades da indústria como um todo e, inclusive, afetou a qualidade do produto que chega ao mercado.

Entende-se, assim, que a dinâmica da atividade marinho-pesqueira do bonito-listrado ocorre a partir de três dimensões: mercadológica, tecnológica e institucional. A relação entre essas três dimensões é que determina os diferentes arranjos da cadeia do bonito-listrado.

1.2) O Mercado de Bonito-Listrado no Brasil

A produção mundial de pescado tem crescido 3,2% a.a., superando o incremento populacional de 1,6% do mesmo período (FAO, 2014). No período entre 1980 e 2016, o consumo mundial per capita de peixes passou de 12 kg/ano para quase 20 kg/ano (FAO, 2016), o que equivale a um consumo de 400g por semana (cerca de 3 a 4 filés).

O uso de novas técnicas de produção aumentou a disponibilidade de peixes. A somar, a busca dos consumidores por alimentos mais saudáveis que, em consonância com descobertas científicas, influencia sobremaneira no crescimento da demanda por peixes e pelos diversos benefícios que essa proteína traz à saúde (TRONDSEN *et al.*, 2004; VERBEKE & VACKIER, 2005).

O peixe assume um papel de importância na dieta humana, fornecendo cerca de 20% da ingestão média de proteína animal a 3 bilhões de pessoas e é rico em ácidos graxos poli-insaturados da família ômega-3 (FAO, 2014). Em alguns países desenvolvidos o consumo por habitante chega a até 1 kg por semana. Portugal, Japão, Noruega e Espanha, por exemplo, consomem aproximadamente 50-60 kg/ano. Em média, países industrializados consomem 500g por semana (30 kg/ano).

Entretanto, apesar da maior facilidade de acesso e da maior preocupação com hábitos saudáveis, o consumo de peixe em alguns países em desenvolvimento, como Brasil, ainda está abaixo do nível recomendado pela Organização Mundial da Saúde (OMS), a qual sugere que as pessoas adotem em sua dieta alimentar porções semanais de, no mínimo, 250 gramas de peixe (em torno de 12 kg/ano).

Embora o Brasil possua uma vasta extensão costeira, 12% de toda a reserva de água doce do mundo, 2 milhões de hectares de terras alagadas, reservatórios e estuários, a média nacional de consumo de peixe é de 9,75 kg por habitante ao ano (DURAN *et al.*, 2017), abaixo do recomendado pela OMS. Mais do que isso, o consumo de pescado é apenas 5% do total de consumo de proteína dos brasileiros (Fig. 2).

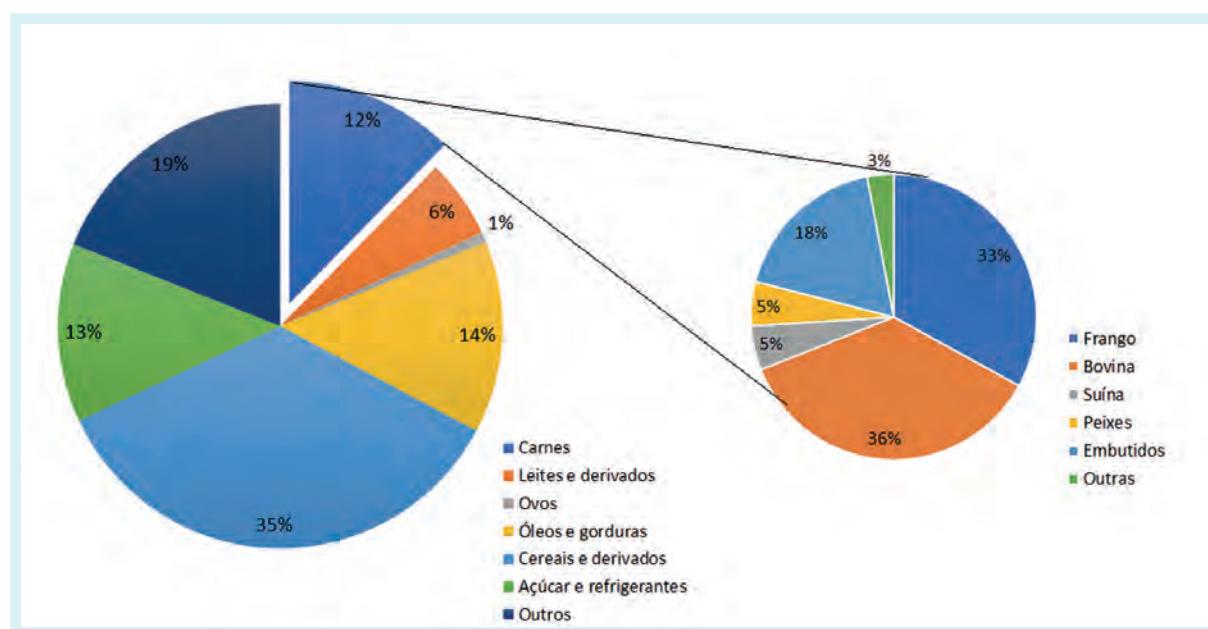


Figura 2. Consumo de proteína no Brasil (Adaptado de LEVY *et al.*, 2012).

O baixo consumo pode estar ligado à falta de disponibilidade, à variação da qualidade, às precariedades no acondicionamento e à pouca variabilidade de produtos que atendam às necessidades dos consumidores (VERBEKE & VACKIER, 2005). Além disso, a falta de habilidade no preparo, o preço elevado, o odor e o sabor forte, a falta de hábito em consumir peixe, a baixa conveniência, os riscos de contaminação e as doenças associadas ao consumo,

são algumas das principais barreiras que afetam o comportamento do consumidor, e, consequentemente, o baixo consumo. Outros fatores como a existência de produtos substitutos próximos, cultura e local de origem, também influenciam a preferência e consumo do tipo de proteína (CARLUCCI *et al.*, 2015).

No intuito de ampliar o conhecimento acerca do comportamento de consumo de atum no Brasil, foi realizada uma pesquisa pelo NITEC/UFRGS, entre janeiro e fevereiro de 2018, com 405 respondentes em nível nacional. Com a análise do perfil da amostra, verificou-se uma predominância de respondentes do sexo feminino (62%) e que estão na faixa de idade entre 20 e 39 anos (62,5%). Além disso, a grande maioria da amostra possuiu, no mínimo, ensino médio completo (96,8%) e uma renda familiar acima de 3 salários mínimos (76,3%). Ressalta-se que 61,5% dos respondentes moram com a família (com ou sem filhos) e aproximadamente 58% vive com 3 ou mais pessoas na mesma residência.

Quanto aos fatores relevantes no momento de compra de peixe (Fig. 3), as principais características destacadas pelos respondentes são: “sabor” e “textura e consistência”. No caso do atum, entende-se que a forma de apresentação – em lata – resolve adequadamente esses fatores por ser considerado um alimento seguro quanto a sua composição e concentração elementar (NIEKRSZEWICZ, 2010).

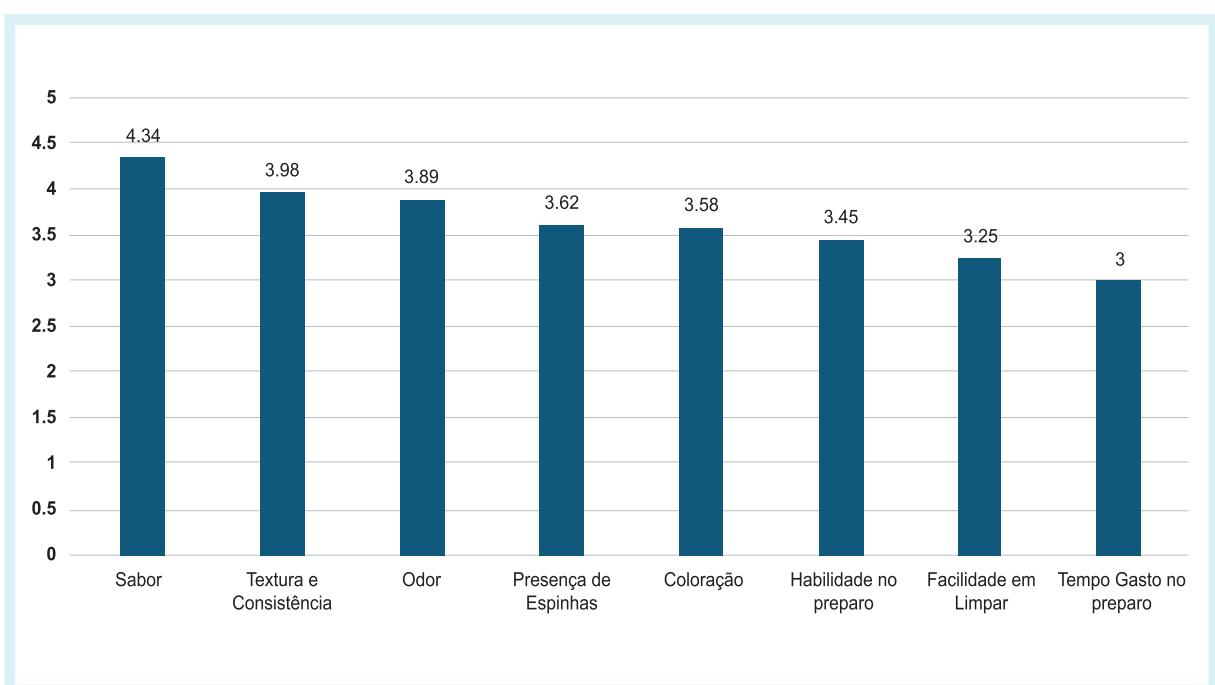


Figura 3. Características importantes no momento de decisão de compra do peixe. Fonte: NITEC, 2018.

Entretanto, características como “habilidade no preparo”, “facilidade em limpar” e “tempo gasto no preparo” mostram como o consumo de peixes não é uma atividade rotineira e natural para os consumidores, o que reforça a ideia de que os brasileiros raramente consomem peixes. Destaca-se que para o atum essas três características são supridas pela praticidade e funcionalidade da lata e do sachê. Entre os respondentes destaca-se a compra de atum em lata (85,8% dos respondentes), o que sinaliza a conveniência como um fator importante.

O comportamento do consumidor em relação ao consumo do atum é, então, regido por dois diferentes padrões: conveniência e saudabilidade. No quesito conveniência, a técnica de conserva do atum em lata permite, ao mesmo tempo, aumentar o prazo de armazenamento e vida-útil do produto, ter um produto pronto para o consumo sem a necessidade de preparo, além de facilitar o transporte, a distribuição e a disponibilidade do produto para compra. Quanto à saudabilidade, o reconhecimento da qualidade nutricional da proteína

do atum são objeto de vasta comunicação por parte dos profissionais da saúde. Seus benefícios fazem com que esse tipo de proteína tenha alta aceitabilidade por consumidores que se preocupam com o trinômio “saúde, alimentação e bem estar”.

Alguns mercados, como o europeu, utilizam os nichos de mercado identificados (conveniência e saudabilidade) para incrementar seu produto e oferecê-lo ao mercado com um alto valor agregado. Fatores como a apresentação em vidros transparentes, reconhecimento de selos de origem em sustentabilidade, e embalagens comemorativas garantem ao produto uma percepção de valor diferente por parte do consumidor.

Neste contexto, para poder compreender as decisões comportamentais por trás do mercado de atum enlatado no Brasil, os motivos para o baixo consumo, os fatores para o limitado desenvolvimento da cadeia e seus produtos, ou, ainda, as restrições regulatórias presentes em qualquer setor de atividade econômica, é preciso analisar a configuração da cadeia produtiva do bonito-listrado (seção 1.3) e os diferentes padrões de governança institucional do setor (seção 1.4).

1.3) A Cadeia Produtiva do Bonito-Listrado

O padrão tecnológico presente na estrutura da cadeia do bonito-listrado é representado a partir da análise das diferentes etapas que compõem essa cadeia: captura, processamento e comercialização.

Captura do Bonito-Listrado

A captura do bonito-listrado possui quatro diferentes etapas: embarcação, iscagem (captura da isca-viva), captura do atum e armazenamento.

Por ser uma espécie pelágica, o bonito-listrado possui rotas migratórias definidas pela temperatura da água e disponibilidade de alimento, o que faz com que a captura ocorra ao longo da costa dos estados do sul e sudeste do Brasil (RS, SC e RJ) em diferentes estações do ano (vide Capítulos 2 e 9 deste livro). O Brasil possui, aproximadamente, 38 embarcações em operação (Fig. 4), as quais se concentram nos estados do Rio Grande do Sul, Santa Catarina e Rio de Janeiro. Além disso, 2 em manutenção e 7 embarcações desativadas ou naufragadas.

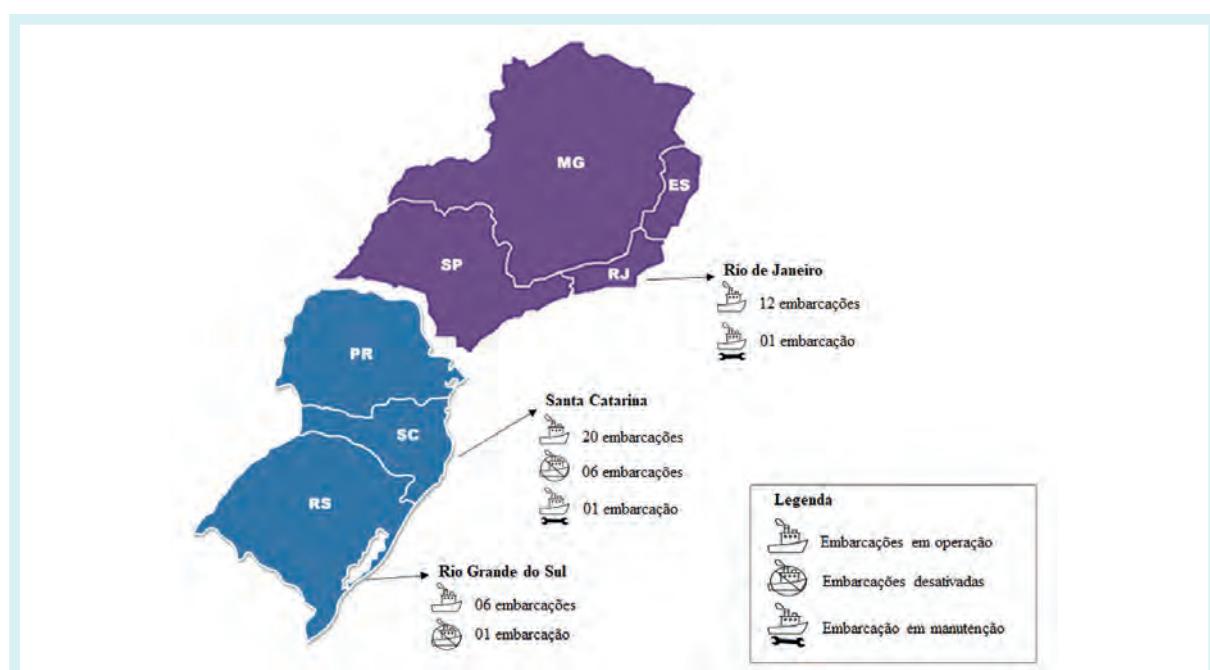


Figura 4. Número de embarcações atuneiras no Brasil (Dados agregados com base nas listas de empresas habilitadas à subvenção econômica nas aquisições de óleo diesel para embarcações pesqueiras (BRASIL, 2012) e seu estado de funcionamento considerando os números das embarcações na Capitania dos Portos e no Registro Geral da Atividade Pesqueira (SINPESQ, 2017)).

As embarcações possuem diferentes tamanhos, capacidade de armazenamento e autonomia em alto-mar. Em sua maioria, pertencem a armadores que vendem sua produção para as indústrias de enlatamento. A exceção é a indústria Leal Santos, que possui embarcações próprias.

Com relação ao processo de captura, existem diferentes técnicas de extração. Para a pesca do atum, destacam-se as técnicas de pesca por rede de cerco e a vara e isca-viva. O método de pesca de atum mais utilizado mundialmente é a rede de cerco (PARKER *et al.*, 2015). Já a pesca de atum com vara e isca-viva, que corresponde a, aproximadamente, 5% do volume total de atum capturado no mundo, ocorre, principalmente, em países em desenvolvimento (GILLET, 2016). No Brasil, a predominância é pelo método de vara e isca-viva, o que o coloca em posição de destaque nessa que é a forma mais sustentável de captura (ANDRADE, 2008).

Esta modalidade de pesca possui dois momentos distintos: a pesca da isca e a pesca do atum. A isca tradicionalmente utilizada para captura do atum é a sardinha-verdadeira. No entanto, devido ao possível colapso da espécie, tanto pelo período de defeso (ações regulatórias), quanto pela pesca da sardinha-verdadeira operar no limite dos estoques naturais, algumas pesquisas apontam a anchoíta como uma alternativa sustentável para substituir a sardinha-verdadeira como isca-viva para a captura do bonito-listrado no sul do Brasil (vide Capítulo 9 e COSTA *et al.*, 2016).

O método de pesca com vara e isca-viva garante o menor impacto ecológico em comparação a pesca com cerco, por assegurar a preservação dos estoques, uma vez que evita a captura de outras espécies e de indivíduos juvenis (GILMAN, 2011). Além disso, esse tipo de pesca possibilita a agregação de valor a partir de certificações e selos ambientais como, por exemplo, *Marine Stewardship Council* e *Friend of the Sea*.

Após a captura, o bonito-listrado é armazenado a bordo da embarcação. Existem diferentes técnicas para conservação dos peixes nas embarcações, as técnicas tradicionalmente utilizadas para inibição das degradações a bordo são a refrigeração e o congelamento (GONÇALVES, 2011). As embarcações tecnologicamente avançadas utilizam-se do método de super congelamento para inibição das degradações. Essa técnica aplica temperatura intermediária à refrigeração e congelamento (-3°C), de modo a promover a transformação de parte da água em gelo, o que permite aumentar a vida útil do pescado fresco.

As embarcações atuneiras brasileiras, em sua maioria, utilizam-se do método de refrigeração por imersão. Esse método consiste no congelamento por meio da imersão direta do pescado em soluções aquosas resfriadas (salmouras) à temperatura abaixo de 0°C. No entanto, assim como no caso do gelo, onde o excesso de peso altera a própria estrutura física do pescado, o uso de salmoura altera outras propriedades organolépticas, limitando seu uso à indústria de enlatados.

Analizando o processo de captura do bonito-listrado, percebe-se que há benefícios à pesca com vara e isca-viva, dado todo o potencial de agregação de valor (em especial, seu atributo sustentável) que este tipo de técnica permite. A pesca com vara e isca-viva gera benefícios tanto para as empresas, por meio da adoção de selos de pesca sustentável e geração de riqueza, quanto para o consumidor, pela qualidade percebida do produto, e para todo o ecossistema marinho, pela preservação da espécie e conservação dos estoques.

Entretanto, apesar dos benefícios gerados pelo tipo de pesca adotado, o padrão tecnológico presente nas embarcações brasileiras é baixo, suas instalações são precárias. Essa defasagem tecnológica se reflete, por exemplo, no modo de armazenamento do produto a bordo.

O bonito-listrado capturado pelas diferentes embarcações brasileiras é descarregado em portos ou diretamente na doca das empresas de enlatamento. Quando desembarcado em portos ou nos mercados, as matérias primas necessitam de transporte até seu processamento, o que ocorre, na grande maioria das vezes, por meio terrestre.

Processamento do Bonito-Listrado

O bonito-listrado capturado pelas diferentes embarcações brasileiras é descarregado em portos ou diretamente na doca das empresas de enlatamento. Quando desembarcado em portos ou nos mercados, as matérias primas necessitam de transporte até seu processamento, o que ocorre, na grande maioria das vezes, por meio terrestre.

Quando o bonito-listrado é desembarcado diretamente na doca das empresas, ele é selecionado conforme diferentes critérios técnico-biológicos e operacionais para ser encaminhado, por meio de esteiras elétricas com afluência de água sobre o produto, para câmaras frias de hiper-congelamento, justamente para manter as propriedades físico-químicas da proteína.

Após a câmara fria, o bonito-listrado possui dois diferentes processos: primário e secundário. No primário, o produto será vendido exclusivamente congelado, portanto, ele sai da câmara fria direto para o comprador. No secundário, o produto passa por 7 etapas de transformação (Fig. 5).

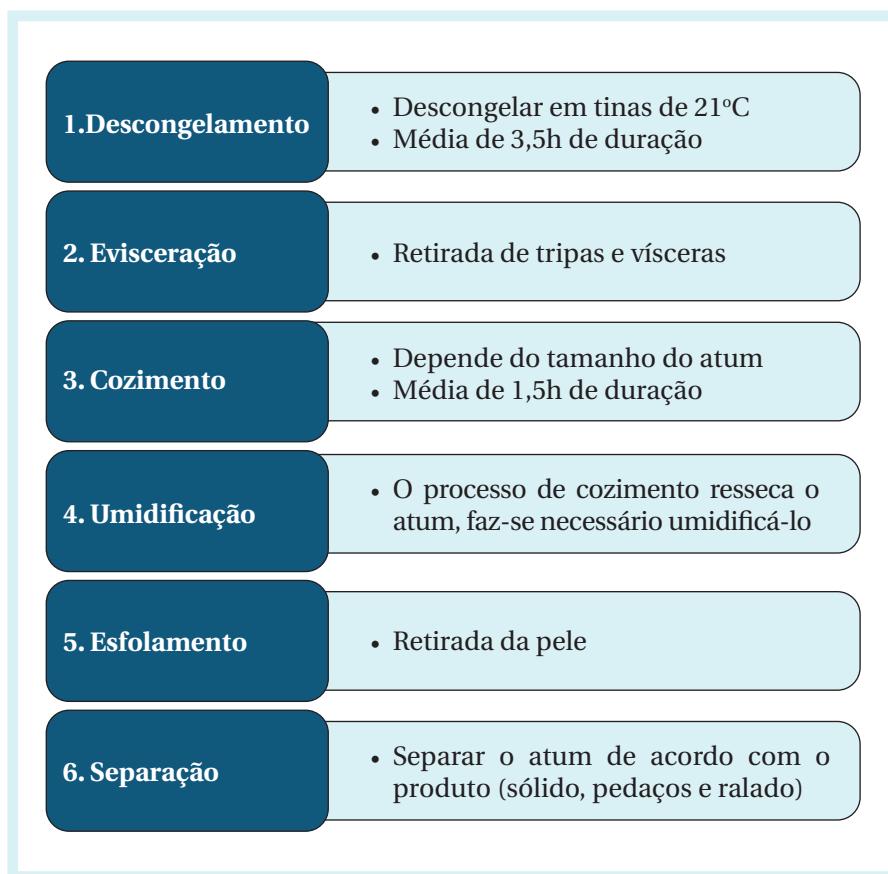


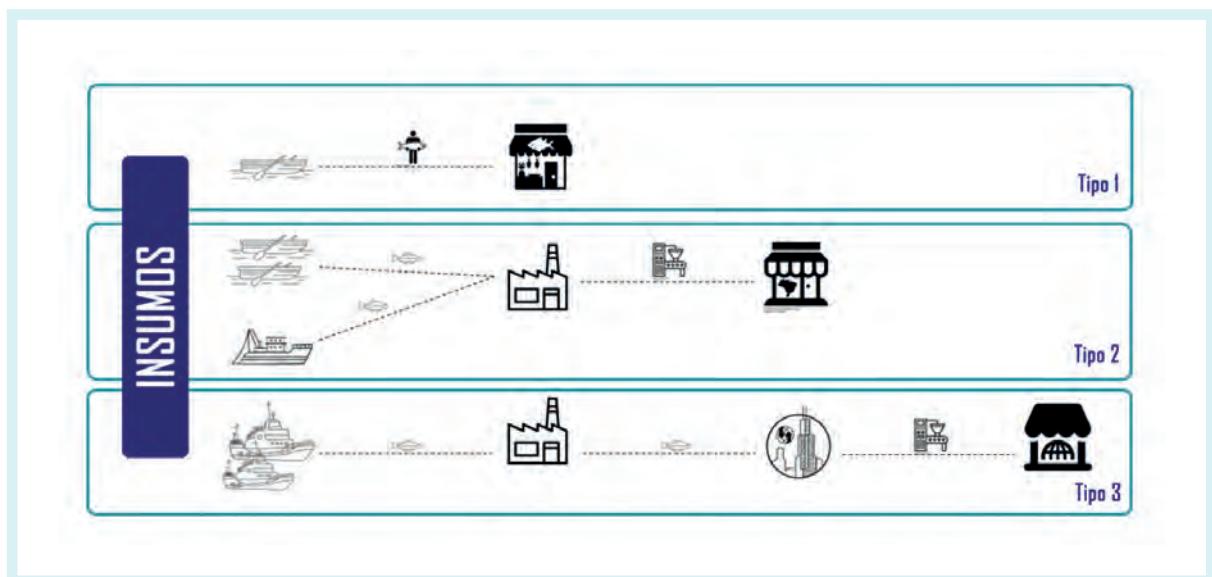
Figura 5. Etapas do processo de transformação do bonito-listrado.

Por fim, com o atum já separado de acordo com o tipo de produto (sólido, pedaços ou ralado), ele é encaminhado para a etapa de embalagem, onde ele será envasado, esterilizado, rotulado e embalado.

Via de regra, essa lógica de processamento segue técnicas e procedimentos há muito definidos pela própria tecnologia em uso na indústria de enlatados em geral. Mesmo havendo novidades de processo, isso gera impacto relativo na qualidade e variedade dos produtos. Nesse contexto, a grande ação de incremento técnico se dá no aumento do volume produzido – vide, por exemplo, o recente investimento previsto anunciado pela Gomes da Costa, que visa “dobrar” a capacidade produtiva de sua unidade de Itajaí/SC (SPAULTZ, 2018).

Comercialização do Bonito-Listrado¹

A produção brasileira de bonito-listrado foi em torno de 20 mil toneladas, em 2017. Aproximadamente 80% desta produção foi destinada para o mercado interno. Destes, 98% para enlatamento e apenas uma ínfima parte consumida *in natura*. O restante da produção nacional foi exportado na forma de pescado congelado para posterior processamento nos diferentes países de destino. Independentemente da escala do mercado, é possível identificar três tipos de mercado para o bonito-listrado no Brasil (Fig. 6).



No mercado Tipo 1, o nível de interação da cadeia ocorre sem intermediários. A captura do bonito-listrado acontece por meio de embarcações artesanais, onde o peixe *in natura* segue para a comercialização no varejo (mercados de peixe, peixarias, supermercados e feiras). Em alguns casos, o produto é destinado diretamente para restaurantes, principalmente os de culinária japonesa. Via de regra, esse Tipo 1 de comercialização é o menos expressivo em termos de volume de captura, sendo por isso baseado em custo.

No mercado Tipo 2, o nível de interação da cadeia requer intermediários para o processo de transformação do atum. A captura ocorre tanto por meio de embarcações artesanais quanto industriais, que entregam sua produção diretamente para a indústria. Cabe à indústria a atividade de processamento do insumo em atum enlatado, que chegará ao consumidor por intermédio de atacadistas e varejistas.

O mercado de conservas de atum no Brasil é centralizado em três grandes empresas, são elas: Camil (Itajaí/SC), Gomes da Costa (Itajaí/SC) e Leal Santos (Rio Grande/RS). As duas primeiras produzem exclusivamente para o mercado interno, e juntas detém mais de 85% da fatia de mercado, atendendo um consumo nacional de, aproximadamente, 180 milhões de latas/ano, o que equivale a menos de uma lata per capita/ano.

Esse baixo índice de consumo está diretamente relacionado à percepção de valor que o consumidor possui – erroneamente, o produto em conserva transparece a ideia de conter conservantes. Ao que se soma o fato de uma considerável parte da produção nacional depender de “atum cozido congelado importado”, pronto para ser diretamente enlatado. Originária da Tailândia, Equador e El Salvador, esta matéria prima carrega uma forte participação

¹ Durante a realização da pesquisa, no dia 03 de janeiro de 2018, o Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento suspendeu temporariamente a exportação de pescado para a União Europeia devido à falta de condições sanitárias das embarcações a fim de evitar uma suspensão unilateral.

do músculo do peixe, o que reduz consideravelmente a qualidade do produto. Logo, a baixa qualidade que acaba sendo percebida faz com que o consumidor tenha dificuldades para criar o hábito de consumo.

Por fim, no mercado Tipo 3, o nível de interação da cadeia requer intermediários capacitados. Nesse caso, a captura normalmente ocorre via frotas pesqueiras industriais – não excluindo, em alguns casos, o uso de outros tipos de embarcações. A indústria é responsável por viabilizar o transporte do produto para a exportação, como é o caso da empresa Leal Santos, que fornece a matéria-prima congelada para que a atividade de enlatamento seja concluída no mercado externo. O produto capturado no Brasil, enquanto estavam abertos os canais de exportação, eram enviados para grandes indústrias de conserva, principalmente na Espanha.

Em resumo, o conjunto de atividades referentes aos processos produtivos e seu encadeamento, bem como os diferentes tipos de mercado, dão luz ao seguinte mapa da cadeia do bonito-listrado (Fig. 7).

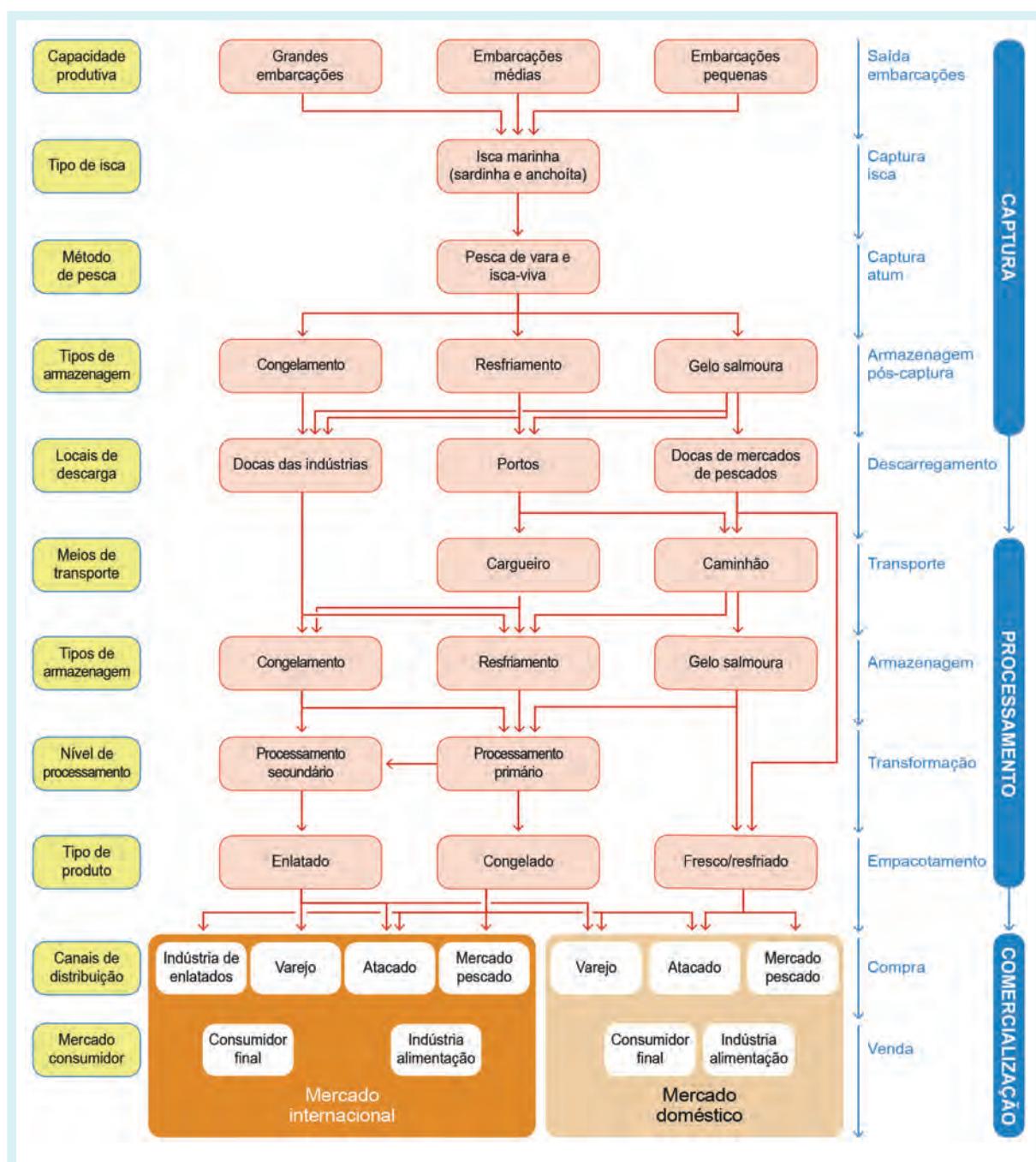


Figura 7. Mapa da cadeia produtiva do bonito-listrado no Brasil.

1.4) A Governança Setorial do Bonito-Listrado

Assim como em toda atividade econômica da pesca no Brasil, a pesca do bonito-listrado sofreu (e sofre) com o descompasso entre as diferentes instituições e órgãos regulatórios que atuam no setor. Ao longo dos últimos 40 anos, a atividade pesqueira foi objeto de diferentes agências de organização e controle (Fig. 8).

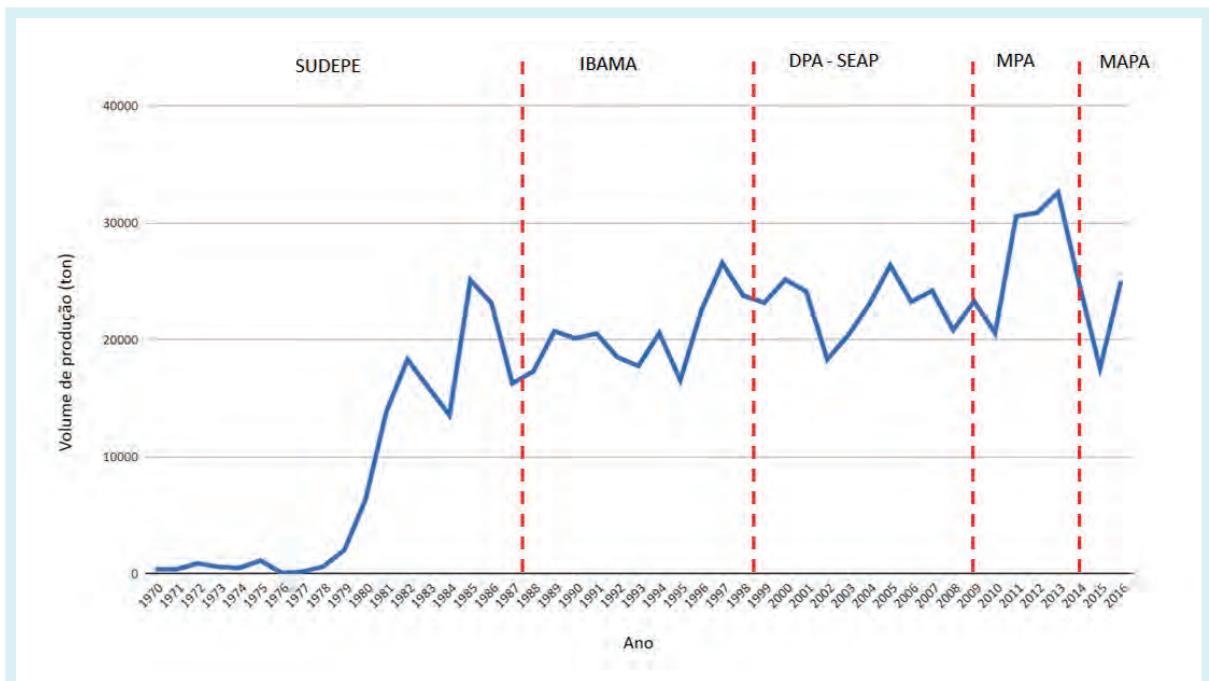


Figura 8. Evolução da produção pesqueira no Brasil de acordo com a governança do setor. Fonte: GOULART FILHO, 2016; FAO, 2018.

A constante troca do órgão de governança da atividade pesqueira no Brasil fez com que o foco de trabalho também se alterasse. Durante o período da SUDEPE, o foco estava na industrialização a partir do desenvolvimento tecnológico. Já com o Ibama, o foco estava na preservação e recuperação do ecossistema marinho. A dicotomia entre a preservação dos recursos ambientais e os ganhos econômicos transforma a atividade extractiva da pesca de “mocinha” para “vilã”. De certa forma, ao longo desse período (e até os dias atuais), a pesca deixou de ser vista como uma atividade economicamente próspera e com potencial de geração de valor e riqueza para a sociedade, e passou a ser percebida como uma atividade de subsistência, associada à exploração do ambiente marinho (MARTINS, 2018).

Entretanto, a governança deve ser analisada não como algo “bom” ou “ruim”, mas como algo que enquadra os ambientes econômicos de maneiras particulares – facilitando (ou não) o desenvolvimento de negócios sustentáveis e rentáveis (BARCLAY & CARTWRIGHT, 2007). De acordo com Cavalcante (2018), a estrutura de governança se refere ao arcabouço institucional das integrações econômicas responsável por definir a forma como as decisões são tomadas.

Neste contexto, a governança da atividade pesqueira envolve pescadores, armadores, indústria e demais partes interessadas para gerenciar não somente as pescarias, mas toda cadeia, do processo de transformação até a comercialização, de forma que elas sejam sustentáveis e lucrativas (BARCLAY & CARTWRIGHT, 2007). A relação entre esses diferentes atores é uma importante ponte entre os diferentes níveis de coordenação, por exemplo, vinculando entidades de governança local a políticas nacionais (COHEN *et al.*, 2012; ERIKSSON *et al.*, 2015). No entanto, a representação social da cadeia do bonito-listrado está fragilizada, predominando líderes com pouca identidade de classe, e que, muitas vezes, acabam

por defender apenas seus próprios interesses (NETO, 2010). Desta forma, e sabendo que a cadeia do bonito-listrado no Brasil é pouco estruturada, o custo de sua organização (principalmente para o desenvolvimento tecnológico) é elevado. Isso torna-se mais um empecilho para a geração de ganhos de eficiência e produtividade e sua transformação em sustentabilidade, geração de riqueza e prosperidade.

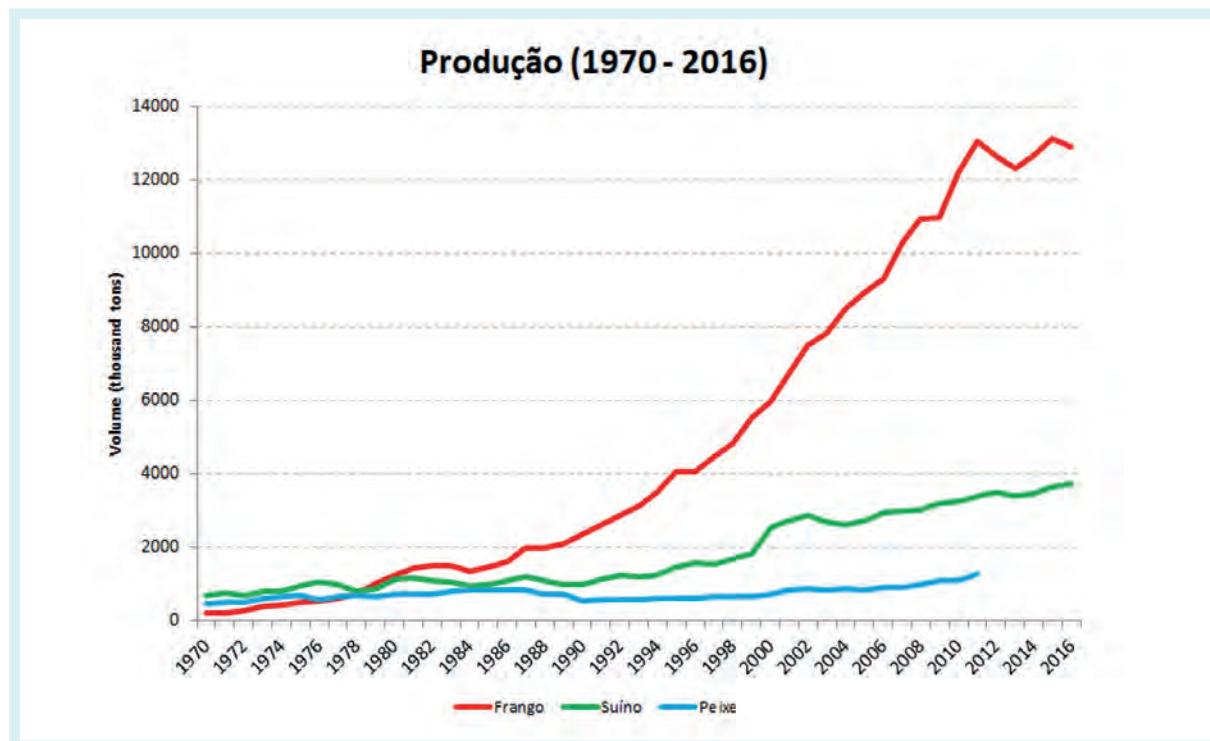


Figura 9. Volume de produção por cadeia. Fonte: AVILA *et al.*, 2019.

Essa falta de governança entre os pescadores ocorre em grande parte porque é um setor que extrai recursos do uso comum, ou seja, cada pescador depende exclusivamente de si. Ao mesmo tempo, o custo de certa “desorganização do setor” (muito por conta da fragilidade de sua estrutura de governança) cobra o seu preço diariamente no sem-número de ineficiências que acabam se transferindo para os produtos e, por consequência, para a relação custo-benefício do que se vende.

Ressalta-se, entretanto, que, sendo a cadeia do bonito-listrado centralizada na produção de atum enlatado, duas grandes empresas – Gomes da Costa e Camil – concentram, ainda que de modo restrito às relações comerciais com diferentes fornecedores diretos e indiretos de insumos, a essência da coordenação (governança) de suas respectivas cadeias de suprimento, em especial no controle da oferta e até mesmo de preços praticados no mercado.

A importância da governança da cadeia vai, porém, além do papel transacional/comercial exercido por um ou outro ator-líder. Entender a permeabilidade de uma estrutura de governança por toda uma cadeia é, muito antes das questões meramente comerciais, alinhar a capacidade de inovação, de produção e o perfil do mercado. Nesse sentido, o exemplo das cadeias de frangos e suínos serve de referência para o setor do bonito-listrado. São verdadeiros casos de transformação (para não dizer revolução) de atividades econômicas essencialmente artesanais em verdadeiros complexos agroindustriais de importância ímpar na geração de riqueza social e econômica para o país. Ambos os segmentos estabeleceram estruturas de governança que puderam assentar, no conteúdo técnico-operacional de suas cadeias, o potencial de desenvolvimento do mercado consumidor.

1.5) Da “galinha” ao “frango”, do “porco” ao “suíno”... do “peixe” ao “pescado”?

Ao analisar a produção de frangos e de suínos (alternativas à tradicional proteína bovina), salta aos olhos que o processo de estruturação de suas cadeias, realizado ao longo dos últimos 50 anos, permitiu lhes retirar de um nível de informalidade e precariedade que, em muito, lembra o estágio da cadeia da pesca atualmente. Isso é mais evidente ainda se levarmos em conta que, até meados da década de 1980, o volume de produção das cadeias de frangos, suínos e peixe estavam no mesmo patamar (Fig. 9).

Então, o que foi feito para que essas cadeias se desenvolvessem? O consumo de frango foi aumentando ao longo do tempo na medida em que houve um maior controle sobre o modo de produção, deixando de ser um produto de criação doméstica para se tornar uma atividade econômica geradora de riqueza (OLIVEIRA & COSTA, 2011; ABPA, 2019). Já o consumo de suínos foi dependente do estigma de carne prejudicial à saúde. Entretanto, ao conscientizar a população dos benefícios do consumo desse tipo de proteína, criaram-se barreiras de modo a garantir a qualidade dos produtos (ABCS, 2016; ABPA, 2019). Em relativamente pouco tempo (15 anos), enquanto a “galinha”, das “galinhadas de domingo”, foi alcançada ao posto de “frango”, o “porco”, se transformou em “suíno”.

A partir da década de 1990, o incremento tecnológico em ambas as cadeias foi de suma importância para o desenvolvimento delas. A importação de matrizes avícolas e suínas permitiu um aumento da produtividade e da qualidade dos produtos ofertados. Além disso, processos de transferência de tecnologia favoreceram a competitividade das empresas (ABCS, 2016; ABPA, 2019), ao mesmo tempo que o controle sanitário e o controle da operação permitiram uma maior qualidade na produção.

Esse processo transformador esteve fortemente embasado na estruturação institucional das cadeias de frangos e de suínos, devidamente orquestradas a partir da formalização de associações setoriais que permitiram o desenvolvimento de políticas e ações voltadas ao incremento dos atores das cadeias. De um modo geral, as cadeias de frangos e suínos se tornaram mais estruturadas, tecnológicas e com padrões de coordenação e governança superiores, o que levou, em consequência, a um aumento na qualidade dos produtos.

O aumento na qualidade dos produtos, associado ao esclarecimento e sensibilização dos consumidores para os benefícios do consumo de carne de frangos e de suínos, permitiu o desenvolvimento de novos produtos e novos mercados. As necessidades do consumidor fizeram com que, por exemplo, novos cortes e novas formas de apresentação (embalagem) fossem inseridas no mercado. Essa combinação de qualidade com conscientização pode alavancar o desenvolvimento dos setores.

Apesar do considerável sucesso, a cadeia do frango parece estar em seu limite de crescimento. O escândalo da carne de frango, em 2018, quando foi deflagrada a “Operação Carne Fraca” pela Polícia Federal e pelo Ministério Público para identificar irregularidades nos frigoríficos, serviu, se não como um indicador de alguma forma de esgotamento do modelo, pelo menos como sinal de alerta. Ao mesmo tempo, a cadeia de suínos ainda possui potencial de desenvolvimento. Sabe-se que não é possível transformar o mercado simplesmente por uma imposição, logo, é necessário transformar a indústria para que ela transforme o perfil dos seus produtos, oferecendo uma maior qualidade.

Analizando essas duas trajetórias, o que precisa ser feito com o “peixe” para que possa se transformar em “pescado”? O que é necessário para ele atingir os mesmos índices das cadeias de frangos e suínos?

De modo sucinto, as trajetórias das cadeias de frangos e de suínos evidenciam que, para consolidar um mercado, é necessário: (a) uma estrutura de governança setorial que atue como coordenação e de forma regulatória; para (b) apresentar níveis mínimos de estrutura técnica-operacional que determinem e controlem as diferentes etapas da cadeia (captura, processamento e comercialização), bem como estabeleçam padrões mínimos de qualidade para o produto. Em outras palavras, é necessário criar uma estrutura de governança que organize a cadeia como um todo – da tecnologia ao mercado – permitindo entregar produtos de maior qualidade e valor percebido.

Entretanto, a estruturação e coordenação da cadeia em si não são suficientes. Para que a mesma se desenvolva, é necessário atentar para os potenciais de geração de riqueza. Logo, como agregar valor ao bonito-listrado para atingir os mesmos níveis de crescimento da cadeia de frangos e suínos?

1.6) Do Saudável ao Sustentável: potencial de agregação de valor do bonito-listrado

Tanto os aspectos tangíveis, ligados ao físico (serviço, qualidade, tecnologia, conforto), quanto os aspectos intangíveis, ligados à marca (significado, valores, identidade, personalidade), conferem atributos adicionais ao produto. A embalagem, por exemplo, possui um papel importante na funcionalidade e imagem do produto. Ela serve como uma referência da sua qualidade, sinalizando ao consumidor se é justificável pagar um preço *premium* (LYONS & WIEN, 2018). Da mesma forma, a experiência de consumo e a exclusividade conferem valor ao produto e podem justificar este preço.

Tendo visto como se estrutura a atividade marinho-pesqueira do bonito-listrado no Brasil, como se configura o seu mercado e o comportamento do consumidor, bem como qual é a estrutura técnico-produtiva da sua cadeia de valor, qual é o nível de governança do setor e, principalmente, tendo comparado com a história recente de sucesso das cadeias de frangos e suínos, pode-se observar duas qualidades para a agregação de valor na cadeia marinho-pesqueira do bonito-listrado: saudabilidade (intrínseca) e sustentabilidade (extrínseca).

A qualidade intrínseca baseia-se nas especificidades “saudáveis” do bonito-listrado, que oferece grandes benefícios nutricionais e ao mesmo tempo apresenta riscos mínimos à saúde (JENNINGS *et al.*, 2016). Nas últimas décadas, a demanda por alimentos vem mudando consideravelmente. Consumidores mais informados prestam cada vez mais atenção à saúde, como é o exemplo dos alimentos funcionais e dos orgânicos. De acordo com Hamzaoui-Essoussi & Zahaf (2012), atributos como saudabilidade e economia local, além de frescor e sabor, são considerados importantes para o consumidor.

Neste contexto, o mercado com produtos saudáveis, com menos ou nada de açúcar, de sal e gordura, e com mais fibras, vitaminas e nutrientes, cresceu muito ao longo dos anos. Dentro desses, destacam-se os produtos com alta concentração de ácidos graxos n-3, que trazem benefícios em relação à redução dos níveis de triglicerídeos, prevenção de doenças cardiovasculares, melhor desenvolvimento cerebral e da retina do feto, bem como maior probabilidade de uma gestação a termo, além de reduzir o risco de desenvolvimento de doenças neurodegenerativas como a doença de Alzheimer (OLIVEIRA & LUNA, 2014).

Entre os alimentos fonte para o consumo desses nutrientes estão peixes como o bonito-listrado. O peixe, além de ser composto por proteínas com alto valor biológico, também é um alimento de fácil digestão.

Já a qualidade extrínseca baseia-se nas especificidades sustentáveis da cadeia do bonito-listrado: o potencial de sustentabilidade do processo produtivo a partir do método de vara e isca-viva, que garante a preservação da espécie (estoques) e a redução do impacto ambiental. A modalidade de pesca com vara e isca-viva tende a ser mais seletiva, com porcentagem de captura variando de 5 a 15% do cardume, favorecendo a sustentabilidade da espécie (MATSUURA, 1982).

Apesar de o bonito-listrado não ser considerado uma espécie com risco de extinção, a principal espécie que é utilizada como isca – a sardinha-verdadeira – é explorada em grandes volumes, tanto pela pesca artesanal quanto pela pesca industrial, e observa-se a diminuição de sua disponibilidade, tanto por questões ambientais (mudança climática) quanto pela pesca. Neste contexto, o desafio para aumentar a exploração do recurso pesqueiro que é abundante, tendo como premissa o esforço para diminuir o impacto causado pela retirada da sardinha-verdadeira, é a utilização de espécies alternativas como isca-viva, no caso, a anchoíta e o lambari.

Essas especificidades – o saudável e o sustentável – geram as alternativas para potenciais ações de agregação de valor à cadeia do bonito-listrado. Analisando os diferentes produtos gerados pelas cadeias de frangos, suínos e atum (Fig. 10), fica evidente que a geração de riqueza do atum é superior à das demais cadeias.

Segmento	In Natura R\$/Kg	Processado/Industrializado (R\$/Kg)			Premium (R\$/Kg)	In Natura > Premium
		Inteiro	Porcionado	Porcionado Processado		
Frango	3,20*	9,85** (frango Seara da Granja Congelado)	10,49*** (sobrecoxa de frango congelado Sadia)	12,71 (filé de peito de frango resfriado Nobre)	23,59*** (filé de peito de frango congelado Korin sem antibiótico)	7,4
Suínos	4,70*	10,00 (Porco inteiro)	20,59** (Costela Suína Pamplona Resfriada)	26,90** (Bacon Seara Cubos)	55,90** (Costela Suína Seara com Molho Barbecue Congelada)	11,9
Atum	5,00	13,90** (Atum Fresco Inteiro)	32,29** (Atum Ralado ao Natural Gomes da Costa)	57,26** (Patê de Atum Gomes da Costa Picante)	95,92*** (Filé de Atum com Azeite Gomes da Costa)	15,2

Figura 10. Geração de riqueza nas cadeias de frangos, suínos e atum.

* Valores referente ao dia 01/04/2020 – Fonte: <https://www.noticiasagricolas.com.br/>

** Valores referente ao dia 01/04/2020 – Fonte: <https://www.angeloni.com.br/super/>

*** Valores referente ao dia 01/04/2020 – Fonte: <https://www.carrefour.com.br/>

2) Plano de Desenvolvimento para a Atividade Marinho-Pesqueira do Bonito-Listrado

Os breves relatos das experiências recentes das cadeias dos frangos e suínos, aliados às nítidas vantagens de valor do produto, em especial seus atributos de saúde e sustentabilidade, abrem um horizonte de potencial desenvolvimento para a cadeia do bonito-listrado. No entanto, qualquer trajetória de desenvolvimento depende de planejamento. E, para fazer o tal plano, é necessário olhar, inicialmente, para os entraves que caracterizam o setor.

Como visto, a atividade marinho-pesqueira do bonito-listrado no Brasil apresenta entraves em suas dimensões-chave (mercado, tecnologia e governança). As limitações de qualidade do produto e o próprio perfil de comportamento do mercado, bem como a baixa intensidade tecnológica expressa ao longo da estrutura da cadeia de valor, ou ainda as fragilidades de sua estrutura de governança, evidenciam a necessidade de se aprofundar os problemas e gargalos do setor para que, a partir deles, se possa identificar ações cujo arranjo lógico-temporal estabelecerá os contornos e dará corpo a um plano de desenvolvimento.

Para adentrar nos detalhes dos principais entraves e propor um plano de desenvolvimento para a atividade marinho-pesqueira do bonito-listrado no Brasil foi realizado o diagnóstico do setor² e uma oficina de trabalho.

A oficina de trabalho ocorreu em novembro de 2019 com a participação de 21 representantes de empresas, organismos e instituições relevantes do setor. Para que fosse possível levantar o conjunto de informações de interesse (i.e., os entraves), as atividades foram conduzidas de forma que os participantes pudessem expor seus conhecimentos sobre o setor³. A sequência de atividades foi a seguinte: apresentação do diagnóstico da cadeia do bonito-listrado; identificação dos atuais entraves da cadeia; definição de ações para a solução dos entraves; e, por último, sistematização do plano de ação, a partir da organização das ações por urgência e possibilidade de realização ao longo do tempo.

² Os resultados desse diagnóstico estão detalhadamente apresentados ao longo de toda seção 1 deste capítulo.

³ A oficina utilizou-se do método de grupo focal, com o qual é possível obter, de forma econômica e imediata, por meio do conhecimento e da percepção dos diferentes atores envolvidos (empresas, organizações e instituições) na realidade-alvo, informações relevantes e atuais. Os participantes foram dispostos em um mesmo local a fim de discutir as dimensões mercadológica, tecnológica e institucional da atividade marinho-pesqueira do bonito-listrado no Brasil.

2.1) Principais Entraves e Desafios para a Atividade Marinho-Pesqueira do Bonito-Listrado

A partir da percepção dos atores que compõem a cadeia marinho-pesqueira do bonito-listrado fica evidente que as diferentes dimensões de análise possuem diferentes entraves (Tab. 1). Entretanto, apesar dessa interpretação baseada em dimensões, percebeu-se que os entraves e desafios dessa atividade estão interligados, ou seja, um entrave é a causa e a consequência de outro.

Como esperado (e identificado no diagnóstico – seção 1), a discussão na oficina de trabalho evidenciou um grande descontentamento dos atores com a falta de uma estrutura de governança consolidada, em especial pela falta de uma clara definição de papéis e responsabilidades entre os atores.

A falta de um modelo de governança estável se reflete na inadequada utilização de instrumentos e mecanismos, como **políticas públicas, regulamentação, ações de marketing e publicidade**. Justamente esses que poderiam servir para estimular a criação de **produtos de maior valor agregado** e para **expandir o consumo** de atum. Muito disso se deve ao fato de que a baixa qualidade de alguns produtos (e.g., atum ralado em lata) e a falta de hábito da população brasileira são barreiras que restringem tanto o aumento do consumo quanto o da oferta, tornando o preço do produto final mais elevado e menos competitivo quando comparado com outras fontes de proteína animal.

Contudo, esse cenário é de difícil alteração no curto prazo, visto que a interação entre os diferentes atores (e.g., empresas, universidades, governo e sociedade civil) é baixa. Com isso, entre outras consequências, o montante investido em atividades como as de pesquisa, desenvolvimento e inovação (P, D & I) mantém-se aquém do necessário.

Tabela 1. Principais entraves da cadeia marinho-pesqueira do bonito-listrado no Brasil.

	Mercado	Tecnologia	Instituições
Entraves e Desafios	Configuração Econômica do Mercado	Desatualização Tecnológica	Falta de Governança
	Consumidor e Marketing	Falta de investimentos em Pesquisa, desenvolvimento e inovação	Regulamentação
	Valor Agregado do Produto	Falta de Interação	Ausência de Políticas Públicas
	Publicidade	Modalidades de Pesca	Invisibilidade da Pesca
	Expansão do Consumo	Custo de Aquisição de Equipamentos	Falta de Gestão Pesqueira
		Controle de Qualidade a Bordo	

Fonte: Relatório Plano de Ação para o Desenvolvimento da Cadeia do Bonito-Listrado no Brasil (NITEC, 2020).

Esse baixo nível de investimento dificulta, por exemplo, a tomada de decisões estratégicas. A falta de pesquisas e estudos detalhados para gerar dados e informações confiáveis afeta a eficiência da gestão pesqueira e, por dedução, o desenvolvimento sustentável do setor. Além dos potenciais danos ambientais, isso acarreta perdas econômicas, visto que o controle e monitoramento dos estoques é condição mínima para a exportação dos produtos. Da mesma forma, não há plena convicção entre atores do setor de que a modalidade de pesca em uso (i.e., vara e isca-viva) seja realmente a mais sustentável do ponto de vista ambiental e do econômico. Enfim, a falta de colaboração entre os atores para enfrentar todos os problemas e entraves elencados acima resulta na invisibilidade da pesca perante os olhos do mercado e do governo, principalmente, considerando sua representatividade em termos de geração de riqueza.

Na realidade, assim como assinalado, muitos desses traços se devem ao fato de que existem dois padrões tecnológicos nas diferentes etapas da cadeia: o artesanal e o industrial. Este desnível tecnológico do setor leva a diferentes arranjos institucionais de governança.

No padrão artesanal, há um conjunto de atividades marinho-pesqueiras que são pulverizadas em atores de pequeno porte. Se, por um lado, isso sugere uma socialização da atividade, por outro, impede escalas mínimas de rentabilidade, principalmente dos pescadores. Como decorrência, a desatualização tecnológica dos equipamentos e dos processos produtivos, principalmente nessa etapa de captura, torna-se crítica pela falta de poder de investimento. No entanto, segue necessário ampliar o controle de qualidade a bordo para evitar perdas e manter o padrão do produto. Em suma, o alto custo de aquisição de novos equipamentos dificulta a renovação da frota atuneira atual e não permite o aprimoramento tecnológico da pesca artesanal.

No padrão industrial, em contraponto, há um arranjo institucional de governança estruturado em torno de algumas grandes empresas beneficiadoras de produtos finais (e.g., enlatados) que estabelecem padrões técnico-produtivos mais rigorosos, baseados em tecnologias mais modernas e voltados para mercados mais competitivos. Contudo, pelo fato do bonito-listrado ser uma *commodity*, a cadeia é naturalmente focada em custos. Qualquer “sobressalto” – como falta de matéria-prima, perecibilidade do produto, variação cambial, preço internacional – gera temor. A falta de *supply security* acarreta, invariavelmente, aumento da importação de bonito-listrado, tornando o produto final menos competitivo no mercado quando comparado a outras fontes de proteína (e.g., frangos e suínos).

Em suma, a indústria pesqueira, de modo geral, ainda está focada no padrão meramente transacional do recurso extraído da natureza, ou seja, a cadeia produtiva está organizada em relações de compra e venda, com pouca ou quase nenhuma incorporação de soluções tecnológicas (i.e., produto ou processo) que poderiam aumentar a agregação de valor.

As cadeias extractivas apresentam dinâmica técnico-econômica de difícil previsibilidade e complexa dimensão dos seus impactos. A cadeia do bonito-listrado, por ser uma atividade extractiva, é dependente das condições ambientais como, por exemplo, as variações climáticas (SCHMIDT *et al.*, 2019), disponibilidade de isca e do padrão tecnológico adotado.

Por ainda existirem barreiras de cunho tecnológico e também de cunho mercadológico, essa configuração industrial não permite que haja a redução dos custos de transação inerentes a esta atividade. Isso dificulta a agregação de valor aos produtos provenientes da pesca, pois a lacuna tecnológica desde a captura até o consumidor final não permite a oferta de novas soluções para o mercado.

Logo, a criação de políticas e ações voltadas ao incremento tecnológico da cadeia e a formalização de associações setoriais podem ser mecanismos de estímulo ao desenvolvimento da cadeia do bonito-listrado.

2.2) Plano de desenvolvimento para a atividade marinho-pesqueiro do bonito-listrado

A partir dos entraves e desafios identificados na etapa de definição de ações, os participantes da oficina de trabalho propuseram soluções aos diferentes problemas de cada dimensão. Cada solução foi detalhada considerando as atividades necessárias, forma de execução, possíveis responsáveis e instituições envolvidas, bem como o valor estimado para sua realização. Após essa etapa, as ações sugeridas foram apresentadas e discutidas no grande grupo e ordenadas de forma prioritária, possibilitando a construção do Plano de Desenvolvimento para a atividade marinho-pesqueira do bonito-listrado.

Dimensão Institucional

Na dimensão institucional, sugeriu-se como primeira ação **identificar os atores representativos do setor** (i.e., governo, empresas, universidades e sociedade civil) a fim de estruturar um modelo de governança que facilite a tomada de decisões relativas a plane-

jamento, programação e implementação das ações para o desenvolvimento da cadeia do bonito-listrado. Concomitantemente, sugeriu-se a realização de um projeto de **marketing institucional positivo** (e.g., endomarketing) a fim de melhorar a visibilidade do setor. Essa ação teria como objetivo principal explicitar para todos os atores da cadeia o valor do produto em termos econômicos, sociais e ambientais. A terceira ação seria a **apresentação e consolidação das propostas de desenvolvimento** definidas pela nova estrutura de governança. A quarta se refere à **criação de um programa de coleta de dados continuado**, que perdure por um longo prazo a fim de melhor orientar a gestão pesqueira do bonito-listrado. Por fim, a quinta ação está ligada à **revisão das normas e regulamentações**, sendo uma ação essencial para acompanhamento e adequação do marco regulatório e da estrutura de governança da cadeia.

Portanto, as ações institucionais propostas deixam claro que é necessário primeiramente trazer visibilidade ao setor para, só então, ter condições de envolver os atores na busca de promover estratégias e ações mais assertivas, incluindo programas de longo prazo de coleta de dados e revisão de normas que deem suporte à tomada de decisão aos atores da governança.

Dimensão Tecnológica

Na dimensão tecnológica, a primeira ação seria o **mapeamento e diagnóstico de produtos e processos**, ou seja, o que é necessário tanto para melhoria da qualidade dos produtos quanto para aprimoramento dos processos produtivos perpassando aspectos de infraestrutura até otimização de processo. Feito isso, a segunda ação seria implementação de **fóruns de discussão** que irão se basear nesse diagnóstico para, então, buscar ações que possam endereçar quaisquer entraves. A terceira ação seria a realização de um estudo específico para **avaliação dos estoques e impactos das diferentes modalidades de pesca**, no caso do bonito-listrado, a comparação entre vara e isca-viva e cerco. Por fim, estabelecer uma **linha de financiamento para modernizar as embarcações**, a fim de endereçar algumas das necessidades prioritárias do setor.

Portanto, as ações tecnológicas propostas mostram que há a necessidade de diagnosticar o nível tecnológico do setor para identificar as alternativas de desenvolvimento. Esse diagnóstico então seria utilizado como base para a elaboração de novas estratégias e ações, sendo necessária a implementação de uma estrutura de governança nos moldes de fóruns de discussões. Os participantes também ressaltaram que é importante definir e monitorar o estoque, a fim de determinar a capacidade produtiva para que se possa ampliar as alternativas e sinergias entre as diferentes pescarias. Ainda reforçaram que, para que a modernização da frota aconteça, é preciso que exista a possibilidade de arrendamento e licenciamento de barcos, considerando as especificidades das modalidades de pesca e seus impactos no ecossistema.

Dimensão Mercadológica

Nesta dimensão, a primeira ação se refere a promoção de campanha sobre benefícios do produto em relação às outras fontes de proteína. Em seguida, a segunda ação seria o desenvolvimento de produto com valor agregado que esteja alinhado com os desejos e exigências do consumidor. Para isso, em terceiro, é preciso estabelecer o padrão do produto, incluindo funcionalidades, embalagem e qualidade do produto em si. A quarta ação seria, então, a definição do portfólio de produtos que serão ofertados ao consumidor. Por fim, é preciso realizar campanhas de publicidade deste portfólio de novos produtos em diferentes canais para atingir o consumidor e aumentar o consumo.

A partir das ações sugeridas, fica evidente que para aprimorar a dimensão mercadológica é preciso de uma estrutura institucional e tecnológica como suporte para que se possa satisfazer a demanda do consumidor. Desde as campanhas de publicidade até o desenvolvimento do novo *mix* de produtos, é preciso que todos os atores tenham clareza de que o foco é o consumidor e que todas as ações devem estar interligadas.

A estrutura de governança deve estabelecer de forma conjunta ações que visem agregar valor a todas as etapas da cadeia, o que requer maiores investimentos e também capacitação. Especificamente, em termos tecnológicos só será possível desenvolver produtos de qualidade se houver um padrão produtivo estabelecido que comece desde a captura e chegue até a comercialização. Isto poderia garantir a certificação das empresas e seus produtos, possibilitando a inserção em novos mercados e, consequentemente, um aumento da geração de riqueza em toda cadeia.

Plano de Desenvolvimento para a Cadeia do Bonito-Listrado

A figura 11 mostra como as ações foram dispostas em suas dimensões (quadros verdes para dimensão institucional, azuis para a mercadológica e amarelos para a tecnológica) e ao longo do tempo (curto, médio e longo prazo). Uma vez tendo esta visão temporal em perspectiva, foi possível identificar as ações prioritárias propostas nesta atividade.

Observando o plano é possível visualizar uma coerência entre ações para o desenvolvimento do setor. As três dimensões analisadas neste relatório são multidisciplinares e, por isso, os mais diversos conhecimentos precisam ser integrados a fim de obter uma ampla compreensão sobre como as ações devem ser implementadas. A partir da figura 11 fica claro que é necessário realizar primeiro as ações institucionais para poder desencadear as ações das outras dimensões.

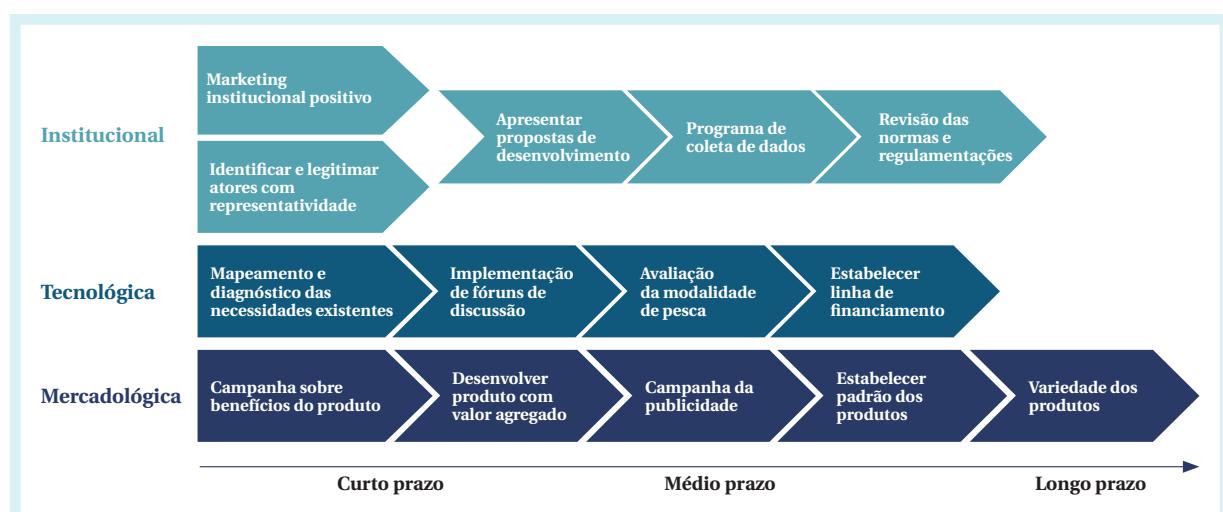


Figura 11. Plano de Desenvolvimento Cadeia Bonito-Listrado. Fonte: Relatório Plano de Ação para o Desenvolvimento da Cadeia do Bonito-Listrado no Brasil (NITEC, 2020).

Considerações Finais e Perspectivas

O setor da pesca do bonito-listrado está em sua encruzilhada. Anos de defasagem tecnológica e institucional se refletem nitidamente no perfil dos produtos e no comportamento do mercado. Por trás de bons e maus atributos de qualidade do peixe, está toda uma “cadeia de eventos” que se sobrepõe à própria “cadeia de valor”. Desde as condições técnico-operacionais e logísticas da pesca em si, em especial o armazenamento e o transporte do pescado, passando pelo processamento industrial até chegar às gôndolas do mercado, a cadeia produtiva é resultado de problemas tecnológicos e institucionais.

Analisando os entraves apontados na cadeia do bonito-listrado fica evidente que, para a **dimensão institucional**, é necessário trazer visibilidade ao setor para, então, criar condições de envolver os atores na busca da promoção de estratégias e ações mais assertivas que deem suporte à tomada de decisão aos atores da cadeia, principalmente por intermédio de uma estrutura de governança formalizada.

Para a **dimensão técnico-operacional**, dada a heterogeneidade tecnológica das diferentes etapas da cadeia do bonito-listrado, é necessário elaborar novas estratégias e ações para desenvolvimento e incremento tecnológico a fim de transformar a estrutura produtiva.

Para a **dimensão mercadológica** é preciso de uma estrutura institucional e tecnológica como suporte para que se possa satisfazer a demanda do consumidor. Desde as campanhas de publicidade até o desenvolvimento do novo *mix* de produtos, é preciso que os atores tenham clareza de que o foco é sensibilizar o consumidor e que todas as ações devem estar interligadas. A estrutura de governança deve estabelecer de forma conjunta ações que visem agregar valor a todas as etapas da cadeia, o que requer maiores investimentos e também capacitação.

A partir dessas considerações é possível identificar a existência de **quatro grandes perspectivas de foco** para o desenvolvimento da atividade marinho-pesqueira do bonito-listrado no Brasil: custos, consumo, sustentabilidade e geração de valor.

O **foco em custos** representa o panorama atual onde o objetivo é vender mais do mesmo, de modo que qualquer alteração gera temor, como, por exemplo, a sazonalidade e a perecibilidade do produto, ou ainda, o câmbio e a balança comercial. Entretanto, processos de alta produtividade tendem a reduzir os estoques, ou seja, gera problemas de sustentabilidade a médio e longo prazos.

O **foco em consumo** busca estimular a demanda a partir de instrução e sensibilização de modo a alterar a cultura de consumo. Além disso, a elaboração de novas embalagens comunicando os benefícios associados ao consumo de atum e o desenvolvimento de novos produtos acarretaria a segmentação do mercado em nichos. Entretanto, esse tipo de abordagem pode influenciar o volume dos estoques de segurança.

Já o **foco em sustentabilidade**, principalmente pelo método de pesca por vara e isca-viva, mostra um grande potencial para desenvolvimento de produtos de alto valor agregado, como por exemplo: produção “orgânica” (mesmo enlatado), certificações internacionais e percepção de valor “sustentável” (30% de preço-prêmio). No entanto, o problema é o custo unitário que essa abordagem possui.

Por fim, o **foco em geração de valor** busca transformar a estrutura produtiva para impactar a qualidade do produto ofertado. Para isso, é necessário desenvolvimento tecnológico do modo de produção, armazenagem ao longo de toda a cadeia e diversificação da oferta. No entanto, é necessário organizar a cadeia como um todo, criando as alternativas necessárias para o desenvolvimento da atividade marinho-pesqueira do bonito-listrado.

Referências Bibliográficas

- ABCS. Associação Brasileira de Criadores de Suínos. *Mapeamento da suinocultura brasileira*. Brasília, DF, 2016.
- ABPA. Associação Brasileira de Proteína Animal. *Relatório Anual*, 2019. Disponível em: <http://abpa-br.org/>. Acesso em: 08 abr. 2020.
- ANDERSON, J. Market Interactions Between Aquaculture and the Common-Property Commercial Fishery. *Marine Resource Economics*, v. 2, n. 1, p. 1-24, 1985.
- ANDRADE, H. A. Taxa de captura para o bonito-listrado (*Katsuwonus pelamis*) do sudoeste do oceano Atlântico Sul. *Boletim do Instituto de Pesca*, v. 34, n. 3, p. 391-402, 2008.
- AVILA, A.; CAMBOIM, G.; NASCIMENTO, M.; BRISTOT, A.; ZAWISLAK, P. *Trajectories of animal protein value chains: evidences from Brazil*. XLIII Encontro da ANPAD, 2019.
- BARCLAY, K.; CARTWRIGHT, I. Governance of tuna industries: The key to economic viability and sustainability in the Western and Central Pacific Ocean. *Marine Policy*, v. 31, n. 3, p. 348-358, 2007.
- BRASIL. Ministério da Pesca e Aquicultura. Gabinete do Ministro. *Portaria nº 434, de 24 de dezembro de 2012*. Estabelecer a cota anual de óleo diesel atribuída aos Pescadores Profissionais, Armadores de Pesca e Indústrias Pesqueiras habilitadas à subvenção econômica nas aquisições de óleo diesel para embarcações pesqueiras, referente ao período de 1º de Janeiro a 31 de dezembro de 2013, nos termos do Anexo I. Diário Oficial da União, Brasília, DF, 27 dez. 2012, p. 169.
- CARLUCCI, D.; NOCELLA, G.; DE DEVITIIS, B.; VISCECCHIA, R.; BIMBO, F.; NARDONE, G. Consumer purchasing behaviour towards fish and seafood products. Patterns and insights from a sample of international studies. *Appetite*, v. 84, p. 212-227, 2015.
- CAVALCANTE, T. P. D. A. *Política de desenvolvimento industrial e integração produtiva no Mercosul (1993-2017): uma deficiência da estrutura de governança?* Tese de Doutorado. Faculdade de Ciências Econômicas. Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2018.
- COHEN, P. J.; EVANS, L. S.; MILLS, M. Social networks supporting governance of coastal ecosystems in Solomon Islands. *Conservation Letters*, v. 5, n. 5, p. 376-386, 2012.
- COLLETTE, B. B.; NAUEN, C. E. *Scombrids of the world: an annotated and illustrated catalogue of tunas, mackerels, bonitos, and related species known to date*, v. 2, 1983.
- COSTA, P. L.; VALDERRAMA, P. R. C.; MADUREIRA, L. A. S. P. Relationships between environmental features, distribution and abundance of the Argentine anchovy, *Engraulis anchoita*, on the South West Atlantic Continental Shelf. *Fisheries Research*, v. 173, p. 229-235, 2016.
- DURAN, N. M.; MACIEL, E. S.; GALVÃO, J. A.; SAVAY-DA-SILVA, L. K.; SONATI, J. G.; OETTERER, M. Availability and consumption of fish as convenience food–correlation between market value and nutritional parameters. *Food Science and Technology*, v. 37, n. 1, p. 65-69, 2017.
- ERIKSSON, H.; CONAND, C.; LOVATELLI, A.; MUTHIGA, Nyawira, A.; PURCELL, Steven W., Governance structures and sustainability in Indian Ocean sea cucumber fisheries. *Marine Policy*, v. 56, p. 16-22, 2015.
- FAO. *The state of world fisheries and aquaculture 2014*. Rome: Food and Agriculture Organization of the United Nations, 2014.

FAO. 2016. *The state of world fisheries and aquaculture 2016*. Rome: Food and Agriculture Organization of the United Nations, 2016.

FAO. 2018. *The state of world fisheries and aquaculture 2018*. Rome: Food and Agriculture Organization of the United Nations, 2018.

GILLETT, R. *Pole-and-line tuna fishing in the world: Status and trends* (No. 6). IPNLF Technical Report, 2016.

GILMAN, E. L. Bycatch governance and best practice mitigation technology in global tuna fisheries. *Marine Policy*, v. 35, n. 5, p. 590-609, 2011.

GONÇALVES, A. A. *Tecnologia do Pescado*. Ciência, tecnologia, inovação e legislação. São Paulo: Editora Atheneu, 2011.

GORDON, H. Scott. The economic theory of a common-property resource: the fishery. In: GOPALAKRISHNAN, C. (Ed.). *Classic papers in natural resource economics*. London: Palgrave Macmillan. p. 178-203, 1954.

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, 2016.

HAMZAOUI-ESSOUSSI, L.; ZAHAF, M. Canadian Organic Food Consumers' Profile and Their Willingness to Pay Premium Prices. *Journal of International Food & Agribusiness Marketing*, v. 24, p. 1-21, 2012.

HAZIN, F. H. V.; TRAVASSOS, P. E. A pesca oceânica no Brasil no Século 21. *Revista Brasileira de Engenharia de Pesca*, v. 2, n. 1, p. 60-75, 2007.

ICCAT. *Statistical Bulletin*, Vol. 45 (1950-2017), 2019. Disponível em: <https://www.iccat.int/sbull/SB45-2019/index.html>. Acesso: 08 jul. 2020.

LEVY, R. B.; CLARO, R. M.; MONDINI, L.; SICHERI, R.; MONTEIRO, C. A. Distribución regional y socioeconómica de la disponibilidad domiciliaria de alimentos en Brasil, 2008-2009. *Revista de Saúde Pública*, v. 46, n. 1, p. 06-15, 2012.

LIMA, J. H. M.; LIN, C. F.; MENEZES, A. A. S. As pescarias brasileiras de bonito-listrado com vara e isca-viva, no Sudeste e Sul do Brasil, no período de 1980 a 1998. *Boletim Técnico Científico do CEPENE*, v. 8, n. 1, p. 7-99, 2000.

LYONS, S. J.; WIEN, A. H. Evoking premiumness: How color-product congruency influences premium evaluations. *Food Quality and Preference*, v. 64, p. 103-110, 2018.

MACIEL, E. S.; VASCONCELOS, J. S.; SAVAY-DA-SILVA, L. K.; SONATI, J. G.; GALVÃO, J.; SILVA, D.; OETTERER, M. Designing and validating the methodology for the Internet assessment of fish consumption at a university setting. *Food Science and Technology*, v. 34, n. 2, p. 315-323, 2014.

SINPESQ – *Sistema Nacional de Informações da Pesca e Aquicultura*. Brasília, DF, 2017. Disponível em: https://sisrgp.dataprev.gov.br/rgp/web/sargp/index.php/atividade_pesca_profissional/atividade/create. Acesso em: 15 out. 2017.

MOHAN, C. O.; REMYA, S.; MURTHY, L. N.; RAVISHANKAR, C. N.; ASOK KUMAR, K. Effect of filling medium on cooking time and quality of canned yellowfin tuna (*Thunnus albacares*). *Food Control*, v. 50, p. 320-327, 2015.

NETO, J. D. Pesca no Brasil e seus aspectos institucionais-um registro para o futuro. *Revista CEPSUL-Biodiversidade e Conservação Marinha*, v. 1, n. 1, p. 66-80, 2010.

NIEKRASZEWICZ, L. A. B. *Embalagens metálicas e alimentos: o caso do atum enlatado*. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre, 2010, 64p.

OSTROM, E. Institutional rational choice. *Theories of the policy process*, p. 35-72, 1999.

PAAVOLA, J. Institutions and environmental governance: A reconceptualization. *Ecological economics*, v. 63, n. 1, p. 93-103, 2007.

PARKER, R. W.; VÁZQUEZ-ROWE, I.; TYEDMERS, P. H. Fuel performance and carbon footprint of the global purse seine tuna fleet. *Journal of Cleaner Production*, v. 103, p. 517-524, 2015.

PINCINATO, R. B. M. *Análise ecológica e econômica da pesca marinha por meio de indicadores multiespecíficos*. Tese de Doutorado. São Paulo, Universidade de São Paulo, 2010.

JENNINGS, S.; STENTIFORD, G. D.; LEOCADIO, A. M.; JEFFERY, K. R.; METCALFE, J. D.; KATSIADAKI, I.; AUCHTERLONIE, N. A.; MANGI, S. C.; PINNEGAR, J. K.; ELLIS, T.; PEELER, E. J.; LUISETTI, T.; AUSTIN, C.; BROWN, M.; CATCHPOLE, T. L.; CLYNE, F. J.; DYE, S. R.; EDMONDS, N. J.; HYDER, K.; LEE, J.; LEES, D. N.; MORGAN, O. C.; O'BRIEN, C. M.; OIDTMANN, B.; POSEN, P. E.; SANTOS, A. R.; TAYLOR, N. G. H.; TURNER, A. D.; TOWNHILL, B. L.; VERNER-JEFFREYS, D. W. Aquatic food security: insights into challenges and solutions from an analysis of interactions between fisheries, aquaculture, food safety, human health, fish and human welfare, economy and environment. *Fish and Fisheries*, v. 17, n. 4, p. 893-938, 2016.

DE MORAIS OLIVEIRA, A. C.; LUNA, G. I. Ácido graxo n-3: os benefícios do consumo de um alimento com alegação de propriedades funcionais. *Acta de Ciências e Saúde*, v. 2, n. 2, p. 59-74, 2014.

SAHRHAGE, D.; LUNDBECK, J. *A history of fishing*. Springer Science & Business Media, 2012.

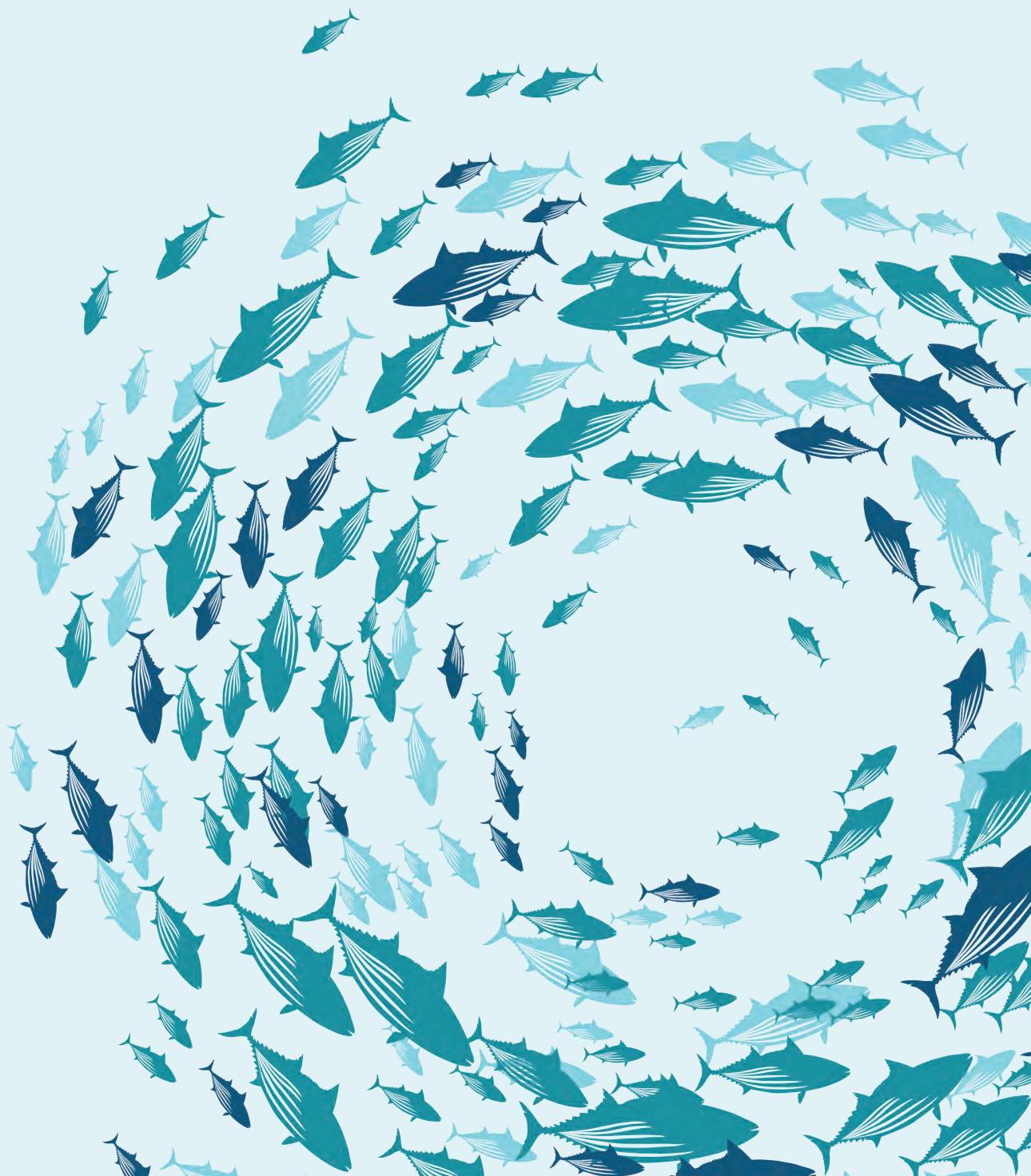
SCHMIDT, J. O.; BOGRAD, S. J.; ARRIZABALAGA, H.; AZEVEDO, J. L.; BARBEAUX, S. J.; BARTH, J. A.; BOYER, T.; BRODIE, S.; CÁRDENAS, J. J.; CROSS, S.; DRUON, J.-N.; FRANSSON, A.; HARTOG, J.; HAZEN, E. L.; HOBDAY, A.; JACOX, M.; KARSTENSEN, J.; KUPSCHUS, S.; LOPEZ, J.; MADUREIRA, L. A. S. P.; FILHO, J. E. M.; MIOSLAVICH, P.; SANTOS, C. P.; SCALES, K.; SPEICH, S.; SULLIVAN, M. B.; SZOBOSZLAI, A.; TOMMASI, D.; WALLACE, D.; ZADOR, S.; ZAWISLAK, P. A. Future ocean observations to connect climate, fisheries and marine ecosystems. *Frontiers in Marine Science*, v. 6, p. 550, 2019.

SPAUTZ, D. *Gomes da Costa reavalia investimento de R\$ 300 milhões em Itajaí*. NSC Total, 2018. Disponível em: <https://www.nsctotal.com.br/colunistas/dagmara-spautz/gomes-da-costa-reavalia-investimento-de-r-300-milhoes-em-itajai>. Acesso em: 07 abr. 2020.

TRONDSEN, T.; BRAATEN, T.; LUND, E.; EGGEN, A. E. Consumption of seafood – the influence of overweight and health beliefs. *Food Quality and Preference*, v. 15, n. 4, p. 361-374, 2004.

VERBEKE, W.; VACKIER, I. Individual determinants of fish consumption: application of the theory of planned behaviour. *Appetite*, v. 44, n. 1, p. 67-82, 2005.

CONSIDERAÇÕES FINAIS



Considerações finais

As unidades temáticas deste livro foram organizadas com o propósito de apoiar a sustentabilidade da pesca do bonito-listrado no Brasil, a partir da geração de novas informações. Ao final de cada capítulo, os pesquisadores apresentaram suas considerações. São reflexões que procedem dos estudos e análises realizadas no âmbito do Projeto Bonito-listrado, indicam carências, apontam instâncias conflituosas, sugerem caminhos para a busca de soluções, mas, principalmente, mostram a riqueza de novos temas para futuras pesquisas. A construção desta publicação foi fundamental para mensurar a potência da investigação sobre o meio ambiente marinho, em toda a sua abrangência.

Um dos apontamentos mais recorrentes foi a necessidade de implantar um sistema de monitoramento e comunicação da atividade pesqueira, em escala nacional. Trata-se de uma ferramenta fundamental para a gestão, que é regido pelo princípio da precaução, a fim de evitar que os recursos naturais atinjam pontos de inflexão. Nesse contexto, destacamos o sentido dado por Aragão (2013, p.24), pesquisadora em direito ambiental “o princípio da precaução pressupõe uma avaliação científica em todos os aspectos testáveis e verificáveis do risco antes da adoção de quaisquer medidas”¹. Isto posto, avaliações são realizadas por meio de monitoramentos continuados. Desta forma, é possível avaliar, como por exemplo, os tamanhos dos peixes pescados e o impacto das capturas nos ciclos reprodutivos na sustentabilidade do estoque pesqueiro.

Outra questão bastante comentada foi a ausência de um banco de dados de abrangência nacional, capaz de subsidiar com segurança os diferentes métodos de análises e de permitir a interpretação da forma mais plausível possível, da história da pesca deste recurso, desde quando era pouco ou nada explorado. Esse problema também está vinculado à ausência de um sistema integrado de monitoramento, levando em conta que dados ineficientes tiram o vigor das ações que visam a sustentabilidade dos recursos naturais marinhos.

A sustentabilidade é construída, principalmente, sobre três pilares, o ambiental, o social e o econômico. Em relação à dimensão social, no contexto do Projeto Bonito-listrado, as análises mostraram que há um vasto campo de pesquisas ainda inexplorado em relação à pesca industrial no Brasil. Aqui, foi dada ênfase nos aspectos históricos em relação às pescarias e às dinâmicas sociais da cadeia produtiva da pesca industrial, a partir de uma perspectiva multi-ator e de interação entre sociedade e meio ambiente. São questões complexas, que dizem respeito a um importante recurso natural altamente migratório, explorado industrialmente, e cujos processos de decisão, conflito e negociação, se dão em escalas global, nacional, regional e local.

Nesse cenário a questão social pode ser avaliada de forma promissora com a perspectiva teórica e analítica de arena decisória multi-ator e multinível, orientada por conflitos (FERREIRA *et al.*, 2017)². É de grande importância utilizar esse referencial teórico e analítico para entender os significados e valores que são atribuídos às normas legais e regulações que visam a sustentabilidade da pesca do bonito-listrado no cenário nacional, que apresentam revisões e alterações recentes, no que tange a orientação das pescarias, que é o caso, por

¹ ARAGÃO, A. Aplicação nacional do princípio da precaução. *In: Associação dos Magistrados da Jurisdição Administrativa e Fiscal de Portugal. Colóquios 2011-2012.* Lisboa. p. 159-185, 2013. Disponível em: <http://hdl.handle.net/10316/24581>. Acesso em: 08 jul. 2020.

² FERREIRA, L. C. ; CALVIMONTES, J. ; DI GIULIO, G. M. ; VIGLIO, J. E ; ARAOS, F. Conflictos entre expansión urbana y cobertura vegetal y sus consecuencias para los cambios ambientales globales: un estudio en el litoral del estado de São Paulo, Brasil. *In: FERREIRA, L. C.; SCHMIDT, L.; BUENDÍA, M. P.; CALVIMONTES, J.; VIGLIO, J. E. (Org.). Clima de tensão: Ação humana, biodiversidade e mudanças climáticas.* 1^a Ed. Campinas: Unicamp, 2017, p. 29-54.

exemplo, da Instrução Normativa nº 14/2020, que permite a pesca de cerco para captura complementar do bonito-listrado e de outras espécies de atum. Nesse sentido, seria oportuno realizar estudos que considerassem a linguagem e seus conjuntos simbólicos, para entender como os conflitos são explicitados.

Outro eixo de preocupações sociais, também evidenciado no âmbito do Projeto Bonito-listrado, refere-se à ausência e lacunas de ações político-institucionais referentes à gestão pesqueira e às condições dos trabalhadores da pesca industrial, como foi o caso do estudo sobre o estado do Rio de Janeiro. Iniciativas que melhorem a profissionalização destes trabalhadores são fundamentais para a inovação e crescimento do setor. O princípio social da sustentabilidade sugere que os trabalhadores tenham formação adequada por meio de cursos de formação técnica e especialização, para torná-los profissionais mais capacitados, a fim de estabelecer um processo produtivo mais seguro e eficiente.

Reconhecemos que, para promover a sustentabilidade, é preciso conhecer. Mais que conhecer, é necessário compreender, porque “a compreensão se baseia no conhecimento e o conhecimento não pode avançar sem uma compreensão tácita preliminar” (ARENKT, 1994, p. 333). Com base em Arendt³, acreditamos que o conhecimento só avançará se coincidir com os interesses daqueles que precisam garantir o futuro da pesca. É importante ressaltar que as demandas das agendas internacionais para sustentabilidade dos oceanos enfatizam a necessidade de aprimorar o conhecimento e a pesquisa científica, no sentido de desenvolver “estratégias para gerar conscientização acerca da relevância natural e cultural do oceano”⁴, portanto, compartilhar tornou-se obrigatório.

Dentre as temáticas do livro, o estudo sobre a biologia do bonito-listrado envolveu o maior número de pesquisadores. As pesquisas observam o bonito-listrado desde o estado larval até a fase adulta, quando são capturados. A abrangência dos estudos abordou sua dieta, para melhor entender o papel da alimentação no ciclo de vida e nas rotas migratórias da espécie. Também, foram apurados os tipos de parasitos pelos quais são acometidos, e ainda as relações de conectividade genética entre as populações no oceano Atlântico. Esses estudos mostraram um quadro essencial sobre o bonito-listrado, recurso natural oceânico, altamente migratório, que mobiliza um complexo setor produtivo industrial, que integra uma importante arena social e, objetivamente, começa em um minúsculo ovócito.

Os estudos examinam os aspectos ambientais angulados pela sustentabilidade, tendo como núcleo a conservação da biodiversidade e características do mar, visando a qualidade do meio ambiente marinho como fonte principal da vida nos oceanos. Lembrando que, para uma fêmea conseguir desovar e o macho conseguir fecundar, é necessário que os ambientes estejam em condições ideais de temperatura, salinidade, nutrição e corrente marinha, a fim de que os novos indivíduos sobrevivam, cresçam e novamente se reproduzam de forma adequada.

A dinâmica da biodiversidade está integrada às dinâmicas oceanográficas, e ambas conectadas aos fatores climáticos. Mas, as mudanças climáticas aumentaram as incertezas e geraram ou intensificaram as anomalias nas interações oceanográficas, afetando os ecossistemas marinhos. É preciso compreender melhor os efeitos dessas anomalias, porque elas têm reflexos diretos nos resultados das capturas da pesca.

Os estudos indicam que, para enfrentar as incertezas, é necessário que as análises sejam continuadas, assim como as buscas por soluções. Um exemplo é o que foi apontado por um dos estudos de caso, em que foram demonstrados resultados práticos e positivos de parcerias com centros de excelência de universidades, que aportam a inovação tecnológica para que os setores produtivos obtenham resultados competitivos frente ao cenário internacional.

³ ARENDT, Hannah. *Compreender, formação, exílio e totalitarismo*. São Paulo: Editora Schwarcz, 1994.

⁴ ONU. *Conferência sobre os Oceanos*, 2017, parágrafo 12d. Disponível em: <https://nacoesunidas.org/wp-content/uploads/2019/05/conferencia-oceanos-2017.pdf>. Acesso em: 18 mai. 2020.

Esses processos também fazem parte da sustentabilidade empresarial, explicitados pelos planos de desenvolvimento econômico para o fortalecimento do mercado de consumo. É um desafio que perpassa o conceito da modernização, no sentido de buscar mais eficiência energética na reengenharia dos processos que ultrapassam os riscos, e se apoiam na pesquisa científica para enfrentar as incertezas. Entretanto, não é somente o setor produtivo que necessita de inovação e tecnologia, também a ciência e todos os campos de pesquisas carecem de incentivos. A pesquisa científica precisa de apoio para empreender, para realizar mais experiências, para aperfeiçoar suas tecnologias, a fim de que os resultados sejam mais precisos, como, por exemplo, foi a experiência inédita de marcação eletrônica para acompanhamento via satélite em bonitos-listrados. Apesar das limitações enfrentadas pelos pesquisadores, ainda assim, confirmaram-se algumas hipóteses, como é o caso da suscetibilidade do bonito-listrado às variações de temperatura da superfície e relacionadas às concentrações de plâncton no ambiente marinho.

Nossas considerações estão norteadas pelos princípios da sustentabilidade, nas suas dimensões sociais, econômicas e ambientais. Através desses princípios somos capazes de entender quais são os temas que carecem de mais pesquisas. Da mesma forma, são por esses princípios que as pesquisas multidisciplinares e interdisciplinares se justificam. Ao final de todos os capítulos, resultado de três anos de pesquisas do Projeto Bonito-listrado, entendemos que aqui também estão propostos novos estudos sobre um dos mais importantes recursos naturais oceânicos. Significa, portanto, que a abrangência de futuros estudos para a sustentabilidade da pesca do bonito-listrado no Brasil deve crescer cada vez mais.

Os organizadores,

Lauro A. Saint Pastous Madureira
Cassiano Monteiro-Neto

Agradecimentos

Por ser um livro multidisciplinar e que trata da bioecologia e da socioeconomia da pesca do bonito-listrado nossos agradecimentos dirigem-se à academia, à indústria pesqueira e de processamento, aos mestres dos barcos, suas tripulações e ao terceiro setor.

Ao Fundo Brasileiro para a Biodiversidade (FUNBIO) por sua competência na condução do edital de pesquisa. Agradecemos à atual e às anteriores equipes do Programa de Pesquisa Marinha, de forma especial às Sras. Erika Polverari (*in memoriam*) Ana Helena Bevilacqua Farias, Natalia Prado Lopes Paz, Laura Pires Petroni e aos Srs. André Aroeira, Rodolfo C. G. Marçal, Charles Guerra (Chevron) e Aline Almeida (PetroRio).

À Universidade Federal do Rio Grande – FURG, especial agradecimento à Reitora Cleuza Maria Sobral Dias, ao Vice-Reitor Danilo Giroldo e aos Pró-Reitores Mozart Tavares Martins Filho e Eduardo Resende Secchi, pela colaboração e eficiência na coordenação deste projeto de pesquisa.

À Indústrias Alimentícias Leal Santos Ltda - Grupo ACTEMSA - agradecemos aos diretores e à equipe administrativa por incentivar a cooperação universidade-empresa e valorizar a pesquisa, com especial atenção aos Srs. Henrique José Viera da Fonseca, José Luiz Escuris, Eng. Alexandre Llopert, à Sra. Cláudia Oleinik e aos Srs. Mestres dos atuneiros e suas tripulações.

À Fundação de Apoio à Universidade do Rio Grande – FAURG, pelo empenho de toda equipe, na administração e execução deste projeto, que envolveu cinco universidades e uma fundação de apoio à pesquisa.

Ao Sindicato dos Armadores e das Indústrias da Pesca de Itajaí e Região – SINDIPI; ao Sindicato dos Armadores de Pesca do Rio de Janeiro – SAPERJ; ao Sindicato de Industrias de Pesca, Doces e Conservas Alimentícias do Estado do Rio Grande do Sul, por facilitarem o diálogo entre os pesquisadores e o setor produtivo. Nossa muito especial agradecimento ao colega e entusiasta da pesca do bonito-listrado Comandante Leme (Capitão de Mar e Guerra Flávio de Moraes Leme, *in memoriam*).

A CLS Group por autorizar-nos a utilizar as imagens satelitais do software CATSAT.

Especialmente, aos pesquisadores da Instituto Oceanográfico da Universidade de São Paulo: Mario Katsuragawa, Érico Silva Lima Gomes dos Santos, Cláudia Namiki, Maria de Lourdes Zani-Teixeira & Yasunobu Matsuura (*in memoriam*) pelo capítulo “Fases iniciais do ciclo de vida do bonito-listrado na costa brasileira”, que contribuiu para complementar e melhorar o conteúdo dessa publicação.

À Neiva Neves, nossa assistente administrativa ao longo de todo o projeto. À Dra. Eliana Veleda Klering, (IO-FURG), pelas enriquecedoras discussões. Ao Sr Wilson Santos (WS Consultoria) pelo aporte de dados de captura de sardinha e bonito-listrado, pelas discussões e esclarecimentos referentes ao setor industrial da pesca. À Ana Beatriz Almeida de Oliveira (UFRGS) e José Munari Faccin (Pro-Science Data) por suas contribuições.

Aos autores/pesquisadores que participaram desta edição.

Participaram desta edição (em ordem alfabética):

Aldrey Wanderley Szepaniuk - Bióloga pela UFRJ¹. Desenvolveu pesquisas nas áreas de biologia de peixes, colaborou no Projeto Bonito-listrado, atuando no Instituto de Biodiversidade e Sustentabilidade da UFRJ – NUPEM.

E-mail: aldreyeszepaniuk@gmail.com

Aleksandra Menezes de Oliveira - Graduada em Ciências Biológicas pela UFRJ, com mestrado em Biofísica e Doutora em Ciências pela UFRJ. Pós-doutorado Júnior - CNPq². Atualmente é professora de Parasitologia Geral na UFRJ/Campus Macaé. Pesquisadora na área de Parasitologia, com ênfase em Parasitologia Veterinária e Humana do NUPEM.

E-mail: alekmenezes@gmail.com ou alek@macae.ufrj.br

Allan Pierre Bonetti Pozzobon - Graduado em Ciências Biológicas e Mestre em Biologia Molecular e Celular pela UNESP³ de Rio Claro, São Paulo; Doutor em Ciências Ambientais e Conservação pela UFRJ/Campus Macaé. Desenvolve pesquisas focadas nas áreas de sistemática, filogenia e filogeografia de peixes marinhos e de água doce.

E-mail: allanpbpozzobon@gmail.com

Anderson Vilasboa Vasconcellos - Graduado em Ciências Biológicas pela UFRJ, Mestre e Doutor em Genética pela UFRJ. É professor adjunto no Departamento de Genética da UERJ⁴. Suas áreas de pesquisas se concentram na genética de populações e evolução de peixes e outros organismos explorados pela pesca comercial.

E-mail: andersonvilasboa@gmail.com

André Brum - Oceanólogo pela FURG⁵. Mestre, Doutorando no Programa de Pós-Graduação em Oceanografia Física, Química e Geológica da FURG, com doutorado sanduíche no *GEOMAR Helmholtz Centre for Ocean Research* em Kiel, na Alemanha. Atualmente atua nas áreas de dinâmica dos oceanos, análises energéticas e análises de variabilidades em diferentes escalas temporais nos oceanos.

E-mail: andre_brum2003@yahoo.com.br

Ariane Mello Silva Avila - Administradora, Mestre em Administração, Doutoranda no Programa de Pós-Graduação em Administração da Universidade Federal do Rio Grande do Sul (PPGA/UFRGS). Pesquisadora do Núcleo de Estudos em Inovação (NITEC/UFRGS) em temas ligados a capacidades de inovação, economia institucional e agronegócio.

E-mail: arianemavila@gmail.com

Bruno Macena - Doutor em Oceanografia pela UFPE⁶ Pós-doutorado na Universidade dos Açores, Portugal. Trabalha com técnicas não invasivas de marcação para descrição de comportamentos de tubarões. Especialista em biotelemetria de elasmobrânquios no Brasil.

E-mail: brunomacena@hotmail.com

Caroline Marques Varela - Oceanóloga, formada pela FURG. Mestranda no programa de Pós-Graduação em Oceanografia Biológica – FURG. Desde 2016 atuando como estagiária no Laboratório de Tecnologia Pesqueira e Hidroacústica do Instituto de Oceanografia da FURG.

E-mail: carol_marques-v@hotmail.com

Cassiano Monteiro-Neto - Oceanólogo, Doutor em Ciências do Mar pelo *College of William and Mary*. Professor Titular do Departamento de Biologia Marinha da Universidade Federal Fluminense (UFF), Coordenador do Laboratório ECOPESCA, atua no estudo de comunidades de peixes, modelagem ecossistêmica e pesca.

E-mail: cmneto@id.uff.br

¹ UFRJ – Universidade Federal do Rio de Janeiro

² CNPq – Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico

³ UNESP – Universidade Estadual do Estado de São Paulo

⁴ UERJ – Universidade do Estado do Rio de Janeiro

⁵ FURG – Universidade Federal de Rio Grande

⁶ UFPE – Universidade Federal de Pernambuco

Claudia Akemi Pereira Namiki - Bacharel em Ciências Biológicas e Mestre em Ecologia pelo Instituto de Biologia da UFRJ. Doutora em Oceanografia Biológica pelo IOUSP⁷. Atualmente é Pós-doutoranda e Professora Colaboradora Nível III no DOB⁸-IOUSP. Atua na pesquisa sobre ecologia e biologia do ictioplâncton marinho e é editora do blog *Bate-papo com Netuno*.

E-mail: namiki@usp.br

Débora Henrique Salvador Pereira dos Santos - Licenciatura em Ciências Biológicas pela UFRJ/Campus Macaé (2020). Atuou como estudante de Iniciação Científica. Responsável pelas análises de *Katsuwonus pelamis* infectado, na identificação de helmintos coletados. E-mail: deborahenrique.dh@gmail.com

Elza Kawakami Savaget - Graduada em Comunicação social com atuação profissional na área do jornalismo ambiental, Mestre em Memória Social pela UNIRIO⁹ e Doutora em Sociedade e Meio Ambiente pelo NEPAM¹⁰ – UNICAMP¹¹.

E-mail: elzasavaget@me.com

Érico Silva Lima Gomes dos Santos - Graduando em Oceanografia pelo Instituto Oceanográfico da USP¹². Atualmente trabalha como técnico de meio ambiente em pesquisas relacionadas ao ictioplâncton marinho. Seu campo de atuação é a pesquisa, principalmente a identificação, do ictioplâncton marinho.

E-mail: erico.santos@usp.br

Fabiana Daniela Mendonça - Bacharel em Ciências Biológicas pela Universidade Adventista de São Paulo. Mestre e Doutoranda em Ciências Ambientais e Conservação pelo PPGCIAC¹³. Tem experiência na área de helmintos parasitos de pescado e atuou pelas análises de *Katsuwonus pelamis* infectados e triagem dos helmintos.

E-mail: fabidanibio@gmail.com

Fernanda Maria Melo Gonçalves e Silva - Graduada em Biologia Marinha pela UFRJ. Mestre em Oceanografia também pela UFRJ. Foi Analista de Recursos Pesqueiros na FIPERJ¹⁴ até julho de 2019.

E-mail: fernanda.mgs@hotmail.com

Gabriel Marcel de Souza Corrêa - Graduado em Ciências Biológicas pela UVA¹⁵, Mestrando do Programa de Pós-Graduação em Biologia Marinha e Ambientes Costeiros, estudando parâmetros biológicos de *Katsuwonus pelamis* na região sudeste do Brasil.

E-mail: gabrielmarcel12@hotmail.com

Guelson Batista da Silva - Bacharel em Engenharia de Pesca, Mestre em Ciências Marinhas Tropicais, Doutor em Engenharia de Pesca, todos pela UFC¹⁶. Atualmente é professor adjunto no Departamento de Ciências Animais do Centro de Ciências Agrárias na UFERSA¹⁷, atuando principalmente na área de biologia e pesca de recursos pesqueiros, com ênfase nos atuns e afins.

E-mail: guelson@ufersa.edu.br

Guilherme Freitas Camboim - Administrador, Mestre em Administração, Doutorando no Programa de Pós-Graduação em Administração da Universidade Federal do Rio Grande do Sul (PPGA/UFRGS). Pesquisador do Núcleo de Estudos em Inovação (NITEC/UFRGS) em temas ligados a capacidades de inovação, ecossistemas de inovação e *smart cities*.

E-mail: guilhermecamboim@hotmail.com

⁷ IOUSP – Instituto Oceanográfico da Universidade de São Paulo

⁸ Departamento de Oceanografia Biológica

⁹ Programa de Pós-Graduação em Memória Social (PPGMS) - UNIRIO – Universidade Federal do Estado do Rio de Janeiro

¹⁰ NEPAM – Núcleo de Estudos e Pesquisas Ambientais da UNICAMP – Universidade Estadual de Campinas

¹¹ UNICAMP – Universidade Estadual de Campinas

¹² USP – Universidade de São Paulo.

¹³ PPGCIAC – Programa de Pós-Graduação em Ciências Ambientais da Universidade Federal do Rio de Janeiro - Macaé

¹⁴ FIPERJ – Fundação Instituto de Pesca do Estado do Rio de Janeiro

¹⁵ UVA – Universidade Veiga de Almeida

¹⁶ UFC – Universidade Federal do Ceará

¹⁷ UFERSA – Universidade Federal Rural do Semiárido

Jorge Pablo Castello - Prof. Titular Emérito do instituto de Oceanografia - FURG. Doutor em Oceanografia Biológica da FURG; Licenciado em Biologia pela *Universidad de Buenos Aires*. Áreas de interesse: Recursos Pesqueiros Pelágicos; Maricultura e Impactos Ambientais; Ecologia do Ecossistema Pelágico; Manejo e Gestão Ambiental.
E-mail: castellojpc@gmail.com

José Eduardo Viglio - Bacharel em Ecologia pela UNESP, Mestre em Engenharia Urbana pela UFSCAR¹⁸, Doutor em Ciências Sociais pela UNICAMP com Pós-Doutorado pelo NEPAM - UNICAMP, onde atualmente é Pesquisador Colaborador.
E-mail: eduviglio@gmail.com

José Luiz Azevedo - Graduado em Engenharia Química pela FURG, Mestre em Engenharia Elétrica pela UFSC¹⁹. Doutor em Oceanografia Física, Química e Geológica pela FURG com sanduíche na *Florida State University*. É professor da graduação e pós-graduação na Oceanologia da FURG. Área preferencial de atuação: dinâmica dos oceanos, com ênfase em instabilidades, balanços energéticos, vórtices oceânicos e relação da temperatura superficial do mar com a pesca.
E-mail: joseazevedo@furg.br

Júlia Benevenuti Soares - Licenciada e Bacharel em Ciências Biológicas, Mestre e Doutoranda pelo Programa de Pós-Graduação em Biologia Marinha e Ambientes Costeiros pela UFF²⁰. Pesquisa sobre parâmetros biológicos de recursos pesqueiros, modelagem ecosistêmica e cadeia de valores na pesca.
E-mail: Jubenevenuti@hotmail.com

Júlia Peralta Gonçalves - Graduada em Farmácia com habilitação em Análises Clínicas. Mestre em Farmacologia e Química Medicinal e Doutora em Ciências pela UFRJ. Pós-doutorado Junior - CNPq. Atualmente é Professora Adjunta de Parasitologia Geral na UFRJ/Campus Macaé.
E-mail: juliaperaltagoncalves@gmail.com/juliaperalta@macae.ufrj.br

Juliano Coletto - Oceanólogo, Mestre e Doutorando em Oceanografia Biológica pela FURG. Atua em pesquisas sobre a pesca do bonito-listrado desde 2012, incluindo uso de anchoíta como isca-viva e oceanografia operacional aplicada.
E-mail: julianocoletto@hotmail.com

Laís Buriti de Barros - Nutricionista pela UERJ. Especialista em Ciência de Alimentos pela UNIRIO. Mestre em Ciência e Tecnologia de Alimentos pela UFV²¹ Doutora em Higiene Veterinária e Processamento Tecnológico em Produtos de Origem Animal pela UFF. Professora Associada do Curso de Nutrição da UFRJ/Campus Macaé.
E-mail: lais.buriti@gmail.com

Lauro A. Saint Pastous Madureira - Graduado em Oceanografia pela FURG e Ph.D pela *University of Cambridge*. Especialista em prospecções acústicas de recursos pelágicos. Trabalha há 8 anos junto ao setor pesqueiro na pesca de bonito-listrado e sardinha. Desde 1994 é professor dos Cursos de Graduação e Pós-Graduação no Instituto de Oceanografia na FURG.
E-mail: lauro.aspm@gmail.com

Lucia da Costa Ferreira - Ecóloga e Socióloga e Doutora em Ciências Sociais pela UNICAMP. Pesquisadora do Núcleo de Estudos e Pesquisas Ambientais da UNICAMP. Orientadora nos Programas de Doutorado em Ambiente e Sociedade e Ciências Sociais da UNICAMP.
E-mail: luciacf@unicamp.br

¹⁸ UFSCAR – Universidade Federal de São Carlos

¹⁹ UFSC – Universidade Federal de Santa Catarina

²⁰ UFF – Universidade Federal Fluminense

²¹ UFV – Universidade Federal de Viçosa

Luciano Fischer - Oceanógrafo, Mestre e Doutor em Oceanografia Biológica. Professor Adjunto da UFRJ, Campus Macaé. Orientador no Programa de Pós-Graduação em Ciências Ambientais e Conservação no Instituto de Biodiversidade e Sustentabilidade da UFRJ. E-mail: luciano.fischer@gmail.com

Luís Gustavo Cardoso - Doutor em Oceanografia Biológica, Professor adjunto da FURG. Trabalha com biologia, avaliação e manejo de recursos pesqueiros. Lidera a equipe do Laboratório de Recursos Pesqueiros Demersais e Cefalópodes do Instituto de Oceanografia da FURG.
E-mail: cardosolg15@gmail.com

Marcelo Peres de Pinho - Engenheiro de Computação e Doutor em Oceanografia Física, Química e Geológica pela FURG. Desde 2015 é Técnico em Instrumentação Oceanográfica do Instituto de Oceanografia da FURG.
E-mail: marcelo.pinho@gmail.com

Marcus Rodrigues da Costa - Doutor em Ciências pela UFRRJ²², Professor Adjunto do Departamento de Biologia Marinha da UFF e Sub-coordenador do Laboratório ECOPESCA. Pesquisador nas áreas de ecologia de peixes, recursos pesqueiros e interações entre espécies e condicionantes ambientais.
E-mail: marcusrc@id.uff.br

Maria de Lourdes Zani-Teixeira - Bacharel em Ciências Biológicas pelo Instituto de Biociências da USP. Mestre pelo Instituto Oceanográfico da USP. Bióloga do Departamento de Oceanografia Biológica do IOUSP. Atua em pesquisas relacionadas ao estudo da biologia e ecologia do ictioplâncton marinho
E-mail: zanit@usp.br

Mario Katsuragawa - Bacharel em Ciências Biológicas pelo Instituto de Biociências da USP. Mestre e Doutor pelo IOUSP. Atualmente exerce a função de Professor Associado, junto ao Departamento de Oceanografia Biológica do IOUSP. O campo de atuação principal em estudos relacionados a biologia e ecologia do ictioplâncton marinho.
E-mail: mkatsura@usp.br

Paula Araujo Catelani - Bióloga pela Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro, com Mestrado e Doutorado em Ciências Ambientais e Conservação (PPG-CiAC) pela UFRJ Campus Macaé. Foi bolsista de Pós-doutorado no Projeto Bonito-listrado, atuando no Instituto de Biodiversidade e Sustentabilidade da UFRJ.
E-mail: ktelani@gmail.com

Paulo Antônio Zawislak - Economista, Doutor em Economia pela *Université Paris 7*. Professor titular do na Administração da Escola de Administração da Universidade Federal do Rio Grande do Sul (EA/PPGA/UFRGS). Bolsista de Produtividade do CNPq. Coordenador do Núcleo de Estudos em Inovação (NITEC/UFRGS).
E-mail: paulo.zawislak@ufrgs.br

Paulo Roberto Camponez de Almeida - Bacharel em Ciências Biológicas, Mestre e Doutorando pelo Programa de Pós-Graduação em Biologia Marinha e Ambientes Costeiros pela UFF, estudando parâmetros biológicos de recursos pesqueiros.
E-mail: prcalmeida@id.uff.br

Pedro Hollanda Carvalho - graduado em Ciências Biológicas, Bacharelado em Zoologia, pela UFRJ, com mestrado em Ciências Biológicas pela Universidade de Genebra, e doutorado em Genética e Biologia Evolutiva pela USP. É Professor Adjunto do NUPEM-UFRJ, atuando nas áreas de evolução de peixes neotropicais, genética pesqueira e conservação.
E-mail: hollandacarvalho@gmail.com

²² UFRRJ - Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro

Rafael de Almeida Tubino - Doutor em Biologia Marinha pela UFF, Professor Adjunto do Departamento de Biologia Animal da UFRRJ. Coordenador do Laboratório de Biologia Pesqueira e Modelagem Trófica de Ecossistemas Aquáticos. É pesquisador nas áreas de biologia de peixes, ecologia trófica e modelagem ecossistêmica.

E-mail: rattubino@gmail.com

Raquel Rennó M. Martins - Doutora em Biologia Marinha e Ambientes Costeiros pela UFF. Desde 2012 trabalha na FIPERJ como Analista de Recursos Pesqueiros, e atualmente ocupa o cargo de Coordenadora de Pesca Marítima da instituição.

E-mail: raquelrmmartins.fiperj@gmail.com

Rosane Aparecida Boechat - Mestre em Psicologia Social pela UGF²³, Doutoranda no Programa de Pós-graduação em Sociologia e Direito da UFF, como pesquisadora do Projeto bonito-listrado observou os diferentes atores sociais envolvidos na pesca, a partir da Ponta da Areia, Niterói, RJ.

E-mail: socialuniverso@gmail.com

Samira El Saifi - Bacharel em Ciência Política e em Sociologia e Mestre em Ciência Política pela UNICAMP, Doutora em Ciências Sociais pelo IFCH²⁴ da UNICAMP e Pesquisadora Colaboradora no NEPAM, da UNICAMP.

E-mail: sami2@uol.com.br

Silvina Botta - Bióloga pela *Universidad Nacional de La Plata* – Argentina. Mestre e Doutora em Oceanografia Biológica pela FURG. Atualmente é Professora Adjunta do Instituto de Oceanografia da FURG atuando principalmente na área de ecologia e conservação da megafauna marinha.

E-mail: silbotta@gmail.com

Thamyrez Luiza de Carvalho Ribeiro - Graduanda em Licenciatura em Ciências Biológicas pela UFRJ/Campus Macaé. Atuou como estudante de Iniciação Científica. Responsável pela triagem de helmintos coletados.

E-mail: thamyrezluiza5@gmail.com

Vladmyr Schlosser Mello - graduando do curso de Oceanologia da FURG. Bolsista do Projeto Bonito-listrado e estagiário do Laboratório de Recursos Pesqueiros Pelágicos do Instituto de Oceanografia da FURG.

E-mail: vladmyrmello@gmail.com

Yasunobu Matsuura (*In Memoriam* 20/02/1942 – 18/05/2003) - Bacharel em Biologia Pesqueira pela *Tokyo University of Fisheries* e Ph.D. pela *Ocean Research Institute – Tokyo University*. Atuou no IOUSP desde 1967 até 2003, quando faleceu. Ocupava o cargo de Professor Titular junto ao Departamento de Oceanografia Biológica. Dedicou-se às pesquisas relacionadas ao Ictioplâncton e à Biologia Pesqueira.

Esperamos que os resultados efetivamente auxiliem no manejo sustentável da espécie, assegure a atividade dos setores produtivos e principalmente salvaguarde o acesso ao pescado às gerações futuras.

Rio de Janeiro, Julho de 2020.

²³ UGF- Universidade Gama Filho

²⁴ IFCH – Instituto Filosofia e Ciências Humanas



Foto: Lauro A. Saint-Pastous Matuteira.

Apresentamos o livro “Sustentabilidade da Pesca do Bonito-listrado no Brasil” como conclusão de ações interdisciplinares desenvolvidas por um projeto de pesquisa multidisciplinar. Este trabalho é resultado do esforço conjunto dos pesquisadores para compartilhar informações após três anos de análises de dados sobre as fases iniciais, reprodução e crescimento biológico da espécie; averiguações sobre o habitat e a dinâmica oceanográfica; observações sobre a pesca, a cadeia produtiva e a socio-economia. O objetivo é disponibilizar os resultados obtidos para toda a sociedade e contribuir para que a sustentabilidade seja efetiva em toda a abrangência da pesca do bonito-listrado no Brasil.