

Fernando Luis Fuhr

**SOBREPOSIÇÃO DE NICHOS TRÓFICOS E PADRÃO DE USO DE RECURSOS DE
TUBARÕES COSTEIROS DO SUL DO BRASIL**

Trabalho de Conclusão do Curso de Graduação em Ciências Biológicas do Centro de Ciências Biológicas da Universidade Federal de Santa Catarina como requisito para a obtenção do título de Licenciado em Ciências Biológicas.

Orientador: Prof. Dr. Renato Hajenius Aché de Freitas

Coorientadora: Msc. Maiara Albuquerque Hayata

Florianópolis

2021

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

Fuhr, Fernando Luis
SOBREPOSIÇÃO DE NICHOS TRÓFICOS E PADRÃO DE USO DE
RECURSOS DE TUBARÕES COSTEIROS DO SUL DO BRASIL / Fernando
Luis Fuhr ; orientador, Renato Hajenius Aché de Freitas,
coorientador, Maiara Albuquerque Hayata, 2021.
39 p.

Trabalho de Conclusão de Curso (graduação) -
Universidade Federal de Santa Catarina, Centro de Ciências
Biológicas, Graduação em Ciências Biológicas, Florianópolis,
2021.

Inclui referências.

1. Ciências Biológicas. 2. Tubarões costeiros. 3.
Análise de redes. 4. Ecologia trófica. 5. Dieta. I.
Hajenius Aché de Freitas, Renato . II. Albuquerque Hayata,
Maiara. III. Universidade Federal de Santa Catarina.
Graduação em Ciências Biológicas. IV. Título.

Fernando Luis Fuhr

**SOBREPOSIÇÃO DE NICHOS TRÓFICOS E PADRÃO DE USO DE RECURSOS POR
TUBARÕES COSTEIROS DO SUL DO BRASIL**

Este Trabalho Conclusão de Curso foi julgado adequado para obtenção do Título de licenciado em Ciências Biológicas na Universidade Federal de Santa Catarina, Centro de Ciências Biológicas.

Florianópolis, 18 de maio de 2021.

Banca Examinadora:

Prof. Dr. Renato H. A. de Freitas
Orientador
ECZ/UFSC

Msc. Maiara A. Hayata
Coorientadora
Externo

Prof. Dr. Getúlio Rincon Filho
UFMA

Msc. Guilherme Burg Mayer
PPG Ecologia/UFSC

Prof. Dr. Guilherme R. R Brito
ECZ/UFSC

RESUMO

Tubarões ocupam posições elevadas nas teias alimentares, podendo ter uma importante função na estrutura e na regulação de comunidades marinhas. Assim, o declínio vivido por esses predadores pode resultar em um efeito de cascata trófica, tornando estudos acerca de seu nicho alimentar essencial para otimizar o entendimento das teias tróficas. O nicho alimentar de um predador pode ser separado em três dimensões: nicho espacial (local da alimentação), nicho temporal (quando ele se alimenta) e nicho trófico (alimento consumido). Assim, a divergência em alguma dessas dimensões pode diminuir a sobreposição de nicho trófico entre espécies, e possivelmente possibilitar sua co-ocorrência em determinados ambientes. Deste modo, o presente estudo busca investigar o uso de recursos, a partição e a sobreposição de nicho trófico entre espécies de tubarões costeiros coocorrentes no sul do Brasil através de uma análise de redes complexas. Testamos a hipótese de que haveria um padrão aninhado no uso de recursos alimentares por estas espécies. Foram encontrados registros de ocorrência de 41 espécies de tubarões costeiros na região sul do Brasil, porém para apenas 10 delas foram encontradas publicações na região pré-selecionada e com detalhamento suficiente dos dados quantitativos sobre sua dieta. Para analisar a sobreposição de nicho trófico entre as espécies e o padrão de uso de recursos alimentares, utilizamos o índice E (especialização de dieta na comunidade), o índice $\overline{W_{ij}}$ (sobreposição de nicho trófico), o coeficiente Q_B (modularidade) e o coeficiente $NODF$ (aninhamento). Os dados foram separados em 3 conjuntos analíticos (GENERAL, DETAILED e FISH), com diferente grau de detalhamento das categorias alimentares consumidas. O índice E não foi significativo para nenhum dos 3 conjuntos, e a média de sobreposição de nicho trófico foi moderada para GENERAL ($\overline{W_{ij}} = 0,435 \pm 0,281$) e FISH ($\overline{W_{ij}} = 0,401 \pm 0,153$) e baixa para DETAILED ($\overline{W_{ij}} = 0,223 \pm 0,197$). O valor da modularidade foi baixo e não significativo nos 3 conjuntos, GENERAL ($Q_B = 0,222$), DETAILED ($Q_B = 0,336$) e FISH ($Q_B = 0,368$). Já o valor do aninhamento foi alto e não significativo no conjunto GENERAL ($NODF = 67,777$) e foi moderado e significativo nos conjuntos DETAILED ($NODF = 45,465$) e FISH ($NODF = 50,831$), corroborando a hipótese do trabalho e demonstrando que espécies mais especializadas consomem um subconjunto das presas utilizadas por espécies mais generalistas. Os valores mais altos de sobreposição no conjunto GENERAL, podem ser explicados pelo agrupamento de táxons de presas em categorias alimentares abrangentes, desconsiderando assim nuances destes grupos de presas e no conjunto FISH, pode ser explicado pelo fato de que foram selecionados neste grupo, apenas as cinco espécies de tubarões costeiros que tiveram contribuição alimentar maior que 85% de peixes

ósseos e cartilagosos. Já o baixo valor no conjunto DETAILED, pode ser explicado pela grande quantidade de categorias alimentares e suas características. O padrão aninhado de dieta da comunidade foi observado nos 3 conjuntos, pois as espécies que se mostraram mais especialistas (consumiram recursos de poucas ou somente uma categoria de presa) utilizaram um subconjunto da dieta das espécies mais generalistas.

Palavras-chave: Tubarões costeiros. Análise de redes. Dieta. Ecologia trófica.

ABSTRACT

Sharks occupy high positions in the food webs and can play an important role in the structure and regulation of marine communities. Therefore, the decline experienced by these predators may result in a trophic cascade effect, making studies about their food niche essential to optimize the understanding of trophic webs. The food niche of a predator can be separated into three dimensions: spatial niche (place of feeding), temporal niche (when it feeds) and trophic niche (food consumed). Thus, the divergence in any of these dimensions can decrease the overlap of trophic niche between species, and possibly allow their co-occurrence in certain environments. In this way, the present study seeks to investigate the use of resources, the partition and the overlap of trophic niche among co-occurrent coastal shark species in southern Brazil through an analysis of complex networks. We tested the hypothesis that there would be a nested pattern in the use of food resources by these species. Records of the occurrence of 41 species of coastal sharks in the southern region of Brazil were found, however only 10 contained publications in the pre-selected region and with sufficient detail of the quantitative data on their diet. To analyze the trophic niche overlap between species and the pattern of use of food resources, we used the E index (specialization of diet in the community), the index $\overline{W_{ij}}$ (trophic niche overlap), the Q_B coefficient (modularity) and the *NODF* coefficient (nesting). The data were separated into 3 analytical sets (GENERAL, DETAILED and FISH), with different degree of detail of the food categories consumed. The E index was not significant for any of the 3 sets, and the mean trophic niche overlap was moderate for GENERAL ($\overline{W_{ij}} = 0.435 \pm 0.281$) and FISH ($\overline{W_{ij}} = 0.401 \pm 0.153$) and low for DETAILED ($\overline{W_{ij}} = 0.223 \pm 0.197$). The modularity value was low and not significant in the 3 sets, GENERAL ($Q_B = 0.222$), DETAILED ($Q_B = 0.336$) and FISH ($Q_B = 0.368$). The nesting value was high and not significant in the GENERAL ($NODF = 67.777$) set and was moderate and significant in the DETAILED ($NODF = 45.465$) and FISH ($NODF = 50.831$) sets, corroborating the work hypothesis and demonstrating that more specialized species consume a subset of prey used by more generalist species. The higher values of overlap in the GENERAL set, can be explained by the grouping of prey taxa in comprehensive food categories, thus disregarding the nuances of these groups of prey and in the FISH set, it can be explained by the fact that only the five species of coastal sharks that had a food contribution greater than 85% of bony and cartilaginous fish. The low value in the DETAILED set, on the other hand, can be explained by the large number of food categories and their characteristics. The nested pattern of the community's diet was observed in

the 3 sets, since the species that proved to be more specialized (consumed resources of few or only one category of prey) used a subset of the diet of the more generalized species.

Keywords: Coastal sharks. Network analysis. Diet. Trophic ecology.

LISTA DE FIGURAS

- Figura 1.** Representação gráfica da rede de interação quantitativa entre espécies de tubarões costeiros do sul do Brasil. Os nós representam as espécies de tubarões costeiros e a espessura das arestas representa o grau de sobreposição de nicho trófico entre as espécies. a) considerando o conjunto analítico GENERAL. b) considerando o conjunto analítico DETAILED. c) considerando o conjunto analítico FISH. Cb: *Carcharhinus brachyurus*; Cl: *Carcharhinus limbatus*; Co: *Carcharhinus obscurus*; Gc: *Galeocerdo cuvier*; Ms: *Mustelus schmitti*; Rl: *Rhizoprionodon lalandii*; Rp: *Rhizoprionodon porosus*; Sl: *Sphyrna lewini*; Sz: *Sphyrna zygaena*; Sa: *Squalus acanthias*. CHON: peixes cartilagosos (tubarões, raias e quimeras); FISH: peixes teleósteos.22
- Figura 2.** A) Aninhamento (NODF) da rede bipartida de dados de presença-ausência de consumo do conjunto analítico GENERAL pelas espécies. B) Modularidade (*QB*) da rede bipartida de consumidor-recurso. Ambos os gráficos com o intervalo da reta representando a distribuição teórica gerada pelo modelo nulo e o ponto representando o valor empírico de cada métrica.23
- Figura 3.** Matriz qualitativa e rede bipartida quantitativa do conjunto analítico GENERAL em representação gráfica. Na matriz, as linhas representam as espécies e as colunas representam as categorias alimentares, células pretas indicam o consumo das categorias alimentares pela espécie. Na rede, os círculos da esquerda representam as espécies e os círculos da direita representam as categorias gerais de alimentação, as arestas que interligam os círculos indicam o consumo de determinada categoria alimentar por uma espécie e sua espessura indica o grau de proporção de consumo dessa categoria. Cb: *Carcharhinus brachyurus*; Cl: *Carcharhinus limbatus*; Co: *Carcharhinus obscurus*; Gc: *Galeocerdo cuvier*; Ms: *Mustelus schmitti*; Rl: *Rhizoprionodon lalandii*; Rp: *Rhizoprionodon porosus*; Sl: *Sphyrna lewini*; Sz: *Sphyrna zygaena*; Sa: *Squalus acanthias*. CHON: peixes cartilagosos (tubarões, raias e quimeras); FISH: peixes teleósteos; INV: demais invertebrados; MOL: moluscos (exceto cefalópodes) e moluscos não identificados; OCRUST: outros crustáceos (não decápodos) e crustáceos não identificados; POLY: poliquetas e demais vermes marinhos; REP: répteis marinhos; BIR: aves marinhas; CEPH: cefalópodes; CR: crustáceos decápodos.24
- Figura 4.** A) Aninhamento (NODF) da rede bipartida de dados de presença-ausência de consumo do conjunto analítico DETAILED pelas espécies. B) Modularidade (*QB*) da rede bipartida de consumidor-recurso. Ambos os gráficos com o intervalo da reta representando a distribuição teórica gerada pelo modelo nulo e o ponto representando o valor empírico de cada métrica.25
- Figura 5.** Matriz qualitativa e rede bipartida quantitativa do conjunto analítico DETAILED em representação gráfica. Na matriz, as linhas representam as espécies e as colunas representam as categorias alimentares, células pretas indicam o consumo das categorias alimentares pela espécie. Na rede, os círculos da esquerda representam as espécies e os círculos da direita representam todas as categorias alimentares, as arestas que interligam os círculos indicam o consumo de determinada categoria alimentar por uma espécie e sua espessura indica o grau de proporção de consumo dessa categoria. Cb: *Carcharhinus brachyurus*; Cl: *Carcharhinus limbatus*; Co: *Carcharhinus obscurus*; Gc: *Galeocerdo cuvier*; Ms: *Mustelus schmitti*; Rl: *Rhizoprionodon lalandii*; Rp: *Rhizoprionodon porosus*; Sl: *Sphyrna lewini*; Sz: *Sphyrna*

zygaena; Sa: *Squalus acanthias*. CHON: peixes cartilagosos (tubarões, raias e quimeras); FISH: peixes teleósteos; INV: demais invertebrados; MOL: moluscos (exceto cefalópodes) e moluscos não identificados; OCRUST: outros crustáceos (não decápodos) e crustáceos não identificados; POLY: poliquetas e demais vermes marinhos; REP: répteis marinhos; BIR: aves marinhas; CEPH: cefalópodes; CR: crustáceos decápodos.....26

Figura 6. A) Aninhamento (*NODF*) da rede bipartida de dados de presença-ausência de consumo do conjunto analítico FISH pelas espécies que possuíam ao menos 85% da sua dieta baseada em CHON E FISH. B) Modularidade (*QB*) da rede bipartida de consumidor-recurso. Ambos os gráficos com o intervalo da reta representando a distribuição teórica gerada pelo modelo nulo e o ponto representando o valor empírico de cada métrica.26

Figura 7. Matriz qualitativa e rede bipartida quantitativa do conjunto analítico FISH. Na matriz, as linhas representam as espécies e as colunas representam as categorias alimentares, células pretas indicam o consumo das categorias alimentares pela espécie. Na rede, os círculos da esquerda representam as espécies e os círculos da direita representam todas as categorias alimentares, as arestas que interligam os círculos indicam o consumo de determinada categoria alimentar por uma espécie e sua espessura indica o grau de proporção de consumo dessa categoria. Rl: *Rhizoprionodon lalandii*; Cl: *Carcharhinus limbatus*; Co: *Carcharhinus obscurus*; Cb: *Carcharhinus brachyurus*; Gc: *Galeocerdo cuvier*. CHON: peixes cartilagosos (tubarões, raias e quimeras); FISH: peixes teleósteos.27

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Categorias gerais de presas determinadas.....	16
Tabela 2. Famílias de peixes ósseos e cartilagosos determinadas.....	16
Tabela 3. Lista de espécies com dieta analisada em ordem alfabética. N = número de artigos analisados; Ne = somatória dos estômagos com conteúdo estomacal observado nos artigos; IRI% = índice de importância relativa padronizado; IAi% = índice alimentar. Números entre parênteses indicam a referência dos artigos analisados (Apêndice 2).....	21
Tabela 4. Resultados dos testes da média de sobreposição de nicho trófico e da densidade média das conexões para cada conjunto de presas.	21
Tabela 5. Índices de aninhamento (<i>NODF</i>) e modularidade (<i>Q</i>) calculados para as redes de espécies-recursos de cada um dos conjuntos analíticos de espécies de tubarões costeiros presentes no Sul do Brasil.	23

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	12
2 OBJETIVOS	14
2.1 Objetivo Geral	14
2.2 Objetivos Específicos	14
3 MATERIAL E MÉTODOS	15
3.1 Coleta de dados	15
3.2 Análise de dados	18
4 RESULTADOS	20
5 DISCUSSÃO	28
6 CONSIDERAÇÕES FINAIS	31
7 REFERÊNCIAS	32
8 APÊNDICES	38
Apêndice 1	38
Apêndice 2	39

1 INTRODUÇÃO

Elasmobrânquios apresentam como características biológicas: crescimento lento, maturidade sexual tardia e baixa fecundidade (CAMHI et al., 1998; HOLDEN, 1974). Tais características, por sua vez, tornam suas populações, especialmente de grandes tubarões, vulneráveis a severos declínios causados devido a fatores como sobrepesca, destruição de habitat, poluição e mudanças climáticas (SIMPENDORFER et al., 2011), dificultando a sua recuperação populacional à medida que diminuem (CAMHI et al., 1998; MUSICK et al., 2000; VOOREN; KLIPPEL, 2005). Essa combinação de fatores resulta em um aumento contínuo no número de espécies de tubarões presentes na lista vermelha da *International Union for Conservation of Nature* (IUCN). Em 2010, a edição da lista vermelha da IUCN indicou que 75% das 1041 espécies de elasmobrânquios estavam com algum risco de ameaça de extinção, sendo as espécies costeiras as mais expostas a este perigo (DULVY et al., 2014). Segundo Rosa e Gadig (2014), no Brasil existem cerca de 169 espécies de Chondrichthyes, sendo 82 de tubarões. Dentre as espécies de tubarões, 57 são consideradas ameaçadas, destas 11 classificadas como criticamente em perigo (CR), 13 como em perigo (EN), 21 vulneráveis (VU) e 12 quase ameaçadas (NT) (IUCN, 2021).

Grandes tubarões geralmente ocupam posições elevadas nas teias alimentares e podem ter uma importante função na estrutura e na regulação de comunidades marinhas, seja por interação direta ou indireta com suas presas (CORTÉS, 1997; WETHERBEE; CORTÉS, 2004). Assim, o declínio vivido por esses grandes predadores pode resultar em um efeito de cascata trófica, alterando a abundância dos níveis tróficos inferiores, dos padrões de migração e no alcance de habitats, causando um desequilíbrio no ecossistema local (FERRETTI et al., 2010; HEITHAUS et al., 2008; MYERS et al., 2007; STEVENS et al., 2000). Neste sentido, estudos acerca da ecologia e das interações tróficas de predadores de topo de cadeia e mesopredadores são essenciais para elucidar os efeitos de predação na teia alimentar (FERRETTI et al., 2010; VAUDO; HEITHAUS, 2011).

O nicho alimentar de um predador pode ser separado em três dimensões: o nicho espacial (local da alimentação), o nicho temporal (incluindo desde padrões de atividades diárias até atividades migratórias anuais) e o nicho trófico (alimento consumido) (SPITZ et al., 2011). Os estudos de nicho alimentar, porém, contam com dificuldades nas análises das três dimensões, devido principalmente a dificuldade de amostragem (PIANKA, 1974). Dessa forma, estes costumam focar na descrição e análise de nicho trófico, assim como foi observado

em trabalhos com diversas espécies de elasmobrânquios (e.g. ESPINOZA et al., 2015; POLOSILVA; RENDÓN; GALVÁN-MAGAÑA, 2009; SILVA; ALMEIDA, 2018).

Estudos envolvendo dieta e ecologia trófica de tubarões são tradicionalmente realizados por meio da análise de conteúdo estomacal (CORTÉS, 1997; HYSLOP, 1980). Entretanto, recentemente, inúmeras outras metodologias vêm sendo utilizadas, incluindo análise de isótopos estáveis (e.g. ESPINOZA et al., 2015), análise de ácidos graxos (e.g. PETHYBRIDGE et al., 2014), análises moleculares (e.g. BADE et al., 2014) e observações de predação direta (e.g. ROHNER et al., 2015). Esses estudos podem fornecer informações valiosas para aprimorar o entendimento sobre mudanças na dieta, dinâmicas tróficas (FISK et al., 2002), preferência de habitat (HEITHAUS et al., 2013; HUSSEY et al., 2011) e padrões de migração de tubarões (CARLISLE et al., 2012; COUTURIER et al., 2013). Essas informações, por sua vez, auxiliam a compreender o papel ecológico de tubarões dentro de uma teia alimentar e desenvolver medidas de manejo e conservação (BRAGA; BORNATOWSKI; VITULE, 2012; VAUDO; HEITHAUS, 2011). No entanto, fatores como a dificuldade de coleta de dados e grande biodiversidade de espécies de elasmobrânquios no Brasil, mantêm a ecologia alimentar de muitas espécies ainda pouco conhecida (BRAGA; BORNATOWSKI; VITULE, 2012).

A região sul do Brasil possui uma alta riqueza de espécies de elasmobrânquios, com ao menos 57 espécies endêmicas (DULVY et al., 2014; LUCIFORA; GARCÍA; WORM, 2011), abrigando também áreas de berçário para inúmeras espécies (BORNATOWSKI, 2010; KOTAS et al., 2008; KOTAS; SANTOS; SCALCO, 2017). Assim, a região constitui uma importante área para preservação e conservação do grupo (DULVY et al., 2014). Entretanto, esta também possui uma grande concentração de espécies de tubarões ameaçadas de extinção, sendo evidenciado uma depleção nos estoques de tubarões pelágicos devido a crescente pressão pesqueira (BORNATOWSKI et al., 2018; DULVY et al., 2014; KOTAS et al., 2008). Apesar disso, estudos sobre a sobreexploração pesqueira no Atlântico Sul e seus efeitos no ecossistema são escassos (BORNATOWSKI et al., 2018; WORM et al., 2009).

Identificar e compreender os padrões estruturais das redes alimentares de espécies se faz necessário para aumentar o entendimento dos mecanismos que moldam e mantêm as comunidades (PIMM; LAWTON; COHEN, 1991). Para isto, existem dois padrões utilizados para descrever e analisar as estruturas de redes tróficas (ARAÚJO et al., 2008; KONDOH; KATO; SAKATO, 2010). O padrão aninhado é observado quando a dieta de espécies especialistas representa um subconjunto da dieta de espécies mais generalistas (Carvalho-Rocha

et al., 2018), e o padrão modular que é encontrado em grupos de espécies que compartilham os mesmos tipos de recursos entre si, porém compartilham pouco ou quase nenhum recurso com outros grupos (ARAÚJO et al., 2008). Neste sentido e de acordo com estudos prévios, a hipótese do presente trabalho é que as espécies de tubarões costeiros do sul do Brasil, possuam um padrão de uso de recursos aninhado, tendo em vista a ocorrência de espécies com diferentes características biológicas significativas (e.g. tamanho corporal, formato da cabeça, mobilidade, comportamento) na região.

2 OBJETIVOS

2.1 Objetivo Geral

Investigar os padrões de uso e recursos alimentares por espécies de tubarões costeiros presentes no sul do Brasil.

2.2 Objetivos Específicos

- Verificar as espécies de tubarões costeiros presentes no sul do Brasil e analisar a dieta destas espécies através de levantamento bibliográfico;
- Avaliar o grau de sobreposição de nicho trófico destas espécies;
- Averiguar padrão de uso de recursos das espécies de tubarões estudadas a partir das métricas de aninhamento e modularidade.

3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Coleta de dados

A seleção das espécies de tubarões costeiros registrados no sul do Brasil foi feita através da análise de publicações com dados de ocorrência e distribuição destes indivíduos (BORNATOWSKI; ABILHOA, 2012; COMPAGNO, 2001; GADIG, 2001; GOMES et al., 2010; ROSA; SOTO, 2001). Em caso de dúvida, os dados de distribuição das espécies foram conferidos no site da IUCN (2021) e no *FishBase* (FROESE; PAULY, 2020). Após a seleção, as informações sobre a dieta das espécies foram obtidas por meio de pesquisa ativa de artigos nas bases de dados: Google Acadêmico, *Scopus* e *Web of Science*. A pesquisa buscou publicações com dados sobre a composição da dieta das espécies de tubarões costeiros selecionadas, obtidas por meio de análise de conteúdo estomacal. Para isso, foram utilizadas como palavra-chave: Nome da espécie, “*diet*” e “*feeding*”. Somente foram selecionadas publicações que disponibilizavam dados quantitativos (e.g. Índice de importância relativa, número, frequência e peso dos recursos alimentares consumidos), e apresentavam a composição da dieta da espécie com as presas dos grupos de peixes identificadas a nível de família. Da mesma forma, apenas foram incluídas nas análises espécies que tiveram mais de 20 estômagos com conteúdo alimentar analisado, e foram delimitadas restrições espaciais para busca de artigos, sendo que só foram selecionadas publicações de estudos na América do Sul. Esta restrição espacial buscou minimizar a influência regional na dieta das espécies selecionadas, excluindo artigos de regiões muito afastadas da costa sul brasileira, enquanto ainda possibilitando a análise de um maior número de artigos.

Para a construção das matrizes de dieta de cada espécie, as presas foram agrupadas em diferentes categorias, em três níveis distintos de detalhamento. O primeiro nível agrupou as presas em 10 categorias mais abrangentes, o segundo nível incorporou as diferentes famílias de peixes ósseos e cartilagosos como categorias alimentares distintas, totalizando 64 categorias, enquanto o terceiro nível integrou os peixes ósseos e cartilagosos não identificados e suas respectivas famílias totalizando 47 categorias. A Tabela 1 descreve quais foram as categorias alimentares determinadas, e a Tabela 2 aponta quais foram as famílias de peixes incorporadas.

Tabela 1. Categorias gerais de presas determinadas

Categoria	Descrição
FISH	Peixes teleósteos
CHON	Peixes cartilagosos (tubarões, raias e quimeras)
CEPH	Cefalópodes (Polvos, lulas, nautilus e sépias)
MOL	Moluscos (exceto cefalópodes) e moluscos não identificados
CR	Crustáceos decápodos (camarões, caranguejos, siris e lagostas)
OCRUST	Outros crustáceos não decápodos e crustáceos não identificados
POLY	Poliquetas e demais vermes marinhos
INV	Demais invertebrados
BIR	Aves marinhas
REP	Répteis marinhos (tartarugas)

Tabela 2. Famílias de peixes ósseos e cartilagosos determinadas.

Famílias de peixes ósseos		Famílias de peixes cartilagosos
Acanthuridae	Merlucciidae	Callorhynchidae
Albulidae	Mugilidae	Carcharhinidae
Atherinopsidae	Mullidae	Dasyatidae
Balistidae	Myctophidae	Myliobatidae
Batrachoididae	Nototheniidae	Rajidae
Belonidae	Ophichthidae	Sphyrnidae
Carangidae	Ophidiidae	Squatinae
Chaetodontidae	Paralichthyidae	Triakidae
Clupeidae	Percophidae	
Congridae	Pinguipedidae	
Coryphaenidae	Pomacentridae	
Cynoglossidae	Scaridae	
Dactylopteridae	Sciaenidae	
Diodontidae	Scombridae	
Engraulidae	Scorpaenidae	
Ephippidae	Serranidae	
Exocoetidae	Sparidae	
Gempylidae	Stromateidae	
Gerreidae	Synodontidae	
Haemulidae	Tetraodontidae	
Hemiramphidae	Trichiuridae	
Holocentridae	Triglidae	
Lutjanidae	Zoarcidae	

Para os casos em que foram encontrados mais de um artigo por espécie que atendia os critérios de seleção citados acima, foi calculado um índice de composição de dieta padronizada, proposto por Cortes (1999) e aplicado por Ebert e Bizzarro (2007). Este índice se baseia no tamanho relativo da amostragem e tem a finalidade de estabelecer a proporção de cada categoria alimentar na dieta das espécies, sendo calculado pela fórmula:

$$P_{jk} = \sum_{i=1}^n (P_{ij} * N_i) / \sum_{i=1}^n * \sum_{i=1}^n (P_{ij} * N_i);$$

Onde: P_{ij} é a proporção da categoria alimentar j obtida no artigo i para a espécie k , N_i é o número de estômagos da espécie k analisados que continham itens alimentares no artigo i , n é o número de artigos e m é o número total de categorias alimentares.

Deste modo, a soma de P_{jk} é igual a 1. A proporção de cada categoria alimentar (P_{ij}) para cada espécie k , foi obtida através do índice de importância relativa padronizado (IRI%) ou o índice alimentar (IAi%) (EBERT; BIZZARRO, 2007). Em três artigos selecionados, o valor de IRI% estava disponível apenas para grandes grupos de presas (e.g. peixes, moluscos, crustáceos). No entanto, visto que os dados necessários para o cálculo de IRI% para classes mais refinadas (e.g. famílias de peixes) estavam disponíveis, o índice foi calculado, de forma a padronizar o tipo de informação utilizada para as análises. Estes índices são calculados através das fórmulas:

$$IRI\% = (N\% + W\%) * (FO\%);$$

Onde: $N\%$ é a porcentagem do número (frequência relativa) de um determinado item alimentar, $W\%$ é a porcentagem da biomassa de um determinado item alimentar e $FO\%$ é a porcentagem de ocorrência do item alimentar nos estômagos analisados.

$$IAi\% = ((FOi\% * Wi\%) / \sum(FOt\% * Wt\%)) * 100);$$

Onde: $FOi\%$ é a porcentagem de ocorrência de um determinado item alimentar, $Wi\%$ é a porcentagem de biomassa de um determinado item alimentar, $FOt\%$ é a soma da ocorrência dos recursos alimentares encontrados e $Wt\%$ é a biomassa total dos recursos alimentares encontrados.

Na análise, foram desconsideradas presas consumidas com baixa frequência, possuindo contribuição numérica menor que 0,01%, de maneira a evitar ruídos de itens possivelmente consumidos acidentalmente. Da mesma forma, foram retirados da análise matéria orgânica não

identificada e materiais ingeridos ocasionalmente, como sedimentos, detritos e matéria vegetal.

3.2 Análise de dados

Para a análise dos dados, as categorias de presa foram separadas em três conjuntos analíticos, o primeiro chamado de GENERAL, que incluía as 10 espécies de tubarões e as 10 categorias gerais de presa da Tabela 1, o segundo chamado de DETAILED, que incluía as mesmas 10 espécies de tubarões, as categorias gerais anteriores e todas as famílias de peixes da Tabela 2 e o terceiro denominado FISH, que continha as cinco espécies de tubarões que possuíam contribuição maior do que 85% de peixes ósseos e cartilagosos em sua dieta que incluía as famílias de peixes ósseos e cartilagosos (Tabela 2), assim como peixes não identificados (ósseos – FISH; cartilagosos – CHON). Esta distinção de níveis foi feita de maneira a avaliar a influência do refinamento taxonômico na análise do padrão de uso dos recursos alimentares e da sobreposição trófica entre as espécies selecionadas.

A sobreposição de nicho trófico entre as espécies foi avaliada através de análise de redes complexas, proposta por Araújo et al. (2008). Para isso, uma rede unipartida foi gerada, tendo os nós representando as espécies, que podem ser interligados entre si por arestas que representam a sobreposição de dieta entre duas espécies. Sendo assim, nós interligados por arestas retratam espécies consumidoras de recursos alimentares em comum. A matriz adjacente desta rede é quadrada, tendo as espécies como linhas e colunas, sendo que os valores integrantes da matriz representam a sobreposição de dieta entre a espécie da linha x com a espécie da coluna y . Estes valores da sobreposição de nicho trófico entre espécies foram calculados utilizando o índice W_{ij} :

$$W_{ij} = 1 - 0.5 \sum_{k=1}^k |P_{ik} - P_{jk}|;$$

Onde: P_{ik} é a frequência da categoria de presa k na dieta da espécie i , P_{jk} é a frequência da categoria de presa k na dieta da espécie j .

Esta fórmula foi adaptada de Schoener (1968) por Araújo et al. (2008). O índice W_{ij} apresenta valores que variam de 0, nenhuma sobreposição, a 1, total sobreposição. Desta forma, na rede unipartida, espécies com maior grau de sobreposição de nicho trófico serão conectadas por arestas mais espessas que aquelas com menor grau de sobreposição. Os cálculos dos valores de W_{ij} foram realizados no programa DIETA1 (ARAÚJO et al., 2008).

A presença de especialização de dieta da comunidade de tubarões costeiros foi testada utilizando o índice E (ARAÚJO et al., 2008). Este índice baseia-se na teoria de redes e quantifica a densidade média de conexões entre as espécies da rede unipartida, sendo calculado pela equação:

$$E = 1 - \bar{O};$$

Onde: \bar{O} é a densidade média de conexões da rede, calculada pela fórmula:

$$\bar{O} = (\sum Wij) / \left(\frac{n(n-1)}{2}\right);$$

Onde: $\sum Wij$ é a soma do grau de sobreposição de dieta entre todas as espécies e $(n(n-1)/2)$ é o número total possível de arestas de uma rede com n espécies.

O índice E apresenta valores que variam de 0, espécies que apresentam dietas iguais, e 1, espécies que apresentam variação completa na sua dieta (ARAÚJO et al., 2008). A significância do valor de E encontrado para a comunidade foi realizado aplicando-se o procedimento de reamostragem *bootstrap*, com 10.000 iterações. A hipótese nula pôde ser rejeitada quando o valor de E observado (E_{obs}) foi maior que 95% dos valores de E gerados por reamostragem (E_{boot}). O cálculo e teste de significância do índice E foi realizado no programa R (R CORE TEAM, 2017), com auxílio do pacote RInSp (ZACCARELLI; MANCINELLI; BOLNICK, 2013).

O padrão de uso de recursos alimentares pelas espécies foi avaliado a partir da construção de uma matriz consumidor-recurso para cada um dos conjuntos analíticos (GENERAL, DETAILED e FISH), na qual as linhas da matriz correspondem às espécies e as colunas às categorias de presas. A partir dessa matriz foram construídas redes bipartidas que compreenderam dois conjuntos de elementos distintos, um correspondente às espécies e o outro às categorias alimentares. Assim, os diferentes elementos podem ser interligados por arestas de diferentes espessuras, que representam a proporção de consumo da categoria alimentar x pela espécie y . O padrão de compartilhamento de recursos foi então avaliado a partir do cálculo dos índices de aninhamento e modularidade das redes de cada conjunto analítico.

Para quantificar o grau de aninhamento foi calculado o índice $NODF$, que utiliza apenas dados de presença e ausência das presas para cada espécie (ALMEIDA-NETO et al., 2008). Os valores de $NODF$, podem variar de 0 (sem aninhamento) a 100 (totalmente aninhado). Para calcular o valor da modularidade foi utilizado o índice Q_B proposto por Barber (2007),

aplicando o algoritmo *simulated annealing* (GUIMERA; AMARAL, 2005), de forma a maximizar o valor de Q . Q_b foi calculado pela fórmula.

$$Q_b = \sum_{i=1}^{NM} \left[\frac{E_i}{E} - (Ki^C * \frac{Ki^R}{E^2}) \right];$$

Onde: Nm é o número de módulos, E_i é o número de arestas no módulo i , E é o número total de arestas na rede, Ki^C é o número total de arestas das espécies dentro do módulo i que pertencem à classe C (consumidores) e Ki^R é o número total de ligações das espécies dentro do módulo i que pertencem à classe R (recursos).

A significância dos valores de $NODF$ e Q foi testada utilizando um modelo nulo probabilístico que substitui a presença de consumo de categorias alimentares por tubarões costeiros nas redes bipartidas, utilizando a soma das linhas (número de categorias alimentares consumidas por uma espécie) e das colunas (número de espécies que consumiram determinada categoria alimentar) (modelo nulo 2; BASCOMPTE et al., 2003). Foram feitas 1000 replicações para cada métrica, gerando os valores teóricos de $NODF$ e Q , que puderam rejeitar a hipótese nula (valores observados não diferem do gerado ao acaso) quando os valores observados dos índices estiveram fora do intervalo de confiança de 95% dos valores nulos teóricos.

Os cálculos e os testes de significância de $NODF$ foram realizados no programa R (R CORE TEAM, 2017), com auxílio dos pacotes *vegan* (OKSANEN et al., 2015) e *igraph* (CSARDI; NEPUSZ, 2006). Já os cálculos e testes de significância de Q foram realizados no programa MODULAR (MARQUITTI et al., 2014). As matrizes bipartidas de espécie-recursos alimentares foram construídas no Programa R (R CORE TEAM, 2017) com auxílio do pacote *bipartite* (DORMANN et al., 2008) e as redes bipartidas de interação espécies-recursos alimentares, criadas a partir de matrizes quantitativas, e a unipartida de interação entre as espécies foram desenhadas no programa PAJEK 28 (<http://vlado.fmf.uni-lj.si/pub/networks/pajek/>).

4 RESULTADOS

Foram encontrados registros de ocorrência de 41 espécies de tubarões costeiros na região sul do Brasil (Apêndice 1). Porém, apenas para 10 espécies existiam publicações nessa região da América do Sul que atingiam dados com o grau de detalhamento de dieta suficiente para

serem incluídas nas análises (Tabela 3). O índice de composição de dieta padronizada para cada espécie foi calculado com base na análise de 11 artigos, uma tese e uma monografia (Apêndice 2).

Tabela 3. Lista de espécies com dieta analisada em ordem alfabética. N = número de artigos analisados; Ne = somatória dos estômagos com conteúdo estomacal observado nos artigos; IRI% = índice de importância relativa padronizado; IAi% = índice alimentar. Números entre parênteses indicam a referência dos artigos analisados (Apêndice 2).

Espécie	N	Ne	Dados	Local do estudo
<i>Carcharinus brachyurus</i>	1	149	IRI% (2)	Patagonia, Argentina
<i>Carcharinus limbatus</i>	3	119	IRI% (1, 3, 4)	Paraná, Brasil; Caraíbas, Venezuela; Equador.
<i>Carcharinus obscurus</i>	1	36	IRI% (1)	Paraná, Brasil.
<i>Galeocerdo cuvier</i>	1	22	IRI% (1)	Paraná, Brasil.
<i>Mustelus schmitti</i>	2	937	IRI% (6, 7) IRI% (1, 8) IAi%	Patagonia e Rio da Prata, Argentina.
<i>Rhizoprionodon lalandii</i>	3	261	(13)	Paraná e Rio de Janeiro, Brasil.
<i>Rhizoprionodon porosus</i>	2	224	IRI% (5, 9)	Maranhão e Paraíba, Brasil.
<i>Sphyrna lewini</i>	2	205	IRI% (1, 10)	Paraná, Brasil; Equador.
<i>Sphyrna zygaena</i>	3	550	IRI% (1, 10, 11)	Paraná, Brasil; Equador;
<i>Squalus acanthias</i>	1	132	IRI% (12)	Patagonia, Argentina.

A média de sobreposição de nicho trófico entre as espécies de tubarões costeiros ocorrentes no sul do Brasil, apresentou valores intermediários no conjunto GENERAL (Figura 1a; Tabela 4) e FISH (Figura 1c; Tabela 4) e baixo no conjunto DETAILED (Figura 1b; Tabela 4). Já considerando a densidade média (E) de conexões das redes, GENERAL (Figura 1a; Tabela 4) e FISH (Figura 1c; Tabela 4) tiveram os valores empíricos mais altos quando comparados aos valores de DETAILED (Figura 1b; Tabela 4), entretanto nenhum dos valores de E observado foram significativos.

Tabela 4. Resultados dos testes da média de sobreposição de nicho trófico e da densidade média das conexões para cada conjunto de presas.

Conjuntos	Média \pm DP $\overline{W_{ij}}$	$E_{\text{observado}}$	E_{boot}	p
GENERAL	0,435 \pm 0,281	0.687	0.742	0.989
DETAILED	0.223 \pm 0.197	0.482	0.629	0.996
FISH	0,401 \pm 0,153	0.652	0.697	0.868

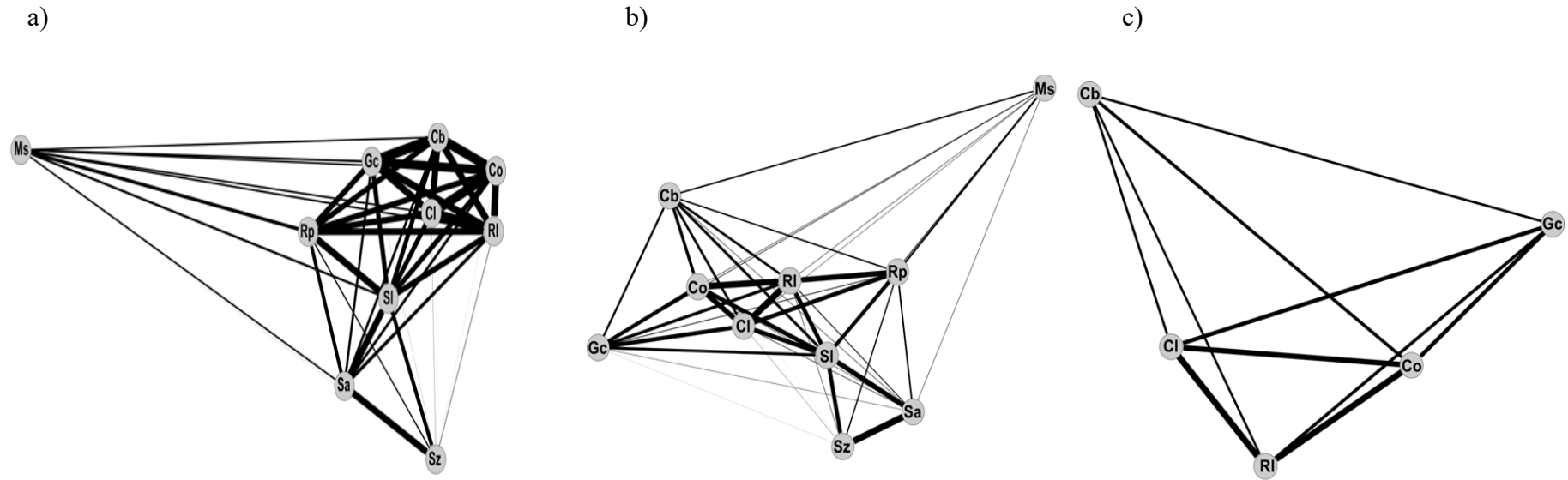


Figura 1. Representação gráfica da rede de interação quantitativa de sobreposição de nicho trófico entre espécies de tubarões costeiros do sul do Brasil. Os nós representam as espécies de tubarões costeiros e a espessura das arestas representa o grau de sobreposição de nicho trófico entre as espécies. a) considerando o conjunto analítico GENERAL. b) considerando o conjunto analítico DETAILED. c) considerando o conjunto analítico FISH. Cb: *Carcharhinus brachyurus*; Cl: *Carcharhinus limbatus*; Co: *Carcharhinus obscurus*; Gc: *Galeocerdo cuvier*; Ms: *Mustelus schmitti*; Rl: *Rhizoprionodon lalandii*; Rp: *Rhizoprionodon porosus*; Sl: *Sphyrna lewini*; Sz: *Sphyrna zygaena*; Sa: *Squalus acanthias*. CHON: peixes cartilagosos (tubarões, raias e quimeras); FISH: peixes teleósteos.

O aninhamento das colunas da rede bipartida de dados qualitativos de GENERAL apresentou um valor alto e dentro do esperado ao acaso (Figura 2A e 5; Tabela 5), diferente dos valores de aninhamento das redes DETAILED (Figura 4A e 7) e FISH (Figura 6A e 9) que apresentaram valores intermediários e maiores do que o esperado ao acaso (Tabela 5). Já a modularidade das redes bipartidas dos três conjuntos analíticos apresentou um valor baixo e não significativo (Figura 2B, 4B, 6B; Tabela 5).

Tabela 5. Índices de aninhamento ($NODF$) e modularidade (Q) calculados para as redes de espécies-recursos de cada um dos conjuntos analíticos de espécies de tubarões costeiros presentes no Sul do Brasil.

Conjuntos	Aninhamento		Modularidade	
	$NODF$	Intervalo de confiança de $NODF$	Q	Intervalo de confiança de Q
GENERAL	67,777	40,833 - 69,033	0,222	0,192 - 0,306
DETAILED	45,465*	28,297 - 38,583	0,336	0,283 - 0,359
FISH	50,831*	20,807 - 36,128	0,368	0,282 - 0,399

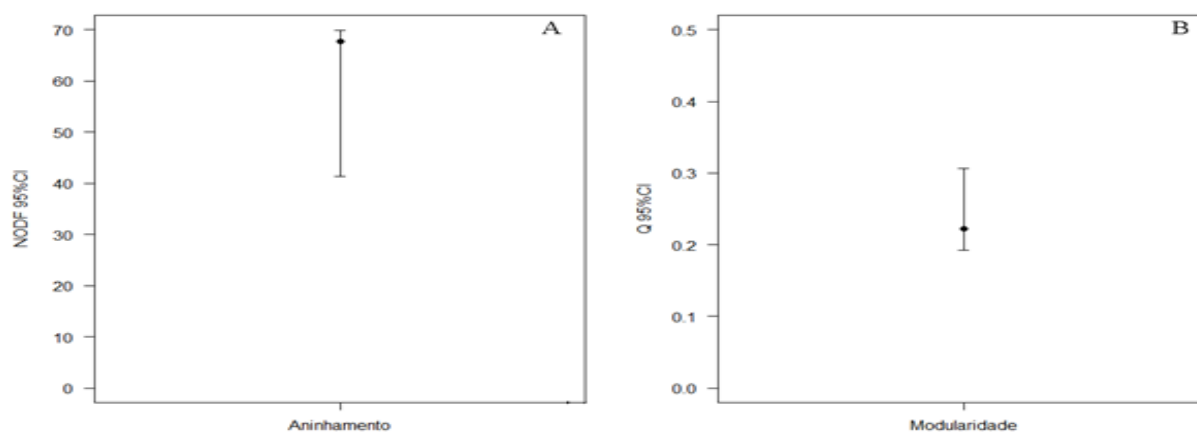


Figura 2. A) Aninhamento ($NODF$) da rede bipartida de dados de presença-ausência de consumo do conjunto analítico GENERAL pelas espécies. B) Modularidade (Q_B) da rede bipartida de consumidor-recurso. Ambos os gráficos com o intervalo da reta representando a distribuição teórica gerada pelo modelo nulo e o ponto representando o valor empírico de cada métrica.

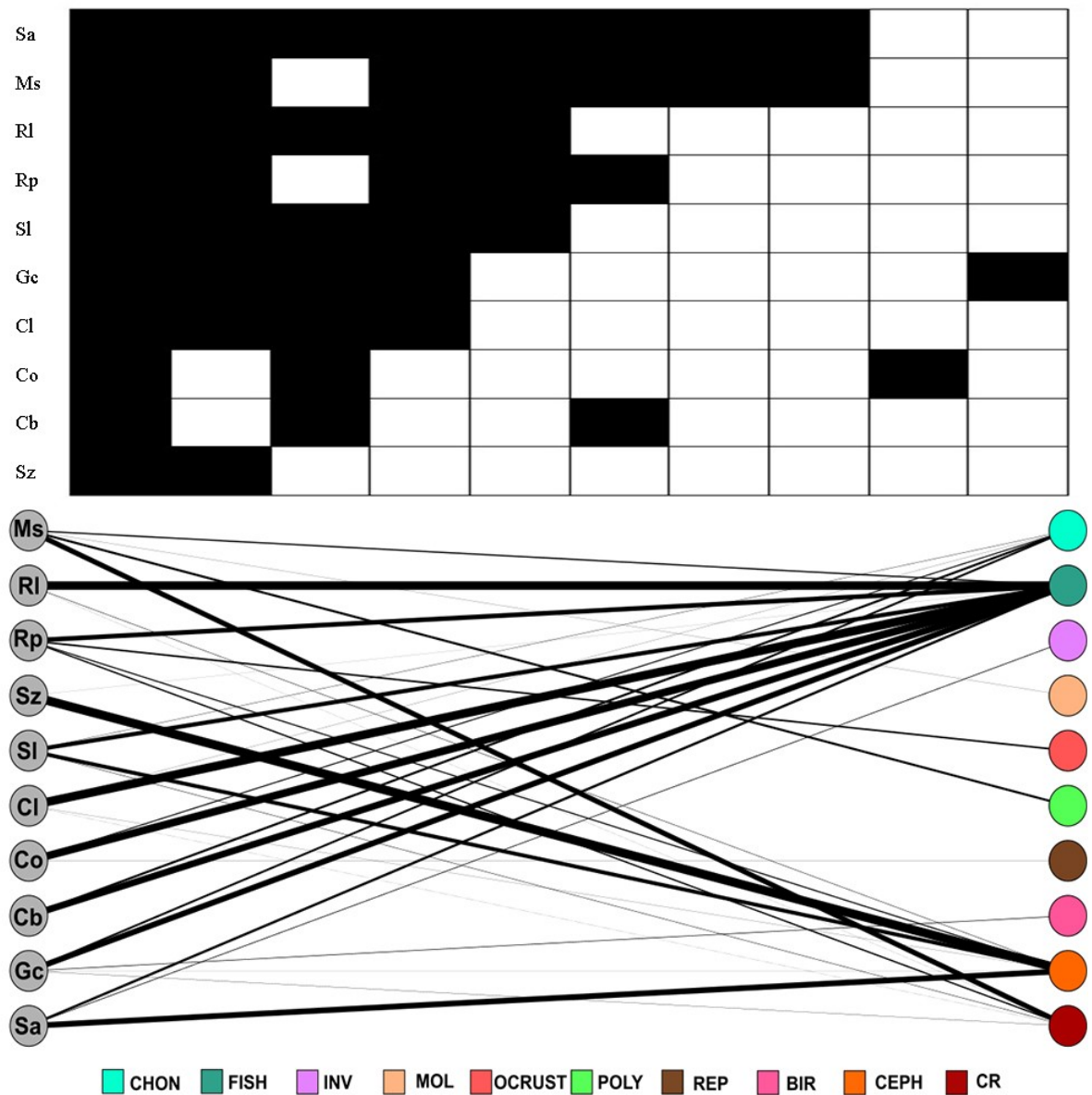


Figura 3. Matriz qualitativa e rede bipartida quantitativa do conjunto analítico GENERAL em representação gráfica. Na matriz, as linhas representam as espécies e as colunas representam as categorias alimentares, células pretas indicam o consumo das categorias alimentares pela espécie. Na rede, os círculos da esquerda representam as espécies e os círculos da direita representam as categorias gerais de alimentação, as arestas que interligam os círculos indicam o consumo de determinada categoria alimentar por uma espécie e sua espessura indica o grau de proporção de consumo dessa categoria. Cb: *Carcharhinus brachyurus*; Cl: *Carcharhinus limbatus*; Co: *Carcharhinus obscurus*; Gc: *Galeocerdo cuvier*; Ms: *Mustelus schmitti*; Rl: *Rhizoprionodon lalandii*; Rp: *Rhizoprionodon porosus*; Sl: *Sphyrna lewini*; Sz: *Sphyrna zygaena*; Sa: *Squalus acanthias*. CHON: peixes cartilagosos (tubarões, raias e quimeras); FISH: peixes teleósteos; INV: demais invertebrados; MOL: moluscos (exceto cefalópodes) e moluscos não identificados; OCRUST: outros crustáceos (não decápodos) e crustáceos não identificados; POLY: poliquetas e demais vermes marinhos; REP: répteis marinhos; BIR: aves marinhas; CEPH: cefalópodes; CR: crustáceos decápodos.

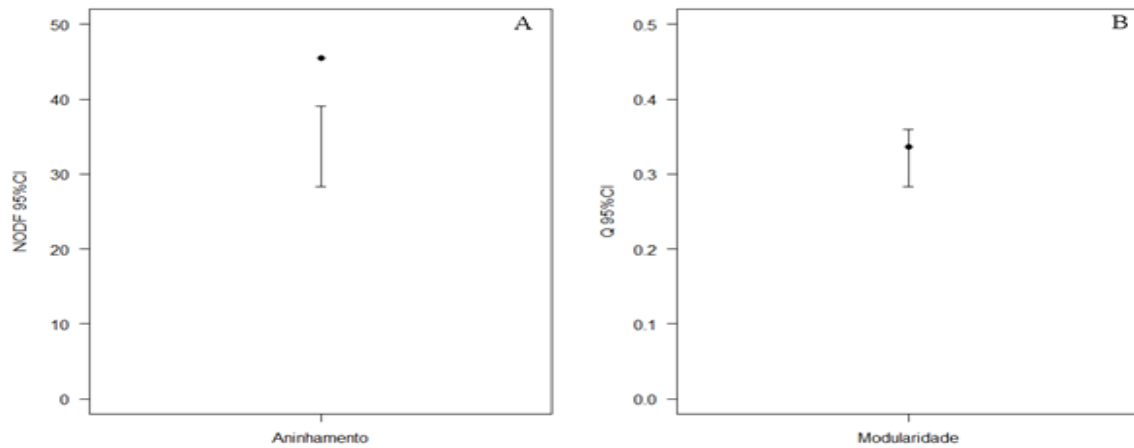


Figura 4. A) Aninhamento ($NODF$) da rede bipartida de dados de presença-ausência de consumo do conjunto analítico DETAILED pelas espécies. B) Modularidade (Q_B) da rede bipartida de consumidor-recurso. Ambos os gráficos com o intervalo da reta representando a distribuição teórica gerada pelo modelo nulo e o ponto representando o valor empírico de cada métrica.

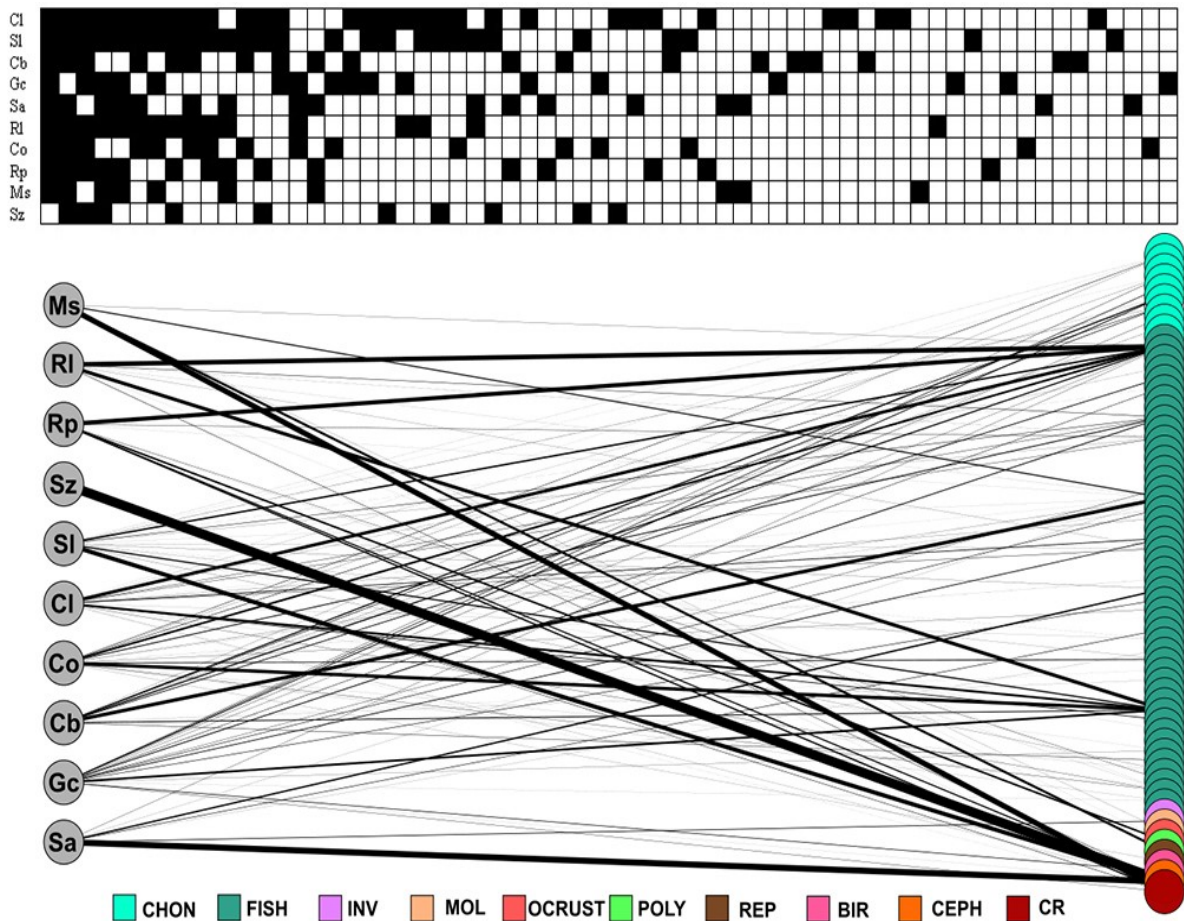


Figura 5. Matriz qualitativa e rede bipartida quantitativa do conjunto analítico DETAILED em representação gráfica. Na matriz, as linhas representam as espécies e as colunas representam as categorias alimentares, células pretas indicam o consumo das categorias alimentares pela espécie. Na rede, os círculos da esquerda representam as espécies e os círculos da direita representam todas as categorias alimentares, as arestas que interligam os círculos indicam o consumo de determinada categoria alimentar por uma espécie e sua espessura indica o grau de proporção de consumo dessa categoria. Cb: *Carcharhinus brachyurus*; Cl: *Carcharhinus limbatus*; Co: *Carcharhinus obscurus*; Gc: *Galeocerdo cuvier*; Ms: *Mustelus schmitti*; Rl: *Rhizoprionodon lalandii*; Rp: *Rhizoprionodon porosus*; Sl: *Sphyrna lewini*; Sz: *Sphyrna zygaena*; Sa: *Squalus acanthias*. CHON: peixes cartilagosos (tubarões, raias e quimeras); FISH: peixes teleósteos; INV: demais invertebrados; MOL: moluscos (exceto cefalópodes) e moluscos não identificados; OCRUST: outros crustáceos (não decápodos) e crustáceos não identificados; POLY: poliquetas e demais vermes marinhos; REP: répteis marinhos; BIR: aves marinhas; CEPH: cefalópodes; CR: crustáceos decápodos.

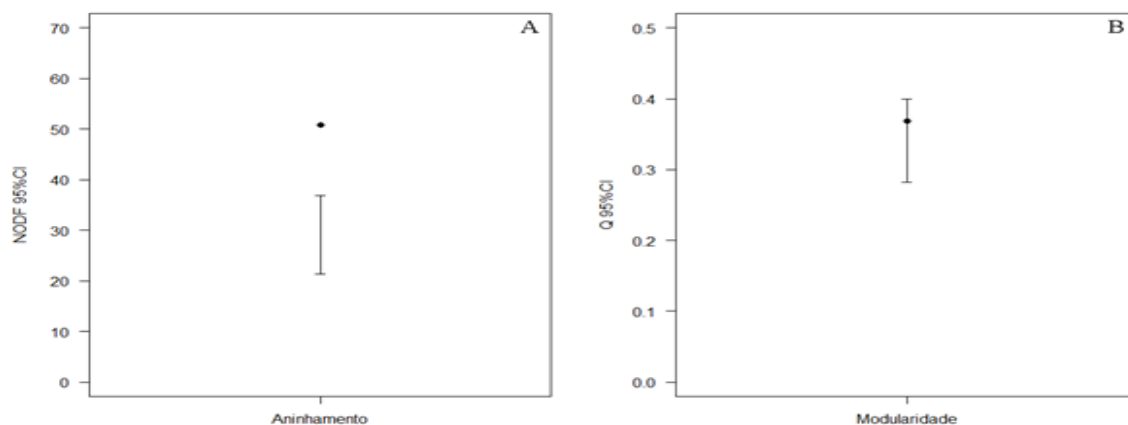


Figura 6. A) Aninhamento ($NODF$) da rede bipartida de dados de presença-ausência de consumo do conjunto analítico FISH pelas espécies que possuíam ao menos 85% da sua dieta baseada em CHON E FISH. B) Modularidade (Q_B) da rede bipartida de consumidor-recurso. Ambos os gráficos com o intervalo da reta representando a distribuição teórica gerada pelo modelo nulo e o ponto representando o valor empírico de cada métrica.

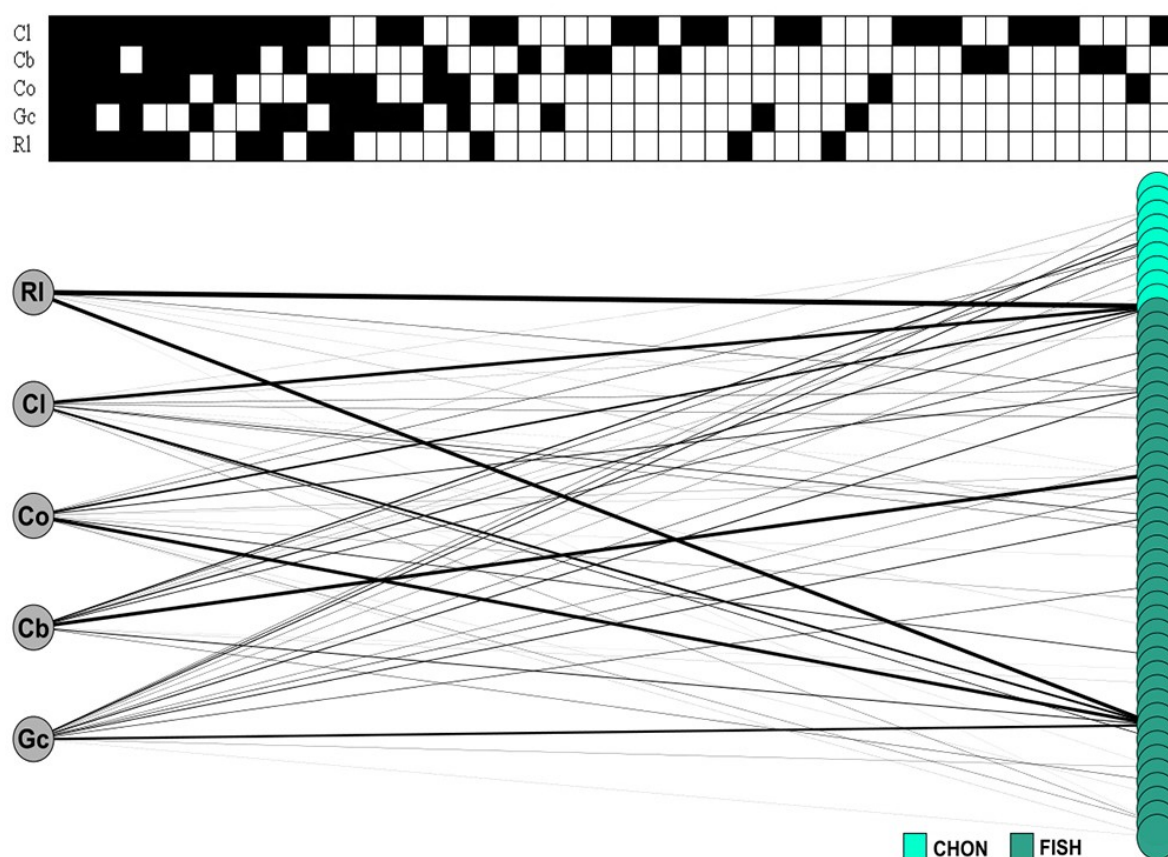


Figura 7. Matriz qualitativa e rede bipartida quantitativa do conjunto analítico FISH. Na matriz, as linhas representam as espécies e as colunas representam as categorias alimentares, células pretas indicam o consumo das categorias alimentares pela espécie. Na rede, os círculos da esquerda representam as espécies e os círculos da direita representam todas as categorias alimentares, as arestas que interligam os círculos indicam o consumo de determinada categoria alimentar por uma espécie e sua espessura indica o grau de proporção de consumo dessa categoria. RI: *Rhizoprionodon lalandii*; Cl: *Carcharhinus limbatus*; Co: *Carcharhinus obscurus*; Cb: *Carcharhinus brachyurus*; Gc: *Galeocerdo cuvier*. CHON: peixes cartilagosos (tubarões, raias e quimeras); FISH: peixes teleósteos.

5 DISCUSSÃO

No presente estudo, pudemos verificar uma maior sobreposição de nicho trófico de tubarões costeiros do sul do Brasil no conjunto analítico GENERAL, seguido pelo conjunto FISH e com menor sobreposição no conjunto DETAILED. Resultados semelhantes foram encontrados por Hayata et al. (2021), apontando uma alta sobreposição de nicho trófico entre elasmobrânquios quando táxons de presas foram agrupadas em categorias mais abrangentes. Porém, a carência de trabalhos que envolvam muitas espécies de tubarões e diferentes níveis de detalhamento de categorias alimentares, dificultam a comparação dos resultados. Adicionalmente, verificamos que as dietas das espécies apresentaram baixa modularidade nos três conjuntos analíticos, sugerindo a não formação de grupos de espécies que se alimentam dos mesmos recursos alimentares, os quais possuem pouca sobreposição de nicho com outros grupos de espécies (ARAÚJO et al., 2008). No entanto, foi verificado um alto grau de aninhamento no conjunto GENERAL, e um grau moderado e estatisticamente significativos nos conjuntos DETAILED e FISH, indicando assim, que grupos de espécies especialistas consumiam um subconjunto da composição das presas de espécies mais generalistas. Este padrão também foi observado em outros estudos envolvendo a dieta de tubarões (e.g. ABRANTES; BARNETT, 2011; HAYATA; BORNATOWSKI; FREITAS, 2021; MATICH; HEITHAUS; LAYMAN, 2011).

O grau de sobreposição de nicho trófico entre tubarões pode estar ligado a inúmeros fatores (e.g. habitat, diferenças morfológicas), quando analisamos os valores de sobreposição de nicho alimentar W_{ij} (Tabela 4) e as suas redes (Figura 1), encontramos maiores valores e arestas mais espessas no conjunto analítico GENERAL (Figura 1a). Resultado este que pode ser explicado pelo agrupamento de táxons de presas em categorias alimentares mais abrangentes, desconsiderando assim particularidades destas presas, como por exemplo: tamanho, diferentes habitats, hábitos diurnos ou noturnos. Sendo assim, analisando os valores do conjunto DETAILED (Tabela 4; Figura 1b), nossos resultados demonstraram uma baixa sobreposição de nicho trófico e arestas mais finas interligando as espécies de tubarões. Evidenciando que um maior detalhamento nas categorias de presa pode revelar diferenças na utilização de recursos por predadores. Complementarmente, quando analisamos os valores de sobreposição para o conjunto FISH (Tabela 4; Figura 1c), temos valores mais próximos ao conjunto GENERAL, se comparado ao conjunto DETAILED, apesar deste também ser considerado um conjunto analítico mais detalhado. Estes valores podem estar ligados ao fato de que foram selecionados neste grupo, apenas as cinco espécies de tubarões costeiros que tiveram contribuição alimentar

maior que 85% de peixes ósseos e cartilagosos. Assim, sabendo que características morfológicas e comportamentais são fatores que determinam a partição de recursos (YICK; TRACEY; WHITE, 2011) e que tubarões possuem grande variação quanto as características morfológicas da cabeça, onde há uma grande concentração de órgãos sensoriais (e.g. diferenças no comprimento e largura oronasal), a capacidade de detecção de presas pode variar (BARBINI; SABADIN; LUCIFORA, 2018). Com isto, este agrupamento selecionou espécies com padrões morfológicos ou comportamentais semelhantes, as cinco espécies do grupo pertencem à família Carcharhinidae, mantendo assim um valor maior de sobreposição em relação ao conjunto DETAILED, que possuíam tubarões de outras famílias e ordens.

Em relação aos padrões de uso de recursos, os valores da modularidade nas dietas foram baixos. Indicando ausência de grupos de espécies de tubarões que compartilham recursos alimentares entre si e diferem dos demais grupos (ARAÚJO et al., 2008). Isto também pôde ser observado através do padrão de uso de recurso não modular nas redes unipartida de sobreposição de nicho trófico e nas redes bipartidas de consumo das categorias alimentares (Figura 1a; 1b; 1c; 3; 5; 7). Através do cálculo da métrica *NODF*, os valores de aninhamento para os conjuntos analíticos estudados variaram de alto e não significativo (GENERAL) (Tabela 5; Figura 2a) a moderado e significativo (DETAILED e FISH) (Tabela 5; Figura 4a; 6a). Demonstrando que espécies de tubarões costeiros mais especialistas consumiram um subconjunto dos recursos alimentares usufruídos por espécies mais generalistas. O padrão aninhado pôde ser observado nas matrizes bipartidas de consumo de presas (Figura 3; 5; 7) e já foi previamente relatado em estudos de dieta de tubarões (e.g. ABRANTES; BARNETT; 2011; MATICH; HEITHAUS; LAYMAN, 2011), sugerindo que este padrão é comumente encontrado em interações antagônicas (e.g. predador-presa) (KONDOH; KATO; SAKATO, 2010).

Ainda de acordo com Kondoh, Kato e Sakato (2010), o aninhamento pode ser precedido por mecanismos baseados na Teoria do Forrageamento Ótimo (MACARTHUR; PIANKA, 1966) e na existência de uma hierarquia entre espécies da teia trófica definida por meio de características biológicas, que acabam por estabelecer funções de predador e presa (COHEN; BRIAND; NEWMAN, 1990). A Teoria de Forrageamento Ótimo (TFO) pressupõe que predadores tendem a escolher métodos de forrageamento e selecionar presas visando um maior superávit energético (i.e. taxa energética de ingestão da presa menos os gastos energéticos para caça e digestão) (MACARTHUR; PIANKA, 1966). Assim, se espécies possuírem uma grande

necessidade energética (e.g. tamanho corporal), estas tendem a se especializar e consumir itens com grandes valores energéticos, enquanto espécies com menor demanda de energia utilizariam uma maior diversidade de recursos, apresentando uma dieta mais generalista, contribuindo assim para o surgimento de uma estrutura aninhada (KONDOH; KATO; SAKATO, 2010).

Sabendo que tubarões possuem diversos métodos de forrageio (e.g. emboscada, necrofagia, perseguição ativa e filtração) e consomem uma grande quantidade de presas (e.g. teleósteos, crustáceos, moluscos, répteis e aves) (GARLA et al, 2017; MOTTA, 2004; WETHERBEE; CORTÉS, 2004). Foram observadas neste estudo evidências que indicam a utilização de métodos de forrageio e captura de presas que tendem a maximizar o ganho energético, seguindo as predições da TFO (HEITHAUS, 2004). Hussey et al (2012) observaram uma diminuição no número de ataques a focas quando existiam carcaças de baleias disponíveis, reduzindo assim o gasto energético necessário para captura da presa. Desta forma, a seleção de itens alimentares por espécies de tubarões da comunidade pode contribuir para formar um padrão aninhado no uso de recursos (HAYATA; BORNATOWSKI; FREITAS, 2021).

O padrão aninhado também pode ser encontrado quando há uma hierarquia nas características biológicas entre as espécies constituintes da cadeia trófica (KONDOH; KATO; SAKATO, 2010). O tamanho corporal novamente surge como um importante atributo na estruturação das teias tróficas. Segundo Nordstrom et al. (2015), conforme o tamanho corporal do predador aumenta, este torna-se mais generalista, alimentando-se com uma alta gama de recursos. Em contraponto, segundo esses autores, predadores menores apresentam dietas mais especializadas. No presente estudo, porém, foram encontrados diversos resultados contrastantes, quando analisamos o conjunto GENERAL (Figura 3), podemos observar que tubarões maiores (e.g. *Sphyrna zygaena*) consumiram uma pequena gama de presas (dieta especialista), enquanto espécies menores (e.g. *Mustelus schmitti* e *Squalus acanthias*) diversificaram bastante sua alimentação (dieta generalista). Entretanto, quando níveis maiores de detalhamento de dieta foram analisados DETAILED (Figura 5), esta classificação mudou consideravelmente para a maioria dos casos. A espécie *Mustelus schmitti* que apresentou uma dieta altamente generalista no conjunto GENERAL, exibiu uma dieta especialista no conjunto DETAILED, isto ocorreu devido a uma baixa diversidade de famílias de peixes predadas. Porém quando analisamos exclusivamente a espécie *S. zygaena* esta alteração não foi observada. Isso sugere que não somente o tamanho do corpo de um predador pode alterar sua dieta, mas também características de predação, diferenças morfológicas (neste caso o formato

da cabeça da espécie), disponibilidade de recursos locais (BORNATOWSKI et al., 2014; HEITHAUS, 2004; MARTINHO et al., 2012), padrão temporal e espacial do uso destes locais (KUBODERA; WATANABE; ICHII, 2007; MARTINHO et al., 2012; PAPASTAMATIOU et al., 2006), indicando assim a importância destas informações para um maior entendimento dos padrões de uso e compartilhamento de recursos em diferentes comunidades.

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O presente estudo revelou que tubarões costeiros coocorrentes no sul do Brasil apresentam padrões de dieta formando uma estruturação aninhada, ou seja, espécies mais especializadas consomem um subconjunto das presas consumidas por espécies mais generalistas. Pudemos observar também diferenças nas análises de sobreposição de nicho trófico entre estas espécies quando consideradas categorias alimentares abrangentes, em relação a categorias alimentares mais detalhadas. No entanto, este trabalho apresenta limitações devido ao número reduzido de espécies e da falta de informações detalhadas dos espécimes, além da obtenção de dados em toda a América do Sul. Por fim, este trabalho evidencia o baixo número de estudos mais abrangentes sobre a ecologia alimentar destas espécies, ainda que majoritariamente elas apresentem algum grau de ameaça de extinção. Dessa forma, torna-se clara a necessidade e a importância da realização de estudos com mais espécies e com um maior aprofundamento sobre a ecologia trófica, principalmente em nível regional, para aumentar o entendimento dos padrões de uso e compartilhamento de recursos por estas comunidades. E assim, auxiliar em medidas de manejo e conservação, através da disponibilização de informações referentes a seleção de presa, partição de recursos e competição.

7 REFERÊNCIAS

- ABRANTES, K.; BARNETT, A. Intrapopulation variations in diet and habitat use in a marine apex predator, the broadnose sevengill shark *Notorynchus cepedianus*. **Marine Ecology Progress Series**, v. 442, p. 133–148, 5 dez. 2011.
- ALMEIDA-NETO, M.; GUIMARÃES, P.; GUIMARÃES-JÚNIOR, P. R.; LOYOLA, R. D.; ULRICH, W. A consistent metric for nestedness analysis in ecological systems: reconciling concept and measurement. **Oikos**, Copenhagen, v. 117, p. 1227-1239, 2008.
- ARAÚJO, M. S. et al. Network Analysis Reveals Contrasting Effects of Intraspecific Competition on Individual Vs. Population Diets. **Ecology**, v. 89, n. 7, p. 1981–1993, 2008.
- BADE, L. M. et al. A genetic technique to identify the diet of cownose rays, *Rhinoptera bonasus*: analysis of shellfish prey items from North Carolina and Virginia. **Environmental Biology of Fishes**, v. 97, n. 9, p. 999–1012, 1 set. 2014.
- BARBER, M. J. Modularity and community detection in bipartite networks. **Physical Review E**, v. 76, n. 6, 2007.
- 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 and Fisheries**, v. 28, n. 3, p. 625–636, 1 set. 2018.
- BASCOMPTE, J.; JORDANO, P.; MELIÁN, C. J.; OLESEN, J. M. The nested assembly of plant-animal mutualistic networks. **Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America**, v. 100, p. 9383-9387, 2003.
- BORNATOWSKI, H. Ecologia trófica e reprodução do cação-frango *Rhizoprionodon lalandii* (Elasmobranchii, Carcharhinidae), capturado no Sul do Brasil. 2010.
- BORNATOWSKI, H.; ABILHOA, V. **Tubarões e raias capturados pela pesca artesanal no Paraná: guia de identificação**. Curitiba: Hori ConsultoriaAmbiental, 1 ed., 2012.
- BORNATOWSKI, H.; BRAGA, R. R.; ABILHOA, V.; CORRÊA, M. F. M. Feeding ecology and trophic comparisons of six shark species in a coastal ecosystem off southern Brazil. **Journal of Fish Biology**, v. 85, p. 246-263, 2014.
- BORNATOWSKI, H. et al. Ecological role and historical trends of large pelagic predators in a subtropical marine ecosystem of the South Atlantic. **Reviews in Fish Biology and Fisheries**, v. 28, n. 1, p. 241–259, 1 mar. 2018.
- BRAGA, R. R.; BORNATOWSKI, H.; VITULE, J. R. S. Feeding ecology of fishes: an overview of worldwide publications. **Reviews in Fish Biology and Fisheries**, v. 22, n. 4, p. 915–929, 1 dez. 2012.

Brasil. Ministério do Meio Ambiente (2014) Lista Nacional Oficial de Espécies da Fauna Ameaçadas de Extinção - Peixes e Invertebrados Aquáticos. Portaria MMA n. 445, de 17 de dezembro de 2014

CAMHI, M. **Sharks and Their Relatives: Ecology and Conservation**. IUCN, 1998.

CARLISLE, A. B. et al. Using Stable Isotope Analysis to Understand the Migration and Trophic Ecology of Northeastern Pacific White Sharks (*Carcharodon carcharias*). **PLOS ONE**, v. 7, n. 2, p. e30492, 15 fev. 2012.

COHEN, J. E.; BRIAND, F.; NEWMAN, C. M. *Community food webs: data and theory*. Springer-Verlag, Berlin, Germany, 1990.

COMPAGNO, L. J. V. **Sharks of the World: An Annotated and Illustrated Catalogue of Shark Species Known to Date**. Rome: Food & Agriculture Org., 2001. v. 2

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, n. 3, p. 726–738, 1 mar. 1997.

CORTÉS, E. Standardized diet compositions and trophic levels of sharks. **ICES Journal of Marine Science**, v. 56, p. 707 – 717, 1999.

COUTURIER, L. I. E. et al. Stable Isotope and Signature Fatty Acid Analyses Suggest Reef Manta Rays Feed on Demersal Zooplankton. **PLOS ONE**, v. 8, n. 10, p. e77152, 22

CSARDI, G.; NEPUSZ, T. The igraph software package for complex network research. **InterJournal**, v. Complex Systems, p. 1695, 2006.out. 2013.

DORMANN, C. F.; GRUBER, B; FRUEND, J. Introducing the bipartite Package: analyzing ecological networks. **R news**, v. 8, n. 2, 8- 11, 2008.

DULVY, N. K. et al. Extinction risk and conservation of the world's sharks and rays. **eLife**, v. 3, p. e00590, 21 jan. 2014.

EBERT, D. A.; BIZZARRO, J. J. Standardized diet compositions and trophic levels of skates (*Chondrichthyes: Rajiformes: Rajoidei*). **Environmental Biology of Fishes**, v. 80, n. 2–3, p. 221–237, 1 out. 2007.

ESPINOZA, M. et al. Feeding ecology of common demersal elasmobranch species in the Pacific coast of Costa Rica inferred from stable isotope and stomach content analyses. **Journal of Experimental Marine Biology and Ecology**, v. 470, p. 12–25, 1 set. 2015.

FERRETTI, F. et al. Patterns and ecosystem consequences of shark declines in the ocean. **Ecology Letters**, v. 13, n. 8, p. 1055–1071, 1 ago. 2010.

FISK, A. T. et al. Using Anthropogenic Contaminants and Stable Isotopes to Assess the Feeding Ecology of Greenland Sharks. **Ecology**, v. 83, n. 8, p. 2162–2172, 2002.

FROESE, R.; PAULY, D. Editors. FishBase: worldwide web electronic publication. 2020 Disponível em: <https://fishbase.org/>

GADIG, O. B. F. **TUBARÕES DA COSTA BRASILEIRA**. Doutorado em Ciências Biológicas, Área de Concentração: Zoologia—Rio Claro: Universidade Estadual Paulista —Júlio de Mesquita Filho, 2001.

GARLA, R. C.; GADIG, O. B. F.; GARCIA JR, J.; VERAS, L. B.; GARRONE-NETO, D. Hunting tactics of the lemon shark, *Negaprion brevirostris*, in shallow waters of an oceanic insular area in western equatorial Atlantic. **Neotropical Ichthyology**, v. 15, n. 1, 2017.

GOMES, U. L.; SIGNORI, C. N.; GADIG, O. B. F.; SANTOS, H. R. S. **Guia para identificação de tubarões e raias do Rio de Janeiro**. Rio de Janeiro: Technical Books Editora, 1 ed., 2010

GUIMERA, R.; AMARAL, L. A. N. Cartography of complex networks: modules and universal roles. **Journal of Statistical Mechanics: Theory and Experiment**, v. 2005, n. 02, p. P02001, fev. 2005.

HAYATA, M. A.; BORNATOWSKI, H.; FREITAS, R. H. A. Patterns and partitioning of food resources by elasmobranchs in southern Brazil. **Environmental Biology of Fishes**, v. 104, n. 4, p. 437–450, 1 abr. 2021.

HEITHAUS, M. R. et al. Predicting ecological consequences of marine top predator declines. **Trends in Ecology & Evolution**, v. 23, n. 4, p. 202–210, 1 abr. 2008.

HEITHAUS, M. R. et al. 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, 7 maio 2013.

HOLDEN M. J. Problems in the rational exploitation of elasmobranch populations and some suggested solutions. In: **Harden-Jones FR (ed) Sea fisheries research**. Elek Science, London, pp 117–138, 1974.

HUSSEY, N. E. et al. Stable isotope profiles of large marine predators: viable indicators of trophic position, diet, and movement in sharks? **Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences**, v. 68, n. 12, p. 2029–2045, 23 nov. 2011.

HUSSEY, N. E.; MCCANN, H. M.; CLIFF, G.; DUDLEY, S. F. J.; WINTNER, S. P.; FISK, A. T. Size-based analysis of diet and trophic position of the White Shark, *Carcharodon carcharias*, in South African Waters. In: **DOMEIER, M. L. Global perspectives on the biology and life history of the White Shark**. CRC Press: New York, 2012.

HYSLOP, E. Stomach content analysis – a review of methods and their application. **Journal of Fish Biology**, v. 17, p. 411–429, 1 out. 1980.

IUCN. IUCN Red List of Threatened Species. 2021. Disponível em: <https://www.iucnredlist.org/>

KONDOH, M.; KATO, S.; SAKATO, Y. Food webs are built up with nested subwebs. **Ecology**, v. 91, n. 11, p. 3123–3130, 2010.

KOTAS, J. E. et al. A pesca de emalhe-de-superfície de santa catarina direcionada à captura dos tubarões-martelo, *Sphyrna lewini* (Griffith & Smith 1834) E *Sphyrna zygaena* (Linnaeus 1758). 2008.

KOTAS, J. E.; SANTOS, A. C. N. DOS; SCALCO, A. Elasmobrânquios demersais da Reserva Biológica Marinha do Arvoredo, SC (Brasil). **Revista CEPSUL - Biodiversidade e Conservação Marinha**, v. 6, n. 0, p. e2017003, 8 jul. 2017.

KUBODERA, T.; WATANABE, H.; ICHII, T. Feeding habits of the blue shark, *Prionace glauca*, and salmon shark, *Lamna ditropis*, in the transition region of the Western North Pacific. **Reviews in Fish Biology and Fisheries**, v. 17, p. 111 – 124, 2007.

LUCIFORA, L. O.; GARCÍA, V. B.; WORM, B. Global Diversity Hotspots and Conservation Priorities for Sharks. **PLOS ONE**, v. 6, n. 5, p. e19356, 5 maio 2011.

MACARTHUR, R. H.; PIANKA, E. R. On optimal use of a patchy environment. **The American Naturalist**, v. 100, p. 603 – 609, 1966

MARQUITTI, F. M. D.; GUIMARÃES JR, P. R.; PIRES, M. M.; BITTENCOURT, L. F. MODULAR: software for the autonomous computation of modularity in large network sets. – **Ecography**, v. 37, p. 221 – 224, 2014.

MARTINHO, F.; SÁ, C.; FALCÃO, J.; CABRAL, H. N.; PARDAL, M. A. Comparative feeding ecology of two elasmobranch species, *Squalus blainville* and *Scyliorhinus canicula*, off the coast of Portugal. **Fishery Bulletin**, v. 110, n. 1, p.71 – 84, 2012.

MATICH, P.; HEITHAUS, M. R.; LAYMAN, C. A. Contrasting patterns of individual specialization and trophic coupling in two marine apex predators. **Journal of Animal Ecology**, v. 80, n. 1, p. 294–305, 2011.

MOTTA, P. J. Prey capture behavior and feeding mechanics of elasmobranchs. In: CARRIER, J. C.; MUSICK, J. A.; HEITHAUS, M. R. *Biology of Sharks and Their Relatives*. Boca Raton: CRC Press, 2004. P. 165 – 202.

MUSICK, J. A. et al. Management of Sharks and Their Relatives (Elasmobranchii). **Fisheries**, v. 25, n. 3, p. 9–13, 1 mar. 2000.

MYERS, R. A. et al. Cascading effects of the loss of apex predatory sharks from a coastal ocean. **Science (New York, N.Y.)**, v. 315, n. 5820, p. 1846–1850, 30 mar. 2007.

NORDSTROM, M. C.; AARNIO, A.; TORNROOS, A.; BONSDORFF, E. Nestedness of trophic links and biological traits in a marine food web. **Ecosphere**, v. 6, n. 9, p. 1 – 14, 2015.

OKSANEN, J.; BLANCHET, G. B.; KINDT, R.; LEGENDRE, P.; MINCHIN, P. R.; O'HARA, R. B.; SIMPSON, G. L.; SOLYMOS, P.; STEVENS, M. H. H.; WAGNER, H. **vegan: Community Ecology Package**. R package version 2.3-0, 2015.

PAPASTAMATIOU, Y. P.; WETHERBEE, B. M.; LOWE, C. G.; CROW, G. L. Distribution and diet of four species of carcharhinid shark in the Hawaiian Islands: evidence for resource partitioning and competitive exclusion. **Marine Ecology Progress Series**, v. 320, p. 239 – 251, 2006.

PETHYBRIDGE, H. R. et al. Lipid, Fatty Acid and Energy Density Profiles of White Sharks: Insights into the Feeding Ecology and Ecophysiology of a Complex Top Predator. **PLOS ONE**, v. 9, n. 5, p. e97877, 28 maio 2014.

PIANKA, E. R. Niche Overlap and Diffuse Competition. **Proceedings of the National Academy of Sciences**, v. 71, n. 5, p. 2141–2145, 1 maio 1974.

PIMM, S. L.; LAWTON, J. H.; COHEN, J. E. Food web patterns and their consequences. **Nature**, v. 350, n. 6320, p. 669–674, abr. 1991.

POLO-SILVA, C.; RENDÓN, L.; GALVÁN-MAGAÑA, Y. F. Descripción de la dieta de los tiburones zorro (*Alopias pelagicus*) y (*Alopias superciliosus*) durante la época lluviosa en aguas ecuatorianas. p. 16, 2009.

R CORE TEAM. **R: A language and environment for statistical computing**. 2017. Disponível em < <https://www.R-project.org/>>.

ROHNER, C. A. et al. Whale sharks target dense prey patches of sergestid shrimp off Tanzania. **Journal of Plankton Research**, v. 37, n. 2, p. 352–362, 1 mar. 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, 25 nov. 2014.

ROUGHGARDEN, J. Resource partitioning among competing species—A coevolutionary approach. **Theoretical Population Biology**, v. 9, n. 3, p. 388–424, 1 jun. 1976.

SCHOENER, T. W. The Anolis lizards of Bimini: resource partitioning in a complex fauna. **Ecology**, v. 49, p.704-726, 1968.

SILVA, C. M. L. DA; ALMEIDA, Z. DA S. DE. ALIMENTAÇÃO DE *Rhizoprionodon porosus* (ELASMOBRANCHII: CARCHARHINIDAE) DA COSTA DO MARANHÃO, BRASIL. **Boletim do Instituto de Pesca**, v. 27, n. 2, p. 201–207, 28 jun. 2018.

SIMPFENDORFER, C. A. et al. The importance of research and public opinion to conservation management of sharks and rays: a synthesis. **Marine and Freshwater Research**, v. 62, n. 6, p. 518–527, 21 jul. 2011.

SOTO, J. M. R. Annotated systematic checklist and bibliography of the coastal and oceanic fauna of Brazil. I. Sharks. **Mare Magnum**, v. 1, p. 51 – 120, 2001.

SPITZ, J. et al. Prey preferences among the community of deep-diving odontocetes from the Bay of Biscay, Northeast Atlantic. **Deep Sea Research Part I: Oceanographic Research Papers**, v. 58, n. 3, p. 273–282, 1 mar. 2011.

STEVENS, J. D. et al. The effects of fishing on sharks, rays, and chimaeras (chondrichthyans), and the implications for marine ecosystems. **ICES Journal of Marine Science**, v. 57, n. 3, p. 476–494, 1 jun. 2000.

VAUDO, J. J.; HEITHAUS, M. R. Dietary niche overlap in a nearshore elasmobranch mesopredator community. **Marine Ecology Progress Series**, v. 425, p. 247–260, 14 mar. 2011.

VOOREN, C. M.; KLIPPEL, S. **Ações para a conservação de tubarões e raias no sul do Brasil**. Igaré: Sandro Klippel, 2005.

WETHERBEE, B.; CORTÉS, E. Food Consumption and Feeding Habits. **Biology of Sharks and Their Relatives**, p. 225–246, 29 mar. 2004.

WORM, B. et al. Rebuilding Global Fisheries. **Science**, v. 325, n. 5940, p. 578–585, 31 jul. 2009.

YICK, J. L.; TRACEY, S. R.; WHITE, R. W. G. Niche overlap and trophic resource partitioning of two sympatric batoids co-inhabiting an estuarine system in southeast Australia. **Journal of Applied Ichthyology**, v. 27, n. 5, p. 1272–1277, 2011.

ZACCARELLI, N.; MANCINELLI, G.; BOLNICK, D. I. RInSp: an R package for the analysis of individual specialization in resource use. **Methods in Ecology and Evolution**, London, v. 4, n. 11, p. 1018- 1023, 2013.

8 APÊNDICES

Apêndice 1. Espécies de tubarões costeiros com registro de ocorrência na região sul do Brasil (BORNATOWSKI; ABILHOA, 2012; COMPAGNO, 2001; GADIG, 2001; GOMES et al., 2010; ROSA; SOTO, 2001), e suas respectivas classificações conforme a IUCN (2021) e a Portaria MMA N 445 (BRASIL, 2014). NE: *not evaluated*; DD: *data deficient*; LC: *least concern*; NT: *near threatened*; VU: *vulnerable*; EN: *endangered*; CR: *critically endangered*; EX/BR: Localmente extinto.

Ordem	Família	Espécie	Status IUCN	Portaria 445
SQUALIFORMES	Centrophoridae	<i>Deania profundorum</i>	LC	
	Squalidae	<i>Cirrhigaleus asper</i>	DD	CR
		<i>Squalus cubensis</i>	DD	
		<i>Squalus acanthias</i>	VU	
		<i>Squalus megalops</i>	DD	
	<i>Squalus blainville</i>	DD		
	Somniosidae	<i>Centroscymnus owstoni</i>	VU	
	Dalatiidae	<i>Isistius plutodus</i>	LC	
SQUATINIFORMES	Squatinaidae	<i>Squatina argentina</i>	EN	CR
		<i>Squatina guggenheim</i>	EN	CR
		<i>Squatina occulta</i>	EN	CR
ORECTOLOBIFORMES	Ginglymostomatidae	<i>Ginglymostoma cirratum</i>	DD	VU
LAMNIFORMES	Odontaspidae	<i>Carcharias taurus</i>	VU	CR
		<i>Odontaspis noronhai</i>	DD	
HEXANCHIFORMES	Hexanchidae	<i>Heptranchias perlo</i>	NT	CR
		<i>Notorynchus cepedianus</i>	DD	
CARCHARHINIFORMES	Scyliorhinidae	<i>Galeus mincaronei</i>	VU	EX/BR
		<i>Schroederichthys bivius</i>	DD	
		<i>Schroederichthys saurisqualus</i>	VU	
	Triakidae	<i>Galeorhinus galeus</i>	VU	CR
		<i>Mustelus canis</i>	NT	EN
		<i>Mustelus fasciatus</i>	CR	CR
		<i>Mustelus schmitti</i>	EN	CR
	Carcharhinidae	<i>Carcharhinus acronotus</i>	NT	EX/BR
		<i>Carcharhinus altimus</i>	DD	
		<i>Carcharhinus brachyurus</i>	NT	
<i>Carcharhinus brevipinna</i>		NT		
<i>Carcharhinus isodon</i>		LC		
<i>Carcharhinus leucas</i>		NT		
<i>Carcharhinus limbatus</i>	NT			

		<i>Carcharhinus obscurus</i>	VU	EN
		<i>Carcharhinus plumbeus</i>	VU	CR
		<i>Carcharhinus porosus</i>	DD	CR
		<i>Carcharhinus signatus</i>	VU	VU
		<i>Galeocerdo cuvier</i>	NT	
		<i>Rhizoprionodon lalandii</i>	DD	
		<i>Rhizoprionodon porosus</i>	LC	
	Sphyrnidae	<i>Sphyrna lewini</i>	EN	CR
		<i>Sphyrna media</i>	DD	CR
		<i>Sphyrna tudes</i>	VU	CR
		<i>Sphyrna zygaena</i>	VU	CR

Apêndice 2. Lista das referências dos artigos, tese e monografia analisados.

- (01) BORNATOWSKI, H. et al. Feeding ecology and trophic comparisons of six shark species in a coastal ecosystem off southern Brazil. **Journal of Fish Biology**, v. 85, n. 2, p. 246–263, ago. 2014.
- (02) LUCIFORA, L.O. et al. Effects of body size, age and maturity stage on diet in a large shark: ecological and applied implications. **Ecological Research**, v. 24, 109–118, 2009.
- (03) TAVARES, R. Occurrence, Diet and Growth of Juvenile Blacktip Sharks, *Carcharhinus limbatus*, from Los Roques Archipelago National Park, Venezuela. **Caribbean Journal of Science**, v. 44, n. 3, p. 291–302, dez. 2008.
- (04) ESTUPIÑÁN-MONTAÑO, C. et al. Diet of three shark species in the Ecuadorian Pacific, *Carcharhinus falciformis*, *Carcharhinus limbatus* and *Nasolamia velox*. **Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom**, v. 98, n. 4, p. 927–935, jun. 2018.
- (05) SILVA, C. M. L. DA; ALMEIDA, Z. DA S. DE. ALIMENTAÇÃO DE *Rhizoprionodon porosus* (ELASMOBRANCHII: CARCHARHINIDAE) DA COSTA DO MARANHÃO, BRASIL. **Boletim do Instituto de Pesca**, v. 27, n. 2, p. 201–207, 28 jun. 2018.
- (06) BELLEGGIA, M. et al. The feeding ecology of *Mustelus schmitti* in the southwestern Atlantic: geographic variations and dietary shifts. **Environmental Biology of Fishes**, v. 95, n. 1, p. 99–114, 1 set. 2012.

- (07) MOLINA, J. M.; CAZORLA, A. L. Trophic ecology of *Mustelus schmitti* (Springer, 1939) in a nursery area of northern Patagonia. **Journal of Sea Research**, v. 65, n. 4, p. 381–389, 1 maio 2011.
- (08) BORNATOWSKI, H. et al. Feeding of the Brazilian sharpnose shark *Rhizoprionodon lalandii* (Müller & Henle, 1839) from southern Brazil. **Journal of Applied Ichthyology**, v. 28, n. 4, p. 623–627, 2012.
- (09) SHIBUYA, A.; DE SOUZA ROSA, R. Stomach contents of the Caribbean sharpnose shark *Rhizoprionodon porosus* (Poey, 1864) (Elasmobranchii: Carcharhinidae) from the coast of Paraíba, Brazil. **Revista Nordestina de Biologia**, v. 27, n. 1, 16 mar. 2020.
- (10) CASTAÑEDA SUÁREZ, J. D.; SANDOVAL LONDOÑO, L. A. Hábitos alimentarios de los tiburones martillo *Sphyrna lewini* (Griffith & Smith) y *Sphyrna zygaena* (Linnaeus, 1758) en el Pacífico ecuatoriano. Monografía – Biólogo marino. Facultad de biología marina. Universidade de bogota, 10 maio 2017.
- (11) BOLAÑO MARTÍNEZ, N. Ecología trófica de juveniles del tiburón martillo *Sphyrna Zygaena* (Linnaeus, 1758) en aguas ecuatorianas. Thesis— Instituto Politécnico Nacional. Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas, 2009.
- (12) KOEN ALONSO, M. et al. Fishery and Ontogenetic Driven Changes in the Diet of the Spiny Dogfish, *Squalus acanthias*, in Patagonian Waters, Argentina. **Environmental Biology of Fishes**, v. 63, n. 2, p. 193–202, 1 fev. 2002.
- (13) VIANA, A. F. et al. Feeding ecology of elasmobranch species in southeastern Brazil. **Neotropical Ichthyology**, v. 15, n. 2, 2017.