

MARTINS, K.M. Ecologia trófica de peixes pelágicos no Arquipélago de Fernando de Noronha,
Atlântico Equatorial, Brasil



UFRPE

UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DE PERNAMBUCO
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO
EM RECURSOS PESQUEIROS E AQUICULTURA

ECOLOGIA TRÓFICA DE PEIXES PELÁGICOS NO ARQUIPÉLAGO DE
FERNANDO DE NORONHA, ATLÂNTICO EQUATORIAL, BRASIL

Karla Mirella de Assis Bezerra Martins

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Recursos Pesqueiros e Aquicultura da Universidade Federal Rural de Pernambuco como exigência para obtenção do título de Mestre.

Prof. Dr. Paulo Travassos
Orientador

Profa. Dra. Flávia Lucena Frédou
Co-orientador

Prof. Dr. Teodoro Vaske-Jr.
Co-orientador

Recife, 02/2020

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação
Universidade Federal Rural de Pernambuco
Sistema Integrado de Bibliotecas
Gerada automaticamente, mediante os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

M386e Martins, Karla Mirella de Assis Bezerra Martins
ECOLOGIA TRÓFICA DE PEIXES PELÁGICOS NO ARQUIPÉLAGO DE FERNANDO DE NORONHA,
ATLÂNTICO EQUATORIAL, BRASIL / Karla Mirella de Assis Bezerra Martins Martins. - 2020.
67 f. : il.

Orientador: Paulo Eurico Pires Ferreira Travassos.
Coorientador: Flavia Lucena Fredou.
Inclui referências.

Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal Rural de Pernambuco, Programa de Pós-Graduação em Recursos
Pesqueiros e Aquicultura, Recife, 2020.

1. Ecologia Trófica. 2. Isótopos Estáveis. 3. Conteúdo estomacal. 4. Predadores. 5. Atlântico Oeste Equatorial . I.
Travassos, Paulo Eurico Pires Ferreira, orient. II. Fredou, Flavia Lucena, coorient. III. Título

CDD 639.3

MARTINS, K.M. Ecologia trófica de peixes pelágicos no Arquipélago de Fernando de Noronha,
Atlântico Equatorial, Brasil

UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DE PERNAMBUCO
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO
EM RECURSOS PESQUEIROS E AQUICULTURA

ECOLOGIA TRÓFICA DE PEIXES PELÁGICOS NO ARQUIPÉLAGO DE
FERNANDO DE NORONHA, ATLÂNTICO EQUATORIAL, BRASIL

Karla Mirella de Assis Bezerra Martins

Dissertação julgada adequada para obtenção
do título de mestre em Recursos Pesqueiros e
Aquicultura. Defendida e aprovada em
21/02/2020 pela seguinte Banca
Examinadora.

Prof. Dr. Paulo Travassos
Orientador
Departamento de Pesca e Aquicultura/UFRPE

Prof. Dr. Thierry Frédou
(Membro Interno)

Prof. Dr. Francisco Marcante Santana
(Membro Externo)

MARTINS, K.M. Ecologia trófica de peixes pelágicos no Arquipélago de Fernando de Noronha,
Atlântico Equatorial, Brasil

Dedicatória

Dedico este trabalho aos meus pais, Maria Lúcia e Carlos Antônio por serem os primeiros mestres na minha educação e do meu irmão Carlos Antônio Jr., por nos encorajar nos estudos e ensinar que o conhecimento é infinito e abre caminhos.

MARTINS, K.M. Ecologia trófica de peixes pelágicos no Arquipélago de Fernando de Noronha,
Atlântico Equatorial, Brasil

“Tenho a impressão de ter sido uma criança brincando à beira-mar, divertindo-me em descobrir uma pedrinha mais lisa ou uma concha mais bonita que as outras, enquanto o imenso oceano de verdade continua misterioso diante dos meus olhos.”

Isaac Newton

Take the risk or loose the chance.

Agradecimentos

Primeiramente ao Universo e as Forças da Natureza pelos caminhos designados e as oportunidades concedidas para realização dos sonhos, sempre com o alicerce da minha família que sem duvidar do propósito suportou minha ausência física com muito apoio a minha escolha profissional, não mediu esforços para que eu concluísse mais uma etapa e se mantiveram presentes, confiantes e amorosos em todas as jornadas/loucuras que me lancei e trouxeram até aqui. GRATIDÃO FAMÍLIA!

À Universidade Federal Rural de Pernambuco por ser minha casa desde a graduação, a todos os professores e funcionários que compõem o Programa de Pós-Graduação em Recursos Pesqueiros e Aquicultura, e a Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pela concessão da bolsa de mestrado.

Ao meu orientador Paulo Travassos, a quem devo meu maior agradecimento. Por ser meu guia no mundo da pesquisa, pessoa e profissional admirável que acreditou no meu desejo de trabalhar com ecologia marinha e capacidade para executar essa missão desde o início e que mesmo sem me conhecer muito, me acolheu no seu laboratório, aconselhou, orientou pacientemente e apresentou ao incrível mundo dos atuns. Sigo seus passos!

Aos professores Flávia Frédou e Teodoro Vaske-Jr por aceitarem a parceria na construção desta pesquisa, por todas as orientações e me receberem de mente e sorrisos sempre abertos, injetando um gás a mais ao longo desse período nunca me deixando desistir. Obrigada. Quando crescer quero ser igual a vocês.

Aos amigos do LEMAR e BIOIMPACT por me ajudarem inúmeras vezes com tanta boa vontade e pela vivência pautada em sorrisos e coletividade. Aprendo muito com cada um.

Um agradecimento especial a essa galera sensacional: Anne, Catarina, Danielle, Latifa, Lucas, Rafaella, Tati e Mere por dividirem muito desses dois anos desafiadores comigo com tanta gentileza, desde a bancada de processamento ao ‘bate cabeça’ na elaboração desse manuscrito repleto de momentos de angústia e alegria. Vocês reafirmaram no meu coração que ninguém é tão suficiente a ponto de não precisar de ajuda, e que apoio sincero além de fundamental, faz a gente enxergar mais longe. Levo comigo para além das fronteiras do DEPAq. Vocês me inspiram. Contem comigo!

Ao meu namorado e parceiro Bruno, por estar ao meu lado deixando a vida mais leve com seu sorriso e astral incomparável, sobretudo pela paciência e carinho na reta final de todo esse processo, sempre me lembrando do sonho por trás do trabalho. Tu é incrível Preto!

A ilha de Fernando de Noronha e seu azul fascinante por me conceder a matéria prima para este estudo. Agradeço em particular a S. Orlando, Leonardo Veras, Bacana e a todos os pescadores por apoiarem esta pesquisa auxiliando na coleta do material, por todos os ensinamentos no mar e sobre o mar, e os enigmas e aventuras da pesca oceânica.

Por fim, mas não menos importante, agradeço a todos que mesmo não citados aqui devido ao espaço limitado, apoiaram e contribuíram para a conclusão deste trabalho. É tudo nosso! AXÉ!

Resumo

O Arquipélago de Fernando de Noronha representa uma das áreas de maior produtividade biológica em território brasileiro, sendo um local importante do ponto de vista trófico para diversas espécies como os atuns e afins, mais ainda pouco estudado a luz da ecologia trófica dos mesmos. As interações tróficas e os hábitos alimentares entre quatro grandes peixes pelágicos: *Acanthocybium solandri*, *Coryphaena hippurus*, *Sphyraena barracuda* e *Thunnus albacares*, foram investigadas através do uso integrado da análise do conteúdo estomacal (ACE) e análise de isótopos estáveis (AIE), no intuito de observar o grau de sobreposição de nicho e partição dos recursos entre elas. As amostras foram coletadas em um período não regular entre 2018 e 2019. Os peixes foram mensurados a bordo e os estômagos e tecidos musculares removidos durante a evisceração. Em laboratório os estômagos foram analisados por meio do Índice de Importância Relativa para estimar a importância de cada presa na dieta, o gráfico de Costello (1990) modificado por Amundsen et al. (1996) para descrever a estratégia alimentar adotada pelos predadores, Índice padronizado de Levins para calcular a amplitude de nicho trófico e o Índice de MacArthur e Levins para investigar a sobreposição das dietas. As composições isotópicas foram aferidas mediante Biplots, o teste de Kruskal-Wallis foi empregado para avaliar possíveis diferenças de carbono e nitrogênio entre as espécies, a correlação de Spearman para examinar as relações do carbono e nitrogênio em função do comprimento do corpo, e as Elipses (Layman et al. 2007) para caracterizar as áreas de nicho isotópico dos quatro peixes. Todas as análises estatísticas foram executadas no software R 3.4.4 (R Core Team, 2018 – Rstudio). A análise do conteúdo estomacal expôs um espectro alimentar composto por itens alimentares diversos, sendo identificados 40 tipos de presas distintas, organizadas em teleósteos, moluscos, crustáceos e gelatinoso. Diodontidae e Exocoetidae foram as principais presas consumidas por *A. solandri* e *S. barracuda*. *T. albacares* consumiu principalmente grande proporção de Teleósteos e secundariamente larvas de crustáceos e lulas Teuthidae. Exocoetidae e Dactylopteridae foram mais representativos na dieta do *C. hippurus*. Os predadores exibiram uma tendência a especialização no consumo das presas; além de uma restrita amplitude de nicho e baixa sobreposição alimentar que reforçaram este comportamento. A análise isotópica estável de 213 tecidos avaliados detectou variação das razões de carbono ($\delta^{13}\text{C}$) e nitrogênio ($\delta^{15}\text{N}$) nos tecidos analisados entre as espécies realçando as diferentes presas consumidas pelos predadores. Uma relação positiva e significativa no incremento da concentração de $\delta^{15}\text{N}$ em função do tamanho corporal nos tecidos foi encontrado para a *S. barracuda*, e $\delta^{13}\text{C}$ para *T. albacares* em consequência dos diferentes requerimentos nutricionais ao longo do ciclo de vida das espécies. O exame da sobreposição dos espaços isotópicos ocupados pelos predadores mostrou que o *A. solandri* exibiu a maior área de elipse e uma sobreposição de nicho que incluiu todas as espécies. O *T. albacares* e o *C. hippurus* exprimiram uma sobreposição mais pronunciada em forma e tamanho semelhantes das elipses, expressando que os predadores podem assimilar presas com posição trófica similar. Nossos resultados sugerem que em consequência da alta disponibilidade de itens alimentares ofertados pelo AFN, as espécies se organizam de modo a reduzir a competição e a maximizar o ganho energético, facilitando a coexistência entre elas no mesmo ecossistema, como um sinal de que estes peixes se adaptam ao ambiente trófico onde vivem.

Palavras-chave: Alimentação, Predadores, Sobreposição, Conteúdo estomacal, Isótopos estáveis.

Abstract

The Fernando de Noronha Archipelago represents one of the areas of greatest biological productivity in Brazilian territory, being an important site from the trophic point of view for several species such as tunas and tuna-like resources, but still little studied in the light of their trophic ecology. Trophic interactions and feeding habits among four large pelagic fish: *Acanthocybium solandri*, *Coryphaena hippurus*, *Sphyraena barracuda* and *Thunnus albacares*, were investigated through the integrated use of stomach content analysis (SCA) and stable isotope analysis (SIA), in order to observe the degree of niche overlap and partition of resources between them. The samples were collected in a non-regular period between 2018 and 2019. The fish were measured on board and the stomachs and muscle tissues removed during evisceration. In the laboratory, stomachs were analyzed using the Index of Relative Importance to estimate the importance of each prey in the diet, the graph by Costello (1990) modified by Amundsen et al. (1996) to describe the feeding strategy adopted by predators, Levins' standardized index to calculate the range of trophic niche and the MacArthur and Levins index to investigate overlapping diets. The isotopic compositions were measured using Biplots, the Kruskal-Wallis test was used to evaluate possible differences in carbon and nitrogen between species, the Spearman correlation to examine nitrogen relations as a function of body length, and Ellipses (Layman et al. 2007) to characterize the isotopic niche areas of the four fish. All statistical analysis was performed using the software R 3.4.4 (R Core Team, 2018 - Rstudio). The analysis of stomach contents exposed a food spectrum made up of different food items, with 40 different types of prey being identified, organized in teleosts, molluscs, crustaceans and jellies. Diodontidae and Exocoetidae were the main prey consumed by *A. solandri* and *S. barracuda*. *T. albacares* consumed mainly a large proportion of Teleostes and secondarily larvae of crustaceans and squid Teuthidae. Exocoetidae and Dactylopteridae were more representative in the diet of *C. hippurus*. Predators showed a tendency to specialize in prey consumption; in addition to a narrow niche range and low food overlap. The stable isotopic analysis of 213 evaluated tissues detected a variation in the carbon ($\delta^{13}\text{C}$) and nitrogen ($\delta^{15}\text{N}$) ratios in the analyzed tissues between species, highlighting the different prey consumed by predators. A positive and significant relationship in increasing the concentration of $\delta^{15}\text{N}$ as a function of body size in the tissues was found for *S. barracuda*, and $\delta^{13}\text{C}$ for *T. albacares* as a result of the different nutritional requirements throughout the species life cycle. Examination of the overlapping of isotopic spaces occupied by predators showed that *A. solandri* exhibited the largest ellipse area and a niche overlap that included all species. *T. albacares* and *C. hippurus* expressed a more pronounced overlap in similar shape and size of the ellipses, expressing that predators can assimilate prey with a similar trophic position. Our results suggest that as a result of the high availability of food items offered by the AFN, species are organized in order to reduce competition and maximize energy gain, facilitating coexistence between them in the same ecosystem, as a sign that these fish are adapt to the trophic environment where they live.

Key words: Feeding, Predators, Overlap, Stomach content, Stable isotope.

Lista de figuras

Introdução e Contextualização da Pesquisa

	Página
Figura 1- Localização do Arquipélago de Fernando de Noronha a partir de Pernambuco, nordeste, Brasil	17
Figura 2- Exemplos de <i>Thunnus albacares</i> , <i>Sphyraena barracuda</i> , <i>Coryphaena hippurus</i> e <i>Acanthocybium solandri</i>	21

Artigo Científico

Figura 1- Mapa de localização do Arquipélago de Fernando de Noronha (AFN)	35
Figura 2- Distribuição das frequências de comprimento total para a) <i>S. barracuda</i> b) <i>A. solandri</i> c) <i>T. albacares</i> e d) <i>C. hippurus</i> .	42
Figura 3- Figura 3: Diagrama de Costello (1990) modificado por Amundsen et al., (1996) expondo as relações entre a abundância específica de presas (Pi) e a frequência de ocorrência (Fi) de itens de presas na dieta de quatro predadores pelágicos. As setas no plano de fundo dos gráficos de Costello denotam a interpretação da estratégia de alimentação das espécies, onde: BPC = componente entre fenótipos e WPC = componente dentro do fenótipo	45
Figura 4-Biplot dos isótopos estáveis de carbono $\delta^{13}\text{C}$ e nitrogênio $\delta^{15}\text{N}$ para as espécies <i>S. barracuda</i> (BAR), <i>C. hippurus</i> (DOL), <i>A. solandri</i> (WAH) e <i>T. albacares</i> (YFT).	48
Figura 5- Distribuição dos valores de $\delta^{15}\text{N}$ e $\delta^{13}\text{C}$ por comprimento total (CT - cm) das espécies <i>S. barracuda</i> (BAR), <i>C. hippurus</i> (DOL), <i>A. solandri</i> (WAH) e <i>T. albacares</i> (YFT).	49
Figura 6- Áreas de nicho isotópico (SIBER) para as espécies <i>S. barracuda</i> (BAR), <i>C. hippurus</i> (DOL), <i>A. solandri</i> (WAH) e <i>T. albacares</i> (YFT).	50

Lista de tabelas

	Página
Tabela 1- Itens alimentares identificados a partir da análise do conteúdo estomacal de quatro espécies de peixes pelágicos capturados no Arquipélago de Fernando de Noronha expressos em métricas percentuais de contribuição em: %N = Número, %P = Peso, %FO = Frequência de Ocorrência e %IRI = Índice de Importância Relativa.	43
Tabela 2- Valores representativos das amplitudes de nicho calculadas para cada espécie através do índice padronizado de Levins (Bi). Os números entre parênteses correspondem a quantidade de presas encontradas para cada espécie.	46
Tabela 3- Valores de sobreposição alimentar através das combinações entre as espécies. Valor significativo da sobreposição da dieta indicado em negrito.	46
Tabela 4- Características das espécies de peixes pelágicos capturados no AFN. Os valores mínimos e máximos dos comprimentos totais (cm), valores médios dos isótopos estáveis (‰) e o total analisado por espécie.	47
Tabela 5- Área da elipse padrão (SEAc) de quatro espécies pelágicas: <i>S. barracuda</i> (BAR), <i>C. hippurus</i> (DOL), <i>A. solandri</i> (WAH) e <i>T. albacares</i> (YFT).	50

Sumário

	Página
Dedicatória	04
Agradecimento	06
Resumo	07
Abstract	08
Lista de figuras	09
Lista de tabelas	10
1- Introdução – Contextualização da Pesquisa	12
2- Artigo Científico	31
3- Considerações finais	58
4- Referências	60

1. INTRODUÇÃO

Contextualização da pesquisa

Informações sobre a dieta e hábitos alimentares dos peixes representam uma abordagem importante na observação dos processos interativos dentro das comunidades aquáticas (ABELHA et al., 2001), como preferências de habitat, relações presa-predador, e transferência de energia dentro e entre ecossistemas (BRAGA et al., 2012). Para explicar o *status* de uma espécie dentro da sua comunidade natural ou a função que esta desempenha é necessário o conhecimento sobre aspectos de sua ecologia, como alimentação, suas fontes de energia e repartição dos recursos (ODUM e BARRET, 2015).

Os animais ocupam um nicho que está associado as suas relações tróficas e aos recursos disponíveis no ambiente, os quais por sua vez podem ser classificados quanto ao tempo, ao espaço e à dieta que consomem, caracterizando-os de acordo com as atividades que desempenham ao longo do dia, os lugares que exploram e os alimentos dos quais se nutrem (PIANKA, 1973; BRADLEY e BRADLEY, 1985). A largura do nicho e a posição trófica são características funcionais chave que permitem a descrição da posição trófica de um consumidor (HAYDEN et al., 2019), servindo como indicadores de nichos tróficos e permitindo avaliar as relações de diversas espécies no mesmo ambiente (OLIVEIRA e ISAAC, 2013; ODUM & BARRET, 2015), particularmente quanto à sobreposição de recursos alimentares (ABRAMS, 1980).

Espécies pelágicas predadoras exercem relevante função na estrutura e funcionamento dos ecossistemas, por meio da regulação em abundância e comportamento das suas presas (ENGELBRECHT et al., 2019; PREISSER et al., 2005). Predadores marinhos, como o *Thunnus albacares* (Albacora laje, Yellowfin tuna – YFT) e outros peixes pelágicos como a *Sphyraena barracuda* (Barracuda – BAR), *Acanthocybium solandri* (Cavala-impinge, Wahoo – WAH) e *Coryphaena hippurus* (Dourado, Dolphinfish – DOL), são espécies detentoras de expressivo valor ecológico e econômico. Distribuem-se amplamente por extensas zonas oceânicas de grande potencial para a pesca, da qual são espécies-alvo, ocupam nível trófico alto, consumindo grandes quantidades de presas para suprir suas necessidades energéticas, disponibilizando energia para outros organismos topo de cadeia (GIACOMINI e PETRERE JR., 2010).

O Brasil é detentor de um dos ecossistemas mais remotos e de elevada notoriedade e biodiversidade, o Arquipélago de Fernando de Noronha (AFN), que

compreende no seu entorno duas unidades de conservação, o Parque Nacional Marinho (PARNAMAR) e a Área de Proteção Ambiental (APA) (SERAFINI et al., 2010). Em suas águas, espécies como a albacora laje, barracuda, cavala impinge e dourado compõem parte das principais capturas realizadas por embarcações artesanais e esportivas no entorno do AFN, sendo importantes recursos pesqueiros direcionados para consumo dos moradores da ilha e ao comércio local (GARLA e GARCIA JR., 2008; DOMINGUEZ et al., 2013). De acordo com Dominguez et al. (2013), a albacora laje lidera o ranking de participação relativa nas capturas do AFN com 30,1% da biomassa total capturada, com a cavala impinge, barracuda e o dourado representando 7,6%, 6,6% e 3,4% respectivamente.

Diversos estudos acerca da ecologia alimentar de peixes predadores marinhos já foram realizados nos oceanos Atlântico, Pacífico e Índico com o intuito de investigar a composição da dieta desses animais e suas relações tróficas por meio da análise do conteúdo estomacal. No Oceano Atlântico, Dragovich (1969); Zavala-Camin (1981); Maldeniya (1995), Vaske Jr. e Castello (1998), Oxenford e Hunte (1999), Oxenford et al. (2003), Vaske Jr. et al., (2004), Randall (2004), Menoscal et al. (2012), Mendoza-Ávila et al. (2016), Grubich et al. (2007) e Albuquerque et al. (2019) estudaram espécies como o *T. albacares*, *A. solandri*, *C. hippurus* e a *S. barracuda*, e observaram que a dieta destes animais é composta de ampla gama de organismos, sendo peixes, cefalópodes e crustáceos os mais importantes.

A entendimento do papel trófico das espécies é o passo inicial para a compreensão do funcionamento da estrutura trófica de diferentes comunidades, possibilitando posteriores orientações para uso sustentável dos ambientes (GASALLA e SOARES, 2001; GORNI, 2010). No geral, as relações tróficas podem ser entendidas através da análise do conteúdo estomacal (ACE) dos animais revelando o que está sendo ingerido pelos indivíduos em determinados locais e períodos de tempo (BEAUDOIN et al., 1999). Este método tornou-se bastante conhecido e empregado em estudos acerca da ecologia alimentar de grandes peixes pelágicos (FRANKS et al., 2007; GRUBICH et al., 2008; RUDERSHAUSEN et al., 2010), mas devido a algumas limitações, como a difícil identificação de itens com nível avançado de digestão nos estômagos, faz-se necessário a complementação das informações obtidas mediante outras metodologias de análise e interpretação da partilha de recursos alimentares entre as espécies.

Assim, como complemento à análise do conteúdo estomacal, tem-se utilizado a análise de isótopos estáveis (AIE), que tem se consolidado desde a década de 50 como

uma ferramenta relevante em pesquisas ecológicas, pois os elementos presentes nos ecossistemas estão diretamente correlacionados aos ciclos da matéria e energia nos ambientes (PEREIRA e BENEDITO, 2008). Em estudos ecológicos, os isótopos de carbono ($^{13}\text{C}/^{12}\text{C}$) e nitrogênio ($^{15}\text{N}/^{14}\text{N}$) são amplamente utilizados para complementar os estudos tróficos com conteúdo estomacal (REYES, 2005; LIN et al., 2007; GORNI, 2010; CAMPOS et al., 2015; MALEK et al., 2016), permitindo a obtenção de informações sobre fluxos de energia, fontes de nutrientes e relações tróficas (O'REILLY et al., 2004).

As razões de isótopos estáveis presentes nos tecidos dos predadores estão relacionados com os de suas presas e são transferidos por meio de um processo de fracionamento, ao longo da cadeia alimentar (enriquecimento de até 1‰ para cada nível trófico). O carbono, por meio do $\delta^{13}\text{C}$, é utilizado para identificar as principais fontes de energia primária dos organismos, considerando-se que as razões isotópicas das fontes deste elemento diferem entre si. Já o nitrogênio, é empregado como indicador da posição trófica dos organismos (DENIRO e EPSTEIN, 1978, 1981; PETERSON e FRY, 1987; POST, 2002).

O uso conjunto de duas abordagens distintas como ACE e AIE, proveem bases para um debate mais amplo e eficiente sobre o fluxo de energia em teias alimentares em ambientes tropicais (MANETTA e CECILIO, 2003). Entretanto, o emprego conjunto destas abordagens ainda é escasso e mesmo inexistentes na maioria dos locais ao longo da costa brasileira, como o Arquipélago de Fernando de Noronha (AFN), área de estudo do presente trabalho.

Nesta perspectiva, sabendo que a pesca é um importante elo de ligação entre homem e natureza e que pesquisas sobre aspectos da ecologia trófica são indispensáveis na análise e desenvolvimento de medidas de manejo sob o enfoque ecossistêmico, o presente estudo objetiva aportar dados inéditos sobre a partilha do ambiente pelágico e as relações tróficas entre quatro espécies de predadores marinhos capturados no Arquipélago de Fernando de Noronha por meio de duas ferramentas ecológicas distintas, a ACE e AIE.

O Arquipélago de Fernando de Noronha (AFN)

Localizado nas coordenadas 03°51'27''S e 32°25'07''W, o Arquipélago de Fernando de Noronha é um distrito estadual pertencente ao Estado de Pernambuco, distando 540 km da cidade de Recife e constituindo-se de 21 ilhas e ilhotas. A ilha principal apresenta características particulares, como um relevo acentuado e dois lados

distintos, conhecidos como “mar de dentro”, a face mais protegida dos ventos e correntes, voltada para noroeste, com características de mar calmo durante a maior parte do ano, e o “mar de fora”, voltado para sudeste, com traços de mar mais agitado e forte ação dos ventos alísios (SERAFINI et al., 2010). De acordo com Lessa et al. (1998) é na extensão do mar de fora que se encontram as áreas de pesca, situadas nas proximidades da “parede” região onde a profundidade cai bruscamente (800-1,200 m) oportunizando eventos de enriquecimento de nutrientes que permitem a associação dos principais recursos pesqueiros utilizados pelas pescarias atuantes no AFN.

Esta região é originária da última atividade vulcânica do leito oceânico no Brasil (IBAMA, 1990), tratando-se de um ambiente geograficamente sem conexão com o continente, fato que lhe atribui a existência de uma rica biodiversidade insular, abrangendo até mesmo processos endêmicos (FONSECA et al., 2006; SERAFINI et al., 2010). Possui um clima tropical oceânico, com dois períodos bem marcados durante o ano, sendo uma temporada seca nos meses de agosto a janeiro, e uma chuvosa de fevereiro a julho (ESTON et al., 1986).

O arquipélago encontra-se sob influência da Corrente Sul Equatorial, que possui águas mornas (26-27°C), elevada transparência (40 m) e que flui no sentido leste-oeste, da África para o Brasil (SOTO, 2001; ICMBio, 2015), exercendo influência na distribuição vertical das isotermas dessa massa d’água e induzindo provavelmente processos de ressurgências nas imediações do arquipélago (TRAVASSOS et al, 1999).

Ambientes insulares exibem uma paisagem ímpar proveniente de processos oceanográficos de mesoescala como o Efeito Ilha (EI), que reflete o encontro de correntes marinhas e ventos com a topografia da ilha convergindo o fluxo de água com os montes submarinos (ASSUNÇÃO, 2017) promovendo movimentos turbulentos e de mistura na coluna d’água que provocam a elevação de águas profundas e transformam parte de um oceano oligotrófico em um ambiente de maior produtividade primária, através da expansão da concentração de nutrientes, da biomassa planctônica na camada mais superficial, conseqüentemente influenciando as comunidades biológicas ao redor e toda teia trófica marinha circundante (LIMA et al, 2016) e contribuindo principalmente para o aumento da atividade pesqueira da região (SILVA, 2018).

O AFN é caracterizado como uma Área Ecológica ou Biologicamente significativa (“Ecologically or Biologically Significant Areas”; EBSA), apresentando uma biodiversidade particular, agregando diversos organismos marinhos, incluindo espécies endêmicas (SERAFINI et al., 2010), que usam o local para desenvolvimento de suas

atividades alimentares e reprodutivas, e até mesmo como abrigo (VASKE Jr. et al., 2006). O AFN compõe uma Área de Proteção Ambiental que abrange o próprio AFN, o Atol das Rocas e o arquipélago de São Pedro e São Paulo (ASPSP) (Decreto 92.755 de 5 de junho de 1986), cobrindo um território de cerca de 10.929,47 hectares, com diferentes medidas e níveis de proteção pela lei brasileira (FRANCINI-FILHO et al., 2018).

Ambientes insulares de elevada biodiversidade geralmente constituem locais vulneráveis que necessitam de normas específicas para manejo de sua fauna que levem em consideração suas características biológicas, importância ecológica, e seus valores econômicos e culturais para a comunidade local (LEITE et al., 2007), especialmente em face aos impactos humanos impulsionados pelo rápido avanço e desenvolvimento da população, carga turística e uso do ambiente capazes de afetar o ecossistema marinho de modo considerável. A região de Fernando de Noronha, tem descrito em seus registros históricos de ocupação a prática de atividades pesqueiras no seu entorno (SILVA, 2013), que suprem até os dias atuais uma demanda gerada pelo turismo e comércio local; no qual peixes pelágicos (Scombridae, Sphyraenidae, Coryphanidae) (DOMINGUEZ et al., 2016) além de apresentarem atribuição ecológica expressiva como predadores de topo da teia alimentar marinha, detém um valor crucial para o ecoturismo pesqueiro e consumo do comércio e população local. No entanto, é necessária uma política pesqueira apropriada que para além da conservação do ambiente e dos recursos pesqueiros, empregue de modo contínuo informações científicas a acerca dos aspectos bioecológicos e sistêmicos para esta finalidade, com o objetivo de minimizar implicações negativas tanto para o meio ambiente marinho como para o turismo marítimo praticado na ilha.

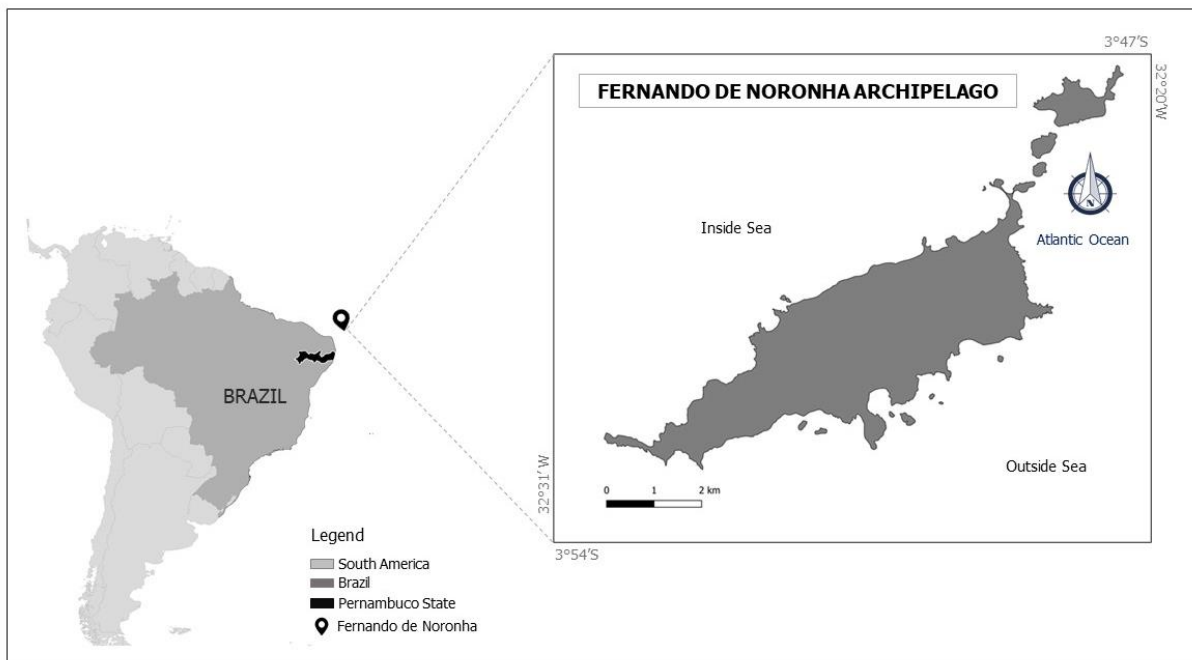


Figura 1: Localização do Arquipélago de Fernando de Noronha a partir de Pernambuco, nordeste, Brasil.

Espécies Estudadas

Albacora laje - *Thunnus albacares* (Bonnaterre 1788)

O *Thunnus albacares* é uma espécie oceânica epipelágica pertencente à família Scombridae, descrita primeiramente como *Scomber albacares*. Espécie cosmopolita e migradora, distribui-se em águas tropicais e subtropicais dos oceanos Atlântico, Pacífico e Índico, especialmente em águas com elevada produtividade e temperatura, podendo alcançar 210 cm de comprimento total (COLLETTE e NAUEN, 1983) e atingir a idade máxima de oito anos (FROESE e PAULY, 2006).

Esta espécie possui um limite térmico de ocorrência variando entre 18° e 31°, passando a maior parte de seu tempo em águas com temperaturas uniformes, no entanto é capaz de realizar incursões em águas profundas abaixo da termoclina especialmente à medida que cresce e amplia sua capacidade de mergulho (COLLETTE e NAUEN, 1983; DAGORN et al., 2006). Detém um padrão de distribuição sazonal e atividades migratórias em função das suas necessidades tróficas, fisiológicas e reprodutivas, influenciados pelas condições abióticas e bióticas do ecossistema, sendo a temperatura da água e o oxigênio dissolvido, e procura por presas (PEREIRA, 2007; ICCAT, 2000) os parâmetros mais relevantes respectivamente.

A albacora laje é uma das principais espécies capturadas no Atlântico tropical, sendo um recurso pesqueiro que exibe expressiva captura na pescaria de espinhel pela frota atuneira, bem como pela pesca de linha de mão no Arquipélago de Fernando de Noronha (AFN) e São Pedro e São Paulo (ASPSP) (HAZIN, 1993; TRAVASSOS, 1999). No ASPSP se observa grandes concentrações de *T. albacares* especialmente no primeiro trimestre do ano para se alimentar do peixe voador holandês (*Cheilopogon cyanopterus*) sua principal fonte de energia (VASKE-JR et al. 2003). Recentemente, elevadas capturas (cerca de 15.000 t em 2018) vem sendo efetuadas através de novo método de pesca denominado cardume associado, em decorrência da agregação da espécie sob objetos flutuantes, como as boias oceanográficas do programa PIRATA (Prediction and Research Moored Array in the Tropical Atlantic) (SILVA et al., 2019).

Observações dos seus hábitos alimentares foram anteriormente realizadas no Atlântico por Dragovich (1970), Dragovich e Potthoff (1972), Vaske-Jr e Castello (1998), Vaske-Jr et al., 2004 e Silva et al. (2019), sendo estes dois últimos na região do ASPSP; Bertrand et al. (2002) no Pacífico; Potier et al., (2004) no Índico, descrevendo-a como uma espécie de elevada taxa metabólica, que caça ativamente suas presas (KITCHELL et al., 1978; ROHIT et al., 2010) e consegue explorar organismos como teleósteos epipelágicos, cefalópodes e crustáceos.

Barracuda - *Sphyraena barracuda* (Edwards em 1771)

A *Sphyraena barracuda* pertence à família Sphyraenidae que é constituída de cerca de 21 espécies, conhecidas por serem ávidas predadoras, com distribuição abrangente em todos os mares tropicais e subtropicais, exceto no Pacífico Oriental (AKADJE et al., 2013), sendo a barracuda a mais conhecida e difundida entre o gênero (*Sphyraena*) (NELSON, 2006). Segundo D'Alessandro et al. (2011), a barracuda possui crescimento rápido, pode alcançar 200 cm de comprimento total e atingir cerca de 45 kg; ocupando uma diversidade de habitats durante seu ciclo de vida, desde manguezais enquanto juvenis, e recifes de corais e ambientes pelágicos mais profundos quando adultos, ocorrendo também nas proximidades de ilhas oceânicas (SYLVA, 1963; BLABER, 1982; ROBINS & GRAY (1986)). Hansen (2015) observou no sudeste da Flórida que indivíduos adultos da espécie são capazes de percorrer centenas de quilômetros num período de dias a semanas, e são aptos tolerar temperaturas que variam entre 17°C a 32°C.

No Atlântico é encontrada desde Massachusetts até o sudeste do Brasil, sendo um peixe bastante popular nas pescarias recreativas no Sul da Flórida e em todo o Caribe (KADISON et al., 2010), e nas pescarias com vara e molinete e corrico no AFN, sendo a quarta espécie mais capturada (6,6% da biomassa capturada) pela frota recreativa e artesanal que operam no entorno da ilha (DOMINGUEZ et al., 2013).

Estudos a respeito da bioecologia da espécie são escassos e estão limitados a alguns manuscritos sobre os hábitos alimentares realizados por De Sylva (1963) no Atlântico ocidental, na África por Williams (1965), em áreas de manguezais da Austrália por Blaber (1982) e na Baía da Flórida (SCHMIDT, 1989), a maioria descrevendo a dieta da espécie como primordialmente piscívora, ligada a utilização dos sentidos visuais e olfativos para localização das presas e orientação antes do ataque e captura do alimento (GRUBICH et al., 2008; SINHA, 1987).

Cavala impinge - *Acanthocybium solandri* (Cuvier 1832)

Membro da família Scombridae, a cavala impinge é uma espécie epipelágica que se distribui e realiza migrações em águas tropicais e subtropicais dos oceanos Atlântico, Pacífico e Índico, incluindo Caribe, Golfo do México e Mar Mediterrâneo (HOGARTH, 1976). Frequentemente solitária ou formando pequenas agregações em águas com temperatura entre 18°C e 31°C, pode atingir 210 cm de comprimento furcal e cerca de 80 kg (COLLETTE e NAUEM, 1983). A espécie passa a maior parte do dia em águas acima da termoclina, no entanto é capaz de mergulhar em profundidades de 250 m, com adultos capazes de viajar longas distâncias (NMFS, 1999; SEPULVEDA et al., 2010). Além disso, é um peixe que pode ser encontrado em diversos ambientes como áreas adjacentes a recifes de coral, ocasionalmente em águas rasas nas proximidades de recifes costeiros e as margens de correntes e quedas de temperatura em águas profundas e acima de cordilheiras oceânicas (THEISEN et al., 2008).

Peixe importante para pescarias comerciais e recreativas em boa parte do Atlântico centro-oeste (OXENFORD et al., 2003). No Brasil, ocorre ao longo de toda a costa, sendo particularmente encontrada próxima a montes submarinos e ilhas oceânicas como os arquipélagos de Fernando de Noronha (AFN) e São Pedro e São Paulo (ASPSP), sendo uma das espécies alvo capturadas pela frota pesqueira que opera nestas regiões com corrico e também capturada como fauna acompanhante na pescaria de espinhel (CAMPOS et al., 2009; VIANA et al., 2013).

De acordo com pesquisas anteriormente realizadas por Hogarth (1986), Collete e Nauen (1983), Oxenford et al. (2003), Allain (2003), Vaske-Jr et al. (2003), Baque-Menoscal et al. (2012), a cavala impinge é espécie predadora de elevado nível trófico, que se alimenta primariamente de peixes e cefalópodes.

Dourado - *Coryphaena hippurus* (Linnaeus 1758)

O dourado *Coryphaena hippurus* é uma espécie epipelágica de natação rápida, habitante de águas oceânicas do Atlântico, Pacífico e Índico, além de ambientes costeiros da plataforma continental, ocupando uma profundidade de até 85 m (BRIGGS, 1960; BEARDSLEY, 1967; ROSE e HASSLER, 1968). A espécie pode atingir um tamanho máximo de 200 cm e 40 kg de peso corporal (CARPENTER, 2002), ocupando águas mais quentes que 20°C. Tem o hábito de agregar-se nas proximidades de objetos flutuantes e de viajar em grandes migrações com finalidades alimentares e reprodutivas; reproduzindo-se em águas oceânicas e se aproximando de ambientes costeiros pelas temperaturas mais elevadas (SANTOS, 2012). Por apresentar uma distribuição global, exibe significativa importância econômica nas pescarias comerciais e esportivas de variados países (OXENFORD, 1999).

No Brasil, compõe as capturas de frotas multiespecíficas de pequena dimensão (frota de Itaipava/RJ) e constitui um dos principais alvos ao longo da costa sudeste/sul brasileira, além de compor as capturas durante torneios recreativos da pesca esportiva com vara e carretilha na costa do Rio de Janeiro, São Paulo e Espírito Santo (PAIVA e PIRES-JUNIOR, 1983; ARFELLI et al., 1994; AMORIM e SILVA, 2005; PIMENTA et al., 2014).

Estudos acerca dos hábitos alimentares do dourado já foram realizados por alguns autores em distintas localidades (SCHUCK, 1951; ROSE e HASSLER, 1974; MANOOCH et al., 1984; OXENFORD e HUNT, 1999). Contudo, no Brasil, pesquisas referentes a dieta da espécie ainda são escassos, limitados ao trabalho de Zavala-Camin (1981), que observou os itens alimentares do dourado e espécies de atuns nas costas sul e sudeste, Vaske-Jr e Lessa (2004) na Zona Econômica Exclusiva do Nordeste do Brasil e Pimenta et al. (2014) em estudos na costa norte do Rio de Janeiro, cujos resultados mostraram um comportamento alimentar preferencialmente piscívoro para a espécie.

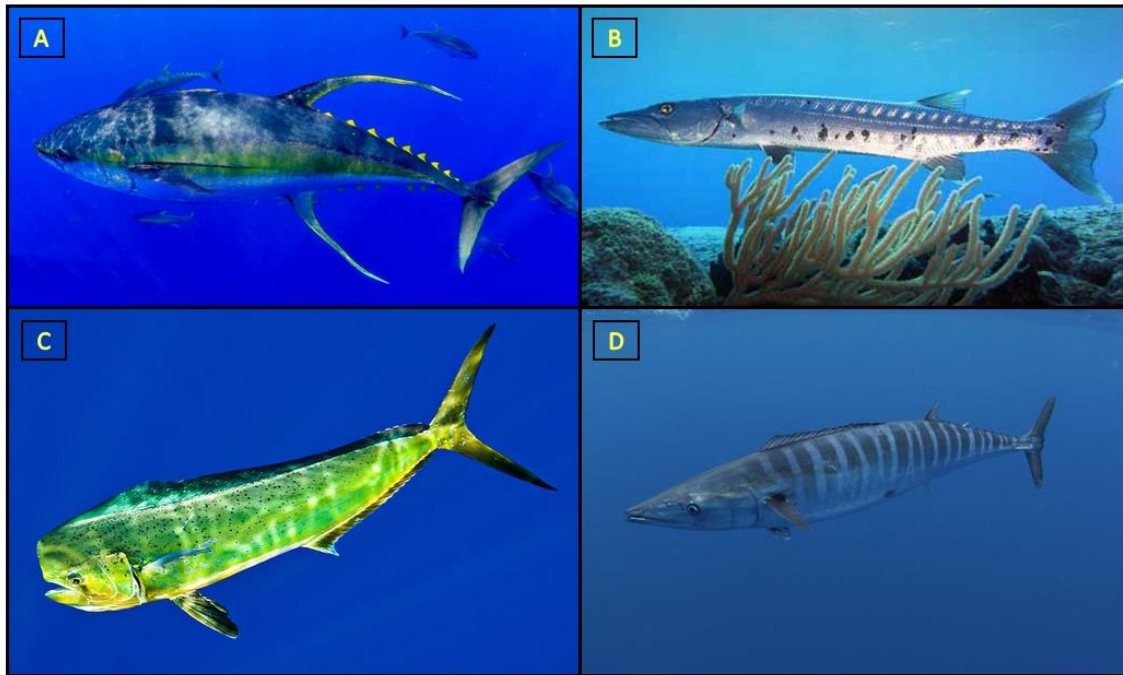


Figura 2: Exemplos de A) *Thunnus albacares*, B) *Sphyrna barracuda*, C) *Coryphaena hippurus*, D) *Acanthocybium solandri*. Fontes: (A) leisureboating.co.za/yellowfin-vs-yellowtail/ (B) unisci24.com/188423.html (C) theabgb.com/beer/goochie-meow-meow/mahi-mahi-dorado-or-common-dolphin-fish-bull/ (D) www.sportfishingmag.com/venice-louisiana-fishing-wahoo/

Em razão da importância ecológica, social e econômica dos predadores oceânicos aqui apresentados, associado a carência de informações sobre a região estudada, esta pesquisa visa suprir a insuficiência de conhecimentos acerca das relações alimentares existentes entre as espécies e qual a influência de Fernando de Noronha nestas relações tróficas. Partindo do princípio que informações bioecológicas são adequadas para este propósito por possibilitar o entendimento das agregações e o comportamento de peixes pelágicos no entorno de ilhas oceânicas e montes submarinos (VASKE-Jr et al., 2003) além de auxiliar em projetos futuros para consolidação de uma política pesqueira/ambiental apropriada para conservação dos recursos pesqueiros.

2. OBJETIVO

2.1. OBJETIVO GERAL

Este trabalho tem por objetivo caracterizar aspectos da ecologia trófica de quatro espécies de peixes predadores de topo (*Thunnus albacares*, *Acanthocybium solandri*, *Sphyrna barracuda* e *Coryphaena hippurus*) capturados no Arquipélago de Fernando de Noronha, tomando como base a análise do conteúdo estomacal e isótopos estáveis.

2.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Caracterizar o espectro alimentar de cada uma das espécies estudadas;
- Identificar suas estratégias alimentares;
- Identificar suas assinaturas isotópicas de carbono e nitrogênio para o AFN;
- Observar o efeito do nitrogênio e do carbono em função do tamanho corporal das espécies; e
- Investigar o nicho isotópico e possível sobreposição do espaço trófico entre as espécies (ACE e AIE).

3. REFERÊNCIAS

- ABRAMS, P. Some comments on measuring niche overlap. **Ecology**, 61 (1), p. 44 – 49. 1980
- ABELHA, M. C. F.; AGOSTINHO, A. A.; GOULART, E. Plasticidade trófica em peixes de água doce. **Acta Scientiarum**, v. 23, n. 2, p. 425-434, 2001
- ALBUQUERQUE, F. V.; NAVIA, A. F.; VASKE-JR, T.; CRESPO, O.; HAZIN, F. H. V. Trophic ecology of large pelagic fish in the Saint Peter and Saint Paul Archipelago, Brazil. **Marine and Freshwater Research**, 2019
- ALLAIN, V. Diet of mahi-mahi, wahoo and lancetfish in the western and central Pacific. **In 16th meeting of the Standing Committee on Tuna and Billfish working paper**. Noumea: Secretariat of the Pacific Community, 19 p. 2003
- AKADJE, C.; DIABY, M.; LE LOC'H, F.; Konan, J. K.; & Konan, N. D. Diet of the barracuda *Sphyraena guachancho* in Côte d'Ivoire (Equatorial Eastern Atlantic Ocean). **Cybium** 37(4): p. 285 - 293, 2013
- AMORIM, A.F. AND B. SILVA. Game fisheries off São Paulo State Coast in Brazil (1996-2004). **Collective Volume of Scientific Papers, ICCAT**, Madri, 58 (5) 1574-1588. 2005
- ARFELLI, C.A., A.F. AMORIM AND R. GRAÇA-LOPES. Billfish sport fishery off Brazilian coast. **Collective Volume of Scientific Papers**, Report of Second ICCAT Billfish Workkshop, ICCAT, Madri (41): 214-217. 1994
- ASSUNÇÃO, R. V. Variabilidade sazonal da dinâmica oceânica na região do mar de dentro do arquipélago de Fernando de Noronha, PE. **Dissertação de Mestrado**. Universidade Federal de Pernambuco – UFPE, Pós-Graduação em Oceanografia, 2017
- BAQUE-MENOSCAL J.; PAEZ-ROSAS D.; WOLFF, M. Feeding habits of two pelagic fish *Thunnus albacares* and *Acanthocybium solandri* from the Galapagos Marine Reserve. **Revista de Biología Marina y Oceanografía** 47, p. 1–11. 2012

- BRADLEY, R. A., BRADLEY, D. W. Do non-random patterns off species in niche imply competition? **Oikos**. V. 45, nº. 3, p. 443 – 446. 1985
- BRAGA, R. R., BORNATOWSKI, H., VITULE, J. R. S. Feeding ecology of fishes: an overview of worldwide publications. **Rev Fish Biol Fisheries**, 22:915–929. 2012
- BEAUDOIN, C.P., TONN, W. M., PREPAS, E. E., WASSENAAR, L. I. Individual specialization and trophic adaptability of norther pike (*Esox lucius*): an isotope and dietary analysis. **Oecologia**, Berlin, V. 120, p. 386 - 396, 1999
- BERTRAND, A.; BARD, F. X.; JOSSE, E. Tuna food habits related to the micronekton distribution in French Polynesia. **Marine Biology** 140:1023–1037. 2002
- BLABER, S. J. M. The ecology of *Sphyraena barracuda* (Osteichthyes: Perciformes) in the Kosi system with notes on the Sphyraenidae of other natal estuaries. **S African J Zool** 17:171–176. 1982
- CAMPOS, D. M. A. R., SILVA, A. F., SALES, N. S., OLIVEIRA, R. E. M. C. C., PESSANHA, A. L. M. Trophic relationships among fish assemblages in a mudflat within brazilian marine protected area. **Brazilian Journal of Oceanography**, v. 63(2), p. 135-146. 2015
- CAMPOS, T.F.C., PETTA, A. R., THEYE. T., SICHEL, S. E., SIMÕES, L. S. A., SRIVASTAVA, N. K., MOTOKI, A., VIRGENS NETO, J., ANDRADE, F. G. G. Posição ímpar do Arquipélago de São Pedro e São Paulo na diversidade geológica da Terra. In: Viana D, Hazin F, Carvalho MA (eds.) O Arquipélago de São Pedro e São Paulo: 10 anos de Estação Científica. SECIRM, Brasília, p. 54-73. 2009
- CARPENTER, K. E. The living marine resources of the Western Central Atlantic. Volume 3: Bony fishes part 2 (Opistognathidae to Molidae), sea turtles and marine mammals. FAO Species Identification Guide for Fishery Purposes and American Society of Ichthyologists and Herpetologists Special Publication No. 5. Rome, **FAO**. 2002. pp. 1375-2127
- COLLETTE, B. B; NAUEN, C. E. FAO species catalogue Scombridae of the World An annotated and illustrated catalogue of tunas, mackerels, bonitos and related species known to date. **FAO Fish. Synop.** 2: 125-137. 1983
- D’ALESSANDRO, E. K.; SPONAUGLE, K.; LLOPIZ, J. K.; COWEN, R. K. Larval ecology of the great barracuda, *Sphyraena barracuda*, and other sphyraenids in the Straits of Florida. **Mar Biol**, 158:2625–2638. 2011
- DAGORN, L.; HOLLAND, K. N.; HALLIER, JP.; TAQUET, M.; MORENO, G.; SANCHO, G.; ITANO, D. G.; AUMEERUDDY, R.; GIRARD, C.; MILLION, J.; FONTENEAU, A. Deep diving behavior observed in yellowfin tuna (*Thunnus albacares*). **Aquat. Living Resour.** 19:85-88. 2006
- DE SYLVA, D. P. Systematics and life history of the great barracuda, *Sphyraena barracuda* (Walbaum). **Stud in Trop Oceanogr** 1:1–179. 1963
- DENIRO, M.J.; EPSTEIN, S. Influence of diet on the distribution of carbon isotopes in animals. **Geochimica et Cosmochimica Acta**, v. 42, p. 495 - 506. 1978

- DENIRO, M.J.; EPSTEIN, S. Influence of diet on the distribution of carbon isotopes in animals. **Geochimica et Cosmochimica Acta**, v. 45, p. 341 - 351. 1981
- DOMINGUEZ, P.S., MILENA, R., BARRELLA, M., MACEDO, E.D. Estudo preliminar dos desembarques pesqueiros realizados por pescadores artesanais do Arquipélago de Fernando de Noronha (Brasil). **Unisanta BioScience**. v. 2. nº 2, p. 120 – 124. 2013
- DRAGOVICH, A. Review of studies of tuna food in the Atlantic Ocean. **Special Scie. Rep. Fish**. 593, n.117, Bureau of Commer. Fish. Trop. Atlant. Biol. Lab. US Fish and Wildlife Service, 21p. 1969
- DRAGOVICH, A. The food of skipjack and Yellowfin Tunas in the Atlantic Ocean. U.S. **National Marine Fisheries Service Fishery Bulletin** 68:445–460. 1970
- DRAGOVICH, A.; T. POTTHOFF. Comparative study of food of skipjack and Yellowfin Tunas off the coast of west Africa. U.S. National Marine Fisheries Service **Fishery Bulletin** 70:1087–1110. 1972
- ENGELBRECHT, T. M., KOCK, A. A., O’RIAIN M. J. Running scared: when predators become prey. **Ecosphere Naturalist Volume**, 10(1). 2019
- ESTON, V.R., MIGOTTO, A.E., OLIVEIRA FILHO, E.C., RODRIGUES, S.A., FREITAS, J.C. vertical distribution of benthic marine organisms on rocky coasts of the Fernando de Noronha Archipelago (Brazil). **Bol. Inst. oceanogr.**, São Paulo, 34 (único): 37-53, 1986
- FONSECA, G.A.B., MITTERMEIER, R.A. & MITTERMEIER, C.G. Conservation of island biodiversity - importance, challenges and opportunities. Washington, Center for Applied Biodiversity Sciences, Conservation International, 16p. 2006
- FRANCINI-FILHO, R. B., FERREIRA, C. E. L., MELLO, T. J., PRATES, A. P. L., SILVA, V. N. Diagnóstico Biológico e Sócio-Econômico para a proposta de criação de uma Área de Proteção Ambiental (APA) e um Monumento Natural Marinho (MONA) no Arquipélago São Pedro e São Paulo. Brasília, 2018
- FRANKS, J. S., HOFFMAYER, E. R., BALLARD, J. R., GARBER, N. M., GARBER, A. F. Diet of wahoo, *Acanthocybium solandri* from the northcentral Gulf of Mexico. **Proceedings of the 60th Gulf and Caribbean Fisheries Institute**. V. 60. 2007
- FROESE, R. & PAULY, D. FishBase. World Wide Web electronic publication. www.fishbase.org, version (06/2006)
- GARLA, R.C.; GARCIA JR, J. Fernando de Noronha’s shark Project, brazil: participative fisheries monitoring. Final report. **Conservation Leadership Programme**, 2008
- GASALLA, M. A.; SOARES, S. H. Comentários sobre os estudos tróficos de peixes marinhos no processo histórico da ciência pesqueira e modelagem ecológica. **Bol. Inst. Pesca**, vol. 27, n. 2, p. 243-259, 2001
- GIACOMINI, H. C.; PRETERE JR. M. A estrutura de teias tróficas. **Boletim da Sociedade Brasileira de Limnologia** – N. 38 (1). 2010

GORNI, G. R. Interações tróficas entre espécies pelágicas do atlântico sudoeste: utilizando isótopos estáveis e inferência bayesiana. **Tese de Doutorado**. Instituto de Biociências (UNESP). 2010

GUDGER, E.W. *Sphyraena barracuda*; its morphology, habits, and history. Pap. Dept. **Mar. Biol. Carnegie Inst.** Wash. 12, 53–108. 1918

GRUBICH, J. R; RICE, A. N; e WESTNEAT, M. W. Functional morphology of bite mechanics in the great barracuda (*Sphyraena barracuda*). **Zoology**, 111: 16 - 29. 2008

HANSEN, N. R. Feeding ecology and habitat utilization of the great barracuda *Sphyraena barracuda* (Edwards 1771) in southeast Florida. **Dissertação de Mestrado**. Nova Southeastern University, 2015

HAYDEN, B.; PALOMARES, M. L. D.; SMITH, B. E.; POELEN, J. H. Biological and environmental drivers of trophic ecology in marine fishes - a global perspective. **Scientific Reports**, 9:11415. 2019

HAZIN, F. H. V. Fisheries-oceanographical study on tunas, billfishes and shark in the southwestern equatorial Atlantic Ocean. D. Sc. **Thesis**. Tokio University of Fisheries. 286pp. 1993

HOGARTH, W. T. Life history aspects of the wahoo *Acanthocybium solandri* (Curvier and Valenciennes) from the coast of North Carolina. **PhD Thesis**, North Carolina State University. 1976

INSTITUTO BRASILEIRO DO MEIO AMBIENTE E DOS RECURSOS NATURAIS RENOVÁVEIS - IBAMA. Plano de manejo do parque nacional marinho de Fernando de Noronha. Fundação Pró-Natureza-FUNATURA. Brasília, 1990

KADISON, E., D’ALESSANDRO, E. K., DAVIS, G. O., HOOD, P. B. Age, growth, and reproductive patterns of the great barracuda, *Sphyraena barracuda* from the florida keys. **Bulletin of marine science**, 86(4): 773–784, 2010

KITCHELL, J. F.; NEILL, W. H.; DIZON, A. E.; MAGNUSON, J. J. Bioenergetic spectra of skipjack and yellowfin tunas. **The physical ecology of tunas**. In: Sharp GD, Dizon AE (eds). Academic, New York, pp 357–368. 1978

LEITE, T. S., HAIMOVICI, M., LINS, J. E. A pesca de polvos no arquipélago de Fernando de Noronha, Brasil. **Boletim do Instituto de Pesca**, São Paulo, 34(2): 271-280, 2007

LESSA, R.P.T., J.L.JR. BEZERRA AND M.F. NÓBREGA. Dinâmica das frotas pesqueiras da Região nordeste do Brasil – **Programa Revizee Score-Noreste**. Vol. 4. 161p. 2009

LIMA, A. R. A.; BARLETTA, M.; COSTA, M. F. Seasonal-Dial Shifts of Ichthyoplankton Assemblages and Plastic Debris around an Equatorial Atlantic Archipelago. **Frontiers in Environmental Science**, V. 4, Artigo 56, 2016.

- LIN, H. J., KAO, W. Y. WANG, Y. T. Analyses of stomach contents and stable isotopes reveal food sources of estuarine detritivorous fish in tropical/subtropical Taiwan. **Estuarine Coastal and Shelf Science**. V. 73: 527 – 537. 2007
- MANETTA, G.I., CECILIO-BENEDITO, E. Aplicação da técnica de isótopos estáveis na estimativa da taxa de turnover em estudos ecológicos: uma síntese. **Acta Scientiarum: Biological Sciences** Maringá, v. 25, n. 1, p. 121-129, 2003
- MANOOCH, C. S., MASON, D. L., NELSON, R. S. Food and gastrointestinal parasites of dolphin *Coryphaena hippurus* collected along the southeastern and gulf coasts of the united states, **Bulletionf the Japanese Society of Scientific Fisheries**, 50(9),1 511-1525, 1984
- MALEK, A. J., COLLIE, J. S., TAYLOR, D. L. Trophic structure of a coastal fish community determined with diet and stable isotope analyses. **Journal of Fish Biology** V. 89, 1513–1536. 2016
- MALDENIYA, R. Food consumption of yellowfin tuna, *Thunnus albacares*, in Sri Lankan Waters. **Environmental Biology of Fishes**. V. 47: 101-107. 1996
- MENOSCAL, J.B., PÁEZ-ROSAS, D., WOLFF, M. Hábitos alimentarios de dos peces pelágicos *Thunnus albacares* y *Acanthocybium solandri* de la Reserva Marina de Galápagos. **Revista de Biología Marina y Oceanografía**, v. 47 (1), p.1-11, 2012
- MENDOZA-ÁVILA, M., ZAVALA-ZAMBRANO, G., GALVÁN-MAGAÑA, F., LOOR-ANDRADE, P. Feeding habits of wahoo (*Acanthocybium solandri*) in the eastern Pacific Ocean. **Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom**, 2016
- NELSON, J. S. **Fishes of the World**. John Wiley & Sons, Inc., New York. 2006
- NMFS. **Billfish newsletter and cooperative tagging program report**. Prepared by David Holtz, fishery biologist southwest fisheries science center, PO box 271, La Jolla, CA. 1999
- ODUM, P.E., BARRETT, G.W. **Fundamentos de ecologia**. Tradução da 5ª edição norte-americana. São Paulo, Cengage Learning, 2015
- O'REILLY, C. M., VERBURG, P., HECKY, R. E., PLISNIER, P-D., COHEN, A. S. Food Web Dynamics in Stable Isotope Ecology: Time Integration of Different Trophic Levels. **Handbook of Scaling Methods in Aquatic Ecology: Measurement, Analysis, Simulation**. 2004
- OXENFORD, H. A. Biology of the dolphinfish (*Coryphaena hippurus*) in western central atlantic: a review. **Scientia Marina**. V. 63 (3-4): 277 – 301. 1999
- OXENFORD, H. A., HUNTE, W. Feeding habits of the Dolphinfish (*Coryphaena hippurus*) in the eastern Caribbean. **Scientia Marina**. V. 63 (3-4): 303 – 315. 1999
- OXENFORD, H. A., MURRAY, P. A., LUCKHURST, B. E. The biology of wahoo (*Acanthocybium solandri*) in the western central atlantic. **Gulf and Caribbean Research**. V. 15. 2003

PAIVA, M.P. AND PIRES-JUNIOR, O.C. Temporadas de pesca esportiva e oceânica, ao largo do Estado do Rio de Janeiro (Brasil). **Boletim de Ciências do Mar**, N. 38, LABOMAR, Fortaleza, 1-12. 1983

PEREIRA, A. L., BENEDITO, E. Isótopos estáveis em estudos ecológicos: métodos, aplicações e perspectivas. **Rev. biociên.**, Taubaté. V.13, n.1-2, p.16 - 27, jan/jun. 2007

PETERSON, B. J., FRY, B. Stable isotopes in ecosystem studies. *Ann. Rev. Ecol. Syst.* 18:293 – 320. 1987

PIANKA, E. R. The structure of lizard communities. **Annual Review of Ecology and Systematics**, 4: 53-74. 1973

PIMENTA, E. G.; VIEIRA, Y. C.; MARQUES, L. A.; GOMES, T. X.; AMORIM, A. F. Analysis of stomach contents of dolphinfish, *Coryphaena hippurus*, Linnaeus, 1758 (Actinopterygii, Coryphaenidae), off the northern coast of Rio de Janeiro state, Brazil. **Collect. Vol. Sci. Pap. ICCAT**, 70(6): 2954-2960. 2014

PREISSER, E. L., D. I. BOLNICK, AND M. F. BENARD. Scared to death? The effects of intimidation and consumption in predator-prey interactions. **Ecology** 86:501–509. 2005

POTIER, M.; MARSIC, F.; LUCAS, V.; SABATIÉ, R.; HALLIER, J. P.; MÉNARD, F. Feeding partitioning among tuna taken in surface and mid-water layer: the case of yellowfin (*Thunnus albacares*) and bigeye (*T. obesus*) in the western tropical Indian Ocean. **Western Indian Ocean Journal of Marine Science** 3:51–62. 2004

POST, D.M. Using stable isotopes to estimate trophic position: models, methods, and the assumptions. **Ecology**, 83 (3): 703 – 718. 2002

POST, D.M., LAYMAN, C.A., ARRINGTON, D.A., TAKIMOTO, G., QUATTROCHI, J. & MONTAÑA, C.G. Getting to the fat of matter: models, methods, and assumptions for dealing with lipids in stable isotope analyses. **Oecologia**, 152: 179 – 189. 2007

RANDALL, J. E. Food habits of reef fishes of the West Indies. **NOAA Miami Regional Library**. 2004

REYES, J. C. R. Analisis del contenido estomacal y la razón de isótopos estables de carbono y nitrógeno del atun aleta amarilla (*Thunnus albacares*), delfin manchado (*Stenella attenuata*) y delfin tornillo (*Stenella longirostris*) del oceano pacifico oriental. **Tese de Doutorado**. Instituto Politécnico Nacional – Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas. 2005

ROSE, C. D. & HASSLER, W. W. Food habits and sex ratios of dolphin *Coryphaena hippurus* captured in the western Atlantic Ocean off Hatteras, North Carolina. **Trans. Am. Fish. Soc.**, n. 41, p. 94-100, 1974

ROHIT, P.; SYDA RAO, G.; RAMMOHAN, K. Feeding strategies and diet composition of yellowfin tuna *Thunnus albacares* (Bonnaterre, 1788) caught along Andhra Pradesh, east coast of India. **Indian J. Fish**, 57(4): 13-19, 2010

ROBINS, C. R.; RAY, G. C. A field guide to Atlantic coast fishes of North America. Houghton Mifflin Company, Boston, USA, 354p. 1986

RUDERSHAUSEN, P. J., BUCKEL, J. A., EDWARDS, J., GANNON, D. P., BUTLER, C. M., AVERETT, T. W. Feeding ecology of blue marlins, dolphinfish, yellowfin tuna and wahoos from the north atlantic ocean and comparisons with other oceans. **Transactions of the American Fisheries Society** 139: 1335 - 1359. 2010

SANTOS, A. C. L. Biologia reprodutiva do dourado, *Coryphaena hippurus* (Linnaeus, 1758), no Arquipélago de São Pedro e São Paulo, Brasil. **Dissertação de Mestrado**, Universidade Federal Rural de Pernambuco, 2012

SERAFINI, Z. T.; FRANÇA, B. G.; ANDRIGUETTO-FILHO, M. J. Ilhas oceânicas brasileiras: biodiversidade conhecida e sua relação com o histórico de uso e ocupação humana. **Journal of Integrated Coastal Zone Management** 10(3):281-301. 2010

SEPULVEDA, C. A. S., ORTEGA-GARCIA, S. A. A. S., WEGNER, N. C., BERNAL, D. Depth distribution and temperature preferences of wahoo (*Acanthocybium solandri*) off Baja California Sur, Mexico. **Marine Biology**, 2011

SCHMIDT, T. W. Food habits, Length-weight relationship and condition factor of young Great Barracuda, *Syphraena barracuda* (Walbaum), from Florida Bay, Everglades National park, Florida. **Bull. Mar. Sci.** 44(1): 163 -170. 1989

SILVA, M. B. L. Fernando de Noronha: Cinco séculos de história. Editora UFPE, 2013.

SILVA, G. B., HAZIN, H. G., HAZIN, F. H. V., TRAVASSOS, P. Tuna fisheries on 'associated school' in Brazil: description and trends. **Collective volume of scientific papers - international commission for the conservation of atlantic tunas**, v. 75, p. 1924-1934, 2019

SINHA, R.K. Morphology and anatomy of the olfactory organs of a marine fish *Sphyraena jello* (C.). **Folia Morphol.** (Praha) 35, 202–205. 1987

SCHUCK, H. A. Notes on the dolphin (*Coryphaena hippurus*) in north carolina waters. **Copeia**, Vol. 1951, No. 1:35-39. 1951

THEISEN, T. C., BOWEN, B. W., LANIER, W., BALDWIN, D. High connectivity on a global scale in the pelagic wahoo, *Acanthocybium solandri* (tuna family Scombridae). **Molecular Ecology**, 17, 4233-4247. 2008

TRAVASSOS, P. L'étude des relations thons-environnement dans l'océan atlantique intertropical ouest : cas de l'albacore (*Thunnus albacares*, bonnaterre 1788), du germon (*Thunnus alalunga*, bonatterre 1788) et du thon obèse (*Thunnus obesus*, lowe 1839). **Tese (doutorado)** Universidade Paris 6, Paris, p. 253, 1999.

TRAVASSOS, P.; HAZIN, F.; ZAGAGLIA, J.; ADVÍNCULA, R.; SCHOBER, J. Thermohaline structure around seamounts and islands off North-Eastern Brazil. **Archive of Fishery and Marine Research**. 47. 211-222. 1999

VASKE JR, T. CASTELLO, J. P. Conteúdo estomacal da albacore laje *Thunnus albacares*, durante o inverno e primavera no sul do Brasil. **Revista Brasileira de Biologia**, 58(4): 639 – 647. 1998

VASKE J. T.; VOOREN C. M.; LESSA R. P. Feeding strategy of yellowfin tuna (*Thunnus albacares*), and wahoo (*Acanthocybium solandri*) in the Saint Peter and Saint Paul, Archipelago, Brazil. **Boletim do Instituto de Pesca**, Sao Paulo 29, 173–181. 2003

VASKE-JR, T. e LESSA, R. P. Feeding habits of the common dolphinfish *Coryphaena hippurus*, in northeastern Brazil's exclusive economic zone. **Arquivos de ciências de mar**, 37: 131-138. 2004

VASKE, T. J. Guia de identificação de Cefalópodes costeiros e oceânicos do Atlântico Sudoeste Equatorial através das mandíbulas (bicos). Editora Livro Rápido – Elógica, Olinda, Pernambuco. 2006

VIANA, D.; BRANCO, I.; FERNANDES, C.; FISCHER, A.; CARVALHO, F.; TRAVASSOS, P.; HAZIN, F. Reproductive biology of the wahoo, *Acanthocybium solandri* (Teleostei: Scombridae) in the Saint Peter and Saint Paul Archipelago, Brazil. Vol. 1 (4), pp. 049-057, July, 2013.

VIANA, D.; HAZIN, F. H. V.; NUNES, D. M.; CARVALHO, F. C.; VÉRAS, D. P.; TRAVASSOS, P. Wahoo *Acanthocybium solandri* fishery in the vicinity of Saint Peter and Saint Paul Archipelago, Brazil, from 1998 to 2006. **Collect. Vol. Sci. Pap. ICCAT**. 62: 1662-1670. 2008

ZAVALA-CAMIN, L. A. Hábitos alimentares e distribuição dos atuns e afins e suas relações ecológicas com outras espécies pelágicas das regiões Sudeste e Sul do Brasil. São Paulo, SP. 273 p. **Tese de Doutorado**. Instituto de Biociências. 1981

WILLIAMS, F. Further notes on the biology of East African pelagic fishes of the families Carangidae and Sphyraenidae. **East Afr. Agric. For. J.** 31: 141–168. 1965

4. Artigo Científico

ECOLOGIA TRÓFICA DE PEIXES PELÁGICOS NO ARQUIPÉLAGO DE FERNANDO DE NORONHA, ATLÂNTICO EQUATORIAL, BRASIL

Artigo científico a ser encaminhado para *Revista Journal of Fish Biology*

ECOLOGIA TRÓFICA DE PEIXES PELÁGICOS NO ARQUIPÉLAGO DE FERNANDO DE NORONHA, ATLÂNTICO EQUATORIAL, BRASIL

Karla Martins^{1*}, Paulo Travassos^{2*}, Flávia Lucena², Teodoro Vaske Junior².

^{1,2*} Laboratório de Ecologia Marinha (LEMAR), Universidade Federal Rural de Pernambuco, Departamento de Pesca e Aquicultura, Av. Dom Manuel de Medeiros s/n, Dois Irmãos, 52171-900, Recife, PE, Brasil. E-mail: kmartins.tuna@gmail.com

² Laboratório de Estudos de Impactos Antrópicos na Biodiversidade Marinha e Estuarina (BIOIMPACT), Universidade Federal Rural de Pernambuco.

³ Laboratório de Biologia e Conservação de Organismos Pelágicos - Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho (UNESP), Campus do Litoral Paulista, Endereço: Praça Infante Dom Henrique, s/n, Parque Bitaru, São Vicente – SP. CEP: 11380-972

Apresentamos as primeiras análises quantitativas acerca dos hábitos alimentares e interações tróficas entre albacora laje (*Thunnus albacares*), cavala impinge (*Acanthocybium solandri*), barracuda (*Sphyraena barracuda*), e dourado (*Coryphaena hippurus*) na região do ecossistema de Fernando de Noronha utilizando as análises de conteúdo estomacal e isótopos estáveis. Os peixes foram capturados por meio de pescarias recreativas realizadas em áreas de pesca localizadas na região da “parede” onde a profundidade cai abruptamente, entre os anos de 2018 e 2019. A análise alimentar através do IRI apontou uma dieta primariamente piscívora com presença marcada de exemplares de Exocoetidae e Diodontidae nas quatro espécies, tendo a albacora laje apresentado a maior diversidade de itens alimentares. Como parte de suas estratégias alimentares, os predadores exibiram uma tendência a especialização da dieta dominada por alguns grupos de presas, comportamento acentuado por uma largura de nicho estreita (índice de Levins) e baixa sobreposição alimentar (MacArthur e Levins) exceto entre cavala impinge e barracuda que apresentaram uma sobreposição significativa de suas dietas. As assinaturas isotópicas diferiram entre os peixes, com os maiores valores de $\delta^{15}\text{N}$ concentrados na cavala impinge e a barracuda mais enriquecida em $\delta^{13}\text{C}$. A relação entre $\delta^{15}\text{N}$, $\delta^{13}\text{C}$ e o tamanho corporal das espécies, foi representativo apenas para barracuda e albacora laje, respectivamente. Baixa sobreposição dos nichos isotópicos, com wahoo exibindo a maior área da ellipse e moderada sobreposição com a barracuda, evidenciada pelos hábitos alimentares semelhantes observado pela análise estomacal. Os resultados apontam que as espécies utilizam distintas estratégias alimentares em virtude da vasta diversidade de organismos marinhos propiciados pelo ambiente insular, no intuito de minimizar a competição e aumentar o ganho energético. As descobertas da presente pesquisa são fundamentais para o entendimento das complexas interações ocorrentes dentro de uma teia alimentar e apresenta resultados relevantes que podem ser empregados na gestão ecossistêmica da comunidade oceânica de predadores e da pesca, para embasar respostas ao uso sustentável dos recursos frente a diversos efeitos indícetes neste ambiente, como mudanças do clima e mudanças ecológicas, para manutenção do equilíbrio natural deste ambiente.

Palavras-chave: Teia alimentar, Ambiente pelágico, Predadores marinhos, Conteúdo estomacal, Isótopos estáveis.

INTRODUÇÃO

Uma questão importante na ecologia e que reflete na continuidade de uma comunidade é o entendimento de como ocorre o uso dos recursos alimentares e as complexas interações tróficas entre os organismos (PIMM, 1991), uma vez que a dieta determina a posição dos animais nas redes alimentares e definem suas características ecológicas (PAULY et al., 1998). Estudos tróficos em predadores marinhos geram informações biológicas sobre o comportamento ecológico destas espécies, propiciando conhecimentos acerca das relações presa-predador que existem entre diferentes populações e a compreensão de interações ecológicas, como predação, são a chave para uma abordagem ecossistêmica à pesca (CURY et al., 2005). Todavia, no que diz respeito a predadores de topo e sua relevância na trofodinâmica marinha, a grande maioria dos estudos sobre alimentação foram realizados em populações isoladas, não considerando as associações entre várias espécies, formações geralmente relacionadas a redução da pressão predatória e busca com êxito por alimento (BAQUE-MENOSCAL et al., 2012). Estudos com esta temática são essenciais na adoção de medidas que ordenem a exploração dos recursos marinhos baseadas em um enfoque ecossistêmico (Ecosystem-based fishery management) (GASALLA e SOARES, 2001; MENEZES et al., 2016).

Montes submarinos e ilhas oceânicas como o Arquipélago de Fernando de Noronha costumam atrair agregações de espécies comercialmente valiosas (CLARK et al., 2014) devido a elevada produção primária que suporta uma grande variedade de espécies no seu entorno, mas pouco se conhece a respeito das interações tróficas entre elas. Quatro espécies de predadores oceânicos, *Thunnus albacares* (Albacora laje – YFT), a *Sphyrna barracuda* (Barracuda – BAR), *Acanthocybium solandri* (Cavala-impinge – WAH) e *Coryphaena hippurus* (Dourado – DOL) ocorrem nas adjacências deste ambiente insular, são detentoras de expressivo valor ecossistêmico, social e econômico, e estando localizadas no topo da teia alimentar exercem um papel fundamental, contribuindo no balanço do ecossistema marinho (*top-down control*) (KOHL et al., 2015), distribuindo-se amplamente por extensas zonas oceânicas de grande potencial para a pesca (GIACOMINI e PETRERE JR., 2010). Atualmente, apresentam um valor crucial para o ecoturismo pesqueiro e são fontes de destaque no abastecimento do comércio da ilha e consumo da população local (GARLA e GARCIA JR., 2008; DOMINGUEZ et al., 2013).

Durante muito tempo a ecologia trófica destes predadores pôde ser compreendida através da análise do conteúdo estomacal (ACE) dos animais, revelando os itens ingeridos

pelos indivíduos em determinados locais e períodos de tempo (BEAUDOIN et al., 1999). Este método tornou-se bastante conhecido e empregado em estudos acerca da ecologia alimentar desses predadores, tornando-se base para outras metodologias (FRANKS et al., 2007; GRUBICH et al., 2008; RUDERSHAUSEN et al., 2010) sugerindo um comportamento alimentar generalista/oportunista consumindo uma ampla variedade de organismos como pequenos peixes, cefalópodes e crustáceos (YOUNG et al., 2010; MALONE et al., 2011; HANSEN 2015; ALBUQUERQUE et al., 2019). No entanto, dada a difícil identificação de itens com nível avançado de digestão, desintegração severa de organismos de corpo mole ou diminutos ou a ausência de alguns itens alimentares nos estômagos (YOUNG et al., 2015), faz-se necessário a complementação das informações obtidas mediante outras metodologias de análise e interpretação das interações a cerca da partilha de recursos alimentares entre as espécies.

A análise de isótopos estáveis (AIE) tem se tornado uma alternativa eficiente no complemento de informações tróficas por meio do uso associado com a ACE, pois é um marcador biogeoquímico capaz de examinar as relações tróficas a longo prazo, de modo a refletir os nutrientes assimilados ao longo de semanas a vários anos, dependendo da taxa em que são incorporados nos tecidos do consumidor (SARDENNE et al., 2016). As concentrações de elementos como C e N presentes nos tecidos dos predadores estão relacionados com os de suas presas (FRY, 2006), onde o carbono, expresso por $\delta^{13}\text{C}$ (‰) é aplicado para identificar as principais fontes de energia primária dos organismos, revelando a diferenciação dos habitats de alimentação (costeiro vs. oceânico, pelágico vs. demersal) (LI et al., 2016). O nitrogênio ($\delta^{15}\text{N}$, ‰) é adotado como um proxy da posição trófica dos organismos em consequência de um presumível enriquecimento gradual do isótopo pesado para o leve entre os níveis tróficos (POST, 2002).

O uso conjunto de duas abordagens distintas como a ACE e a AIE, geram informações valiosas para um estudo mais amplo e eficiente sobre o fluxo de energia em teias alimentares de ambientes tropicais (MANETTA e CECILIO, 2003), dado que quanto maior a rede de informações a respeito das relações existentes no ambiente, mais apropriadas serão as medidas de manejo a serem adotadas (FRANCISCO, 2004) visando uma melhor conservação e monitoramento, beneficiando não somente o meio ambiente, mas também a população que tira seu sustento dele. Neste sentido, estudos tróficos tem sua aplicação evidente na conservação, na avaliação dos estoques pesqueiros e também na observação integrada do ecossistema (ZAVALA-CAMIN, 1996; BORNATOWSKI,

2010). Entretanto, o emprego conjunto destas abordagens ainda é escasso no Brasil e até o momento inexistente no Arquipélago de Fernando de Noronha (AFN), área de estudo desta pesquisa.

Em consequência de um quadro de inúmeras perturbações antrópicas e degradação acentuada nos ambientes oceânicos, esta pesquisa visa suprir uma lacuna acerca de conhecimentos sobre aspectos tróficos de importantes recursos pesqueiros do arquipélago de Fernando e Noronha uma área pouco estudada e de elevada biodiversidade (“Ecologically or Biologically Significant Areas”; EBSA) (CBD, 2014), fortalecendo os objetivos de conservação e uso sustentável dos oceanos, mares e recursos marinhos instituídos pela Organização da Nações Unidas (ONU, 2015) que estabelece que os territórios alicercem políticas que administrem a exploração dos recursos marinhos por meio de uma abordagem ecossistêmica. Especificamente objetivamos o aporte de dados inéditos sobre a partilha do ambiente pelágico, quais as presas principais e as relações tróficas (competição ou divisão do espaço e recursos) entre quatro espécies de predadores marinhos capturados no AFN por meio de duas ferramentas ecológicas complementares, a ACE e AIE.

3. MATERIAL E MÉTODOS

3.1. Área de estudo

A área de estudo abrangeu o arquipélago de Fernando de Noronha (03°51'27''S e 032°25'07''W), um ambiente insular do nordeste brasileiro pertencente ao estado de Pernambuco, que dista cerca de 540 km da cidade de Recife (SERAFINI et al., 2010). Inserido em uma Área de Proteção Ambiental (APA Fernando de Noronha – Atol das Rocas – Arquipélago de São Pedro e São Paulo) e abrigando um Parque Nacional Marinho (PARNAMAR), devido a eventos turbulentos na coluna d'água que oportunizam processos de ressurgência, Fernando de Noronha caracteriza-se como uma região de elevada produtividade primária em meio a um oceano oligotrófico, que por sua vez favorece os fluxos de energia em toda teia trófica adjacente (TRAVASSOS et al., 1999; LIMA et al., 2016). Esta característica lhe confere uma biodiversidade particular, com agregações de diversos organismos marinhos que utilizam o local para desenvolvimento de suas atividades alimentares, reprodutivas e como abrigo (VASKE-Jr. et al., 2006) tal como espécies de peixes relevantes do ponto de vista econômico, muitos deles importantes para a pesca artesanal e recreativa local, bem como para a pescaria industrial realizada

externamente as delimitações conservativas do parque (MILOSLAVICH et al., 2011; DOMINGUEZ, 2013; CANALES, 2017).

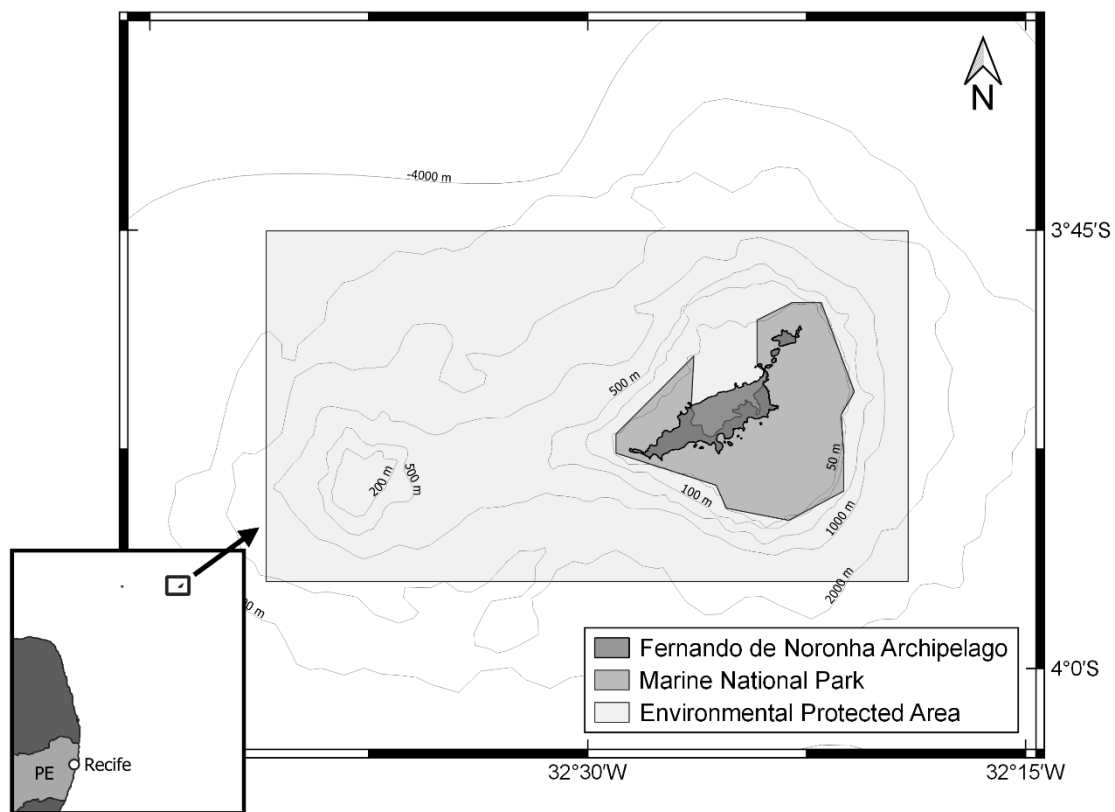


Figura 1: Mapa de localização do Arquipélago de Fernando de Noronha (AFN).

3.2. Procedimentos de campo

As coletas das amostras biológicas (estômagos e porções de tecido muscular) foram realizadas, na sua maioria, a bordo de embarcações de pesca esportiva utilizando-se exemplares capturados durante atividade de pesca com vara e carretilha, em áreas de pesca localizadas na região da “parede”, local onde a profundidade cai abruptamente (800-1200 m) e onde ocorrem os eventos de ressurgência (LESSA et al., 1998) que oportunizam o enriquecimento de nutrientes reunindo conseqüentemente os principais pesqueiros utilizados neste estudo. Em algumas ocasiões, amostras foram obtidas de barcos de pesca artesanal durante o desembarque do pescado no Porto de Santo Antônio. As coletas ocorreram uma vez ao mês em períodos não regulares, compreendidos entre os meses de julho e outubro de 2018 e janeiro, março, abril, maio e setembro de 2019.

Todo o material biológico foi coletado no momento da evisceração dos peixes ao final de cada pescaria, sendo registrados dados relativos à data e hora local, espécie, artes

de pesca usadas e o comprimento total (cm) dos exemplares amostrados. Todo o material coletado (estômagos e tecidos musculares) foi acondicionado em sacos plásticos de 5 l, contendo uma etiqueta informativa com data, espécie e código amostral, visando facilitar a identificação do material no momento da triagem em laboratório. Os tecidos musculares (~5g) foram retirados da região dorsal anterior dos peixes com o auxílio de um bisturi, lavados com água destilada, acomodados em criotubos de 5 ml e armazenados nos sacos plásticos junto ao estômago coletado do mesmo peixe.

Ao final da atividade as amostras foram conservadas em um freezer até seu transporte para a Universidade Federal Rural de Pernambuco (UFRPE), onde foram avaliadas em laboratório. O transporte foi feito por via aérea, em caixas térmicas, objetivando a manutenção do congelamento das amostras durante todo o trajeto até a chegada ao Laboratório de Ecologia Marinha, do Departamento de Pesca e Aquicultura (LEMAR / DEPAq / UFRPE), onde foram estocadas novamente em freezer até o momento das análises.

3.3. Procedimentos de laboratório

Análise do Conteúdo Estomacal - ACE

Com os estômagos previamente descongelados, foi registrado o peso de cada um antes da abertura para retirada dos seus conteúdos. Estes foram separados inicialmente em grandes grupos (teleósteos, moluscos, crustáceos e outros), registrando-se seus pesos com balança de precisão da ordem de 0,01 g. Com o auxílio de uma lupa, os diferentes itens alimentares de cada grupo foram contados, pesados (peso úmido em g), e armazenados em frascos com álcool 70% (VASKE JR. e CASTELLO, 1998) para identificação até o menor nível taxonômico possível com base em chaves de identificação e literatura especializada para peixes (BARLETTA e CORRÊA, 1992; HUMAN e DELOACH, 2002), crustáceos (BOWMAN e GRUNER, 1974) e cefalópodes (VASKE-JR, 2006), além de consultas a especialistas sempre que possível.

Análise de Isótopos Estáveis – AIE

Foram extraídas pequenas amostras de tecido muscular de cada predador capturado. Cada amostra foi lavada com água destilada para remoção de partículas externas não musculares (tais como ossos ou escamas), colocados em placas de petri para secagem em estufa a 60 °C por 48 h. Posteriormente à secagem, as amostras foram

maceradas com auxílio de cadinho e pistilo até se tornarem um pó fino e homogêneo para serem armazenadas em criotubos. As análises de isótopos estáveis foram realizadas com um espectrômetro de massa de fluxo contínuo (Delta V + com uma interface conflo IV, Thermo Scientific, Bremen, Alemanha) acoplado a um analisador elementar (Flash EA 2000, Thermo Scientific, Milão, Itália) no Polo de Espectrometria Oceânica (Plouzané, França). Os resultados foram expressos na notação padrão δ baseada em padrões internacionais (Pee Dee Belemnite para $\delta^{13}\text{C}$ e N_2 no ar para $\delta^{15}\text{N}$) (PETERSON e FRY, 1987), seguindo a fórmula: $\delta^{13}\text{C}$ ou $\delta^{15}\text{N} = [(R_{\text{amostra}} / R_{\text{padrão}}) - 1] \times 100$ (em ‰), onde X é ^{13}C ou ^{15}N e R é a razão correspondente, $^{13}\text{C} / ^{12}\text{C}$ ou $^{15}\text{N} / ^{14}\text{N}$. A precisão experimental, baseada no desvio padrão de medidas repetidas de um padrão interno de laboratório (Thermo-Acetanilide), foi $<0,11\%$ para $\delta^{15}\text{N}$ e $<0,04\%$ para $\delta^{13}\text{C}$.

3.4. Análises dos dados

Análise do Conteúdo Estomacal - ACE

Para identificação dos itens alimentares que não se encontravam inteiros foram usados os órgãos mais notáveis presentes nas amostras para determinar o número de presas no estômago. Para os peixes, o número de mandíbulas ou o número máximo de pares de otólitos foram assumidos para refletir o número total de presas de peixe no estômago. Da mesma forma, o número de bicos foi usado como uma indicação do número de cefalópodes encontrados, sendo os telsons ou pleópodos usados para quantificar os crustáceos.

Para determinar a contribuição de cada presa na composição da dieta das espécies, empregou-se três métricas relativas de quantidade de presas (Hyslop, 1980):

- *Abundância numérica (%N)* - Razão do n° total de uma presa (Nn) pelo n° total de presas (Np): $\%N = \frac{Nn}{Np} \times 100$
- *Porcentagem de peso (%W)* - Peso de uma presa (Pp) com o peso total de todas as presas (Pt): $\%P = \frac{Pp}{Pt} \times 100$
- *Frequência de ocorrência (%FO)* - N° de estômagos em que uma presa ocorre (n) pelo n° total de estômagos com presença de itens alimentares (N): $\%FO = \frac{n}{N} \times 100$

A combinação destas medidas ao Índice de Importância Relativa (IRI) de Pinkas et al. (1971) fornece uma descrição mais precisa da importância da dieta. O IRI apresenta certo destaque por proporcionar a ordenação de uma escala preferencial dos itens alimentares (alimentos essenciais, secundários e ocasionais) (FONTELES FILHO, 2011). Assim, a importância dos itens encontrados foi verificada de acordo com a fórmula:

$$IRI = (\%N + \%P) \times \%F.O$$

Onde: *IRI* = Índice de Importância Relativa

%N = Porcentagem em número de presas

%P = Porcentagem em peso de presas

%F.O = Porcentagem em frequência de ocorrência de presas.

Ademais, em concordância com Cortés (1997) para auxiliar as comparações entre as categorias alimentares e as respectivas dietas, o IRI foi expresso em base percentual (% IIR):

$$\%IRI = \frac{100 \times IRI_i}{\sum IRI_i}$$

Onde o *IRI_i* representa o valor de IRI para cada categoria de presa *i*.

Estratégia Alimentar

Com o objetivo de descrever a estratégia alimentar de cada espécie, foi aplicado um método gráfico proposto por Costello (1990) e modificado por Amundsen et al. (1996). Os dois conceitos referem-se a uma representação bidimensional da estratégia utilizada pelos predadores, no qual Costello (1990) emprega a frequência de ocorrência e a abundância de uma presa, com as diagonais do gráfico representando a importância da presa (dominante - rara) e a estratégia de alimentação de predadores (especialização - generalizada). Amundsen et al. (1996), em sua modificação, inseriu a abundância específica das presas (*P_i*), definida como a porcentagem que um táxon presa representa de todos os itens presas, considerando-se apenas aqueles predadores em que a presa ocorre, como um novo parâmetro para representação gráfica da dieta.

$$P_i = \left(\frac{\sum S_i}{\sum S_{ti}} \right) \times 100$$

Onde: P_i = abundância da presa específica i

S_i = conteúdo estomacal (volume, peso ou número) composto por presas i

S_{ti} = conteúdo total do estômago dos predadores que continham apenas as presas i no estômago.

Amplitude de nicho

A amplitude de nicho trófico (amplitude da dieta) foi calculada para cada espécie usando-se o índice padronizado de Levin's (HULBERT, 1978), com o %N de presas transformado para proporção. Valores $< 0,6$ indicam que o predador está selecionando alguns grupos de presas e valores próximos a 1 ($> 0,6$) indicam que o predador é um generalista (KREBS, 1999).

O índice é dado pela fórmula:

$$B = \frac{1}{\sum_{i=1}^n P_i^2}$$

Onde: B = amplitude de nicho trófico

n = número total de presas consumidas pelo predador

P_i = proporção do item alimentar i

Sobreposição alimentar

A sobreposição de dietas entre os predadores foi investigada através do Índice de MacArthur e Levins's com modificação de Pianka (KREBS, 1989):

$$O_{jk} = \frac{\sum p_{ij} p_{ik}}{\sqrt{(\sum p_{ij}^2) \times (\sum p_{ik}^2)}}$$

Onde:

O_{jk} = Sobreposição de dietas

p_{ij} = Proporção do item i no total de itens da espécie j

p_{ik} = Proporção do item i no total de itens da espécie k .

O índice varia de 0, quando as dietas não têm itens em comum (nenhuma sobreposição), até 1, quando as dietas são idênticas (sobreposição total). Segundo Zaret & Rand (1971), valores iguais ou superiores a 0,6 representam dietas com alta similaridade, e assim, biologicamente significante.

Análise de Isótopos Estáveis – AIE

Com os resultados obtidos a partir da espectrometria de massa, a composição isotópica das espécies foi investigada através de biplots plotados a partir dos valores médios dos isótopos estáveis de carbono e nitrogênio, para analisar e comparar a posição das espécies ao longo dos eixos isotópicos do diagrama (LAYMAN et al., 2012). O teste de Kruskal-Wallis foi empregado para observar possíveis diferenças de $\delta^{13}\text{C}$ e $\delta^{15}\text{N}$ entre as espécies; e as relações do carbono e nitrogênio em função do tamanho corporal dos peixes foi examinado por meio do Coeficiente de Correlação de Spearman. Em seguida, para examinar o nível das interações tróficas, a área total de nicho isotópico ocupada pelas espécies, empregamos as métricas estabelecidas por Layman et al. (2007). A área total é uma indicação da largura do nicho isotópico de uma população ou comunidade em espaço isotópico (biplot).

O método das Elipses bayesianas foi empregado para caracterizar a área de nicho isotópico que representa parte do nicho ecológico e avaliar diferenças nas larguras isotópicas de nicho entre os quatro predadores, (Elipses Bayesianas de Isótopos Estáveis em R (SIBER), (JACKSON et al., 2011). Por meio desta abordagem, a largura e a sobreposição de nicho isotópico foram avaliadas com base na área da elipse padrão (SEA) no espaço $\delta^{13}\text{C}$ e $\delta^{15}\text{N}$. A elipse padrão foi corrigida para amostras pequenas (SEAc) para proporcionar uma comparação consistente do grau de sobreposição de nicho isotópico entre os quatro predadores, a qual contém aproximadamente 40% dos dados isotópicos e representa a média da área central do nicho isotópico de cada espécie (Jackson et al. 2011, 2012). A diversidade geral de nichos foi calculada como a área total (AT) do casco convexo, que abrange todos os pontos de dados para cada espécie (Layman et al. 2007; Jackson et al. 2012). Um nível de significância de $\alpha = 0,05$ foi considerado para todos os testes estatísticos e todas as análises foram executadas no software R 3.4.4 (R Core Team, 2018 - Rstudio), usando os pacotes SIAR ("Stable Isotope Analysis in R" (PARNELL e JACKSON, 2015) e SIBER ("Stable Isotope Bayesian Ellipses in R" (JACKSON e PARNELL, 2016).

4.RESULTADOS

4.1. Coleta de amostras

No decorrer de sete expedições foram avaliados 236 estômagos, dos quais 194 (82%) com conteúdo alimentar, distribuídos entre as quatro espécies estudadas da seguinte forma: *Sphyraena barracuda* - BAR ($n = 136$), *Acanthocybium solandri* - WAH ($n = 48$), *Thunnus albacares* - YFT ($n = 37$) e *Coryphaena hippurus* - DOL ($n = 14$). A maior parte dos predadores capturados eram indivíduos adultos, com exceção do *T. albacares* que apresentou a maior proporção de peixes jovens amostrados.

4.2. Análise do Conteúdo Estomacal (ACE)

Os exemplares de barracuda analisados apontaram uma variação de tamanho corporal entre 54 a 102 cm de comprimento total (CT), as capturas foram compostas na maioria por indivíduos adultos, concentrados especialmente na classe de 65-70 cm (Figura 4). Identificou-se 23 categorias de presas, com 10 dessas categorias a nível de espécie (Tabela 1). De acordo com os valores do IRI, a barracuda apresentou uma dieta ampla, seus itens alimentares essenciais foram peixes, especialmente representantes das famílias Diodontidae (28,23%N; 20,95%IRI) e Exocoetidae, que apresentou valores expressivos para todas as métricas (18,18%N; 46,27%P; 7,50%FO; 45,70%IRI). Os crustáceos (não ID) constituíram suas presas secundárias e os cefalópodes foram ingeridos ocasionalmente (Figura 5).

Os indivíduos de cavala-impinge apresentaram uma amplitude de tamanho entre 72 a 160 cm de comprimento total, com a moda ocorrendo na classe de 110-120 cm (indivíduos adultos) (Figura 4). Foram identificadas 15 presas diferentes entre teleósteos, crustáceos e cefalópodes, sendo os peixes (46,04% IRI) a categoria mais importante (itens essenciais), com destaque as famílias Diodontidae (20,09 %IRI) e Exocoetidae (14,08 %IRI) (Tabela 1). Os itens alimentares consumidos secundária e ocasionalmente foram lulas Ommastrephidae (*Ornitotheuthis antillarum*, 4,43%IRI) e Eufausiáceos (0,20%IRI), respectivamente (Figura 6).

O comprimento total da albacora laje variou de 47 a 128 cm de CT, com modas nas classes de comprimento de 60-70 e 70-80 cm, indicando um predomínio de indivíduos jovens capturados abaixo do tamanho de maturidade (L_{50}) (Figura 4). Identificou-se 24 presas compondo a dieta, onde conforme o IRI (Tabela 1) os teleósteos (33,24 %IRI) foi

grupo taxonômico essencialmente mais representativo, seguido por crustáceos especialmente larvas Phyllosoma (32,98 %IRI) e cefalópodes Teuthidae *O. antillarum* (7,64 %IRI) também tiveram destaque na dieta (Figura 7).

Indivíduos de dourado variaram de 72 a 130 cm de CT, com a presença de apenas exemplares adultos com a moda na classe de 100-110 cm (Figura 4). Para o dourado de acordo com o IRI (Tabela x) 10 presas constituíram seu hábito alimentar, no qual o grupo dos peixes foi o mais representativo nas análises (8,25% IRI), em particular os Exocoetidae (4,14% IRI) e indivíduos do gênero *Dactylopterus* (1,59% IRI), seguidos por exemplares de Hemiramphidae (0,33% IRI). Um único exemplar de organismo gelatinoso foi encontrado (0,09%IRI) (Figura 8).

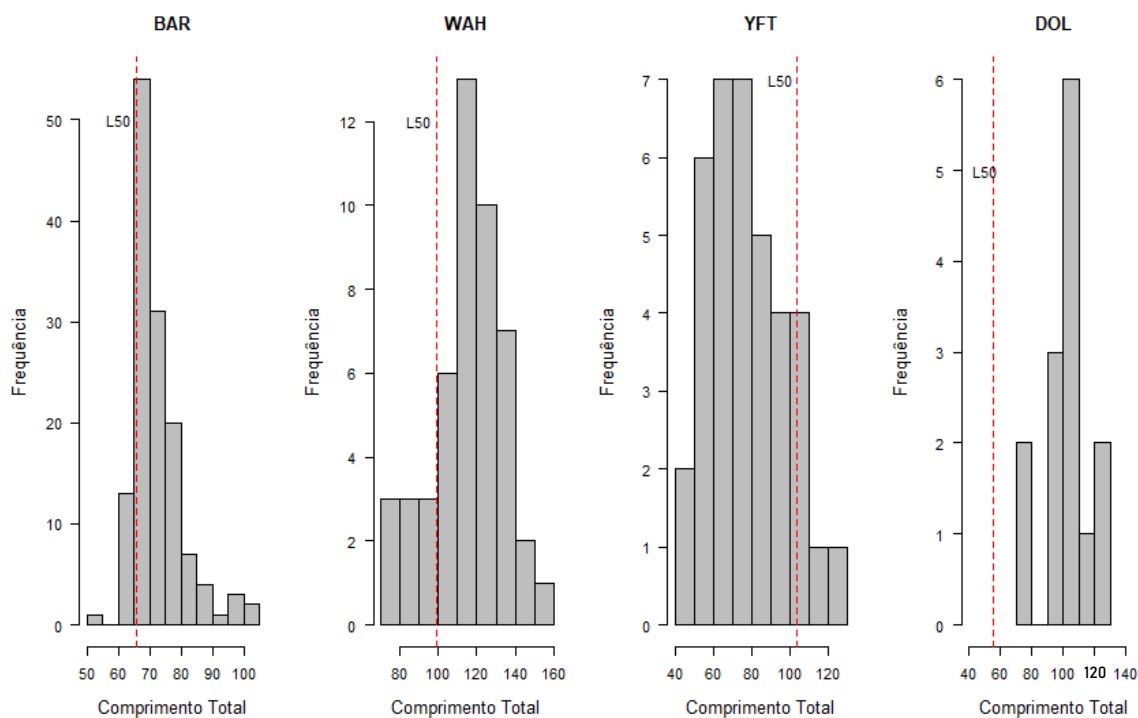


Figura 2: Distribuição das frequências de comprimento total para a) *S. barracuda* b) *A. solandri* c) *T. albacares* e d) *C. hippurus*.

As distribuições dos pontos ao longo das diagonais e eixos do diagrama de Costello (1990) modificado por Amundsen et al., (1996) revelaram as estratégias alimentares para as espécies estudadas (Figura 3). Em geral, ocorreu uma variação no grau de especialização das espécies com diferentes tipos de presas. Para a barracuda foi possível observar uma concentração de espécies ao longo de todo o eixo y (Pi), com algumas presas raras de reduzida abundância específica (Copépoda, Phyllosoma, *D. argenteus*) e baixa frequência de ocorrência, outras com maior abundância específica (Gempylidae, Acanthuridae, Teleósteos não identificados), e uma tendência à especialização de predadores individuais (Diodontidae, Crustáceos não identificados, Cefalópodes, *O. micropterus*, Decapтерus sp.).

A cavala-impingem seguiu a mesma tendência, com pontos distribuídos ao longo de Pi, apresentando uma maior predominância de presas concentradas no eixo raro. No entanto, quanto a sua estratégia alimentar, apesar de ter ingerido presas de modo mais ocasional, exibiu uma tendência a especialização no consumo de peixes (Teleósteos não identificados, Exocoetidae e Diodontidae).

A estratégia alimentar do *T. albacares* (YFT) revelou alta proporção de pontos situados no limiar inferior do eixo vertical (Pi), indicando um maior número de presas raras representadas por itens de diferentes grupos taxonômicos. O grupo dos teleósteos não identificados foi o único grupo a exibir maior frequência de ocorrência e baixa abundância específica, marcando um aspecto generalista da espécie, muito embora o comportamento alimentar do YFT também tenha mostrado a especialização de predadores individuais (Diodontidae e a lula *Ommastrephes bartramii*). A albacora laje também expressou o maior número de recursos com abundância intermediária, com destaque para os crustáceos não identificados e o molusco Pterópoda.

Para a *C. hippurus*, o gráfico exibiu o consumo de algumas presas raras com baixos valores de Pi e Fi (Cheilopogon, Chilomycterus, *G. serpens*), não obstante, também tenha apresentado os teleósteos não identificados com uma abundância intermediária e maior frequência de ocorrência, assim como o YFT. Apresentou especialização individual sobre indivíduos de Exocoetidae, *D. volitans* e *E. volitans* (localizados na parte superior esquerda do diagrama).

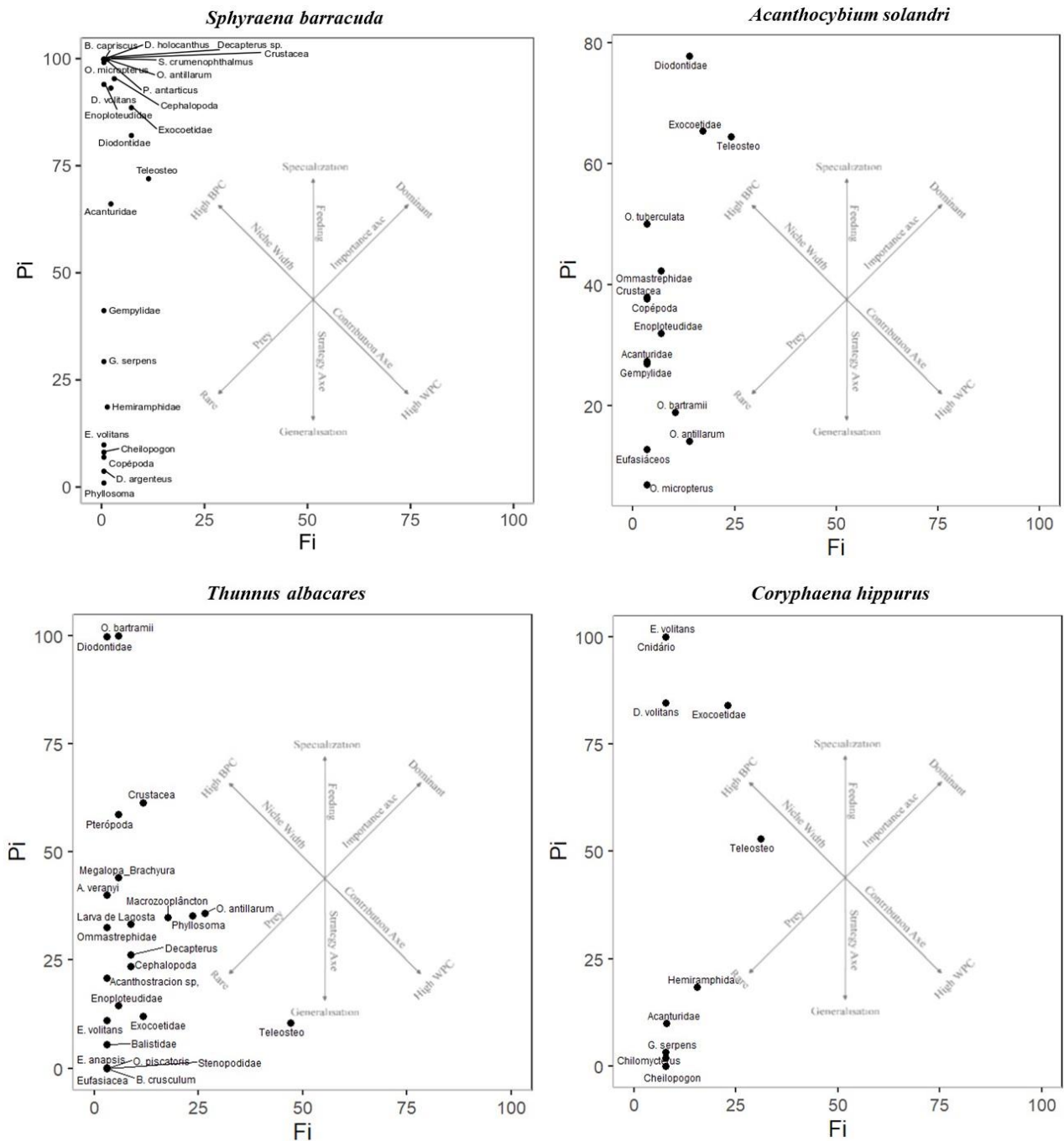


Figura 3: Diagrama de Costello (1990) modificado por Amundsen et al., (1996) expando as relações entre a abundância específica de presas (Pi) e a frequência de ocorrência (Fi) de itens de presas na dieta de quatro predadores pelágicos. As setas no plano de fundo dos gráficos de Costello denotam a interpretação da estratégia de alimentação das espécies, onde: BPC = componente entre fenótipos e WPC = componente dentro do fenótipo.

A largura de nicho trófico (Índice de Levin's) atribuiu valores baixos para as quatro espécies ($Bi < 0,6$) indicando que, apesar de apresentarem amplo espectro trófico, as dietas foram dominadas por alguns grupos de presas (Tabela 2). Conforme as combinações entre as espécies, verificou-se valores baixos de sobreposição alimentar, exceto entre *S. barracuda* (BAR) e *A. solandri* (WAH) que apresentaram um valor de 0,72 revelando sobreposição de suas dietas alimentares (Tabela 3).

Tabela 2: Valores representativos das amplitudes de nicho calculadas para cada espécie através do índice padronizado de Levin's (Bi). Os números entre parênteses correspondem a quantidade de presas encontradas para cada espécie.

Espécie	Bi
<i>Sphyraena barracuda</i> (BAR)	0,17 (23)
<i>Acanthocybium solandri</i> (WAH)	0,13 (15)
<i>Thunnus albacares</i> (YFT)	0,21 (24)
<i>Coryphaena hippurus</i> (DOL)	0,04 (10)

Tabela 3: Valores de sobreposição alimentar através das combinações entre as espécies obtidos pelo Índice de MacArthur e Levin's. Valores acima de 0,6 são considerados indícios de dieta com alta similaridade.

	A	B	C	D
A. BAR	-	0,72*	0,22	0,56
B. WAH	-	-	0,18	0,42
C. YFT	-	-	-	0,21
D. DOL	-	-	-	-

* = Estatisticamente significante, $R_0 > 0,6$

4.2. Análise de Isótopos Estáveis (AIE)

Foram realizadas análises para determinação das razões isotópicas de 213 tecidos musculares, distribuídas em: *S. barracuda* ($n = 121$), *A. solandri* ($n = 43$), *T. albacares* ($n = 34$) e *C. hippurus* ($n = 12$). Os valores isotópicos de $\delta^{15}\text{N}$ das amostras para cada uma das espécies variaram de 9,32 a 12,17‰ para *S. barracuda*; 8,54 a 13,33‰ para *A. solandri*; 8,62 a 11,79‰ para *T. albacares* e de 9,56 a 11,19‰ para *C. hippurus*. Os isótopos estáveis de $\delta^{13}\text{C}$ apresentaram uma variação de -17,97 a -15,17‰ (*S. barracuda*), -18,51 a -16,09‰ (*A. solandri*), -18,91 a -16,44‰ (*T. albacares*) e -18,18 a -16,38‰ (*C. hippurus*). Os valores médios de $\delta^{15}\text{N}$ e $\delta^{13}\text{C}$ estão dispostos na Tabela 4.

Tabela 4: Amplitude dos comprimentos totais (cm) das espécies, valores das assinaturas isotópicas estáveis de carbono e nitrogênio (média e desvio padrão, valores dados em ‰) e o total analisado por espécie.

Espécies	Sigla	CT (cm)	$\delta^{15}\text{N}$ (‰)	$\delta^{13}\text{C}$ (‰)	TOTAL
<i>Sphyraena barracuda</i>	BAR	54 - 102	$10,58 \pm 0,55$	$-16,03 \pm 0,53$	121
<i>Acanthocybium solandri</i>	WAH	72 - 147	$11,18 \pm 1,04$	$-16,71 \pm 0,48$	43
<i>Thunnus albacares</i>	YFT	47 - 128	$10,46 \pm 0,64$	$-17,06 \pm 0,34$	34
<i>Coryphaena hippurus</i>	DOL	72 - 130	$10,13 \pm 0,41$	$-17,19 \pm 0,50$	12

As médias dos percentuais das composições isotópicas de $\delta^{15}\text{N}$ e $\delta^{13}\text{C}$ apresentadas em um diagrama bivariado (Figura 9) mostraram uma ampla faixa de valores entre as espécies. Os indivíduos adultos de cavala impingem (WAH) alcançaram a maior média de $\delta^{15}\text{N}$, enquanto o dourado (DOL) exibiu a média mais baixa. As razões de $\delta^{13}\text{C}$ foram mais enriquecidas para jovens de barracuda (BAR) e adultos de cavala impingem (WAH), enquanto jovens de albacora laje (YFT) e dourados adultos (DOL) apontaram as menores razões de $\delta^{13}\text{C}$. Foi observada uma diferença significativa entre os valores das razões isotópicas de carbono (Kruskal-Wallis, p -value < 0,001) e nitrogênio (Kruskal-Wallis, p -value < 0,001) entre as espécies estudadas.

Os resultados da correlação de Spearman para os quatro predadores mostraram um efeito significativo do $\delta^{15}\text{N}$ em relação ao comprimento corporal apenas para a barracuda ($r^2 = 0,23$, $p < 0,001$) (Figura 10). Quanto a interação entre $\delta^{13}\text{C}$ e o tamanho do corpo, a correlação entre as variáveis exibiu um comportamento forte para albacora laje ($r^2 = 0,48$, $p < 0,001$) e moderado para cavala impingem ($r^2 = 0,14$, $p < 0,001$) (Figura 11).

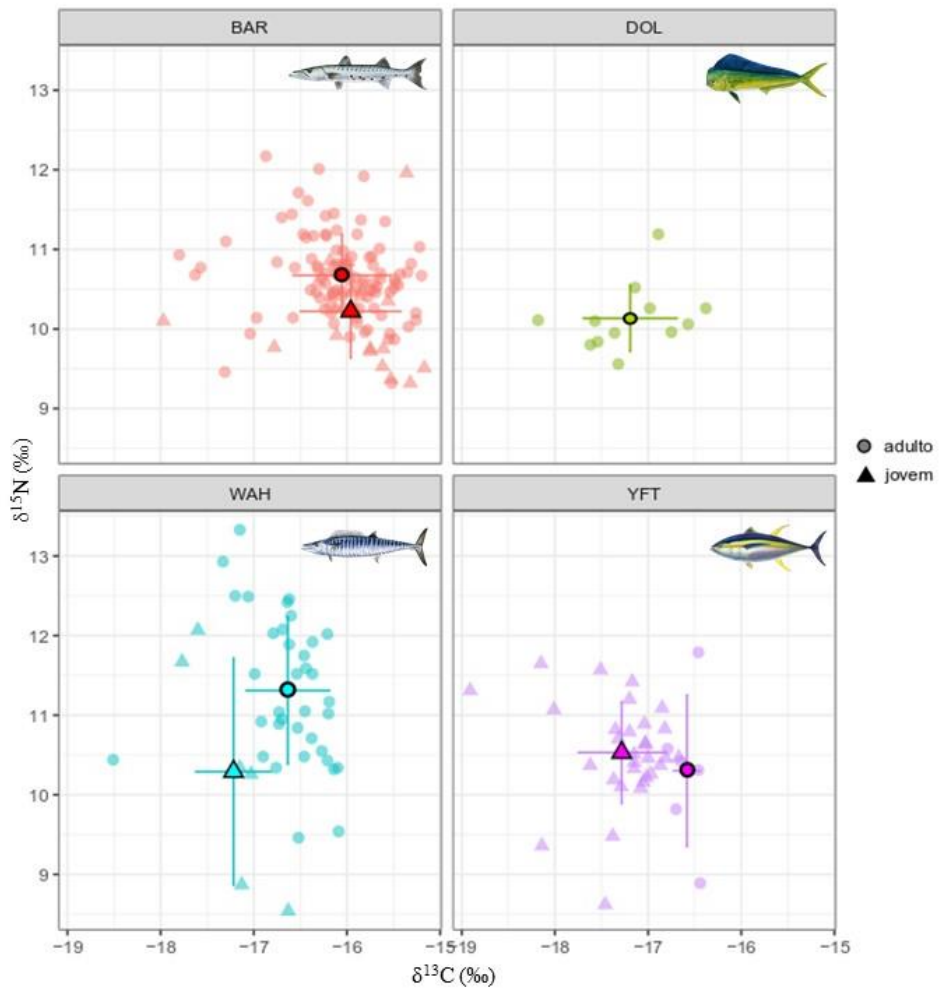


Figura 4: Biplot dos isótopos estáveis de carbono $\delta^{13}\text{C}$ e nitrogênio $\delta^{15}\text{N}$ para as espécies *S. barracuda* (BAR), *C. hippurus* (DOL), *A. solandri* (WAH) e *T. albacares* (YFT).

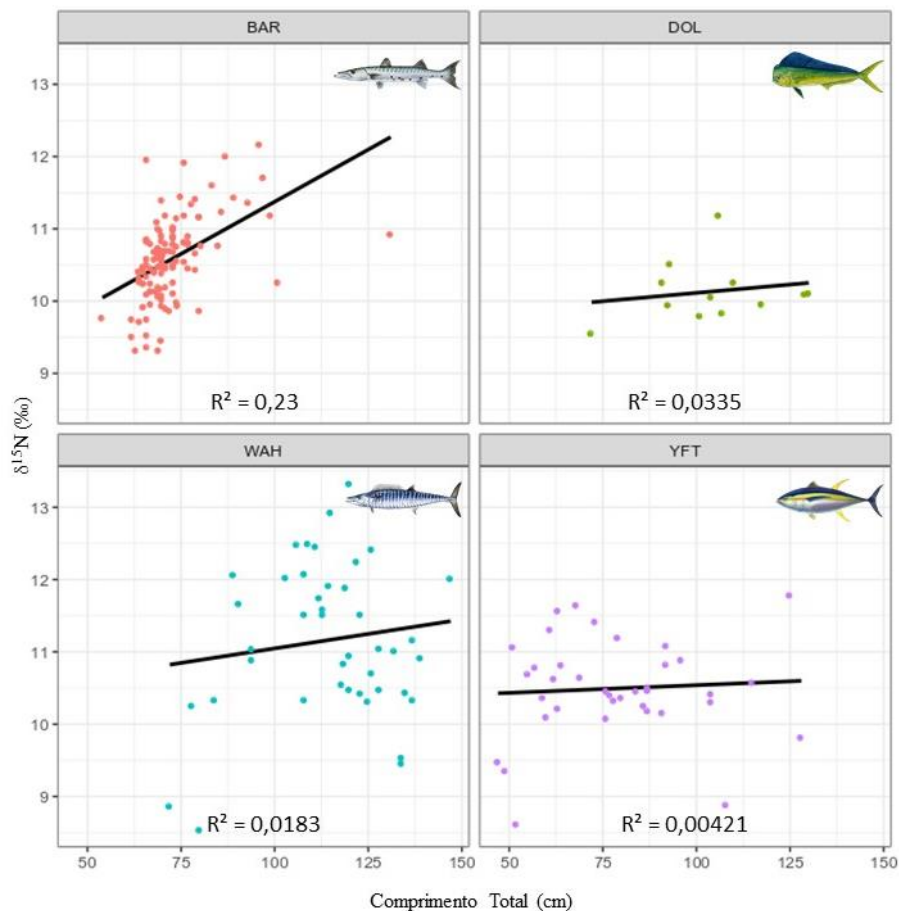


Figura 5: Distribuição dos valores de $\delta^{15}\text{N}$ por comprimento total (cm) das espécies *S. barracuda* (BAR), *C. hippurus* (DOL), *A. solandri* (WAH) e *T. albacares* (YFT).

As assinaturas isotópicas estáveis indicaram similaridade entre os nichos isotópicos e uma sobreposição moderada destes nichos, encontrados a partir das áreas das elipses entre as espécies (Figura 12). A cavala impinge (WAH) que exibiu os valores mais pronunciados de $\delta^{15}\text{N}$, também apresentou a maior área total (AT) e maior elipse padrão estimada (SEAc) (Tabela 5) e uma leve sobreposição de nicho isotópico com barracuda, albacora laje e dourado respectivamente (0,19; 0,27; 0,09). A barracuda (BAR) expôs o segundo maior valor de área total e área de elipse padrão estimada, e os espaços isotópicos exibidos pela albacora laje (YFT) e dourado (DOL) representaram as menores grandezas, e uma particular sobreposição entre seus nichos (0,40).

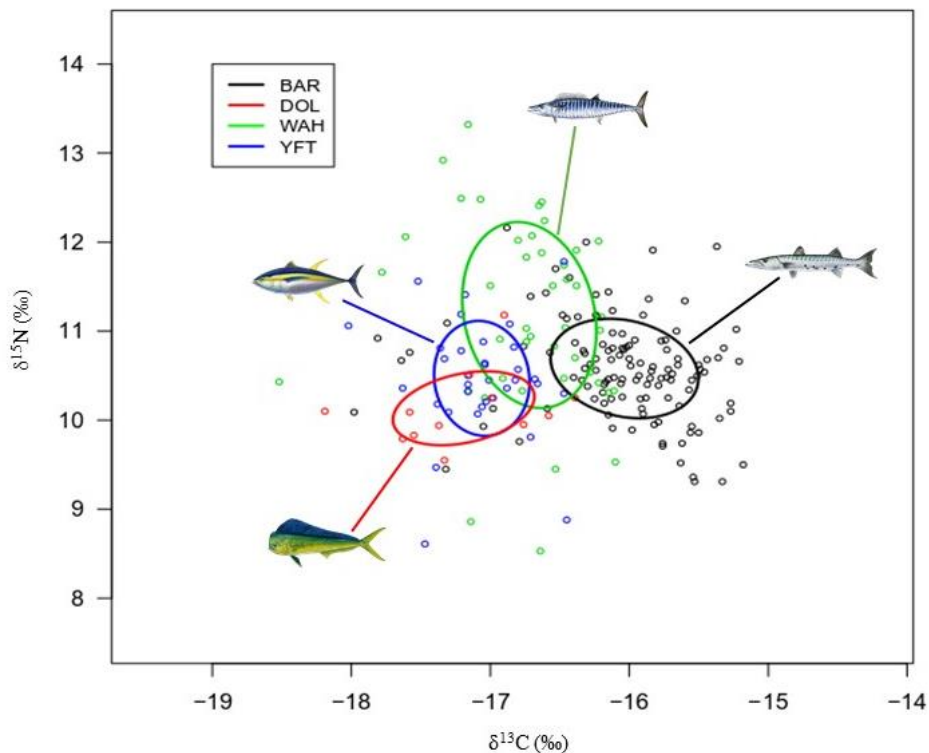


Figura 6: Nichos isotópicos (SIBER) para as espécies *S. barracuda* (BAR), *C. hippurus* (DOL), *A. solandri* (WAH) e *T. albacares* (YFT). As linhas representam a área de elipses para cada espécie, com valores previstos de $\delta^{15}\text{N}$ e $\delta^{13}\text{C}$.

Tabela 5: Área da elipse padrão (SEAc) de quatro espécies pelágicas: *S. barracuda* (BAR), *C. hippurus* (DOL), *A. solandri* (WAH) e *T. albacares* (YFT).

Espécie	Sigla	AT	SEAc
<i>Sphyraena barracuda</i>	BAR	6,33	0,92
<i>Acanthocybium solandri</i>	WAH	6,84	1,59
<i>Thunnus albacares</i>	YFT	3,78	0,71
<i>Coryphaena hippurus</i>	DOL	1,46	0,69

DISCUSSÃO

Ambientes insulares, como o AFN, são áreas importantes para a manutenção da biodiversidade nos oceanos, pois a sua geomorfologia interfere no transporte e deposição de nutrientes em áreas pouco produtivas como nos oceanos tropicais (LIMA et al., 2016). Essas ressurgências são regidas pela interação do relevo submarino com as correntes oceânicas, cujas alterações na estratificação vertical da temperatura da água do mar trazem os nutrientes para a zona fótica, gerando as condições necessárias ao aumento da biomassa primária, transformando estes ambientes em áreas produtivas (TRAVASSOS et al., 1999; SILVA et al., 2019). Sendo um local de elevada biodiversidade, exerce significativa influência em toda fauna circundante como local de abrigo e concedendo ambiente oportuno para desenvolvimento das funções biológicas dos organismos (AQUINO, 2016); atua na manutenção de uma importante teia trófica e consequente presença de predadores de topo ao redor do arquipélago.

Por serem espécies que viajam grandes distâncias atravessando águas carentes em nutrientes, a sobrevivência destes predadores está sujeita a sua eficiência em localizar áreas com maior disponibilidade de biomassa de presas (ROHIT et al., 2010). A presença de predadores como os atuns e afins nas proximidades de ambientes insulares, destaca a hipótese de particionamento de recursos alimentares que por sua vez, podem ser avaliados mediante análises de conteúdo estomacal, e mais recentemente por meio das análises de isótopos estáveis que tem se consolidado como uma ferramenta complementar promissora nos estudos de dieta e investigação das relações tróficas (GONZALEZ, 2019).

Análise do conteúdo estomacal (ACE)

A atividade alimentar da *S. barracuda* apontou uma grande representatividade primária de teleósteos na sua dieta, sobretudo das famílias Diodontidae e Exocoetidae, mas também de representantes de Acanthuridae, Gempylidae e Hemiramphidae em menor número. Os crustáceos e os cefalópodes também tiveram participação na alimentação da barracuda, mas com menor destaque. Nossas explorações são semelhantes a outros estudos sobre os hábitos alimentares da barracuda (SYLVA, 1963, RANDAL, 1967, BLABER, 2016, TORRES-CHÁVEZ ET AL., 2018). Ao examinar os conteúdos estomacais de barracudas capturadas em águas da Flórida e das Bahamas, Sylva (1963) constatou a forte ocorrência de peixes (Balistidae, Diodontidae), enfatizando que a espécie alimenta-se do

que estiver disponível de acordo com sua dimensão, em particular de organismos em movimento. Nas Índias Ocidentais, Randall (1967) observou a presença quase exclusiva de pequenos peixes e não encontrou cefalópodes nos estômagos de 104 exemplares de barracuda. Blaber (2016), em estudo no Oceano Índico, igualmente percebeu o comportamento piscívoro da barracuda, com uma pequena contribuição de crustáceos (Anfípodas e Peneídeos). Torres-Chávez et al. (2018) no Caribe Ocidental, de acordo com o exame de 116 espécimes, identificaram a ocorrência de peixes Gerreidae, Cyprinodontidae e Atherinidae. Estudando os hábitos alimentares e a ocupação do habitat pela barracuda no sudoeste da Flórida, Hansen (2015) mostrou que a espécie é capaz de percorrer grandes distâncias (> 80 km por dia) em um curto espaço de tempo, além de mergulhar em profundidades superiores a 150 m, possivelmente para fins de alimentação. O autor mencionou entretanto, que por ser uma espécie predadora visual ela normalmente permanece próxima à camada mais superficial durante o dia, onde se encontram suas presas (Diodontidae e Exocetidae).

Na dieta da *A. Solandri*, os teleósteos tiveram uma alta representatividade, com predação relevante de peixes das famílias Exocoetidae, Diodontidae e Hemiramphidae, seguidos de invertebrados, como cefalópodes diversos, em particular *Ornitotheuthis antillarum*, e crustáceos, que não contribuíram significativamente na alimentação da espécie no entorno do AFN. Resultados similares foram obtidos por Oxenford et al. (2003) na região centro-oeste do Atlântico, classificando a espécie como primariamente piscívora, com os peixes contabilizando mais de 70% do número total de presas e os cefalópodes apresentando importância secundária. Franks et al. (2007) no Golfo do México, também caracterizaram a espécie como piscívora que se alimenta primordialmente de peixes da comunidade epipelágica. Vaske-Júnior et al. (2003), examinando a estratégia alimentar da WAH nas proximidades do Arquipélago de São Pedro e São Paulo, detectaram uma predominância notável de peixes (95,8%FO), especialmente do voador *Cypselurus cyanopterus*, muito abundante na região e presa principal de vários outros predadores, como a YFT. Em contraste, observações no leste do Pacífico feitas por Mendoza-Ávila et al. (2016) mostraram que os cefalópodes foram o componente mais importante na dieta da cavala-impinge, o que pode ser um indicativo de que os hábitos alimentares da espécie podem variar de acordo com a região geográfica e a disponibilidade de presas no ambiente.

No exame da alimentação do *T. albacares*, verificou-se uma dieta abrangente que inclui diversos organismos, como peixes, crustáceos e cefalópodes. Os peixes apresentaram uma elevada importância relativa (Teleósteos não identificados, Diodontidae, Exocoetidae), seguidos de diversos moluscos cefalópodes, especialmente a lula *Ornothoteuthis antillarum*, e com elevada concentração e variedade de crustáceos, em particular larvas Phylosoma. Essa elevada presença de crustáceos na dieta da YFT pode ser explicada pelo espaço reduzido entre as branquias da espécie, que facilita a ingestão de presas diminutas, especialmente em indivíduos menores que 130 cm (MAGNUSON e HEITZ, 1971). Estudando os hábitos alimentares da YFT na porção sul do Brasil, Vaske Júnior e Castello (1998) identificaram os teleósteos e a lula *O. antillarum* como itens predominantes na dieta durante o inverno e os anfípodes hiperídeos, como o *Brachyscelus crusculum*, como os itens mais importantes na primavera, caracterizando a espécie como um predador eurifágico, que não faz distinção de tipo ou tamanho das presas. Rohit et al. (2010), em pesquisa na costa leste da Índia, relataram que a dieta da YFT foi composta principalmente por peixes (53%), crustáceos (28%) e moluscos (19%), com capacidade de buscar e consumir organismos micronectônicos menos explorados e disponíveis na camada de dispersão profunda (DSL-Deep scattering layer). Em contrapartida, Potier et al. (2007) e Olson et al. (2014) encontraram crustáceos e cefalópodes como presas mais prevalentes na dieta da espécie em peso, número e ocorrência, denotando um predador com altos requisitos de energia com ritmo alimentar interligado a oferta de presas. Trabalho realizado por Silva et al., (2019) com o YFT capturado pela pesca de cardume associado no Atlântico oeste equatorial observaram que a dieta da espécie foi composta por 11 famílias de peixes, três de cefalópodes e três ordens de crustáceos, o que ajudou os autores a concluir que a espécie parece alimentar-se de presas mais abundantes na camada superficial do oceano, como os peixes voadores, cuja concentração é aumentada pelas luzes da embarcação de pesca nas pescarias à noite, e ocasionalmente de outras presas de habitats mais profundos, como peixe-lanterna, lulas e espécies da família Bramidae.

Na observação da dieta do *C. hippurus* uma alimentação composta por variados peixes foi caracterizada, sendo os teleósteos não identificados, Exocoetidae e Diodontidae os mais abundantes. Um único exemplar de organismo gelatinoso foi observado. Apesar do *n* amostral limitado, nossos resultados corroboram com outras pesquisas anteriormente realizadas, a exemplo de Oxenford e Hunte (1999) no Caribe ocidental que constataram que o dourado alimenta-se de uma ampla variedade de peixes teleósteos, com maior

frequência de exemplares de Dactylopteridae e Exocoetidae. Vaske-Jr e Lessa (2004), em trabalho realizado na Zona Econômica Exclusiva do Nordeste brasileiro, observaram que a espécie alimenta-se de peixes da camada epipelágica de maneira contínua, com destaque para *Dactylopterus volitans* (Exocoetidae). Pimenta et al., (2014), na costa norte do Rio de Janeiro, elencaram os peixes como principais itens alimentares do dourado, em particular *Trichiurus lepturus*. Ainda que a análise estomacal desta espécie tenha sido comprometida pelo baixo número de estômagos amostrados, foi possível observar uma certa consonância com os resultados dos trabalhos acima mencionados.

Em geral, nossas descobertas apontam que os predadores aqui estudados apresentaram dieta composta primordialmente por peixes teleósteos, com destaque para as famílias Exocoetidae e Diodontidae, além de crustáceos, cefalópodes e outras espécies de peixes; ressaltando um caráter dietético diverso para albacora laje dentre os quatro predadores observados. As distintas formas hidrodinâmicas, fase ontogenética, posicionamento da boca e tipos de dentes permitem o emprego de diferentes estratégias de consumo de presas para os peixes carnívoros, incluindo o consumo da mesma presa por diferentes espécies quando esta é abundante (RESENDE et al., 1996). As quatro espécies exibiram uma tendência a especialização (Levins $< 0,6$) e uma amplitude de nicho limitada, gerando indícios de variação no uso das presas entre indivíduos, com predadores se especializando em diferentes tipos de recursos (AMUNDSEN et al., 1996). Em decorrência destes resultados, é importante frisar que peixes com elevada capacidade migratória enfrentam o desafio da variabilidade espaço-temporal de alimento, o que torna estrategicamente vantajoso a adoção de comportamentos tróficos distintos, especializando-se do que há disponível no ambiente como mecanismo para reduzir a competição e maximizar o ganho energético, facilitando a coexistência no mesmo ecossistema. Isso também pode estar associado a diferentes fatores não avaliados no presente estudo, como distribuições espaciais (incluindo verticais) e temporais distintas desses predadores, tamanhos das presas, entre outros (Potier et al. 2007; Gorni et al, 2012).

A alta produtividade primária no entorno da cadeia de Fernando de Noronha e o consequente aumento dos fluxos de massa e energia possibilitado por essa produtividade, permitem que este arquipélago seja reconhecido como um oásis (área ecológica ou biologicamente significativa - “Ecologically or Biologically Significant Areas” - EBSA) em meio a um oceano oligotrófico, com pouco alimento disponível (ASSUNÇÃO, 2017;

SERAFINI et al., 2010), fazendo deste ambiente insular um ponto de alimentação importante para predadores pelágicos que encontram diversidade e abundância de recursos. Assim, a estratégia de tendência a especialização alimentar apresentada pelas espécies pode configurar uma tática interessante para que estas coexistam no mesmo ambiente, reduzindo a pressão competitiva e aumentando a eficiência alimentar, posto que, segundo Alley (1982), se os recursos não são escassos é provável que a competição não ocorra.

Análise de isótopos estáveis

Estudos sobre dieta são fundamentais para o entendimento de comportamentos como predação, competição, coexistência e as dinâmicas tróficas nas teias alimentares (AMUNDSEN et al., 1996). Por muito tempo, em estudos de ecologia alimentar, empregou-se a análise do conteúdo estomacal como ferramenta para compreensão desses processos. Entretanto, os entraves na obtenção dos estômagos em número satisfatório de amostras dificultam a formulação de conclusões sobre os padrões alimentares destes animais, sendo AIE um mecanismo útil no enfrentamento de problemas dessa natureza. O uso dos isótopos estáveis neste estudo permitiu a obtenção de informações complementares àquelas obtidas na análise do conteúdo estomacal, a exemplo das interações tróficas e do uso e particionamento de recursos entre os quatro predadores, além de expressar o nicho isotópico e a sobreposição destes nichos na região do AFN. Os resultados sugerem que estes quatro predadores pelágicos nesta área de estudo ocupam um espaço isotópico semelhante, embora variações nos valores isotópicos entre as espécies tenham sido encontrados.

As razões de $\delta^{13}\text{C}$ e $\delta^{15}\text{N}$ aqui encontradas apresentaram variações entre os valores e foram significativamente diferentes entre as espécies, o que de acordo com Li et al. (2016) pode representar dietas compostas por presas de diferentes níveis tróficos obtidas por estratégias alimentares distintas, como a busca por alimento em habitats diferentes, fortalecendo os resultados encontrados nas análises dietéticas. Ainda que os valores de $\delta^{15}\text{N}$ apontem que as quatro espécies alimentam-se de recursos pertencentes a níveis tróficos semelhantes, os valores de $\delta^{13}\text{C}$ foram maiores para *S. barracuda* e mais baixos para *A. solandri*, *C. hippurus* e *T. albacares*, indicando contribuições de diferentes compartimentos do ecossistema na alimentação dos animais (HOBSON et al., 1994) e que estas espécies podem passar mais tempo na teia alimentar pelágica consumindo

organismos mais empobrecidos em $\delta^{13}\text{C}$ (Li et al. 2016). Este último padrão é justificado em nossos dados pela ocorrência de teleósteos e presas pelágicas nas dietas de *A. solandri*, *C. hippurus* e *T. Albacares*, conhecidos por possuírem comportamento epipelágico; assim como a presença de organismos associados a recifes para *S. barracuda* (*Decapterus* sp., *S. crumenophthalmus*, *O. micropterus*) denota os valores mais enriquecidos de carbono para a barracuda, uma vez que esta detém um caráter mais residente, com menor capacidade de deslocamento e ocorre em águas mais rasas, nas proximidades de recifes de coral.

A. solandri revelou a maior variação (8,54 a 13,33‰) de $\delta^{15}\text{N}$, sendo um reflexo da ampla faixa de tamanho apresentada pela espécie, com o tamanho associado a mudança de dieta à medida que o peixe cresce, tornando-se mais enriquecido em nitrogênio em relação a suas presas, padrão que serve conseqüentemente como indicador da posição trófica do consumidor (CHEREL e HOBSON, 2007), além do fato de que animais maiores interagem com mais espécies e possuem um maior *home range*. Animais maiores e de natação rápida que conseguem percorrer vastas áreas oceânicas com distintos sinais isotópicos podem ter um nível de rotatividade isotópica variável uma vez que eles conseguem migrar para se alimentar de presas associadas a linhas de base isotópicas variadas (LUCKHURST, 2015). Ao passo que valores isotópicos de um organismo representam sua dieta, estes valores podem variar de acordo com alguns fatores como: tempo de incorporação da informação alimentar, taxa de rotatividade metabólica dos tecidos (dias, meses, anos), proporções de crescimento durante a vida do organismo e a ausência de dados isotópicos das suas principais fontes alimentares também podem influenciar nessa variação (O'REILLY et al., 2003). Diferenças fisiológicas nos peixes também pode ser um fator de variação nas assinaturas isotópicas, levando em consideração que o estresse nutricional influenciado pela qualidade da dieta ou por inanição, pode afetar o enriquecimento de $\delta^{15}\text{N}$ (VANDERKLIFT e PONSARD, 2003). Baseado nesta premissa e levando em consideração que a maior parte dos estômagos de *A. solandri* apresentou elevado grau de parasitismo (79,5%) ocasionado principalmente pelo tremátoda *Hirudinella ventricosa*, possa ter afetado o seu estado nutricional, limitando a gama de presas que poderiam ser ingeridas e causando inanição nos indivíduos. De acordo com Reyes (2005), a proporção de nitrogênio excretado e assimilado é maior durante os períodos de inanição, $\delta^{15}\text{N}$ também é maior para animais que passam períodos de jejum frequentes.

O tamanho do corpo desempenha um papel crucial nas interações predador-presa, sendo um atributo diretamente ligado ao sucesso da atividade alimentar ao passo em que fica mais ágil na atividade predatória, além de suas características morfológicas facilitarem o abocanhamento das presas (SHARF et al., 2000; MÉNARD et al., 2007, ROCHA, 2009) e que suporta a ideia de que o tamanho das presas e o nível trófico geralmente aumentam com o incremento do tamanho corporal do predador (SHARF et al., 2000; JENNINGS et al., 2002). Este efeito pode ser uma consequência de mudanças na dieta e diferentes estratégias alimentares, refletindo habilidades e requerimentos fisiológicos específicos (MARSAC et al., 2007; SARA & SARA, 2007). A *S. barracuda* exibiu um efeito notável $\delta^{15}\text{N}$ em relação ao tamanho corporal, indicando um incremento na concentração de nitrogênio conforme o indivíduo cresce; e à luz dos resultados das análises isotópicas publicados por Monière et al. (2003) e Torres-Chavez et al. (2018) ambos no Caribe com esta espécie, a relação positiva tem correlação com a importância dietética decrescente de pequenos invertebrados e o aumento do consumo de presas maiores e mais nutritivas como os peixes, em virtude dos diferentes requerimentos nutricionais ao longo do ciclo de vida da barracuda. Este caráter piscívoro da barracuda, com uma contribuição secundária mínima de invertebrados em particular em indivíduos maduros também foi encontrado em nossas análises de conteúdo estomacal. Além disso, esta é uma espécie mais local e residente em relação aos outros predadores aqui abordados. As mudanças na dieta relacionadas ao tamanho podem ser uma estratégia de vida, permitindo que a espécie consiga explorar uma vasta gama de presas disponíveis no ambiente ao longo de seu ciclo de vida.

Os valores de $\delta^{13}\text{C}$ foram afetados pelo tamanho corporal na albacora laje, fato que pode estar associado ao grande número de indivíduos jovens analisados. Essa relação pode ser causada por diferentes valores de $\delta^{13}\text{C}$ das espécies de linha de base, transição nas fontes de carbono durante avanço na escala maturacional, pode retratar um período de alimentação integrado aos tecidos anteriormente fora da área de estudo, além de refletir a grande proporção de invertebrados (crustáceos e cefalópodes) consumidos em sua dieta nesta pesquisa, sendo estes organismos mais empobrecidos neste elemento, quando comparados a peixes (ALLAN MOORE, 2014; LI et al. 2016). Estudos recentes mostram que adaptações fisiológicas e estratégias de conservação de energia desempenham um papel relevante no delineamento de habitats e são importantes para interações entre grandes predadores pelágicos (MERTEN et al., 2014; TEFFER et al., 2015).

Neste estudo, os valores de SEAc da barracuda e cavala impinge foram maiores que albacora laje e dourado, indicando que as quatro espécies podem explorar habitats e recursos diferentes (TEFFER et al., 2015). No entanto, quando uma sobreposição de nichos isotópicos, que equivalem a sobreposição alimentar, ocorre em um cenário onde os recursos são abundantes e disponíveis, uma partição de recursos é sugerida (ALLEY, 1982), o que evidencia em nossas descobertas as semelhanças nas fontes dietéticas piscívoras dos predadores no AFN encontrados a partir das análises de conteúdo estomacal, e indicam que estas ocupam posições tróficas equivalentes neste ecossistema em questão. Essa partição de nicho mais aproximada entre barracuda e wahoo, pode ser evidenciada pela grande proporção de teleósteos, Exocoetidae e Diodontidae apresentada nos resultados desta pesquisa para as duas espécies. Indivíduos jovens e adultos de albacora laje, cavala impinge e dourado passam a maior parte do tempo na camada mais superficial do oceano, em atividade alimentar contínua sobre organismos epipelágicos (Exocoetidae, Diodontidae, Balistidae e Acanthuridae) abundantes em bancos oceânicos e bastante atrativos para suas dietas (VASKE-JR e LESSA, 2004) demonstrando que os predadores utilizam recursos compatíveis e tem nichos semelhantes neste arquipélago. A

partição de nicho pode decorrer de processos biológicos e comportamentais, oportunizados por pequenas diferenças entre as espécies, tamanhos de presas ingeridas por cada predador induzidos pela morfologia, fisiologia, e bioecologia de cada predador (MAGNUSON e HEITZ, 1971).

CONSIDERAÇÕES FINAIS

As águas do arquipélago de Fernando de Noronha são ocupadas por uma rica diversidade de peixes, incluindo predadores pelágicos que encontram neste ecossistema único um ambiente propício para ganho energético coexistindo de maneira a minimizar competição e maximizar os ganhos alimentares. Este estudo é pioneiro em investigar a dinâmica trófica e ecologia alimentar da albacora laje, barracuda, cavala impinge e dourado, recursos pesqueiros de destaque para pescarias artesanais, recreativas e comércio local como fonte de renda e alimentação na área de estudo, suprimindo uma grande lacuna sobre a atividade trófica das quatro espécies estudadas com uso combinado de ferramentas ecológicas (análise do conteúdo estomacal/ACE e isótopos estáveis/AIE) fundamentais para compreensão mais integrada da estrutura e funcionamento das comunidades marinhas pelágicas. Vale resaltar que as assinaturas isotópicas estáveis podem ser

indicadores úteis das estratégias alimentares e detém grande potencial para estudos de ecologia trófica, sobretudo de forma complementar à ACE.

Nossos dados são capazes de mostrar o hábito alimentar primordialmente piscívoro dos predadores, com contribuição secundária de invertebrados (crustáceos e cefalópodes), diversidade da composição dietética dos indivíduos em especial da albacora laje sendo mais expressiva, organização quanto as exploração dos recursos alimentares com certo grau de especialização em distintas presas, nicho trófico restrito e baixa sobreposição entre as espécies. Quando observados a luz dos isótopos estáveis, observa-se que parece realmente existir uma relação de arranjo onde, diferentes compartimentos e presas contribuem na alimentação dos animais que possuem distintos sinais isotópicos, relação significativa entre o aumento do tamanho corporal e $\delta^{15}\text{N}$ para barracuda, e $\delta^{13}\text{C}$ albacora laje. As duas metodologias em conjunto refletem que os predadores particionam e utilizam recursos compatíveis, e tem nichos semelhantes neste ecossistema. No entanto se adaptam, para melhorar a capacidade de exploração e sobrevivência utilizando recursos compartilhados por várias espécies e/ou usados por uma única em diferentes fases de vida.

As descobertas desta pesquisa acentuam a importância de se conhecer a dinâmica trófica, especialmente frente as modificações e processos ambientais que vem acontecendo e que são capazes de alterar o habitat e atingir diretamente toda a teia trófica, como mudanças climáticas, poluição e outros impactos antrópicos. O entendimento de como estes recursos pesqueiros se relacionam, atuam e utilizam o ambiente e seus recursos alimentares são fundamentais para avaliação do papel ecológico de regiões insulares que compreendem espaços de valor econômico e ecológico considerável em virtude da elevada produtividade biológica de seus entornos; e para concepção de políticas de gestão baseadas em uma abordagem ecossistêmica. O aporte de informações científicas são o componente chave para viabilizar a análise do ecossistema do AFN como uma unidade mediante o enfoque ecossistêmico da pesca, avaliando a partição de recursos e uso das fontes basais. O uso integrado de mecanismos como ACE e AIE podem subsidiar, junto com outros elementos pertinentes da cadeia trófica, modelos ecossistêmicos de fluxos de energia, como EcoPath.

Nesse contexto, conhecimentos acerca do comportamento alimentar e das relações tróficas entre espécies de elevado valor ecológico e econômico são fundamentais para embasar o uso sustentável dos ecossistemas marinhos, especialmente em ilhas oceânicas

como o AFN, uma EBSA reconhecida internacionalmente (GASALLA e SOARES, 2001), garantindo a preservação do ambiente e a conservação dos recursos que nele vivem.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABRAMS, P. Some comments on measuring niche overlap. **Ecology**, 61 (1), p. 44 – 49. 1980.

AMUNDSEN, P. A., GABLER, H. M., AND STALDVIK, F. L. A new approach to graphical analysis of feeding strategy from stomach contents data: modification of the Costello (1990) method. **Journal of Fish Biology** 48, 607–614. 1996.

ASSUNÇÃO, R. V. Variabilidade sazonal da dinâmica oceânica na região do mar de dentro do arquipélago de Fernando de Noronha, pe. Universidade Federal de Pernambuco, **Dissertação de mestrado**. 2017

AQUINO, E. P. Fitoplâncton como indicativo das condições oceanográficas de um arquipélago no Atlântico Equatorial (Fernando de Noronha, Brasil). Universidade Federal de Pernambuco, **Tese de doutorado**. 2016.

BARLETTA, M.; CORRÊA, M. F. M. Guia para identificação de peixes da costa do Brasil. Editora UFPR, 1992.

BRADLEY, R. A., BRADLEY, D. W. Do non-random patterns of species in niche imply competition? **Oikos**. V. 45, nº. 3, p. 443 – 446. 1985.

BEAUDOIN, C.P., TONN, W. M., PREPAS, E. E., WASSENAAR, L. I. Individual specialization and trophic adaptability of northern pike (*Esox lucius*): an isotope and dietary analysis. **Oecologia**, Berlin, V. 120, p. 386 - 396, 1999.

BEARHOP, S., ADAMS, C. E., WALDRON, S., FULLER, R. A., MACLEOD, H. Determining trophic niche width: a novel approach using stable isotope analysis. **Journal of Animal Ecology**, 73, 1007–1012. 2004.

BERTRAND, A., BARD, F. X., JOSSE, E. Tuna food habits related to the micronekton distribution in French Polynesia. **Marine Biology**, 140: 1023–1037. 2002

BORNATOWSKI, H. Ecologia trófica e reprodução do cação-frango *Rhizoprionodon lalandii* (Elasmobranchii: Carcharhinidae), capturado no sul do Brasil. **Dissertação de mestrado**. Universidade Federal do Paraná. 2010.

BOWMAN, T. E.; GRUNER H. E. The families and genera of hyperiidea (crustacea: amphipoda) **Smithsonian contributions to zoology**, Number 146, 1974.

BLABER, S. J. M. The ecology of *Sphyrna barracuda* (Osteichthyes:Perciformes) in the Kosi system with notes on the Sphyrnidae of other Natal estuaries, **South African Journal of Zoology**, 17:4, 171-176. 1982

BRADLEY, R. A., BRADLEY, D. W. Do non-random patterns of species in niche imply competition? **Oikos**. V. 45, nº. 3, p. 443 – 446. 1985.

CANALES, G. R. V. O uso da acústica multifrequência na caracterização das comunidades pelágicas em ilhas oceânicas do atlântico sul, brasil. **Dissertação de mestrado**. 2017.

COSTELLO, M. J. Predator feeding strategy and prey importance: a new graphical analysis. **Journal of Fish Biology** 36, 261–263. 1990

CHEREL, Y., HOBSON, K. A. Geographical variation in carbon stable isotope signatures of marine predators: a tool to investigate their foraging areas in the Southern Ocean. **Marine Ecology Progress Series**, Vol. 329: 281–287, 2007.

DAGORN, L.; HOLLAND, K. N.; HALLIER, J. P.; TAQUET, M.; MORENO, G.; SANCHO, G.; ITANO, G.; AUMEERUDDY, R.; GIRARD, C.; MILLION, J.; FONTENEAU, A. Deep diving behavior observed in yellowfin tuna (*Thunnus albacares*). **Aquat. Living Resour.** 19, 85–88 (2006).

D’ALESSANDRO, E. K., SPONAUGLE, S., LLOPIZ, J. K. Y COWEN, R. K. Larval ecology of the great barracuda, *Sphyraena barracuda*, and other sphyraenids in the Straits of Florida. **Marine Biology**, 158, 2625–2638. 2011.

DENIRO, M.J.; EPSTEIN, S. Influence of diet on the distribution of carbon isotopes in animals. **Geochimica et Cosmochimica Acta**, V. 42. p. 495 - 506. 1978.

DENIRO, M.J.; EPSTEIN, S. Influence of diet on the distribution of carbon isotopes in animals. **Geochimica et Cosmochimica Acta**, V. 45. p. 341 - 351. 1981

DE SYLVA, D. P. Systematics and life history of the great barracuda *Sphyraena barracuda* (Walbaum). **Studies in Tropical Oceanography**, 1–179. 1963

DOMINGUEZ, P.S., MILENA, R., BARRELLA, M., MACEDO, E.D. Estudo preliminar dos desembarques pesqueiros realizados por pescadores artesanais do Arquipélago de Fernando de Noronha (Brasil). **Unisanta BioScience**. V. 2. nº 2, p. 120 – 124. 2013

ENGELBRECHT, T. M.; KOCK, A. A.; O’RIAIN, M. J. Running scared: when predators become prey. **Ecosphere**, v. 10(1). 2019.

FELIZARDO, N. N.; KNOFF, M.; TORRES, E.J.L.; PIMENTA, E.G.; AMORIM, A.F. & GOMES, D.C. *Hirudinella ventricosa* (Trematoda) parasitizing *Makaira nigricans* and *Acanthocybium solandri* from neotropical region, Brazil. **Neotropical Helminthology**, vol. 7, N°1, jan-jun, pp. 75 - 82. 2013.

FONTELES FILHO, A. A. Oceanografia, biologia e dinâmica populacional de recursos pesqueiros. Expressão gráfica e editora. 2011.

FRANCISCO, C. A. C. Rede de Kohonen: Uma ferramenta no estudo das relações tróficas entre espécies de peixes. **Dissertação de mestrado**. Universidade Federal do Paraná, Curitiba. 125p. 2004.

FRANKS, J. S., HOFFMAYER, E. R., BALLARD, J. R., GARBER, N. M., GARBER, A. F. Diet of wahoo, *Acanthocybium solandri* from the northcentral Gulf of Mexico. **Proceedings of the 60th Gulf and Caribbean Fisheries Institute**. V. 60. 2007.

FRIEDLANDER, A., & DEMARTINI, E. E. Contrasts in density, size, and biomass of reef fishes between the northwestern and the main Hawaiian Islands: the effects of fishing down apex predators. **Mar. Ecol. Prog. Ser.** 2002.

FRY, B. Stable isotope ecology. New York: Springer, 2006.

GASALLA, M. L. A., SOARES, L. S. H. Comentários sobre os estudos tróficos de peixes marinhos no processo histórico da ciência pesqueira e modelagem ecológica. **Boletim do Instituto de Pesca**, São Paulo, 27(2): 243 - 259, 2001

GARCIA A.M., HOEINGHAUS D.J., VIEIRA J.P., WINEMILLER K.O. c. **Estuarine, Coastal and Shelf Science**, 73: 399-408. 2007.

GARLA, R.C.; GARCIA JR, J. Fernando de Noronha's shark Project, Brazil: participative fisheries monitoring. Final report. Conservation Leadership Programme, 2008

GIACOMINI, H. C.; PRETERE JR. M. A estrutura de teias tróficas. **Boletim da Sociedade Brasileira de Limnologia** – N. 38 (1). 2010.

GERKING, S. D. Food partitioning and diet switches. **Feeding of fish ecology**, capítulo 13, Pages 299-316. 1994.

GRUBICH, J. R; RICE, A. N; e WESTNEAT, M. W. Functional morphology of bite mechanics in the great barracuda (*Sphyraena barracuda*). **Zoology**, 111: 16 - 29. 2008.

GORNI; G. R., GOITEIN, R., AMORIM, A. F. Description of diet of pelagic fish in the southwestern Atlantic, **Brazil. Biota Neotrop.**, 13(1): 61-69. 2013

HAHN, N.S., LOUREIRO, V.E. & DELARIVA, R.L. 1999. Atividade alimentar de *Plagioscion squamosissimus* (Heckel, 1840) (Perciformes, Sciaenidae) no rio Paraná. **Acta Sci.** 21(2):309-314.

HANSEN, N. R. Feeding ecology and habitat utilization of the great barracuda *Sphyraena barracuda* (Edwards 1771) in southeast Florida. **Dissertação de Mestrado**. Nova Southeastern University, 2015

HOBSON, K. A., PIATT, J. F., PITOCHELLI, J. Using stable isotopes to determine seabird trophic relationships. **J Anim Ecol** 63: 786–798. 1994

HULBERT, S. H. The measurement of niche overlap and some relatives. *Ecology*, 59: 67-77. 1978

HUMAN, P.; DELOACH, NED. Reef fish identification, Florida, Caribbean, Bahamas. 3ª edição. 2002

HAYDEN, B.; PALOMARES, M. L. D.; SMITH, B. E.; POELEN, J. H. Biological and environmental drivers of trophic ecology in marine fishes - a global perspective. **Scientific Reports Nature Research** (2019) 9:11415

HYSLOP, E.J. Stomach contents analysis – a review of methods and their application. **J. Fish Biol.** (1980) 17,41 1-429. 1980.

JACKSON, A.L., INGER, R., PARNELL, A.C., BEARHOP, S. Comparing isotopic niche widths among and within communities: SIBER - Stable Isotope Bayesian Ellipses in R. **Journal of Anim. Ecol.** 80, p. 595 - 602. 2011.

JENNINGS, S., WARR, K. J., MACKINSON, S. Use of size-based production and stable isotope analyses to predict trophic transfer efficiencies and predator-prey body mass ratios in food webs. **Marine Ecology Progress Series**, Vol. 240: 11–20, 2002.

KREBS C.J. Ecological methodology. New York, NY: Harper Collins. 1999.

LAYMAN, C. A., ARRINGTON, D. A., MONTAN, C. G., POST, D. M. Can stable isotope ratios provide for community-wide measures of trophic structure? **Ecology**, 88 (1) 42–48. 2007

LAYMAN, C. A., ARAUJO, M. S., BOUCEK, S., HAMMERSCHLAG-PEYER, C. M., HARRISON, E., JUD, Z. R., MATICH, P., ROSENBLATT, A. E., VAUDO, J. J., YEAGER, L. A., POST, D. M., BEARHOP, S. Applying stable isotopes to examine food-web structure: an overview of analytical tools. **Florida international university jornal articles**, 157. 2012

LESSA, R.; SALES, L.; COIMBRA, M.R.; GUEDES, D.; VASKE Jr., T. Análise dos desembarques da pesca de Fernando de Noronha (Brasil). **Arquivos Ciências do Mar**, 31: 47-56. 1998

LIMA, A. R. A.; BARLETTA, M.; COSTA, M. F. Seasonal-Dial Shifts of Ichthyoplankton Assemblages and Plastic Debris around an Equatorial Atlantic Archipelago. **Frontiers in Environmental Science**, V. 4, Artigo 56, 2016.

LI, Y., ZHANG, Y., DAI, X. Trophic interactions among pelagic sharks and large predatory teleosts in the northeast central Pacific. **Journal of Experimental Marine Biology and Ecology**, 483:97–103. 2016

LOWE-McCONNEL, R. H. Estudos ecológicos de comunidades de peixes tropicais. São Paulo: EdUSP, 534p. 1999

LUCKHURST, B. E. A preliminary food web of the pelagic environment of the sargasso sea with a focus on the fish species of interest to iccat. **Collect. Vol. Sci. Pap. ICCAT**, 71(6): 2913-2932 (2015)

MANETTA, G.I., CECILIO-BENEDITO, E. Aplicação da técnica de isótopos estáveis na estimativa da taxa de turnover em estudos ecológicos: uma síntese. **Acta Scientiarum: Biological Sciences Maringá**, v. 25, n. 1, p. 121-129, 2003.

MAGNUSON, J. J. & HEITZ, J. G. Gill raker apparatus and food selectivity among mackerels, tunas, and dolphins. **Fish. Bull.**, 69(2): 361-370. 1971

MALONE, M. A., BUCK, K. M., MORENO, G., AND SANCHO, G. Diet of three large pelagic fishes associated with drifting fish aggregating devices (DFADs) in the western equatorial Indian Ocean. **Animal Biodiversity and Conservation** 34, 287–294. 2011

MÉNARD, F., LORRAIN, A., POTIER, M., MARSAC, F. Isotopic evidence of distinct foraging ecology and movement pattern in two migratory predators (yellowfin tuna and swordfish) of the western Indian Ocean. **Marine Biology**, 153 (2) 141-152. 2007.

MENDOZA-ÁVILA, M., ZAVALA-ZAMBRANO, G., GALVA'N-MAGAÑA F., LOOR-ANDRADE, P. Feeding habits of wahoo (*Acanthocybium solandri*) in the eastern Pacific Ocean. **Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom**, 2016

MENOSCAL, J.B., PÁEZ-ROSAS, D., WOLFF, M. Hábitos alimentarios de dos peces pelágicos *Thunnus albacares* y *Acanthocybium solandri* de la Reserva Marina de Galápagos. **Revista de Biología Marina y Oceanografía**, v. 47 (1), p.1-11, 2012.

MILOSLAVICH, P.; KLEIN, E.; DÍAZ, J. M.; HERNANDEZ, C. E.; BIGATTI, G.; CAMPOS, L.; ARTIGAS, F.; CASTILLO, J.; PENCHASZADEH, P. E.; NEILL, P. E.; CARRANZA, A.; RETANA, M. V.; ASTARLOA, J. M. D.; LEWIS, M.; YORIO, P.; PIRIZ, M. L.; RODRÍGUEZ, D.; YONESHIGUE-VALENTIN5, Y.; GAMBOA, L.; MARTÍN, A. Marine biodiversity in the atlantic and the pacific coasts of south américa: knowledge and gaps. **Plos One**, v. 6, issue 1. 2011.

MONIERE, E. C., POLLUX, B. J. A., NALGELKERKEN, I., HEMMINGA, M. A., HUISKES, A. H. L., VAN DER VELDE, G. Ontogenetic dietary changes of coral reef fishes in the mangrove-seagrass-reef continuum: stable isotopes and gut-content analysis. **Marine ecology progress series**, Vol. 246: 279–289, 2003

ODUM, P.E., BARRETT, G.W. Fundamentos de ecología. Tradução da 5ª edição norte-americana. São Paulo, Cengage Learning, 2015.

OLIVEIRA, J. C. S., ISAAC, V. J. Diet breadth and niche overlap between *Hypostomus plecostomus* (Linnaeus, 1758) and *Hypostomus emarginatus* (Valenciennes, 1840) (Siluriformes) in the Coaracy Nunes hydroelectric reservoir, Ferreira Gomes, Amapá-Brazil. **Biota Amazônica**, v. 3, n. 2, p. 116-125, 2013

OLSON, R. J., DUFFY, L. M., KUHNERT, P. M., GALVÁN-MAGAÑA, F., BOCANEGRA-CASTILLO, N., ALATORRE-RAMÍREZ, V. Decadal diet shift in yellowfin tuna *Thunnus albacares* suggests broad-scale food web changes in the eastern tropical Pacific Ocean. **Marine Ecology Progress Series**, Vol. 497: 157–178, 2014

OXENFORD, H. A., HUNTE, W. Feeding habits of the Dolphinfish (*Coryphaena hippurus*) in the eastern Caribbean. **Scientia Marina**. V. 63 (3-4): 303 – 315. 1999

OXENFORD, H. A.; MURRAY, P. A.; LUCKHURST, B. E. The biology of wahoo (*Acanthocybium solandri*) in the western central atlantic. **Gulf and Caribbean Research** Vol. 15, 33-49, 2003

PACHECO, A.C.G., BARTOLETTE, R., CALUCA, J.F., CASTRO, A.L.M., ALBRECHT, M.P. & CARAMASCHI, E.P. Feeding dynamics of *Rhaphiodon vulpinus* Agassiz, 1829 (Teleostei, Cynodontidae) in the upper Tocantins River (GO, Brazil) relative to the impoundment by the Serra da Mesa hydroelectric dam. **Biota Neotrop.** 9(3). 2009

- PARNELL, A., JACKSON, A. SIAR: Stable isotope analysis in R. R. R Package Version 3.3. 2011
- PETERSON, B. J., FRY, B. Stable isotopes in ecosystem studies. **Ann. Rev. Ecol. Syst.** 18:293 – 320. 1987
- PIANKA, E. R. The structure of lizard communities. **Annual Review of Ecology and Systematics**, 4: 53-74. 1973
- PIMM, S. L. 'Food Webs.' (The University of Chicago Press: London, UK.), 2002
- PIMENTA, E. G., VIEIRA, Y. C., MARQUES, L. A., GOMES, T. X., AMORIM, A. F. Analysis of stomach contents of dolphinfish, *coryphaena hippurus*, linnaeus, 1758 (actinopterygii, coryphaenidae), off the northern coast of rio de janeiro state, brazil. **Collect. Vol. Sci. Pap. ICCAT**, 70(6): 2954-2960. 2014
- PINKAS, L., OLIPHANT, M. S. & IVERSON, I. L. K. Food habits of albacore, bluefin tuna and bonito in California waters. **Fishery Bulletin** 152, 105 pp. 1971
- POST, D.M. Using stable isotopes to estimate trophic position: models, methods, and the assumptions. **Ecology**, 83 (3): 703 – 718. 2002.
- POTIER, M., MARSAC, F., CHEREL, Y., LUCAS, V., SABATIÉ, R., MAURY, O. & MÉNARD, F. Forage fauna in the diet of three large pelagic fishes (lancetfish, swordfish and yellowfin tuna) in the western equatorial Indian Ocean. **Fish. Res.** 83:60-72. 2007
- PREISSER, E. L., D. I. BOLNICK, AND M. F. BENARD. Scared to death? The effects of intimidation and consumption in predator-prey interactions. **Ecology** 86:501-509. 2005
- RANDALL, J. E. Food habits of reef fishes of the west indies. **NOAA Miami Regional Library**. 2004.
- REYES, J. C. R. Analisis del contenido estomacal y la razón de isótopos estables de carbono y nitrógeno del atun aleta amarilla (*Thunnus albacares*), delfin manchado (*Stenella attenuata*) y delfin tornillo (*Stenella longirostris*) del oceano pacifico oriental. **Tese de Doutorado**. Instituto Politécnico Nacional – Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas. 2005.
- RICHERT, J. E., Galvan-Magana, F., Peter Klimley, A. Interpreting nitrogen stable isotopes in the study of migratory fishes in marine ecosystems. **Marine Biology**, 2015.
- ROCHA, A. L. F. Composição e sobreposição alimentar de *Acestrorhynchus britskii* e *A. lacustres* (Characiformes: Acestrorhynchidae) no reservatório de Sobradinho, Rio São Francisco (BA). Universidade Federal Rural de Pernambuco, **Dissertação de mestrado**. 2009
- ROHIT, P., SYDA RAO, G., RAMMOHAN, K. Feeding strategies and diet composition of yellowfin tuna *Thunnus albacares* (Bonnaterre, 1788) caught along Andhra Pradesh, east coast of India. **Indian J. Fish.**, 57(4):13-19, 2010

RUDERSHAUSEN, P. J., BUCKEL, J. A., EDWARDS, J., GANNON, D. P., BUTLER, C. M., AVERETT, T. W. Feeding ecology of blue marlins, dolphinfish, yellowfin tuna and wahoos from the north atlantic ocean and comparisons with other oceans. **Transactions of the American Fisheries Society** 139: 1335 - 1359. 2010.

SERAFINI, Z. T.; FRANÇA, B. G.; ANDRIGUETTO-FILHO, M. J. Ilhas oceânicas brasileiras: biodiversidade conhecida e sua relação com o histórico de uso e ocupação humana. **Journal of Integrated Coastal Zone Management**, 10(3): 281-301 (2010).

SILVA, B. J.; GASPAR, F. L.; TYAQUIÇÃ, P.; LEFRÈVE, N.; FLORES MONTES, M. J. Carbon chemistry variability around a tropical archipelago. **Marine and Freshwater Research**, 2019.

SILVA, G.B.; HAZIN, H.G., HAZIN, F.H.V.; VASKE-JR, T. Diet composition of bigeye tuna (*Thunnus obesus*) and yellowfin tuna (*Thunnus albacares*) caught on aggregated schools in the western equatorial Atlantic Ocean. **Journal of Applied Ichthyology**, 35(5): 1111-1118. 2019

SHARF, F. S., JUANES, F., ROUNTREE, R. A. Predator size - prey size relationships of marine fish predators: interspecific variation and effects of ontogeny and body size on trophic-niche breadth. **Marine Ecology Progress Series**, Vol. 208: 229–248, 2000.

STICCA, S. C. Organização trófica da assembleia de peixes de uma lagoa costeira subtropical (Santa Catarina, Brasil). **Dissertação de mestrado**. 2013.

TEFFER, A. K., STAUDINGER, D. G., JUANES, F. Trophic niche overlap among dolphinfish and co-occurring tunas near the northern edge of their range in the western North Atlantic. **Mar Biol**, 162:1823–1840. 2015

TORRES-CHÁVEZ, P., SCHIMITTER-SOTO, J. J., MERCADO-SILVA, N., VALFEZ-MORENO, M. E. Movimiento entre hábitats de la barracuda *Sphyraena barracuda*, determinado por aproximaciones tróficas en el Caribe occidental. **Revista Mexicana de Biodiversidad** 89: 865 – 872. 2018

TRAVASSOS P.; HAZIN F. H. V. E J. R. ZAGAGLIA. Thermohaline structure around seamounts and islands off North-Eastern Brazil. **Archives of Fishery and Marine Research**, 47 (2-3): 211-222. 1999

TRIPP-VALDEZ, A.; GALVÁN-MAGAÑA, F.; ORTEGA-GRACÍA, S. Food sources of common dolphinfish (*Coryphaena hippurus*) based on stomach content and stable isotopes analyses. **Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom**. 2014.

UNIDAS, ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES. Site acessado em 13/0/2020. <https://nacoesunidas.org/pos2015/cupula/>

VANDERKLIFT, M. A., PONSARD, S. Sources of variation in consumer-diet ¹⁵N enrichment: a meta-analysis. **Oecologia**, 136:169–182. 2003

VASKE-JR, T.; CASTELLO, J. P. Conteúdo estomacal da albacora-laje *Thunnus albacares* durante o inverno e a primavera no sul do Brasil. **Rev. Brasil. Biol.**, 58(4): 639-647. 1998

- VASKE JR, T., VOOREN, C. M. e LESSA, R. P. Feeding habits of four species of Istiophoridae (Pisces: Perciformes) from northeastern Brazil. **Environ. Biol. Fish.**, v. 70, p. 293-304. 2003.
- VASKE-JR, T.; VOOREN, C.M.; LESSA, R.P., Feeding strategy of yellowfin tuna (*Thunnus albacares*), and wahoo (*Acanthocybium solandri*) in the Saint Peter and Saint Paul Archipelago, Brazil. **B. Inst. Pesca, São Paulo**, 29(1): 173 - 181, 2003.
- VASKE-JR, T. e LESSA, R. P. Feeding habits of the common dolphinfish *Coryphaena hippurus*, in northeastern Brazil's exclusive economic zone. **Arquivos de ciências de mar**, 37: 131-138. 2004
- VASKE-JR, T. Guia de identificação de cefalópodes costeiros e oceânicos do atlântico sudoeste equatorial através das mandíbulas (bicos). 2006.
- VANDERKLIFT, M. A., PONSARD, S. Sources of variation in consumer-diet ¹⁵N enrichment: a meta-analysis. **Oecologia**, 136:169–182. 2003
- ZAVALA-CAMIN, L. A. Introdução aos estudos sobre alimentação natural em peixes. Ed. UEM, Maringá. 125p. 1996.
- WINEMILLER, K.O. Ontogenetic diet shifts and resource partitioning among piscivorous fishes in the Venezuelan llanos. **Environmental Biology of fishes**, 26, 177–199. 1989
- YOUNG, J. W., LANSDELL, M. J., CAMPBELL, R. A., COOPER, S. P., JUANES, F., GUEST, M. A. Feeding ecology and niche segregation in oceanic top predators off eastern Australia. **Marine Biology** 157, 2347–2368. 2010