



UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA  
CENTRO DE CIÊNCIAS BIOLÓGICAS  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO ECOLOGIA

Liliam de Lima Lemos

**Espécies simpátricas sobrepõem nicho? Análise da dieta e nicho trófico de quatro espécies de raias endêmicas da América do Sul Subtropical**

Florianópolis  
2021

Liliam de Lima Lemos

**Espécies simpátricas sobrepõem nicho? Análise da dieta e nicho trófico de quatro espécies de raias endêmicas da América do Sul Subtropical**

Dissertação submetida ao Programa de pós-graduação em Ecologia da Universidade Federal de Santa Catarina para a obtenção do título de Mestre em Ecologia  
Orientador: Prof. Renato Hajenius Aché de Freitas Dr.  
Coorientador: Prof. Hugo Bornatowski, Dr.

Florianópolis

2021

Ficha de identificação da obra elaborada pelo autor,  
através do Programa de Geração Automática da Biblioteca Universitária da UFSC.

Lemos, Liliam de Lima

Espécies simpátricas sobrepõem nicho? Análise da dieta e nicho trófico de quatro espécies de raias endêmicas da América do Sul Subtropical / Liliam de Lima Lemos ; orientador, Renato Hajenius Aché de Freitas, coorientador, Hugo Bornatowski, 2021.

45 p.

Tese (doutorado) - Universidade Federal de Santa Catarina, Centro de Ciências Biológicas, Programa de Pós Graduação em Ecologia, Florianópolis, 2021.

Inclui referências.

1. Ecologia. 2. Ecologia trófica. 3. Elasmobrânquios. 4. Nicho. 5. Simpatría. I. Hajenius Aché de Freitas, Renato. II. Bornatowski, Hugo . III. Universidade Federal de Santa Catarina. Programa de Pós-Graduação em Ecologia. IV. Título.

Liliam de Lima Lemos

**Espécies simpátricas sobrepõem nicho? Análise da dieta e nicho trófico de quatro espécies de raias endêmicas da América do Sul Subtropical**

O presente trabalho em nível de mestrado foi avaliado e aprovado por banca examinadora composta pelos seguintes membros:

Prof.(a) Getulio Rincon Filho, Dr.(a)

Universidade Federal do Maranhão

Prof.(a) Paulo Simões Lopes, Dr.(a)

Universidade Federal de Santa Catarina

Prof.(a) Cláudio Luis Santos Simpaio, Dr.(a)

Universidade Federal de Alagoas

Prof.(a) Andreia Freire, Dr.(a)

Universidade Federal de Santa Catarina

Certificamos que esta é a **versão original e final** do trabalho de conclusão que foi julgado adequado para obtenção do título de mestre em Ecologia.

---

Coordenação do Programa de Pós-Graduação

---

Prof.(a) Renato Hajenius Aché de Freitas, Dr.(a)

Orientador(a)

Florianópolis, 2021.

## AGRADECIMENTOS

Gostaria primeiramente de agradecer a toda minha família, em especial a minha mãe, por todo o apoio e incentivo, que foi fundamental para que eu retornasse a vida acadêmica, sem sua força e suporte eu não teria chegado até aqui. Ao meu pai (*in memoriam*) que despertou minha paixão pelos seres do mar e pela ciência.

Agradeço ao meu orientador Renato Freitas, que me deu a oportunidade de realizar o mestrado sob sua orientação, pelo apoio e por se mostrar sempre disponível a conversar e a ajudar a contornar os desafios que apareceram pelo caminho. Ao meu coorientador Hugo Bornatowski que disponibilizou seu tempo e conhecimento para a realização desta pesquisa.

A todos os colegas de laboratório, em especial a Maiara Hayata, Fernando Fuher, e Bianca Bennemann que deram início e fizeram parte deste trabalho, que permitiu que eu pudesse concluir o Mestrado. Ao Carlos que foi minha dupla ao longo deste período, Mariana, Monique, Nataly, Guilherme, Rafa e aos demais que tive o prazer de conhecer, trocar experiências e boas conversas.

Aos professores e funcionários do PPGE/UFSC, pelo conhecimento compartilhado e todo suporte e acolhimento que o programa oferece, é imensurável o crescimento profissional e pessoal. Um agradecimento especial à Karla Scherer e Elaine Mitie, pelos momentos de conversa, conselhos e incentivo e por sempre estarem dispostas a ajudar.

A Suelen Cunha que me hospedou, auxiliou e aconselhou no início da minha jornada, sua ajuda foi fundamental. Agradeço aos colegas do PPGE/UFSC, que trilharam este caminho junto comigo, foi uma jornada difícil e desafiadora, mas também muito gratificante. Agradeço os momentos divertidos nos barzinhos e churrascos e aos momentos memoráveis durante a disciplina de Ecologia de Campo, especialmente os momentos com meu grupo Bruna, Grazi, Angela e Vitor, a experiência não teria sido a mesma sem vocês.

Agradeço às minhas amigas de longa data que estiveram comigo ao longo desta caminhada. A Amanda, pelos conselhos, motivação, pelas trilhas e por me ajudar a deixar a vida mais leve nos momentos mais difíceis. A Vanessa, minha amiga incansável, que mesmo de longe sempre se fez presente, com toda sua calma e carinho me ajudou a me reconectar e a encontrar equilíbrio nos momentos mais turbulentos.

Ao Jayson, meu amor e companheiro de tantos anos, por sempre despertar sorrisos nos momentos difíceis, por ser meu refúgio, meu ponto de paz e meu apoio sempre que precisei. Agradeço à minha sogra também por sempre me acolher com tanto carinho.

A FAEPESC, pela concessão da bolsa de Mestrado, viabilizando minha pesquisa.  
Enfim, todos que de alguma forma fizeram parte dessa conquista, não teria feito nada sozinha e agradeço imensamente .

## RESUMO

O estudo da ecologia alimentar de elasmobrânquios proporciona conhecimento sobre suas preferências alimentares, permitindo compreender a estruturação da comunidade, importância ecológica das espécies e estratégias adotadas (e.g., adaptações sazonais, ontogenéticas, especialização ou partição de nicho), por espécies que coexistem em uma mesma região. O objetivo deste estudo foi determinar a ecologia trófica de quatro espécies de raias endêmicas da América do Sul Subtropical: *Dasyatis hypostigma*, *Pseudobatos horkelii*, *Rioraja agassizii* e *Sympterygia bonapartii*. Considerando que espécies simpátricas tendem a consumir os mesmos recursos, a hipótese desse estudo foi de que haverá sobreposição de nicho entre as espécies de raias. As espécies foram coletadas entre 2017 e 2021 em duas comunidades de pesca artesanal na Ilha de Florianópolis. Os estômagos dos indivíduos foram retirados, fixados em formol 10% e levados para laboratório. O conteúdo foi triado e identificado até o menor nível taxonômico possível e os itens foram quantificados e pesados para cada espécie. Foi calculado o Índice de Importância Relativa (IRI), índice de Levins e de Pianka para amplitude e sobreposição de nicho. A análise SIMPER e o teste de similaridade ANOSIM foram utilizados para comparar as dietas. Foram analisados 106 estômagos de quatro espécies de raias que continham conteúdo e 22 estavam vazios. A dieta de *R. agassizii* foi composta majoritariamente por Crustáceos como principais itens o Caridea *Leptochela serratorbita* (29.47% IRI), Dendrobranchiata *Sicyonia dorsalis* (25.18% IRI) e siris da família Portunidae (15.86 % IRI). *P. horkelii* teve sua dieta composta principalmente por Nematoda (49.30% IRI). *D. hypostigma* apresentou dieta composta principalmente por crustáceos e poliquetas e o item mais importante foi o camarão *Leptochela serratorbita* (49% IRI) seguido de poliquetas (*Lumbricalus* sp. 16.54% IRI, Onuphidae 16.25% IRI). *S. bonapartii*, foi composta predominantemente por *Achelous spinicarpus* (69.55% IRI). O teste ANOSIM indicou diferença entre as dietas (R global=0.255 p= 0.001) e a análise SIMPER indicou que o item que mais contribuiu para a dissimilaridade da dieta de *D. hypostigma* foi Polychaeta (71.27%). Para *P. horkelii* foram Nematoda (35.41%) e Crustacea (20.51%) e Brachyura (18.26%). Para *R. agassizii* os itens foram: Dendrobranchiata (39.78%), Caridea (26.58%) e Brachyura (20.65%). Por fim, para *S. bonapartii* a presa foi Brachyura (75.56%). As espécies de raias tiveram baixa amplitude de nicho e dieta composta majoritariamente por presas bentônicas, indicando compartilhamento de habitat. Além disso, a dieta das espécies tiveram diferenças em relação a estudos de outras regiões, sugerindo possível influência espacial. A sobreposição de nicho entre as espécies não foi significativa, refutando a hipótese, entretanto, o índice de Pianka e a análise nMDS indicam sobreposição entre *D. hypostigma* e *R. agassizii* que compartilharam *L. serratorbita* como presa importante. Isto poderia sugerir que a sobreposição entre as espécies não é alta suficiente para gerar competição, como também poderiam estar particionando nicho, variando o habitat de forma espacial e/ou temporal. Porém, para compreender a sobreposição entre as espécies outras dimensões do nicho precisam ser avaliadas. A partição de nicho em raias é bem evidenciada e pode estar relacionada com posição trófica e baixa disponibilidade de recursos.

**Palavras-chave:** Elasmobrânquios. Ecologia trófica. Nicho.

## ABSTRACT

Elasmobranch feeding ecology studies provide knowledge about their feeding preferences, which allows the comprehension of the community structure, ecology function and species strategies that co-occurring in the same area. The aim of this study was to determine trophic ecology of four endemic rays' species of Southern South America: *Dasyatis hypostigma*, *Pseudobatos horkelii*, *Rioraja agassizii* and *Sympterygia bonapartii*. Considering that sympatric species tending to feed of the same resources, the hypothesis of this study was that these species of rays will show overlap niche and the species morphologically most similar will show bigger niche overlap. The data were collected between 2017 and 2021 in two artisanal fisheries communities of Florianopolis Island. For stomach content analysis, the stomach of rays was sampled, fixed at 10% formol and taken to the laboratory. Stomach content was identified at the lowest taxonomic level and the items were measured and weighted for each species. The relative importance index (IRI), Levins and Pianka's index for niche width and overlap were calculated. The analyses used for diet comparison was the percentage of similarity SIMPER and similarity test ANOSIM. Were analyzed 106 stomachs with some content of four rays species and 22 stomachs were empty. The diet of *R. agassizii* was based mostly on Crustaceans and the main items were the Caridea *Leptocheila serratorbita* (29.47% IRI), Dendrobranchiata *Sicyonia dorsalis* (25.18% IRI) and Portunidae crabs (15.86% IRI). Nematoda was the main diet (49.30% IRI) item for *P. horkelii*. The *D. hypostigma* shows a diet based on Crustaceans and Polychaeta and the item most important was the Caridea shrimp *L. serratorbita* (49% IRI), followed by Polychaeta (*Lumbricalus* sp. 16.54% IRI, Onuphidae 16.25% IRI). The skate *S. bonapartii*, has their diet based majoritarilly on *Achelous spinicarpus*. The SIMPER analysis indicated that the dissimilarity of the *D. hypostigma*'s diet was leading for Polychaeta (71.27%). For *P. horkelii*, Nematode (35.41%) Crustacea (20.51%) and Brachyura (18.26%) contribute to diet dissimilarity. For *R. agassizii* the items that most contribute to dissimilarity were Dendrobranchiata (39.78%), Caridea (26.58%) and Brachyura (20.65%). Finally, for *S. bonapartii* the item that most contributed was Brachyura (75.56%). The present study provides ecology feeding information of the rays species, indicating specialized diet, basically composed by benthic preys. Therefore, these species probably share the same habitat type and showed low niche overlap. *D. hypostigma* have shown niche overlap within *R. agassizii*, they shared the shrimp *L. serratorbita* as an important prey, but were not confirmed in significance. In this way the hypothesis was considered refused. This information could suggest that niche overlap is not sufficient to lead competition, as well, could suggest partitioning niche or a possible habitat spatial or temporal variation for these species. The niche partition in rays is well evidenced and could be associated with the body-size, trophic position and low resource availability. To better understand niche, overlap other niche dimensions has to be analyzed. Besides, the diet composition of these species showed different preys when compared with other species of different regions, suggesting spatial influence.

**Keywords:** Elasmobranch. Feeding ecology. Niche.



## LISTA DE FIGURAS

- Figura 1**- Mapa da área de estudo, Florianópolis, Santa Catarina. Pontos vermelhos representam as áreas de coleta. Fonte: Google Earth ..... 17
- Figura 2** - Curva acumulativa de espécies (índice de Shannon-Wiener) para as espécies de raias *Dasyatis hypostigma* (a), *Pseudobatos horkelii* (b), *Rioraja agassizii* (c) e *Sympterygia bonapartii* (d) endêmicas da América do Sul Subtropical. A linha indica a média do índice de Shannon-Wiener e os pontos indicam os valores de um desvio padrão. .... 21
- Figura 3** - Representação da variação na largura de disco (cm) (a) e comprimento total (cm) (b) para as quatro espécies de raias endêmicas da América do Sul Subtropical. *Dasyatis hypostigma* (Dh), *Pseudobatos horkelii* (Ph), *Rioraja agassizii* (Ra) e *Sympterygia bonapartii* (Sb). ..... 22
- Figura 4** - Representação gráfica nMDS (medida de semelhança - Distância de Bray-Curtis) da sobreposição de nicho entre as espécies de raias *Dasyatis hypostigma*, *Pseudobatos horkelii*, *Rioraja agassizii* e *Sympterygia bonapartii*, endêmicas da América do Sul Subtropical. .... 27

## LISTA DE TABELAS

<b>Tabela 1</b> - Lista de espécies de raias capturadas pela pesca artesanal na Ilha de Florianópolis.....	20
<b>Tabela 2</b> - Classes de tamanho de largura de disco <i>Dasyatis hypostigma</i> , <i>Pseudobatos horkelii</i> , <i>Rioraja agassizii</i> e <i>Sympterygia bonapartii</i> , raias endêmicas da América do Sul Subtropical.....	22
<b>Tabela 3</b> - Lista de itens alimentares com Porcentagem Numérica (%N), Frequência de Ocorrência (%FO), Porcentagem de Peso (%W) e Índice de Importância Relativo (%IRI), da dieta total das espécies <i>D. hypostigma</i> , <i>P. horkelii</i> , <i>R. agassizii</i> e <i>S. bonapartii</i> .....	24
<b>Tabela 4</b> - Porcentagem de dissimilaridade (>70%) entre as espécies de raias <i>D. hypostigma</i> (Dh), <i>P. horkelii</i> (Ph), <i>R. agassizii</i> (Ra) e <i>S. bonapartii</i> (Sb) capturadas pela pesca artesanal e os itens que contribuíram para a dissimilaridade entre os grupos (>10%).....	26
<b>Tabela 5</b> - Índice de sobreposição de nicho de Pianka entre as espécies de raias <i>Dasyatis hypostigma</i> (Dh), <i>Pseudobatos horkelii</i> (Ph), <i>Rioraja agassizii</i> (Ra) e <i>Sympterygia bonapartii</i> (Sb), endêmicas do América do Sul Subtropical. ....	26
<b>Tabela 6</b> - Análise ANOSIM pareada para as quatro espécies de raias <i>Dasyatis hypostigma</i> , <i>Pseudobatos horkelii</i> , <i>Rioraja agassizii</i> e <i>Sympterygia bonapartii</i> , endêmicas da América do Sul Subtropical.....	27

## LISTA DE SÍMBOLOS

♂ Macho

♀ Fêmea

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO .....</b>	<b>12</b>
1.1	OBJETIVOS.....	15
1.1.1	Objetivo Geral e Hipótese Central.....	15
1.1.2	Objetivos Específicos.....	16
<b>2</b>	<b>MATERIAIS E MÉTODOS .....</b>	<b>16</b>
2.1	ÁREA DE ESTUDO .....	16
2.2	COLETA DE DADOS .....	17
2.3	ANÁLISE DE DADOS.....	19
<b>3</b>	<b>RESULTADOS .....</b>	<b>20</b>
<b>4</b>	<b>DISCUSSÃO .....</b>	<b>28</b>
<b>5</b>	<b>CONSIDERAÇÕES FINAIS.....</b>	<b>32</b>
	<b>REFERÊNCIAS.....</b>	<b>34</b>



## 1 INTRODUÇÃO

Os elasmobrânquios são um grupo diverso que apresentam morfologias corporais variadas e podem ser encontrados em diversos tipos de habitat, conseqüentemente, possuem uma alimentação com ampla variedade de presas, que vai desde organismos planctônicos até baleias (BUDKER, 1971; WETHERBEE; CORTÉS, 2004). Entretanto, os principais itens que compõem a dieta deste grupo são peixes, crustáceos e moluscos (WETHERBEE; CORTÉS, 2004, AGUIAR; VALENTIN, 2010). O estudo da ecologia alimentar de elasmobrânquios proporciona conhecimento sobre suas preferências alimentares, o que permite compreender a estruturação de uma comunidade, importância ecológica das espécies e estratégias adotadas (e.g. adaptações sazonais, ontogenéticas, especialização ou partição de nicho), por espécies que coexistem em uma mesma região (AGUIAR; VALENTIN, 2010; BELLEGGIA; CORTÉS; COLONELLO, 2019).

No Brasil já foram registradas pelo menos 159 espécies de elasmobrânquios (89 de tubarões e 70 de raias), sendo que no estado de Santa Catarina já foram documentadas 45 espécies de raias (*sensu* ROSA; GADIG, 2014). Dentre as espécies de raias podemos citar a *Rioraja agassizii* e *Sympterygia bonapartii*, conhecidas como raias-emplastro e pertencem à ordem Rajiformes. A *R. agassizii* é considerada uma espécie de raia pequena (71 e comprimento total máximo) com tamanho de maturação que pode variar de 32 a 52 cm do comprimento total de corpo (ODDONE *et al.*, 2007; ESTALLES; PERIER; GIACOMO, 2016; CALTABELLOTTA *et al.*, 2019). Esta espécie é endêmica das águas litorâneas do sul do Atlântico Ocidental, ocorrendo no Brasil, Uruguai e norte da Argentina (POLLUM *et al.*, 2020a). Já *S. bonapartii* é uma raia de tamanho médio (até 88 cm de comprimento total), que atinge maturidade sexual entre 50 e 74 cm de comprimento total do corpo (BASALLO; ODDONE, 2014; GOMES *et al.*, 2019). No Atlântico Sudoeste esta espécie ocorre desde o Rio de Janeiro no Brasil até Santa Cruz na Argentina, mas também já foi registrada no Chile (GOMES *et al.*, 2019; POLLUM *et al.*, 2020b). A raia-manteiga *Dasyatis hypostigma* pertence à ordem Myliobatiformes com ocorrência desde o Espírito Santo no Brasil até Buenos Aires na Argentina. É considerada uma espécie de tamanho médio (58 cm de largura de disco) e atinge sua maturidade sexual entre 35 e 49 cm de largura de disco (SANTOS; CARVALHO 2004; LAST *et al.*, 2016; GOMES *et al.*, 2019). A *Pseudobatos horkelii* é conhecida como raia-viola e pertence à ordem Rhinoprístiformes, ocorre no Atlântico Sudeste desde o Rio de Janeiro até

o norte da Argentina. É considerada uma raia semelhante a um tubarão pequeno (até 138 cm de comprimento total), que atinge maturação sexual entre 75 e 91 cm de comprimento total (VOOREN; LESSA; KLIPPEL, 2005; MARTINS *et al.*, 2017).

Esses animais são importantes para a estrutura do ecossistema e possuem importante papel na propagação de efeitos indiretos, pois, além de possuírem uma alimentação variada (crustáceos, peixes ósseos, moluscos e equinodermos), com diferentes formas de forrageio, também são em grande parte mesopredadores, servindo de alimento para outros animais (AGUIAR; VALENTIN, 2010; BORREL; KUMARRAN; AGUILAR, 2011; BORNATOWSKI *et al.*, 2014a; MARTINS *et al.*, 2017). Desta forma, são responsáveis pela conexão de energia entre os compartimentos dentro da rede trófica, como também são responsáveis pela distribuição de nutrientes entre diferentes ambientes (STEVENS *et al.*, 2000; VAUDO; HEITHAUS, 2011; BORNATOWSKI *et al.*, 2014a; MARTINS *et al.*, 2017).

Muitos fatores podem influenciar na composição da dieta de raias, como variação de sazonalidade (temperatura, salinidade, fotoperiodismo, alternância de correntes, dentre outros), tamanho do indivíduo, ontogenia, características morfológicas, comportamento e hábitos de forrageio (AGUIAR; VALENTIN, 2010; BARBINI; LUCIFORA, 2015; REZENDE *et al.*, 2015; BARBINI; SABADIN; LUCIFORA, 2018). Variações morfológicas no crânio (e.g. tamanho e estrutura do crânio, tamanho e forma do focinho, musculatura da boca) e a dentição podem refletir em diferentes estratégias de captura e especializações para consumo de determinado tipo de recurso, como por exemplo o desenvolvimento de placas dentárias em algumas espécies devido ao consumo de bivalves ou lóbulos desenvolvidos para auxiliar na escavação (AGUIAR; VALENTIN; 2010; REZENDE; CAPITOLI; VOOREN, 2015). O tipo de habitat (demersal, pelágico, bentônico, bentopelágico) e a posição geográfica também podem influenciar na composição da dieta, uma vez que as espécies presentes irão variar conforme o ambiente (COMPAGNO, 1990; BARBINI; LUCIFORA, 2015; HAYATA; BORNATOWSKI, FREITAS, 2021).

O conceito de nicho definido por Hutchinson (1957) considera como um hipervolume multidimensional, onde uma série de fatores ambientais irão determinar os limites de ocorrência de um organismo (nichos fundamentais). Visto que as espécies interagem entre si, o efeito de predação e competição restringe a área de uso da espécie, em um subconjunto de seu nicho fundamental, determinando sua real área de uso (nichos realizados) (SOBERÓN; NAKAMURA, 2009; CORNELL, 2011). Então, a partir do princípio de que duas espécies que utilizam os

mesmos recursos não podem coexistir (exclusão competitiva) surgiu o interesse na sobreposição de nicho (CORNELL, 2011).

A sobreposição de nicho refere-se ao compartilhamento parcial ou total de recursos ou outros fatores ecológicos (e.g. presas, predadores, espaço de forrageamento) por duas ou mais espécies, este é um importante conceito na comunidade ecológica, pois, busca determinar quantas e quais espécies podem coexistir em uma comunidade (CORNELL, 2011). A predação e sobreposição alimentar são importantes elementos que influenciam na estrutura da comunidade e no nicho fundamental dos indivíduos (KREBS, 2001). As espécies filogeneticamente próximas e que ocorrem em uma mesma área, tendem a ter maior probabilidade de sobreposição no consumo de recursos e se tornarem potenciais competidores. Porém, podem divergir no uso de um dos três eixos do nicho (espaço, tempo e alimento) o que permitiria a coexistência das espécies (PIANKA, 1973; BETHEA *et al.*, 2006; HEUPEL; CARLSON; SIMPFENDORFER, 2007; HEITHAUS *et al.*, 2013). Dessa forma, o particionamento de nicho vem sendo estudado na ecologia para compreender o quão espécies com recursos aparentemente homogêneos e ecologicamente parecidas conseguem coexistir, sem que resulte em exclusão competitiva (MACARTHUR, 1958; SIEPIELSKI; MCPEEK, 2010), sendo que essa estratégia já foi observada para algumas espécies de elasmobrânquios (MARSHALL; KYNE; BENNETT, 2008; BORNATOWSKI *et al.*, 2014b). Estudos sobre a largura e sobreposição de nicho trófico são importantes para quantificar como espécies se sobrepõem quanto à utilização dos recursos alimentares (HURLBERT, 1978; ALBERTONI; PALM-SILVA; ESTEVES, 2003), ou mesmo para ser usada como uma medida descritiva da organização da comunidade (ABRAMS, 1980). A sobreposição, por outro lado, pode evidenciar ausência de competição, se um dos recursos é superabundante ou então é irrelevante para uma das espécies (COLWELL; FUTUYMA, 1971).

Algumas espécies de elasmobrânquios utilizam áreas costeiras específicas como berçário, onde muitas fêmeas habitam essas áreas em épocas reprodutivas e indivíduos jovens permanecem ali para seu desenvolvimento, visto que, estes locais caracterizam-se pela disposição de recursos alimentares e maior segurança contra predadores (YOKOTA; LESSA, 2006; HEITHAUS, 2007; MARTINS; HEUPEL; SIMPFENDORFER, 2014; ARAÚJO; ODDONE; VELASCO, 2016). Portanto, a retirada desses indivíduos por meio das atividades pesqueiras, principalmente a pesca artesanal que ocorre mais nas regiões costeiras, afeta



diretamente a manutenção e recrutamento destas populações, podendo resultar em extinção (STEVENS *et al.*, 2000; COSTA; CHAVES, 2006; MARTINS *et al.*, 2014) e conseqüentemente no desequilíbrio e empobrecimento de ecossistemas marinhos (FERRETTI *et al.*, 2010; DALE *et al.*, 2011; CROLL *et al.*, 2012; PENINO *et al.*, 2013; BORNATOWSKI *et al.*, 2014a).

Entre os anos de 1980 e 1994 os elasmobrânquios estavam entre os principais recursos pesqueiros do estado de Santa Catarina, representando 12,7% das capturas da pesca artesanal (PAIVA, 1997). A estratégia de vida da maioria dos elasmobrânquios resulta em uma fragilidade do estoque de elasmobrânquios perante a pesca, e no declínio de diversas populações (STEVENS *et al.*, 2000). Atualmente, 36% das espécies de elasmobrânquios são consideradas ameaçadas e muitas espécies de raias ainda estão classificadas como deficiente de dados (IUCN, 2021). A falta de informação sobre diversas espécies, juntamente com as ameaças provindas da pesca, da poluição e destruição de seus habitats naturais, o grupo dos elasmobrânquios é considerado ameaçado de extinção como um todo (ROSA; FURTADO, 2007; MMA, 2014, veja DAVIDSON; DULVY, 2017; DERRICK; CHEOK; DULVY, 2020). Portanto, sua importância na estruturação e equilíbrio de redes tróficas juntamente com a falta de dados e risco iminente de extinção, faz com que a compreensão da ecologia alimentar desses animais, assim como entender a sua influência na dinâmica dos ecossistemas em que esses indivíduos estão inseridos sejam de suma importância para elaborar planos de manejo e políticas públicas para a promover a sustentabilidade da pesca e a conservação e manutenção das populações de elasmobrânquios.

## 1.1 OBJETIVOS

### 1.1.1 Objetivo Geral e Hipótese Central

Determinar a ecologia trófica de quatro espécies de raias endêmicas da América do Sul Subtropical: *Dasyatis hypostigma*, *Pseudobatos horkelii*, *Rioraja agassizii* e *Sympterygia bonapartii*. Considerando que de acordo com sua morfologia as raias são em grande parte predadoras de fundo e que espécies simpátricas tendem a consumir os mesmos recursos, a hipótese desse estudo é de que haverá sobreposição de nicho entre as espécies de raias.

### 1.1.2 Objetivos Específicos

Identificar a composição e os principais itens alimentares da dieta de quatro espécies de raias endêmicas da América do Sul Austral;

Calcular o índice de amplitude do nicho trófico de cada espécie e a sobreposição destes nichos entre elas.

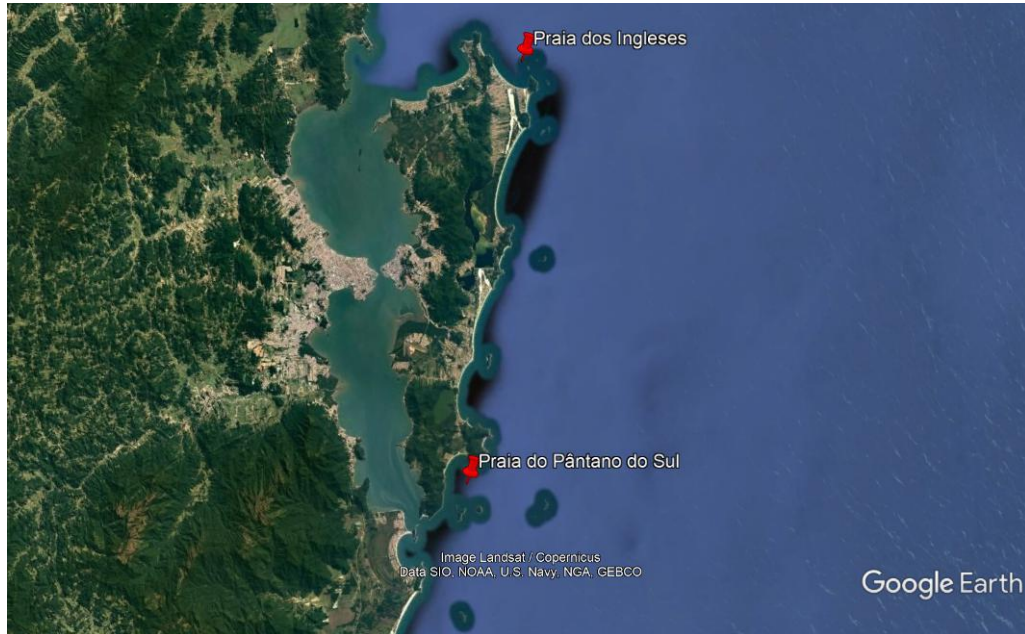
## 2 MATERIAIS E MÉTODOS

### 2.1 ÁREA DE ESTUDO

A Ilha de Santa Catarina é parte do município de Florianópolis, situada no setor central do litoral do estado de Santa Catarina, na região Sul do Brasil, localizada entre as latitudes sul de 27°22' e 27°50' e as longitudes oeste de 48°20' e 48°35' (Figura 1). A ilha possui forma alongada no sentido norte-sul, com 436,5 km<sup>2</sup> de área total e individualizada do continente por duas baías semi-confinadas que se conectam através de um Estreito na porção central da ilha, com largura de aproximadamente 500 m e profundidade de até 28 m. Esta região estuarina se comunica com o Oceano Atlântico ao Sul por um canal de 30 m de profundidade, e ao Norte por outro canal com 10 m de profundidade. Esta configuração geográfica que corresponde a uma extensão dos grandes traços geológicos continentais permite classificá-la como uma Ilha Continental (CECCA, 1996). É observada uma diversidade de ecossistemas costeiros ao longo dos 174,3 km de perímetro total, destacando-se 117 praias arenosas e 9 praias cascalhadas (HORN FILHO; DIEHL; LEAL, 1999), dunas, lagoas, restingas e costões, além de manguezais e marismas (HORN FILHO, 2004), que são modeladas continuamente, devido a atuação conjunta de fatores como o vento, correntes e ondas, que estão relacionados com a variação do mar e mudanças climáticas. Os ventos do sul e quadrantes norte são os principais agentes físicos da hidrodinâmica local (CRUZ, 1998).

Na Ilha de Santa Catarina distinguem-se três ambientes de planícies costeiras de acordo com o nível de energia ambiental a que estão expostos: o setor leste, submetido à hidrodinamismo e ventos de alta energia provenientes do quadrante sul; o setor oeste, compreendendo as águas protegidas das baías Norte e Sul; e o litoral norte, de nível energético intermediário, que é atingido pelos ventos e ondulações oriundas do quadrante norte e protegido dos ventos do sul pelas elevações da dorsal central. O setor oeste possui águas protegidas dos ventos dominantes, formando as baías Norte e Sul, com profundidades pequenas decorrentes

de sedimentos transportados pelos rios e que proporcionaram a formação de manguezais (CECCA, 1996).



**Figura 1**- Mapa da área de estudo, Florianópolis, Santa Catarina. Pontos vermelhos representam as áreas de coleta.

Fonte: Google Earth

## 2.2 COLETA DE DADOS

Foram realizadas um total de 10 coletas nos anos 2017 (Jul-Dez), 2018 (Mai), 2019 (Mar, Ago e Out), 2020 (Fev e Nov) e 2021 (Jan), que aconteceram a partir do aviso prévio resultante do contato com pescadores de duas comunidades de pesca artesanal na Ilha de Florianópolis, sendo uma localizada na praia dos Ingleses representando a porção Norte da Ilha e a outra na praia do Pântano do Sul, representando a porção Sul da Ilha. Durante as coletas foi realizada a biometria de cada indivíduo de todas as espécies, onde o peso total, comprimento total do corpo (CT), largura de disco (LD), o sexo e estágio de maturação foram anotados. A identificação das espécies foi realizada previamente em campo e confirmada em laboratório, por meio de fotos, consultando bibliografia especializada (BORNATOWSKI & ABILHOA, 2012; GOMES *et al.*, 2019). Para classificar o estágio de maturação dos indivíduos, em campo foi observado a rigidez do cláspes nos machos e nas fêmeas, foi observado a coloração e tamanho folículos ovarianos, como também, a investigação de possíveis marcas decorrentes da época reprodutiva. Para os indivíduos em que houve dúvida em classificar o estágio de maturação, a classificação foi feita por meio de consulta bibliográfica que continham métricas

de referência do comprimento de disco ou comprimento total do corpo para macho e fêmea de indivíduos adultos de cada espécie (GOMES *et al.*, 2019).

Os estágios de maturação dos indivíduos foram classificados nas seguintes categorias: neonato, juvenil e adulto. Foram criadas três classes de largura de disco - LD (<25, 25-40, >40) e quatro para comprimento total do corpo - CT (<40, 40-50, 51-75, >75), baseadas em informações sobre a biologia reprodutiva, que se ajustavam para as quatro espécies, sendo: *S. bonapartii* considerada sexualmente madura entre 61 e 74 cm de comprimento total para fêmeas e entre 50 e 69 cm para machos (BASALLO; ODDONE, 2014; GOMES *et al.*, 2019); *R. agassizii* considerada sexualmente madura entre 40 e 52 cm de comprimento total em fêmeas a partir de 32 cm em machos (ODDONE *et al.*, 2007); *D. hypostigma* fêmeas são consideradas sexualmente maduras a partir de 49,7 cm de largura de disco e machos com 30 cm (LAST *et al.*, 2016; GOMES *et al.*, 2019); *P. horkelii* fêmeas são consideradas sexualmente maduras a partir de 91 cm de comprimento total do corpo e machos a partir de 75 cm (COSTA, 2004; VOOREN; LESSA; KLIPPEL, 2005; POLLOM *et al.*, 2020c).

Assim sendo, todos os indivíduos com menos de 25 cm (LD) e 40 cm (CT) foram considerados juvenis, os indivíduos das classes intermediárias 25-40 (LD), 40-50 cm e 51-75 cm (CT) foram considerados juvenis ou adultos de acordo com a variação do tamanho de maturação para cada espécie e por fim, os indivíduos das classes > 40 cm (CD) e > 75 cm (CD) foram todos considerados adultos (VOOREN; LESSA; KLIPPEL, 2005; ODDONE *et al.*, 2007; BASALLO; ODDONE, 2014; LAST *et al.*, 2016; GOMES *et al.*, 2019).

Para realizar a análise do conteúdo estomacal desses animais, foram retirados os estômagos dos exemplares, fixados em formol 10% e levados para o Laboratório de Biologia e Comportamento de Teleósteos e Elasmobrânquios (LABITEL), na Universidade Federal de Santa Catarina. Em laboratório o conteúdo foi triado e identificado até o menor nível taxonômico possível com a utilização de devidos guias de identificação e consulta a especialistas (WILLIAMS, 1984; D'INCAO, 1995; MELO, 1996). As algas e sedimentos foram considerados como ingestão acidental e, portanto, não incluídos no estudo (AGUIAR, 2010). Após separar os itens alimentares de acordo com a identificação, os mesmos foram quantificados e pesados para cada espécie.

### 2.3 ANÁLISE DE DADOS

Para verificar a importância dos itens para a dieta das espécies foi calculado o Índice de Importância Relativa (IRI; PINKAS; OLIPHANT; IVERSON, 1971):

$$\text{IRI} = (\%N + \%W) * \%FO \quad (1)$$

onde %N é o percentual do número de presas em relação ao total do número de presas, %W é o percentual do peso de presas em relação ao peso total das presas e %FO é o percentual de frequência de ocorrência de cada presa (CORTÉS, 1997). Os valores de IRI foram padronizados (%IRI) de acordo com Cortés (1997).

A amplitude de nicho trófico foi quantificada utilizando o índice de Levins' (Bi):

$$(\text{Bi}): \text{Bi} = 1 / \sum P_j^2 \quad (2)$$

onde  $P_j$  é a fração do peso dos itens de cada categoria alimentar  $j$  ( $\sum P_j = 1$ ) (KREBS, 1999). Os valores foram padronizados (BA) usando a equação  $\text{BA} = (\text{Bi} - 1) / (N - 1)$ , onde  $N$  é o número de classes (KREBS, 1999). Os valores variam entre 0 e 1, sendo que baixos valores indicam dieta especialista, enquanto altos valores indicam uma dieta generalista (HURLBERT, 1978).

A sobreposição de nicho foi calculada pelo programa EcoSim 7 (GOTELLI; ENTSMINGER, 2001) utilizando o índice de Pianka (1973):

$$O_{jk} = \frac{\sum_i^n p_{ij} p_{ik}}{\sqrt{\sum_i^n p_{ij}^2 \sum_i^n p_{ik}^2}} \quad (3)$$

onde,  $O_{jk}$  é a sobreposição de nicho entre as espécies  $j$  e  $k$ ; e  $P_{ij}$  e  $P_{ik}$  é a proporção de predador  $j$  e  $k$  com presa  $i$  no estômago, os valores de sobreposição de nicho vão de 0 à 1. A sobreposição é geralmente considerada biologicamente significativa quando valores excedem 0,60 (ZARET; RAND, 1971).

A quantidade de estômagos analisados foi avaliada a fim de verificar a suficiência amostral para descrever a alimentação de cada espécie. Para isso foram geradas curvas acumulativas de espécies (CORTÉS, 1997), com o auxílio do software EstimateS 9 para obter os valores dos índices de Shannon-Wiener (COLWELL, 2009).

$$H = -\sum_i^n p_i \ln p_i \quad (4)$$

As amostras foram consideradas suficientes quando o gráfico atingiu visualmente uma assíntota e diminuiu a variância da riqueza (MAGURAN, 2004).

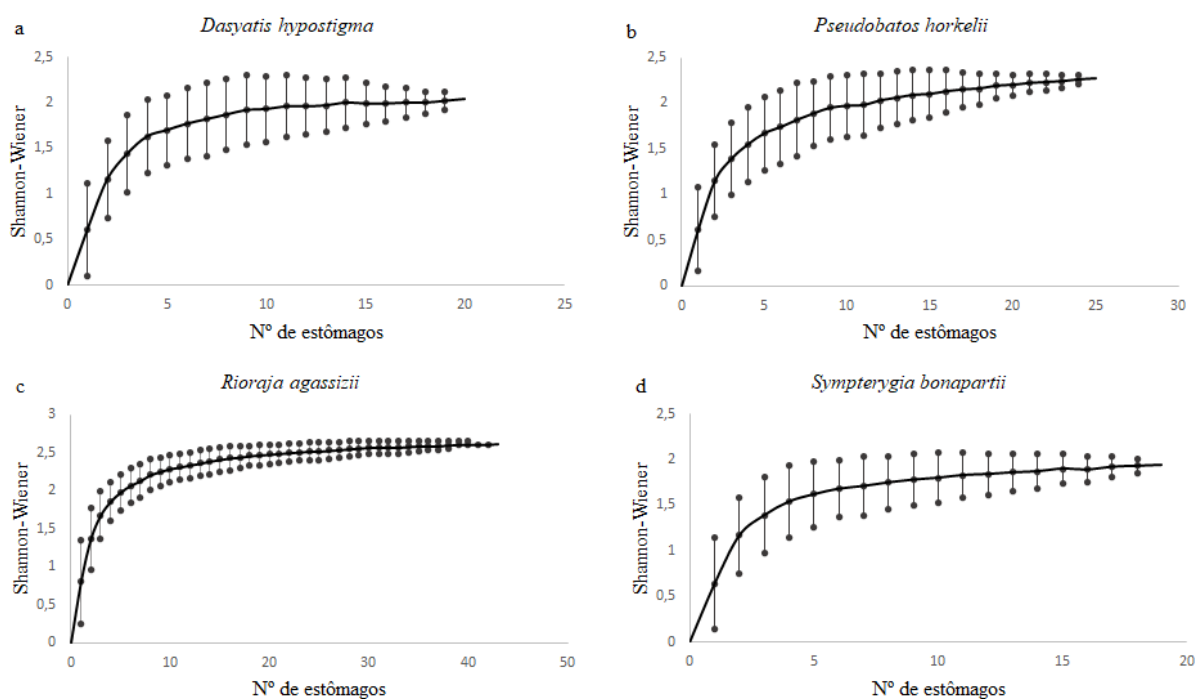
A dieta das quatro espécies de raias foi analisada utilizando a raiz quadrada do peso dos itens e comparada pela análise de porcentagem de similaridade SIMPER e pelo teste de similaridade ANOSIM. As análises foram realizadas utilizando-se o programa Primer V7 (CLARKE; GORLEY, 2015). Para análise gráfico dos resultados foi aplicado o Método de Escalonamento não Métrico (nMDS) utilizando o software R (R CORE TEAM, 2020). Foram excluídas das análises amostras que continham apenas matéria digerida não identificável e amostras que continham apenas uma categoria alimentar de baixa ocorrência (em dois indivíduos ou menos), identificadas como outliers.

### 3 RESULTADOS

Foram analisados 128 estômagos das quatro espécies de raias mais capturadas pela pesca artesanal na Ilha de Santa Catarina. Destes, 106 continham algum conteúdo e 22 estavam vazios. As espécies de raias (106) que tiveram o conteúdo estomacal analisado foram a *Dasyatis hypostigma*, *Pseudobatos horkelii*, *Rioraja agassizii* e *Sympterygia bonapartii* (Tabela 1). No gráfico das curvas acumulativas de espécies é possível observar uma assíntota e diminuição na variância da riqueza, o que indica que as amostras podem ser consideradas suficientes para representar, de forma geral, a dieta das espécies. Já para avaliar variações relacionadas às mudanças ontogenéticas, de sexo, temporais (sazonais) e espaciais, o número amostral foi restrito (Figura 2).

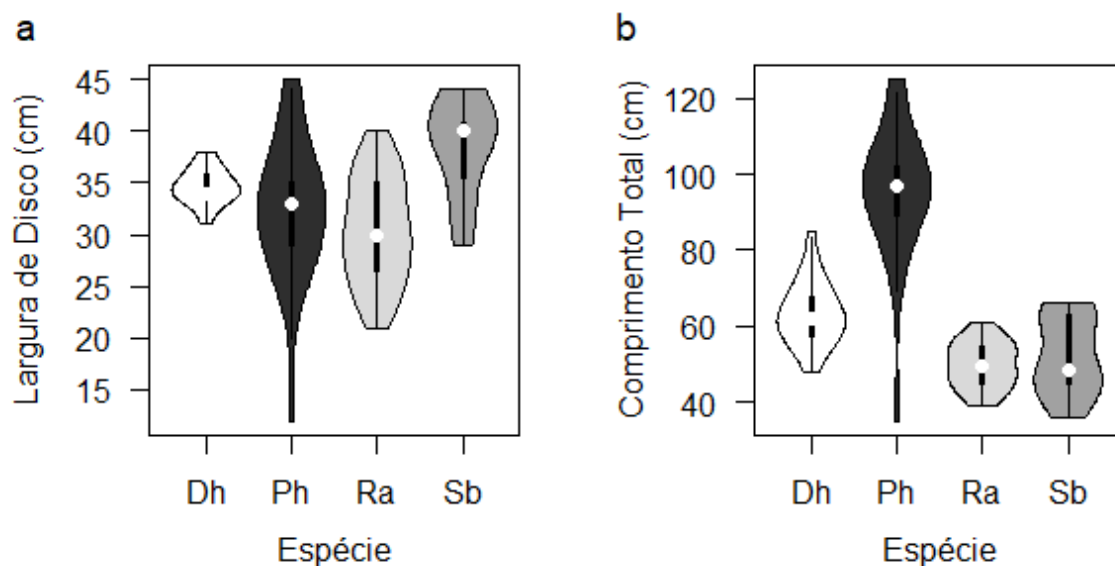
**Tabela 1-** Lista de espécies de raias capturadas pela pesca artesanal na Ilha de Florianópolis.

Espécie	Indivíduos Total	Sexo		Juvenil	Adulto
		♀	♂		
<i>D. hypostigma</i>	19	3	16	19	-
<i>P. horkelii</i>	25	13	12	2	23
<i>R. agassizii</i>	43	30	13	17	26
<i>S. bonapartii</i>	19	9	10	6	13



**Figura 2** - Curva acumulativa de espécies (índice de Shannon-Wiener) para as espécies de raias *Dasyatis hypostigma* (a), *Pseudobatos horkelii* (b), *Rioraja agassizii* (c) e *Sympterygia bonapartii* (d) endêmicas da América do Sul Subtropical. A linha indica a média do índice de Shannon-Wiener e os pontos indicam os valores de um desvio padrão.

Os indivíduos de cada espécie foram classificados de acordo com o estágio de maturação e também em classes de tamanho de largura de disco e comprimento total (Tabela 1 e 2). A maior parte dos indivíduos da espécie *R. agassizii* apresentaram o comprimento corporal entre as categorias 40 – 50 cm (19) e 51 – 75 cm (21) e largura de disco na categoria 25 - 40cm (33), para *D. hypostigma* a maior parte dos indivíduos tiveram tamanho corporal entre 51 – 75 cm (17) e largura de disco na categoria 25-40 cm (19). *P. horkelii* apresentou mais indivíduos com tamanho corporal na categoria > 75cm (23) e largura de disco na categoria 25-40 cm (20) e *S. bonapartii* teve mais indivíduos na categoria de largura de disco > 40cm (8) e comprimento total 51-75 cm (15) (Figura 3, Tabela 2).



**Figura 3** - Representação da variação na largura de disco (cm) (a) e comprimento total (cm) (b) para as quatro espécies de raias endêmicas da América do Sul Subtropical. *Dasyatis hypostigma* (Dh), *Pseudobatos horkelii* (Ph), *Rioraja agassizii* (Ra) e *Sympterygia bonapartii* (Sb).

**Tabela 2** - Classes de tamanho de largura de disco *Dasyatis hypostigma*, *Pseudobatos horkelii*, *Rioraja agassizii* e *Sympterygia bonapartii*, raias endêmicas da América do Sul Subtropical.

Espécie	Classe de largura de disco - LD (cm)			Classe comprimento total - CT (cm)			
	<25	25-40	>40	<40	40-50	51-75	>75
<i>D. hypostigma</i>	-	19	-	-	1	17	1
<i>P. horkelii</i>	2	20	3	1	-	1	23
<i>R. agassizii</i>	7	33	1	2	19	21	-
<i>S. bonapartii</i>	-	8	11	1	3	15	-

A análise do conteúdo estomacal resultou na identificação de 45 itens alimentares que contribuíram para a composição da dieta das quatro espécies de raias analisadas (Tabela 3). A dieta de *R. agassizii* foi composta majoritariamente por Crustáceos, seguido de Polychaeta, Nematoda e Teleostei, que foram itens raros representando menos de 1% das presas consumidas. As espécies que mais contribuíram na alimentação foram os camarões *Caridea Leptochela serratorbita* (29.47% IRI), Dendrobranchiata *Sicyonia dorsalis* (25.18% IRI) e siris da família Portunidae (15.86 % IRI) (Tabela 3). Apesar de ser a espécie que mais apresentou



categorias alimentares, possui baixa amplitude de nicho (BA= 0.15), uma vez que as outras presas foram pouco representativas na dieta desta espécie. *P. horkelii* apresentou baixa amplitude de nicho (BA= 0.13), indicando especialização de sua dieta, que foi composta principalmente por Nematoda (49.30% IRI), seguido por Crustáceos, representado por camarões Dendrobranchiata (11.06% IRI) como item importante, seguido de outros itens alimentares raros (IRI < 3%) como Briozoários, Teleostei, Polychaeta e Ascideas (Tabela 3).

*D. hypostigma* também apresentou baixa amplitude de nicho (BA = 0.12), com uma dieta composta principalmente por Crustáceos e Poliquetas, seguido de Bryozoa como item raro. Os itens mais importantes foram o camarão Caridea *Leptochela serratorbita* (49% IRI) e poliquetas do gênero *Lumbricalus* sp. (16.54% IRI) e da família Onuphidae (16.25% IRI), outras três famílias (IRI <3%) e restos de Polychaeta (5.69% IRI) foram menos representativos (IRI < 3%) (Tabela 2).

Por fim, *S. bonapartii*, apresentou nicho estreito, indicando alta especialização, (BA= 0.05) com a dieta composta predominantemente por uma única espécie, o siri *Achelous spinicarpus* (69.55% IRI), seguido de peixes Teleósteos (18.36% IRI) e Nematoda (1.30% IRI), que se mostram ser itens mais raros (Tabela 3).

**Tabela 3** - Lista de itens alimentares com Porcentagem Numérica (%N), Frequência de Ocorrência (%FO), Porcentagem de Peso (%W) e Índice de Importância Relativo (%IRI), da dieta total das espécies *D. hypostigma*, *P. horkelii*, *R. agassizii* e *S. bonapartii*.

Itens alimentares	<i>Rioraja agassizii</i>				<i>Pseudobatos horkelii</i>				<i>Dasyatis hypostigma</i>				<i>Sympterygia bonapartii</i>					
	N%	W%	FO%	IRI%	N%	W%	FO %	IRI%	N%	W%	FO %	IRI %	N%	W%	FO%	IRI%		
<b>TELEOSTEI</b>																		
Teleostei - restos	1.73	0.45	9.30	0.51	2.19	7.39	12	2.80					6.57	28.78	36.84	18.36		
<i>Urophycis brasiliensis</i>	0.43	0.55	2.33	0.10														
<i>Sardinella brasiliensis</i>													0.73	13.03	5.26	1.02		
<b>CRUSTACEA</b>																		
<b>Crustacea não identificado</b>	0.43	0.88	2.33	0.08	5.11	16.43	28	14.68	1.71	4.29	10	1.23	2.19	0.14	15.79	0.52		
<b>Decapoda não identificado</b>	1.73	0.76	6.98	0.44	1.46	0.74	8	0.43	0.85	0.83	5	0.17						
<b>Brachyura não identificado</b>	2.60	4.28	11.63	2.02	2.19	11.34	12	3.95	0.85	2.59	5	0.35	0.73	0.27	5.26	0.06		
<b>Portunidae</b>	7.36	19.66	23.26	15.86	5.11	4.33	8	1.84	0.85	0.33	5	0.12	4.38	3.25	21.05	2.26		
<i>Achelous</i> sp.	0.87	0.06	2.33	0.05														
<i>Achelous spinicarpus</i>	1.73	2.38	4.65	0.48									52.55	41.21	52.63	69.55		
<i>Callinectes</i> sp.	1.73	0.50	6.98	0.39									0.73	1.59	5.26	0.17		
<b>Grapsoidae</b>	0.87	0.31	4.65	0.14									3.65	1.57	26.32	1.93		
<b>Parthenopidae</b>					0.73	0.18	4	0.09										
<b>Calappidae</b>	0.87	1.67	4.65	0.30														
<b>Camarão - restos</b>	9.96	3.34	34.88	11.71	2.92	3.38	16	2.45	2.56	10.05	15	3.89	5.11	1.24	21.05	1.88		
<b>Dendrobranchiat a não identificado</b>	4.76	3.63	11.63	2.46	3.65	34.22	12	11.06					1.46	1.54	10.53	0.44		
<i>Pleoticus muelleri</i>	3.46	13.63	11.63	5.02					0.85	3.10	5	0.41						
<i>Artemesia longinaris</i>													4.38	5.50	10.53	1.47		
<i>Sicyonia dorsalis</i>	16.88	11.72	34.88	25.18	8.03	5.38	8	2.61					0.73	0.25	5.26	0.07		
<i>Sicyonia typica</i>	1.73	0.85	4.65	0.30														
<i>Rimapenaeus constrictus</i>	1.73	2.37	6.98	0.72									0.73	0.84	5.26	0.12		
<b>Caridea não identificado</b>	4.33	0.56	11.63	1.43	3.65	0.38	12	1.18	0.85	2.20	5	0.31						
<i>Alpheus heterochaelis</i>	0.87	0.49	2.33	0.08														
<i>Alpheus</i> sp.													0.73	0.11	5.26	0.06		
<i>Ogyrides alphaerostris</i>	2.16	0.58	9.30	0.64	0.73	0.00	4	0.07	2.56	2.93	15	1.69	0.73	0.00	5.26	0.05		
<i>Leptochela serratorbita</i>	26.41	4.98	37.21	29.47	13.87	4.12	12	5.25	46.15	21.96	35	49						
<i>Periclimenes</i> sp.													5.84	0.10	5.26	0.44		
<b>Gammaridae</b>	0.87	0.02	4.65	0.10									0.73	0.02	5.26	0.06		
<b>Cumacea</b>	0.43	0.03	2.33	0.03														
<b>Isopoda</b>	0.43	0.00	2.33	0.03	2.19	1.23	4	0.33	3.42	0.57	10	0.82						
<b>Stomatopoda</b>									2.56	0.72	10	0.68						

<i>Gibbesia neglecta</i>	0.43	23.37	2.33	1.40													
<b>Hippoidea</b>									0.85	0.88	5	0.18					
<b>Vermes marinhos</b>	1.30	0.45	2.33	0.10	0.73	0.76	4	0.15	0.85	0.15	5.2	6	0.10				
<b>POLYCHAETA</b>																	
<b>Polychaeta não identificado</b>	0.87	0.20	2.33	0.06	4.38	3.52	16	3.08	4.27	9.56	20	5.69					
<b>Onuphidae</b>	1.73	2.20	6.98	0.69					10.26	16.09	30	16.25	0.73	0.04	5.26	0.06	
<b>Glyceridae</b>									1.71	1.55	5	0.34					
<b>Goniadidae</b>									3.42	0.23	5	0.38					
<i>Lumbricalus</i> sp.					2.19	0.22	4	0.23	12.82	14.01	30	16.54					
<b>Captelidae</b>									1.71	5.78	10	1.54					
<b>Arenicolidae</b>					0.73	0.22	4	0.07									
<b>CHORDATA</b>																	
<b>Asciacea</b>					1.46	0.14	4	0.16									
<b>NEMATODA</b>	1.30	0.05	6.98	0.24	37.96	4.23	48	49.30					5.84	0.02	15.79	1.30	
<b>MOLLUSCA</b>																	
<b>Cephalopoda</b>													0.73	0.35	5.26	0.08	
<b>Bivalvia</b>													0.73	0.13	5.26	0.06	
<b>BRYOZOA</b>					0.73	2.02	4	0.27	0.85	2.20	5	0.31					

A análise SIMPER indicou dissimilaridade entre as dietas das quatro espécies de raias, todas com índice < 70% (Tabela 4). Os itens que mais contribuíram para a dissimilaridade de *D. hypostigma* foram Polychaeta (71.27%). Para a espécie *P. horkelii* foram Nematoda (35.41%), Crustacea (20.51%) e Brachyura (18.26%). Já para *R. agassizii* os itens foram: Dendrobranchiata (39.78%), Caridea (26.58%) e Brachyura (20.65%). Por fim para a espécie *S. bonapartii* o item que mais contribuiu foi Brachyura (75.56%).

**Tabela 4** - Porcentagem de dissimilaridade (>70%) entre as espécies de raias *D. hypostigma* (Dh), *P. horkelii* (Ph), *R. agassizii* (Ra) e *S. bonapartii* (Sb) capturadas pela pesca artesanal e os itens que contribuíram para a dissimilaridade entre os grupos (>10%).

	<b>Dh x Ph (90.91%)</b>	<b>Dh x Ra (88.14%)</b>	<b>Ph x Ra (88.54%)</b>	<b>Dh x Sb (95.32%)</b>	<b>Ph x Sb (90.68%)</b>	<b>Ra x Sb (84.92%)</b>
Polychaeta	28.85	24.35	---	17.35	---	---
Caridea	16.53	17.37	13.73	---	---	---
Dendrobranchiata	---	19.06	24.78	---	13.90	19.71
Crustacea	11.31	---	---	---	---	---
Brachyura	---	15.92	19.19	32.02	38.39	37.04
Decapoda	11.15	---	11.28	---	---	---
Teleostei	---	---	---	15.09	19.37	17.45

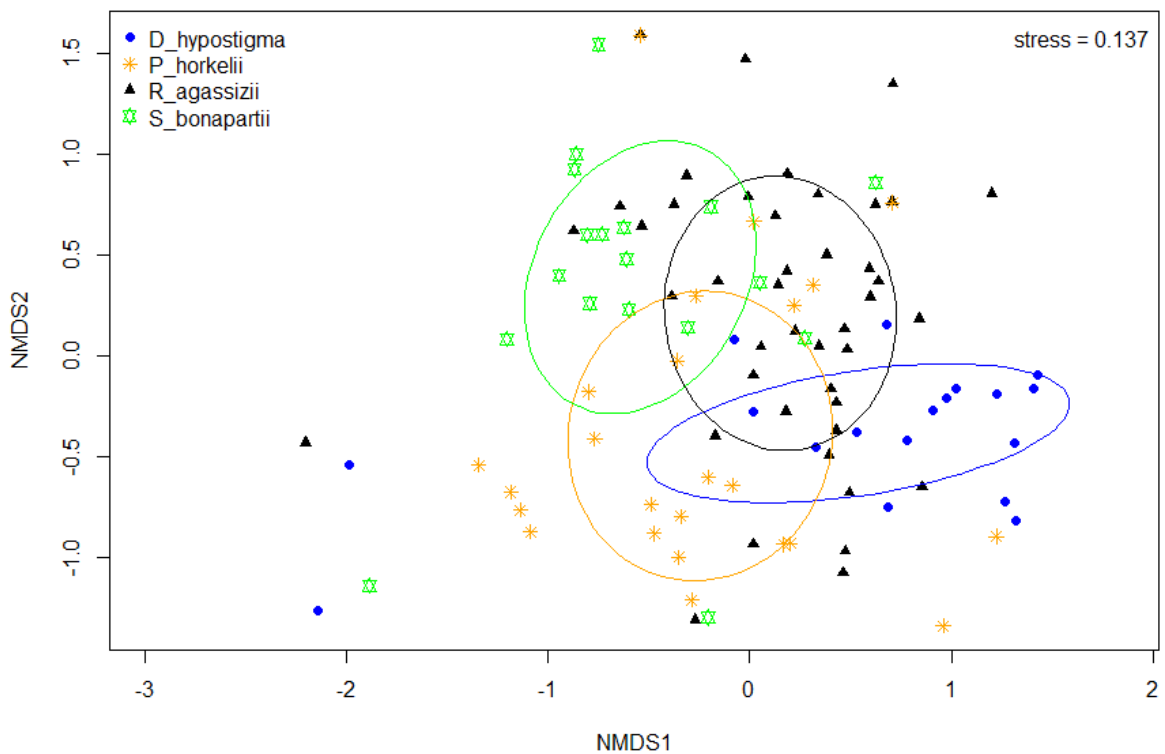
**Tabela 5** - Índice de sobreposição de nicho de Pianka entre as espécies de raias *Dasyatis hypostigma* (Dh), *Pseudobatos horkelii* (Ph), *Rioraja agassizii* (Ra) e *Sympterygia bonapartii* (Sb), endêmicas do América do Sul Subtropical.

<b>Espécies</b>	<b>Sobreposição esperada</b>	<b>Sobreposição observada</b>	<b>p</b>
Dh x Ph	0.11	0.34	0.04
Dh x Ra	0.13	0.74	0.01
Dh x Sb	0.07	0.01	0.05
Ph x Ra	0.15	0.45	0.05
Ra x Sb	0.11	0.12	0.26

O índice de sobreposição de nicho de Pianka indicou sobreposição de nicho entre *D. hypostigma* e *R. agassizii* ( $O_{jk} = 0.74$ ) e para as outras comparações par a par entre as espécies ficou abaixo de  $O_{jk} = 0.60$  (Tabela 5). A análise gráfica de nMDS também indicou certa sobreposição entre as espécies, principalmente entre *D. hypostigma* e *R. agassizii* (Figura 4). Entretanto, a análise de ANOSIM (Tabela 6), evidenciou diferença significativa na composição da dieta das quatro espécies de raias ( $R_{\text{global}} = 0.255$ ,  $p = 0.001$ ), assim como a análise pareada (Tabela 6) entre as espécies (espécie x espécie,  $p = 0.001$ ) e evidenciou que a sobreposição de nicho trófico entre as espécies não é significativa.

**Tabela 6** - Análise ANOSIM pareada para as quatro espécies de raias *Dasyatis hypostigma*, *Pseudobatos horkelii*, *Rioraja agassizii* e *Sympterygia bonapartii*, endêmicas da América do Sul Subtropical.

Espécie x Espécie	Estatística	p
<i>D. hypostigma</i> x <i>P. horkelii</i>	0.227	0.003
<i>D. hypostigma</i> x <i>R. agassizii</i>	0.288	0.001
<i>D. hypostigma</i> x <i>S. bonapartii</i>	0.519	0.001
<i>P. horkelii</i> x <i>R. agassizii</i>	0.227	0.001
<i>P. horkelii</i> x <i>S. bonapartii</i>	0.176	0.001
<i>R. agassizii</i> x <i>S. bonapartii</i>	0.176	0.002



**Figura 4** - Representação gráfica nMDS (medida de semelhança - Distância de Bray- Curtis) da sobreposição de nicho entre as espécies de raias *Dasyatis hypostigma*, *Pseudobatos horkelii*, *Rioraja agassizii* e *Sympterygia bonapartii*, endêmicas da América do Sul Subtropical.

#### 4 DISCUSSÃO

Este estudo indica que as espécies de raias *D. hypostigma*, *P. horkelii*, *R. agassizii* e *S. bonapartii* possuem baixa amplitude de nicho trófico, podendo indicar especialização da dieta (HURLBERT, 1978), que foi composta principalmente por presas bentônicas. Espécies de elasmobrânquios com dieta especializada podem possuir importante papel ecológico no ecossistema marinho, uma vez que o consumo de presas específicas pode resultar em interações importantes que estruturam uma rede trófica (VAUDO; HEITHAUS, 2012). Entretanto, umas das características mais notáveis dos elasmobrânquios é a alta diversidade funcional na alimentação, apesar de sua simplicidade morfológica (MOTTA; HUBER, 2012), o que resultou no sucesso evolutivo desse grupo. O desenvolvimento dos variados hábitos, mecanismos, comportamentos alimentares e a plasticidade dos mesmos, permitiu que o grupo ocupasse diversos ambientes, como também permitiu a especialização de algumas espécies em determinados tipos de presas (e.g., bivalves, infauna) (TRICAS, 1985; GRUBBS, 2010; MOTTA; HUBER, 2012; FREITAS *et al.*, 2019).

Existem poucos estudos sobre a ecologia alimentar da espécie *D. hypostigma*, um estudo na Argentina encontrou variação ontogenética na dieta, sendo que indivíduos menores dessa espécie apresentaram predominância de Amphipoda, enquanto os maiores mostraram Polychaeta como item alimentar mais importante (RUOCCO; LUCIFORA, 2016). Já para as espécies da região Sudeste do Brasil, Polychaeta foi a principal presa, seguido de camarões da família Penaidae (DOMINGOS *et al.*, 2021). Em contrapartida, no presente estudo todos os indivíduos analisados eram juvenis e a composição da dieta foi principalmente de crustáceos decápodes, onde o camarão *Leptochela serratorbita* foi o item alimentar mais importante para esta espécie na região do litoral Sul do Brasil, seguido de algumas famílias de Polychaeta. Assim, uma possível plasticidade na dieta pode refletir na variação de presas de acordo com a localização geográfica. Mas também, ressaltamos que é possível que as variações na dieta desta espécie podem estar sendo influenciadas pela sazonalidade e ontogenia (RUOCCO; LUCIFORA, 2016).

Para *P. horkelii* foi encontrada uma dieta composta principalmente por Nematoda, seguido de crustáceos, representados por itens como camarões Dendrobranchiata e Caridea. Os grupos Polychaeta e Teleostei foram pouco representativos na dieta, ao contrário do que encontrado por outros estudos (e.g., AMARAL; MIGOTTO, 1980; BELLEGGIA *et al.*, 2019).

Também foram encontradas diferenças na importância de presas de Crustáceos, sendo que neste estudo, camarões Dendrobranchiata foram mais importantes, o que não foi evidenciado por outros estudos (AMARAL; MIGOTTO, 1980; SOARES, 1992; CASSELBERRY; CARLSON, 2015; MARTINS *et al.*, 2017). A presença de Nematoda como item alimentar de *P. horkelii*, além de ainda não ter sido evidenciado para esta espécie, representou ser uma presa importante em sua dieta, o que pode indicar variação alimentar de acordo com a disponibilidade e abundância desse recurso no local (AMARAL; MIGOTTO, 1980; SOARES 1992; BELLEGGIA; CORTÉS; COLONELLO, 2019).

*R. agassizii* apresentou uma dieta bentônica carcinofágica, o que vai de acordo com outros estudos realizados para esta espécie (SOARES *et al.*, 1992; MUTO; SOARES; GOITEIN, 2001; BARBINI; LUCIFORA, 2011; BORNATOWSKI *et al.*, 2014b; MOTTA *et al.*, 2016; VIANA; VALENTIN; VIANNA, 2017). Porém, ao contrário do que já foi observado, outros grupos como peixes Teleostei e Polychaeta foram presas raras sem uma grande influência na dieta desta espécie. A disponibilidade e diversidade de presas em determinado local são fatores que influenciam a dieta dos animais, e desta forma, as diferenças encontradas no presente estudo em relação à dieta de *R. agassizii*, assim como foi observado para *D. hypostigma*, podem estar relacionadas com distintas características entre as áreas e a plasticidade nos hábitos alimentares da espécie já evidenciados em diferentes localidades (BARBINI; LUCIFORA, 2011). As análises comparativas entre os diferentes estágios de maturação e variações no tamanho corporal não foram possíveis de serem realizadas, porém o consumo de crustáceos menores já foi relacionado a indivíduos menores, enquanto indivíduos maiores consumiam peixes (MUTO; SOARES; GOITEIN, 2001; PASQUINO, 2010), o que poderia explicar a pequena representatividade de peixes encontrada para a dieta desta espécie.

A dieta da raia *S. bonapartii* indicou um hábito alimentar bento-pelágico, com alto índice de especialização. Padrões semelhantes de dieta foram encontrados em outros estudos na Argentina e Uruguai, consistindo em siris e peixes Teleostei, indicando uma dieta mais similar entre as diferentes localidades (PAESCH, 2000; BARBINI, 2010). Já foram evidenciadas variações ontogenéticas, de sexo e sazonalidade, atribuídas ao aprimoramento da habilidade e velocidade do nado e mudança na morfologia da boca, que possibilita o consumo de presas maiores como peixes (ESTALLES; PERIER; GIACOMO, 2016). Os indivíduos desta espécie, no presente estudo, apresentaram maiores larguras de disco do que as demais (> 40cm). Nadadeiras peitorais maiores estão associadas à capacidade de deslocamento, mas também

possuem, possivelmente, relação com a captura de presas e conseqüentemente com a dieta, onde espécies com nadadeiras maiores são associadas a predação de fundo, pois, auxiliam na estabilidade, fixação ao substrato e manipulação da presa (PASQUINO, 2010).

É considerada sobreposição de nicho o compartilhamento parcial ou total entre duas ou mais espécies (CORNELL, 2011). Dito isso, a alta dissimilaridade (>70%) entre as dietas não comprovou sobreposição de nicho significativa ( $R= 0.255$  e  $p= 0.001$ ). Sendo assim, a hipótese deste estudo de que haveria sobreposição de nicho entre as espécies de raias analisadas foi considerada refutada. O conceito de sobreposição de nicho compreende que os indivíduos de uma população podem variar a ocupação de seu nicho (e.g., proporção de presa consumida, tempo que passa em um microhabitat), de forma que, duas espécies podem interagir entre si por recursos que apresentam uma distribuição de valores (e.g., frequência de presas de determinado tamanho) e não valores únicos. (e.g., densidade de presas de determinado tamanho) (CORNELL, 2011). Para a análise de sobreposição ou partição de nicho, se mostra necessário avaliar múltiplos fatores ecológicos, como outras dimensões do nicho (e.g., temperatura, fotoperíodo, profundidade), variações ontogenéticas e temporais na dieta e ocupação de nicho de cada espécie, visto que as espécies poderiam estar consumindo os recursos em diferentes momentos do seu ciclo de vida ou períodos no tempo (e.g., diferentes estações do ano ou período do dia) (MACARTHUR, 1958; HURLBERT, 1978; SLOBODCHIKOFF; SCHULZ, 1980; CARDILLO; VAREN, 2016). Uma vez que, em comunicação pessoal com os pescadores, foi indicado que espécies como *D. hypostigma* e *P. horkelii* ocorrem com maior frequência em períodos específicos do ano (meses quentes como novembro), o que indica um efeito de sazonalidade na ocupação de habitat dessas espécies.

O tamanho amostral restrito das espécies possivelmente influenciou na diferença entre os resultados de sobreposição observados, uma vez que limitou a análise de fatores importantes, como a variação na dieta conforme a sazonalidade, sexo e ontogenia. Outra hipótese é de que o grau diferenciado de digestão de muitos itens, não permitiu a identificação em níveis taxonômicos menores e, portanto, foram agrupados em níveis taxonômicos maiores (e.g., Decapoda, Crustacea) e dessa forma poderia influenciar na sobreposição evidenciada pela análise gráfica. Entretanto, apesar dessas raias compartilharem presas, as mesmas apresentaram importância e contribuições diferentes na dieta de cada espécie.



As espécies filogeneticamente próximas podem usar recursos similares tornando-se potenciais competidores (PIANKA, 1973). As raias da ordem Rajiformes são morfológicamente muito semelhantes, ao ponto de dificultar a distinção entre as famílias (GOMES *et al.*, 2019). Por outro lado, raias pertencentes a ordens distintas apresentam diferenças morfológicas no tamanho do corpo, cabeça e rosto, além do mais, a morfologia da boca é frequentemente empregada como caráter taxonômico (GOMES *et al.*, 2019). Estudos sobre ecomorfologia associando medidas morfométricas e a dieta de elasmobrânquios ainda são escassos, mas essas variações morfológicas já foram associadas a diferenciações na dieta de tubarões (e.g., Squaliformes) e raias de diferentes ordens e famílias (e.g., Dasyatidae, Rajidae, Rhinobatidae) (DEAN; BIZZARRO; SUMMERS, 2007; WILGA; MOTTA; SANFORDZ, 2007; PASQUINO, 2010; MOTA; HUBER, 2012). As diferenciações morfológicas entre as espécies analisadas (e.g., largura de disco, comprimento total, placas dentárias, tamanho do focinho) são características que podem refletir na variação da dieta, visto que, a largura da boca e dentes pequenos, estão associadas a captura por sucção, seleção de itens edíveis do sedimento e ao tamanho da presa, assim como, a diferenciações na espessura das placas dentárias entre raias estão associadas ao tipo de presa (moles ou duras) (LUCIFORA, 2000; PASQUINO, 2010; REZENDE; CAPITOLI; VOOREN, 2015). Outras características como tamanho do rosto e nadadeiras peitorais auxiliam na captura de presas que ficam enterradas e na manipulação da presa (PASQUINO, 2010; GRUBBS, 2010; SOMMERVILLE *et al.*, 2011; MOTTA; HUBER, 2012).

Uma vez que, características morfológicas refletem nas presas desses animais e que as duas raias-emplastro estudadas (*R. agassizii* e *S. bonapartii*) são morfológicamente semelhantes entre si, em relação a *D. hypostigma* e *P. horkelii* (MOTA; HUBER, 2012), poderia haver uma sobreposição de nicho maior entre essas duas espécies. Porém, esta hipótese não foi confirmada, uma vez que foi observada alta dissimilaridade entre a dieta das espécies (> 80%) com diferença significativa entre as dietas ( $R= 0.176$ ,  $p = 0.001$ ). Uma possível divergência no uso espacial e temporal do habitat, bem como o tempo utilizado na busca e captura dos alimentos ou plasticidade no comportamento de forrageio entre diferentes microhabitats, poderiam determinar a coexistência das populações (PIANKA, 1973; BARBINI; LUCIFORA, 2011; FREITAS *et al.*, 2019).

Espécies simpátricas e ecologicamente parecidas podem evitar a competição por meio da partição de nicho, visto que muitos ecossistemas possuem espécies semelhantes que não

foram extintas pela exclusão competitiva (SIEPIELSKI; MCPEEK, 2010). A partição de nicho já foi evidenciada para algumas espécies de elasmobrânquios, incluindo raias simpátricas (PLATELL; POTTER; CLARKE, 1998; PLATEL; POTTER, 2001; MARSHALL; KYNE; BENNETT, 2008; KINNEY *et al.*, 2011, BORNATOWSKI *et al.*, 2014a; HAYATA; BORNATOWSKI; FREITAS, 2021) e pode ser uma estratégia para limitar a competição direta e permitir a coexistência de espécies de elasmobrânquios simpátricas que ocupam o mesmo nicho trófico (BELLEGGIA; CORTÉS; COLONELLO, 2019). Tubarões menores e raias tendem ter a dieta mais especializada, tanto em função de diferenças no ambiente e sua complexidade, quanto da pressão de espécies de níveis tróficos superiores, como resultado evolutivo de uma relação competitiva do passado (“O fantasma competitivo do passado”) (VAUDO; HEITHAUS, 2013; FREITAS *et al.*, 2019; HAYATA; BORNATOWSKI; FREITAS, 2021). Existe também, uma relação inversa da amplitude de nicho com a abundância das presas disponíveis, pois quando as presas são abundantes a pressão da competição diminui, levando à similaridade entre as dietas, conforme picos sazonais de abundância das presas (MUTO; SOARES; GOITEIN, 2001; VITT; PIANKA, 2018). Assim, a especialização e baixa sobreposição na dieta podem estar relacionadas também à abundância e baixa disponibilidade de recursos locais (MOTTA; HUBER, 2012; HAYATA; BORNATOWSKI; FREITAS, 2021).

As quatro espécies de raias analisadas sofrem com a pressão da pesca de emalhe e arrasto de fundo artesanal e comercial e atualmente estão classificadas pela IUCN como: *D. hypostigma* “Em Perigo” (POLLON *et al.*, 2020d), *P. horkelii* “Criticamente Ameaçada” (POLLON *et al.*, 2020c), *R. agassizii* “Vulnerável” (POLLON *et al.*, 2020a) e *S. bonapartii* “Quase Ameaçada” (POLLON *et al.*, 2020b). Portanto, ressalta a importância das informações obtidas neste estudo para ajudar a compreender a dieta destes animais, sendo de fundamental importância para a elaboração de medidas de conservação e mitigação da pesca, visando práticas de pesca mais sustentáveis.

## 5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O presente estudo fornece informações sobre a ecologia alimentar das raias *R. agassizii*, *P. horkelii*, *D. hypostigma* e *S. bonapartii*, indicando uma dieta composta majoritariamente por presas bentônicas com provável compartilhamento do mesmo tipo de habitat. Entretanto, não foi evidenciado sobreposição de nicho significativa entre as espécies.

Isto pode sugerir que estas espécies ainda não competem por recurso e que possivelmente exista variação espacial e/ou temporal na utilização do habitat pelas espécies. A partição de nicho entre espécies de raias é bem evidenciada e pode estar relacionada com a morfologia, ontogenia, posição trófica e baixa disponibilidade de recursos. Porém, este estudo possui limitação amostral e não considera outras dimensões de nicho necessárias para identificar padrões na sobreposição de nicho entre espécies, como a variação temporal. Além disso, a composição da dieta das espécies *D. hypostigma*, *R. agassizii* e *P. horkelii* foi diferente da apresentada em outras regiões, sugerindo uma possível influência espacial. Estudos mais detalhados e com mais indivíduos sobre a influência de variáveis ambientais, temporais, espaciais, ontogênicas e morfológicas no nicho desses animais são necessários, para que se possa compreender melhor os padrões associados ao nicho alimentar desses animais. Isso é de suma importância, uma vez que a maioria das espécies de elasmobrânquios estão ameaçadas e/ou são desconhecidas informações básicas sobre suas dietas e nichos.

O estudo da ecologia alimentar de elasmobrânquios fornece informações de extrema relevância para a compreensão do papel ecológico desses animais em ecossistemas marinhos, como também fornece informações que podem subsidiar importantes ações de conservação. Este estudo indicou que as quatro espécies de raias endêmicas da América do Sul Subtropical analisadas possuem uma alimentação, onde os Crustáceos, especificamente camarões e siris são presas importantes na dieta da maioria das raias estudadas. Visto que, a pesca de arrasto de camarão (voltada para captura de espécies bentônicas) e emalhe são uma das principais ameaças aos elasmobrânquios bentônicos, as informações obtidas neste estudo ressaltam a importância da adoção de medidas mitigadoras em relação a pelo menos essas práticas pesqueiras, como monitoramento da pesca artesanal, apetrechos de pescas mais seletivos ou equipamentos que ajudem a evitar a captura desses animais. Além da pesca retirar predadores de topo e mesopredadores das comunidades marinhas, influenciando diretamente na estrutura do ecossistema marinho, essa atividade também atua como pressão competitiva por recursos, uma vez que espécies com menor amplitude de nicho tendem a sofrer maior impacto na redução de recursos.

## REFERÊNCIAS

- ABRAMS, P. Some Comments on Measuring Niche Overlap. **Ecological Society of America**, v. 61, n. 1, 1980.
- AGUIAR, A. A. **Biologia e Ecologia Alimentar de *Dasyatis Americana* Hildebrand & Schroeder, 1928 (Chondrichthyes: Dasyatidae) no Arquipélago de Fernando De Noronha**. 2010. Tese (Doutorado em Ecologia). Universidade Federal do Rio de Janeiro. 2010.
- AGUIAR, A. A.; VALENTIN, J. L. Biologia e ecologia alimentar de elasmobrânquios (Chondrichthyes: Elasmobranchii): uma revisão dos métodos e do estado da arte no Brasil. **Oecologia Australis**, v. 14, n. 2, p. 464-489, 2010.
- ALBERTONI, E. F.; PALMA-SILVA, C.; ESTEVES, F. A. Natural diet of three species of shrimp in a tropical coastal lagoon. **Brazilian Archives of Biology and Technology**, v. 46, n. 3, 2003.
- AMARAL, A. C. Z.; MIGOTTO, A. E. Importância dos anelídeos poliquetas na alimentação da macrofauna demersal e bentônica da região de Ubatuba. **Boletim do Instituto Oceanográfico**, v. 29, n. 2, 1980.
- ARAÚJO, P. R. V.; ODDONE, M. C.; VELASCO, G. Reproductive biology of the stingrays, *Myliobatis goodei* and *Myliobatis ridens* (Chondrichthyes: Myliobatidae), in Southern Brazil. **Journal of Fish Biology**, v. 89, p. 1043–1067, 2016.
- BARBINI, A. S. **Ecología trófica de las rayas (Chondrichthyes, Rajidae) en el ecosistema costero bonaerense y uruguayo**. 2010. Tese (Doutorado). Facultad de Ciencias Exactas y Naturales, Universidad Nacional de Mar del Plata. Mar del Plata, Buenos Aires. 2010.
- BARBINI, S. A.; LUCIFORA, L. O. Feeding habits of the Rio skate, *Rioraja agassizi* (Chondrichthyes: Rajidae), from off Uruguay and north Argentina. **Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom**, v. 91, n. 6, p. 1175–118, 2011.
- BARBINI, S. A.; LUCIFORA, L. O. Big fish (and a smallish skate) eat small fish: diet variation and trophic level of *Sympterygia acuta*, a medium-sized skate high in the food web. **Marine Ecology**, v. 37, p. 283–293, 2015.
- BARBINI, S. A.; SABADIN, D. E.; LUCIFORA, L. O. Comparative analysis of feeding habits and dietary niche breadth in skates: the importance of body size, snout length, and depth. **Reviews in Fish Biology Fisheries**, v. 28, p.625–636, 2018.

- BASALLO, A.; ODDONE, M.C. Reproductive biology of the skates *Sympterygia acuta* Garman, 1877 and *S. bonapartii* Müller & Henle, 1841 (Chondrichthyes: Rajoidei) in south. **Neotropical Ichthyology**, v. 12, n.4, 2014.
- BELLEGGIA C. B.; CORTÉS, F.; COLONELLO, J. H. Feeding together: a global diet analysis of twenty-three species of chondrichthyes on a feeding ground area. **Hydrobiologia**, v. 842, p. 77–99, 2019.
- BETHEA, D. M.; CARLSON, J. K.; BUCKEL, J. A.; SATTERWHITE M. Ontogenetic and site-related trends in the diet of the Atlantic sharpnose shark *Rhizoprionodon terraenovae* from the northeast Gulf of Mexico. **Bulletin of Marine Science** v. 78, p.287–307, 2006.
- BORNATOWSKI, H.; ABILHOA, V. **Tubarões e raias capturados pela pesca artesanal no Paraná: Guia de identificação**. Curitiba: Pr: Hori consultoria ambiental, 2012.
- BORNATOWSKI H.; NAVIA A. F.; BRAGA R. R.; ABILHOA, V.; CORREA, M., F. M. Ecological importance of sharks and rays in a structural food web analysis in southern Brazil. **ICES Journal of Marine Science**, v. 71. n. 7, p. 1586–1592, 2014a.
- BORNATOWSKI, H.; WOSNICK, N.; CARMO, W. P. D.; CORRÊA, M. F.; ABILHO, V. Feeding comparisons of four batoids (Elasmobranchii) in coastal waters of southern Brazil. **Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom**, v. 94, n. 7, p. 1491–1499, 2014b.
- BORRELL A.; KUMARRAN, C. L.; R. P.; AGUILAR, A. Trophic ecology of elasmobranchs caught off Gujarat, India, as inferred from stable isotopes. **ICES Journal of Marine Science**, v. 68, n. 3, p. 547–554, 2011.
- BUDKER, P. **The life of sharks**. New York: Columbia University Press, 1971.
- CALTABELLOTTA, F. P.; SILVA, F. M.; MOTTA, F. S.; GADIG, O. B. Age and growth of the threatened endemic skate *Rioraja agassizii* (Chondrichthyes, Arhynchobatidae) in the western South Atlantic. **Marine and Freshwater Research**, v. 70, n. 1, p. 84–92, 2019.
- CARDILLO, M.; WARREN, D. L. Analysing patterns of spatial and niche overlap among species at multiple resolutions: Spatial and niche overlap. **Global Ecology and Biogeography**, 2016.
- CASSELBERRY, G. A.; CARLSON, J. K. Endangered Species Act Status Review of the Brazilian guitarfish (*Rhinobatos horkelii*). **Report to the National Marine Fisheries Service**, Office of Protected Resources. SFD Contribution PCB-15-08. 2015.

- CECCA (Centro de Estudos Cultura e Cidadania). **Uma cidade numa ilha: relatório sobre os problemas sócio-ambientais da Ilha de Santa Catarina**. Florianópolis: Insular. 1996.
- CLARKE, K. R.; GORLEY, R.N. PRIMER v7: User Manual/Tutorial. PRIMER-E: Plymouth.
- COLWELL, R. K.; FUTUYMA, D. J. On the Measurement of Niche Breadth and Overlap. **Ecological Society of America**, v. 52, n. 4, 1971.
- COLWELL, R. K. EstimateS: Statistical estimation of species richness and shared species from samples. version 8.2. **User's Guide and application**. 2009. <http://purl.oclc.org/estimates>
- COMPAGNO, L. J. V. Alternative life-history styles of cartilaginous fishes in time and space. **Environmental Biology of Fishes**, v. 28, p. 33–75, 1990. <https://doi.org/10.1007/BF00751027>
- CORNELL, H. Niche overlap. In: HASTINGS, A. & GROSS, L. J. **Encyclopedia of Theoretical Ecology**. University of California Press, 2011. p. 489-497.
- CORTÉS, E. A critical review of methods of studying fish feeding based on analysis of stomach contents: application to elasmobranch fishes. **Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences**, v. 54, p. 726-738, 1997.
- COSTA, L. **Aspectos reprodutivos da raia-viola, *Rhinobatos percellens* (Walbaum, 1792) (Elasmobranchii, Rhinobatidae), capturada pela pesca artesanal, na costa sul do Paraná e norte de Santa Catarina**. 2004. TCC (Monografia Bacharel em Ciências Biológicas), Setor de Ciências Biológicas, Universidade Federal do Paraná. 2004.
- COSTA, L.; CHAVES, P. T. C. Elasmobrânquios capturados pela pesca artesanal na costa sul do Paraná e norte de Santa Catarina, Brasil. **Biota Neotropica**, v. 6, n. 3, 2006.
- CROLL, D. A.; NEWTON, K. M.; WENG, K.; GALVÁN-MAGAÑA, F.; O'SULLIVAN, J.; DEWAR, H. Movement and habitat use by the spine-tail devil ray in the Eastern Pacific Ocean. **Marine Ecology Progress Series**, v. 465, p. 193–200, 2012.
- CRUZ, O. **A Ilha de Santa Catarina e o continente próximo; um estudo de geomorfologia costeira**. Florianópolis: Editora da UFSC. 1998.
- DALE, J. J.; WALLSGROVE, N. J.; POPP, B. N.; HOLLAND, K. N. Nursery habitat use and foraging ecology of the brown stingray *Dasyatis lata* determined from stomach contents, bulk and amino acid stable isotopes. **Marine Ecology Progress Series**, v. 433, p. 221- 236, 2011.
- DAVIDSON, L. N. K.; DULVY, N. K. Global marine protected areas to prevent extinctions. **Nature Ecology & Evolution**, p. 1, n. 0040, 2017.

- DEAN, M. N.; BIZZARRO, J. J.; SUMMERS, A. P. The evolution of cranial design, diet and feeding mechanisms in batoid fishes. **Integrative and Comparative Biology**, v. 47, n. 1, p. 70–81, 2007. <https://doi.org/10.1093/icb/icm034>.
- DERRICK, D. H.; CHEOK, J.; DULVY, N. K. Spatially congruent sites of importance for global shark and ray biodiversity. **PLoS ONE** v. 15, n.7, p. e0235559, 2020.
- D'INCAO, F. **Taxonomia, Padrões distribucionais e ecológicos dos Dendrobranchiata (Crustacea: Decapoda) do Brasil e Atlântico Ocidental**. 1995. Tese (Doutorado) Programa de Pós-graduação em Ecologia. Universidade Federal do Paraná. 1995.
- DOMINGOS, J. F. S.; PAIVA, B.; BRUNO, C. E. M.; AMORIM, A. F. Diet of elasmobranchs captured in the fishing of pink shrimp off southern of Brazil. **Brazilian Journal of Animal and Environmental Research**, v. 4, n. 1, p.637-658, 2021.
- ESTALLES, M. L.; PERIER, M. R.; GIACOMO, E. E. Trophic ecology of the smallnose fanskate *Sympterygia bonapartii* in the San Matiaas Gulf, northern Patagonia, Argentina. **Ichthyology Research**, v. 63, p. 207–217, 2016.
- FERRETTI, F.; WORM, B.; BRITTEN, G. L.; HEITHAUS, M. R.; LOTZE, HEIKE, K. Patterns and ecosystem consequences of shark declines in the ocean. **Ecology Letters**, v. 13, p. 1055–1071, 2010.
- FREITAS, R. H. A.; AGUIAR, A. A.; FREITAS, A. K. C. H. A. Sergio M. Q. LIMA, S. M. Q.; VALENTIN, J. L. Unravelling the foraging behavior of the southern stingray, *Hypanus americanus* (Myliobatiformes: Dasyatidae) in a Southwestern Atlantic MPA. **Neotropical Ichthyology**, v. 17, n. 2, p. e180131, 2019.
- GOMES, U. L.; SANTOS, H. R. S.; GADIG, O. B.; VICENTE, M. M. Guia para identificação dos tubarões, raias e quimeras do estado Rio de Janeiro (Chondrichthyes: Elasmobranchii e Holocephali). **Revista Nordestina de Biologia**, v. 27, n. 1, p. 171-368, 2019.
- GOTELLI, N. J.; ENTSMINGER, G. L. EcoSim: Null models software for ecology. Version 7.0, Acquired Intelligence Inc. & Kesey-Bear, 2001. <http://homepages.together.net/~gentsmin/ecosim.htm>.
- GRUBBS, R. D. Ontogenetic shifts in movements and habitat use. In: CARRIER, J. C.; MUSICK, J. A. HEITHAUS, M. R, editors. **Sharks and their relatives II: biodiversity, adaptive physiology, and conservation**. New York: Taylor & Francis Group; 2010. p.319-350.

- HAYATA, M. A.; BORNATOWSKI, H.; FREITAS, R. H. A. Patterns and partitioning of food resources by elasmobranchs in southern Brazil. **Environmental Biology of Fishes**, 2021. <https://doi.org/10.1007/s10641-021-01082-y>.
- HEITHAUS, M. R. Nursery areas as essential shark habitats: a theoretical perspective. In: **American Fisheries Society Symposium**, v. 3, 2007.
- HEITHAUS, M. R.; VAUDO, J. J.; KREICKER, S.; LAYMAN, C. A.; KRÜTZEN, M.; BURKHOLDER, D. A.; GASTRICH, K.; BESSEY, C.; SARABIA, R.; CAMERON, K.; WIRSING, A.; THOMSON, J. A.; DUNPHY-DALY, M. M. Apparent resource partitioning and trophic structure of large-bodied marine predators in a relatively pristine seagrass ecosystem. **Marine Ecology Progress Series**, v. 481, p. 225 – 237, 2013.
- HEUPEL, M. R.; CARLSON, J. K.; SIMPFENDORFER, C. A. Shark nursery areas: Concepts, definition, characterization and assumptions. **Marine Ecology Progress Series**, v. 337, p. 287-297, 2007.
- HORN FILHO, N. O.; DIEHL, L. F.; LEAL, P. C. Mapping the Santa Catarina Island's coast, Santa Catarina, southeastern, Brazil. Coastal Zone 99. San Diego, 1999. **Abstracts**, p. 401- 403, 1999.
- HORN FILHO, N. O. Estudo Morfossedimentares (1970- 2004) nas praias da Ilha de Santa Catarina, SC, Brasil: Uma síntese. **Gravel**, v. 2, p. 52-57, 2004.
- HURLBERT, S. H. The Measurement of Niche Overlap and Some Relatives. **Ecology**, v.59, n.1, p. 67-77, 1978.
- HUSSEY, N. E.; DIBATTISTA, J. D.; MOORE, J. W.; WARD, E. J. Risky business for a juvenile marine predator? Testing the influence of foraging strategies on size and growth rate under natural conditions. **Proceedings of the Royal Society**, v 284, n. 1852, 2017.
- HUTCHINSON, G. E. Concluding remarks. **Cold Spring Harbor Symposia on Quantitative Biology**, v. 22, p. 415–427, 1957.
- IUCN 2021. The IUCN Red List of Threatened Species. Version 2021-1. Disponível em: <https://www.iucnredlist.org>. Acesso: 8 de maio de 2021.
- KINNEY, M. J.; HUSSEY, N. E.; FISK, A. T.; TOBIN, A. J.; SIMPFENDORFER, C. A. Communal or competitive? Stable Isotope analysis provides evidence of resource partitioning within a communal shark nursery. **Marine Ecology Progress Series**, v. 439, p. 263–276, 2011.



- KREBS, C. J. **Ecological Methodology**. Menlo Park, C.A: Addison Wesley. 1999.
- LAST, P.; WHITE, W.; DE CARVALHO, M.; SÉRET, B.; STEHMANN, M.; NAYLOR, G. **Rays of the world**. Clayton: CSIRO Publishing, 2016.
- LUCIFORA, L. O.; VALERO, J. L.; BREMEC, C. S.; LASTA M. L. Feeding habitats and prey selection by the skate *Dipturus chilensis* (Elasmobranchii: Rajidae) from the south-western Atlantic. **Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom**, v. 80, p. 953-954, 2000.
- MACARTHUR, R. H. Population Ecology of Some Warblers of Northeastern Coniferous Forests. **Ecology**, v. 39, n. 4, p. 599-619, 1958.
- MAGURRAN A. E. **Measuring biological diversity**. Oxford: Blackwell Publishing, 2004.
- MARSHALL, A. D.; KYNE, P. M.; BENNETT, M. B. Comparing the diet of two sympatric urolophid elasmobranchs (*Trygonoptera testacea* Müller & Henle and *Urolophus kapalensis* Yearsley & Last): evidence of ontogenetic shifts and possible resource partitioning. **Journal of Fish Biology**, v. 72, p. 883–898, 2008.
- MARTINS, A. P. B.; HEUPEL M. R.; CHIN, A.; SIMPFENDORFER, C. A. Nursery habitat use and foraging ecology of the brown stingray *Dasyatis lata* determined from stomach contents, bulk and amino acid stable isotopes. **Marine Ecology Progress Series**, v. 595, p. 253–267, 2014.
- MARTINS, A. S.; COSTA, P. A. S.; HAIMOVICI, M.; BRAGA, A.C.; MINCARONE, M. M. Ecologia trófica do nécton demersal da plataforma e talude continental da Bacia de Campos. In: CURBELO-FERNANDEZ, M. P.; BRAGA, A. C. editoras. **Comunidades Demersais e Bioconstrutores: caracterização ambiental regional da Bacia de Campos, Atlântico Sudoeste**. Rio de Janeiro: Elsevier. Habitats, 2017. p.167-185.
- MELO, G. A. S. **Manual de Identificação dos Brachyura (caranguejos e siris) do litoral brasileiro**. São Paulo: Plêiade. 1996.
- MOTTA, P. J.; J. HUBER, D. R. Prey Capture Behavior and Feeding Mechanics of Elasmobranchs. In: CARRIER, J. C.; MUSICK, J. A.; HEITHAUS, M. R. **Biology of Sharks and Their Relatives**. CRC Press. 2012. p. 153-210.
- MOTTA, N. S.; DELLA-FINA, N.; SOUZA, C. C. A.; RODRIGUES, E. S.; AMORIM, A. F. Analysis of food habits of skate *Rioraja agassizii* (Elasmobranchii, Rajidae) from southern Brazil. **Brazilian Journal of Biology**, v. 76, n. 2, 2016.

- MUTO, E. Y.; SOARES, L. S. H.; GOITEIN, R. Food resource utilization of the skates *Rioraja agassizii* (Müller and Henle, 1841) and *Psammobatis extenta* (Garman, 1913) on the continental shelf off Ubatuba, South-Eastern Brazil. **Revista Brasileira de Biologia**, v. 61, n. 2, p. 217-278, 2001.
- ODDONE, M. C.; AMORIM, A. F.; MANCINI, P. L.; NORBIS, W.; VELASCO, G. The reproductive biology and cycle of *Rioraja agassizi* (Müller and Henle, 1841) (Chondrichthyes: Rajidae) in southeastern Brazil, SW Atlantic Ocean. **Scientia Marina**, v. 71, n.3, p. 593–604, 2007.
- PAESCH, L. Hábitos alimentarios de algunas especies de elasmobranquios en el frente oceánico del Río de La Plata. **Frente Marítimo** v. 18, p. 71–90, 2000.
- PAIVA, M. P. Recursos pesqueiros estuarinos e marinhos do Brasil. **UFUC: Fortaleza**, v. 278, 1997.
- PASQUINO, A. F. **Ecomorfologia alimentar comparada de duas espécies de raias simpátricas, *Zapteryx brevirostris* e *Rioraja agassizi* (Chondrichthyes, Elasmobranchii) da costa de São Paulo**. 2010. Dissertação (Mestrado em Ciências Biológicas, Zoologia). Universidade Estadual Paulista. 2010.
- PENNINO, M. G.; MUÑOZ, F.; CONESA, D.; LÓPEZ-QUÍLEZ, A.; BELLIDO, J. M. Modeling sensitive elasmobranch habitats. **Journal of Sea Research**, v. 83, p. 209–218, 2013.
- PINKAS, L.; OLIPHANT, M. S.; IVERSON, I. L. K. Food habits of albacore, bluefin tuna, and bonito in California waters. **California Fish and Game, Fisheries Bulletin**, v. 152, p. 84, 1971.
- PIANKA, E. R. The structure of lizard communities. **Annual Review of Ecology and Systematics**, v. 4, p. 53-74, 1973.
- PLATELL, M. E.; POTTER, I. C.; CLARKE, K. R. Resource partitioning by four species of elasmobranchs (Batoidea: Urolophidae) in coastal waters of temperate Australia. **Marine Biology**, v. 131, p. 719-734, 1998.
- PLATELL, M. E.; POTTER, I. C. Partitioning of food resources amongst 18 abundant benthic carnivorous fish species in marine waters on the lower west coast of Australia. **Journal of Experimental Marine Biology and Ecology**, v. 261, p. 31–54, 2001.
- POLLOM, R.; BARRETO, R.; CHARVET, P.; CUEVAS, J. M.; FARIA, V.; HERMAN, K.; MARCANTE, F.; MONTEALEGRE-QUIJANO, S.; MOTTA, F.; PAESCH, L.; RINCON, G.

*Rioraja agassizii*. The IUCN Red List of Threatened Species, 2020a. <https://dx.doi.org/10.2305/IUCN.UK.2020-3.RLTS.T44597A2997866.en>.

POLLOM, R.; BARRETO, R.; CHARVET, P.; CHIARAMONTE, G.E.; CUEVAS, J.M.; FARIA, V.; HERMAN, K., MARCANTE, F.; MONTEALEGRE-QUIJANO, S.; MOTTA, F.; PAESCH, L.; RINCON, G. *Sympterygia bonapartii*. The IUCN Red List of Threatened Species, 2020b, e.T44597A2997866. <https://dx.doi.org/10.2305/IUCN.UK.2020-3.RLTS.T44597A2997866.en>

POLLOM, R.; BARRETO, R.; CHARVET, P.; CHIARAMONTE, G. E.; CUEVAS, J. M.; HERMAN, K.; MARTINS, M.F.; MONTEALEGRE-QUIJANO, S.; MOTTA, F.; PAESCH, L.; RINCON, G. *Pseudobatos horkelii*. The IUCN Red List of Threatened Species, 2020c. e.T41064A2951089. <https://dx.doi.org/10.2305/IUCN.UK.2020-3.RLTS.T41064A2951089.en>.

POLLOM, R.; BARRETO, R.; CHARVET, P.; CHIARAMONTE, G.E.; CUEVAS, J.M.; FARIA, V.; HERMAN, K.; MONTEALEGRE-QUIJANO, S.; MOTTA, F.; PAESCH, L.; RINCON, G. *Dasyatis hypostigma*. The IUCN Red List of Threatened Species, 2020d. e.T60154A3090027. <https://dx.doi.org/10.2305/IUCN.UK.2020-3.RLTS.T60154A3090027.en>

PORTARIA MMA Nº 445, 2014. Lista Nacional Oficial de Espécies da Fauna Ameaçadas de Extinção - Peixes e Invertebrados Aquáticos. Diário Oficial da União, Brasília. Disponível em: [http://www.icmbio.gov.br/cepsul/images/stories/legislacao/Portaria/2014/p\\_mma\\_445\\_2014\\_lista\\_peixes\\_amea%C3%A7ados\\_extin%C3%A7%C3%A3o.pdf](http://www.icmbio.gov.br/cepsul/images/stories/legislacao/Portaria/2014/p_mma_445_2014_lista_peixes_amea%C3%A7ados_extin%C3%A7%C3%A3o.pdf). Acesso em: 02 de novembro de 2018.

R CORE TEAM (2020): A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. <http://www.r-project.org/index.html>.

REZENDE, G. A.; CAPITOLI, R. R.; VOOREN, C. M. Dieta e morfologia da cabeça, boca e dentição de duas raias simpátricas, *Myliobatis goodei* e *M. ridens* (Batoidea: Myliobatiformes). **Boletim do Museu de Biologia Mello Leitão**, v. 37, n. 3, p. 255-270, 2015.

ROSA, R. S.; GADIG, O. B. F. Conhecimento da diversidade dos Chondrichthyes marinhos no Brasil: a contribuição de José Lima de Figueiredo. **Arquivos de Zoologia**, v. 45, p. 89-104, 2014.

- ROSA, R. S.; FURTADO, M. The IUCN Red List of Threatened Species: e.T63157A12602819.  
<http://dx.doi.org/10.2305/IUCN.UK.2007.RLTS.T63157A12602819.en>.
- RUOCCO, N. L.; LUCIFORA, O. L. Ecological singularity of temperate mesopredatory myliobatoidei rays (Chondrichthyes: Myliobatiformes). **Marine and Freshwater Research**, v. 68, n.6, p. 1098-1111, 2016.
- SANTOS, H. R. S.; CARVALHO, M. R. Description of a new species of whiptailed stingray from the southwestern Atlantic Ocean (Chondrichthyes, Myliobatiformes, Dasyatidae). **Boletim do Museu Nacional**. v. 516, 2004.
- SIEPIELSKI, A. M.; MCPEEK, M. A. On the evidence for species coexistence: a critique of the coexistence program. **Ecology**, v, 91, n. 11, p. 3153–3164, 2010.
- SLOBODCHIKOFF, C. N.; SCHULZ, W. C. Measures of Niche Overlap. **Ecology**, v. 61, n.5, p. 1051-1055, 1980.
- STEVENS, J. D.; BONFIL, R.; DULVY, N. K.; WALKER, P. A. The effects of fishing on sharks, rays, and chimaeras (chondrichthyans), and the implications for marine ecosystems. **ICES Journal of Marine Science**, v. 57, p. 476–494, 2000.
- SOARES, L.; ROSSI-WONGTSCHOWSKI, S. H.; DEL BIANCO, C. L.; ALVARES, L. A. MARTINS, C.; MUTO, M. C.; YURIKO, E; GASALLA, M. L. A. Grupos tróficos de peixes demersais da plataforma continental interna de Ubatuba, Brasil. I. Chondrichthyes. **Boletim do Instituto Oceanográfico**, v. 40, p.79-85, 1992.
- SOBERÓN, J.; NAKAMURA, M. Niches and distributional areas: Concepts, methods, and assumptions. **PNAS**, v. 106, p. 19644–19650, 2009.
- SOMMERVILLE, E.; PLATELL, M. E.; WHITE, W. T.; JONES, A. A.; POTTER, I. C. Partitioning of food resources by four abundant, co-occurring elasmobranch species: relationships between diet and both body size and season. **Marine and Freshwater Research**, v. 62, n. 1, 54–65, 2011.
- TRICAS, T. C. Feeding ethology of the White Shark, *Carcharodon carcharias*. **Memoirs**, v. 9, p. 81-91, 1985.
- VAUDO, J. J.; HEITHAUS, M. R. 2011. Dietary niche overlap in a nearshore elasmobranch mesopredator Community. **Marine Ecology Progress Series**, v. 425, p. 247–260, 2011.

- VIANA, A. F.; VALENTIN, J. L.; VIANNA, M. Feeding ecology of elasmobranch species in southeastern Brazil. **Neotropical Ichthyology**, v. 15, n. 2: e160176, 2017.
- VITT, L. J.; PIANKA, E. R. Feeding ecology in the natural world. In: REILLY, S. M.; MCBRAYER, L. D.; MILES, D. B. **Lizard Ecology: The Evolutionary Consequences of Foraging Mode**. Cambridge University Press, 2007. p. 141-172.
- VOOREN, C. M.; LESSA, R. P. KLIPPEL, S. Biologia e status de conservação da viola *Rhinobatos horkelii*. In: VOOREN, C. M. KLIPPEL, S. **Ações para a conservação de tubarões e raias no sul do Brasil**. Igaré: Porto Alegre, 2005. p. 33-56.
- YOKOTA, L.; LESSA, R. P. A nursery area for sharks and rays in Northeastern Brazil. **Environmental Biology of Fishes**, v. 75, p. 349-360, 2006.
- WETHERBEE, B. M.; CORTÉS, E. Food consumption and feeding habits. In: CARRIER, J.C.; MUSICK, J. A.; HEITHAUS, M.R. **Biology of Sharks and their Relatives**, USA: RC Press, 2004. p. 224-244.
- WILLIAMS, A. B. **Shrimps, lobsters and crabs of the Atlantic coast of the Eastern United States, Maine to Florida**. Washington: Smithsonian Institution Press. 1984.
- WILGA, C. D.; MOTTA, P. J.; SANFORDZ, C. P. Evolution and ecology of feeding in elasmobranch. **Integrative and Comparative Biology**, v. 47, p. 55-69, 2007.
- ZARET. M.; RAND. S. Competition in tropical stream fishes: support for the competitive exclusion principle. **Ecology**, v. 52, p. 336-342, 1971.