

MARCELA CONCEIÇÃO DO NASCIMENTO

**“ALIMENTAÇÃO E RELAÇÕES TRÓFICAS DE PEIXES DEMERSAIS
MARINHOS DA REGIÃO SUDESTE E SUL DO BRASIL”**

**CAMPINAS
2012**



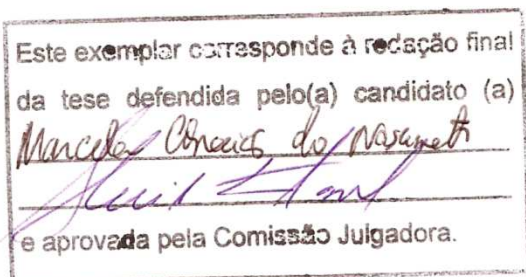
UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS

INSTITUTO DE BIOLOGIA

MARCELA CONCEIÇÃO DO NASCIMENTO

“ALIMENTAÇÃO E RELAÇÕES TRÓFICAS DE PEIXES DEMERSAIS

MARINHOS DA REGIÃO SUDESTE E SUL DO BRASIL”



Tese apresentada ao Instituto de Biologia para obtenção do Título de Doutor em Ecologia.

Orientadora: Profa. Dra. Antonia Cecilia Zacagnini Amaral
Co-Orientador: Prof. Dr. Gonzalo Velasco Canziani

CAMPINAS,
2012

FICHA CATALOGRÁFICA ELABORADA POR
ROBERTA CRISTINA DAL' EVEDOVE TARTAROTTI – CRB8/7430
BIBLIOTECA DO INSTITUTO DE BIOLOGIA - UNICAMP

N17a

Nascimento, Marcela Conceição do, 1980-
Alimentação e relações tróficas de peixes demersais
marinhos da região Sudeste e Sul do Brasil / Marcela
Conceição do Nascimento. – Campinas, SP: [s.n.], 2012.

Orientador: Antonia Cecília Zacagnini Amaral.
Coorientador: Gonzalo Velasco Canziani.
Tese (doutorado) – Universidade Estadual de
Campinas, Instituto de Biologia.

1. Zona Econômica Exclusiva do Brasil. 2. Dieta.
3. Peixe - Alimentação. 4. Peixe - Ecologia. 5.
Modelo trófico Ecopath. I. Amaral, Antonia Cecília
Zacagnini, 1948. II. Velasco, Gonzalo. III.
Universidade Estadual de Campinas. Instituto de
Biologia. IV. Título.

Informações para Biblioteca Digital

Título em Inglês: Feeding and trophic relationships of marine demersal fishes from
Southern and Southeastern Brazil

Palavras-chave em Inglês:

Brazilian Exclusive Economic Zone

Diet

Fish feeding

Fish - Ecology

Ecopath trophic model

Área de concentração: Ecologia

Titulação: Mestre em Ecologia

Banca examinadora:

Antonia Cecília Zacagnini Amaral [Orientador]

Fosca Pedini Pereira Leite

José Lima de Figueiredo

Paulo Ricardo Pezzuto

Cristiana Simão Seixas

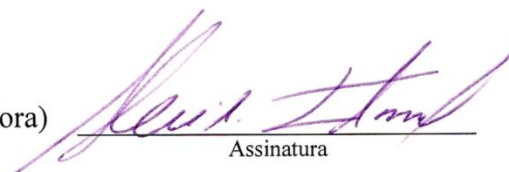
Data da defesa: 23-07-2012

Programa de Pós Graduação: Ecologia

Campinas, 23 de julho de 2012

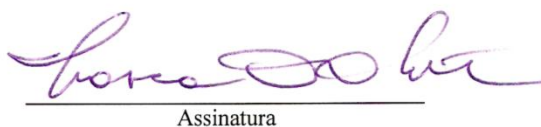
BANCA EXAMINADORA

Prof^ª. Dr^ª Antonia Cecilia Zacagnini Amaral (Orientadora)



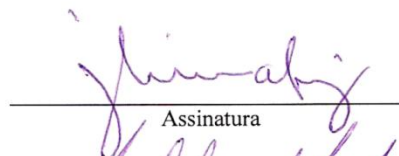
Assinatura

Prof^ª. Dr^ª. Fosca Pedini Pereira Leite



Assinatura

Prof. Dr. José Lima de Figueiredo



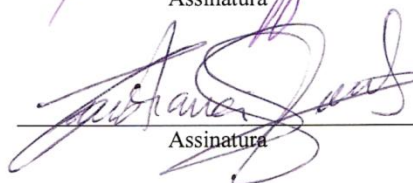
Assinatura

Prof. Dr. Paulo Ricardo Pezzuto



Assinatura

Prof^ª. Dr^ª. Cristiana Simão Seixas



Assinatura

Prof. Dr. Rafael de Almeida Tubino

Assinatura

Prof. Dr. Júlio Neves de Araújo

Assinatura

Prof. Dr. José Eduardo Amoroso Rodriguez Marian

Assinatura

AGRADECIMENTOS

Em primeiro lugar à Cecília, minha orientadora, que me deu a mão no Mestrado e caminhou ao meu lado por todo este tempo, sendo uma verdadeira orientadora com todas as implicações que esta palavra oferece; muitas vezes “puxando minha orelha”, outras sendo o ombro que eu precisava e, na maioria do tempo, tendo toda a paciência para me auxiliar desde as dificuldades acadêmicas mais complexas até outras deficiências carregadas ao longo dos anos. Não posso deixar de agradecer a esta pessoa tão importante por ter me ajudado, tanto a amadurecer profissionalmente quanto, pelo seu exemplo, a amar esta profissão.

Ao Gonzalo, meu co-orientador querido, por me apresentar esse mundo novo e maravilhoso da modelagem trófica, sempre muito bem humorado, confiando em mim e me fazendo acreditar que sou capaz de tudo, inclusive de aprender Inglês e estudar no Canadá.

À Profa. Dra. Carmen Lúcia Del Bianco Rossi Wongtschowski e a todo o pessoal do laboratório de Ictiologia do Instituto Oceanográfico da USP pelo material biológico e por todas as informações que tão solícitamente me forneceram.

Aos especialistas em crustáceos Dr. Gustavo S. Melo (Museu de Zoologia, USP), em peixes Dr. José Lima de Figueiredo e Dr. Rodrigo Antunes Caires (Museu de Zoologia, USP), em cefalópodes Dr. José Eduardo Marian (Zoologia, IB-USP) e em poliquetas Dra. Tatiana M. Steiner (Biologia Animal, IB-UNICAMP) pelo fundamental auxílio na identificação dos itens dos conteúdos estomacais.

To Dr. Villy Christensen and Dr. Rashid Sumaila who were so supportive for me and taught me so much about fishing, models and English, Thank you so much.

Ao CNPq pela bolsa de Doutorado junto ao curso de Pós-Graduação em Ecologia (IB/UNICAMP) e à CAPES pela bolsa de Estágio Sanduiche no Canadá.

Ao projeto REVIZEE e ao Ministério do Meio Ambiente (MMA) pelo material e pela oportunidade de trabalhar com organismos raros e de difícil acesso que só foi possível obter graças ao esforço conjunto de diversos pesquisadores que conseguiram organizar, coordenar e executar um projeto do porte do REVIZEE.

Ao curso de Pós-Graduação em Ecologia IB/Unicamp, por proporcionar acesso a ótimas disciplinas, em especial ao curso de campo, fundamental à formação de um bom ecólogo e pesquisador, além de diversas outras atividades enriquecedoras para a minha formação, e a possibilidade de eu realizar parte dos meus estudos no exterior. Em especial gostaria de agradecer à secretária Célia, sempre muito prestativa, capaz de resolver qualquer problema com toda a eficiência e sem tirar o sorriso do rosto.

Aos colegas e amigos de laboratório, Silvana, Camila, Guilherme, Micael, Giulia, Nathalia, Rachel e Thalita, que aguentaram minha “falação sem fim” e meu bom humor excessivo e foram companhia para todas as horas. Agradeço em especial à amiga Monica Quast que além de controlar a minha falação no laboratório, foi uma parceira fundamental em prazerosas discussões intelectuais (inclusive nas que frutificaram em capítulos desta Tese), por me ajudar a desconectar do trabalho em nossas caminhadas na lagoa e por ser uma amiga tão querida que esteve comigo em TODOS os momentos durante o meu Doutorado... Obrigada Amiga!

To “Seattle team” Marian Torres Leal, Leah Biery and Anne Reijbroek, also to Audrey Valls to being my partners, friends and provide many intellectual important discussions. Also, to everybody in FC, in special to Janice Doyle, my “Canadian Mom”.

À minha mãe por ter me dado o exemplo e me estimulado a seguir em frente estudando.

Aos meus avós por simplesmente os serem.

E ao Gui que, com certeza, sem ele ao meu lado, eu não conseguiria seguir em frente!

CONTEÚDO

AGRADECIMENTOS.....	1
RESUMO	4
ABSTRACT.....	6
APRESENTAÇÃO	7
CAPÍTULO 1 FEEDING IN THE DEEP SEA: DIET OF THREE DEMERSAL FISHES OF THE SOUTHEASTERN BRAZIL	18
Abstract.....	18
Resumo	19
Introduction	19
Materials and methods.....	21
Study site	21
Sampling and data analysis	23
Results	25
Diet composition and variations related to seasons and areas.....	25
Changes related to specimen size.....	27
Variations related to depth	28
Circadian rhythm	28
Discussion.....	30
References	37
CAPÍTULO 2 - ALIMENTAÇÃO DE DUAS ESPÉCIES DE PEIXES DO GÊNERO SYNAGROPS (PERCIFORMES: ACROPOMATIDAE).....	49
Resumo	49
Introdução.....	50
Material e Métodos.....	52
Resultados	59
Discussão	63
Referências	69
CAPÍTULO 3 - DIETA DO CONGRO-ROSA GENYPTERUS BRASILIENSIS.....	84
Resumo	84
Introdução.....	85
Material e métodos	87
Resultados	91
Discussão	93
Referências	101
CAPÍTULO 4 - TROPHIC MODEL OF THE OUTER CONTINENTAL SHELF AND UPPER SLOPE DEMERSAL COMMUNITY OF THE SOUTHEASTERN BRAZILIAN BIGHT.....	109
Summary	109
Resumen	110
Running title	110
Introduction	111
Material and Methods.....	114
Results	120
Discussion.....	123
Conclusions	127
Acknowledgments.....	128
References	129
CONSIDERAÇÕES FINAIS	143

RESUMO

O ambiente marinho apresenta ecossistemas altamente ricos e diversos, entretanto o conhecimento sobre esses ecossistemas e os organismos que neles vivem ainda é muito esparso. Sabe-se que a perda de diversidade nesses sistemas vem crescendo sem ser apropriadamente avaliada. No Brasil, o desenvolvimento de novas fronteiras para a pesca e sua utilização, muitas vezes com pouca regulamentação e/ou fiscalização, tem levado muitos recursos à sobreexploração. Esta forma de exploração evidencia o uso dos recursos marinhos sem um planejamento adequado. Para que haja tal planejamento, é necessário que se conheçam as vias energéticas e as relações entre os organismos que compõem esse ecossistema. De forma a contribuir para este conhecimento, no presente trabalho foram estudadas a dieta e as relações tróficas de seis espécies de peixes demersais abundantes nas regiões Sudeste e Sul do Brasil: *Antigonia capros*; *Ariomma bondi*, *Genypterus brasiliensis*, *Synagrops bellus*, *Synagrops spinosus* e *Ventrifossa macropogon*. O material provém das coletas do Programa REVIZEE Score-Sul, realizadas entre Cabo Frio (RJ) e Cabo de Santa Marta Grande (SC). Os peixes tiveram a sua dieta analisada por meio do conteúdo estomacal. Além da composição da dieta, foi avaliada a influência da profundidade, do tamanho dos indivíduos, da sazonalidade e do período do dia na obtenção de alimento. Adicionalmente, construiu-se um modelo trófico de balanço de biomassa para avaliar a comunidade demersal da área. Neste estudo foi observado que há um intenso consumo de invertebrados bentônicos, especialmente crustáceos, por todas as espécies, apesar de cada uma apresentar particularidades no comportamento alimentar, como foi constatado nas análises de dieta. Observou-se ainda que as espécies apresentam variações no consumo de alimentos relacionadas à profundidade, tamanho dos indivíduos e área geográfica onde foram coletadas, e que os fatores que mais causam essas alterações são as variações

sazonais. O consumo de invertebrados bentônicos verificado nas análises de dieta e no modelo é maior em espécies de níveis tróficos mais baixos, mas também é significativo em espécies de níveis superiores. Nesta última categoria estão inclusos grandes predadores, como tubarões e atuns, que puderam ser avaliados por meio de dados secundários na construção do modelo. Estes resultados ressaltam a importância da inclusão dos organismos bentônicos nas políticas pesqueiras e planos de manejo, uma vez que se trata de um dos principais pontos de sustentação de todo o ecossistema marinho, sobretudo o demersal.

ABSTRACT

The knowledge about marine environments and their rich and diverse ecosystems is improving across the world, but still has gaps, mainly in tropical areas. It is known that the diversity loss is globally increasing without being properly measured. Studies have shown that fisheries are looking for new areas and species aiming to attempt the global fisheries demand. This kind of resource exploitation brings evidence of inadequate fisheries planning. It is necessary the knowledge about the energy pathways and ecosystem relationships to develop appropriate fisheries management for different areas and objectives. Aiming to improve this knowledge and contribute to the appropriate fisheries management, we studied the diet and the trophic relationship of six abundant demersal fishes from Brazilian Southeast and South: *Antigonia capros*, *Ariomma bondi*, *Genypterus brasiliensis*, *Synagrops bellus*, *Synagrops spinosus* and *Ventrifossa macropogon*. The samples were collected during REVIZEE Score-Sul program, between Cabo Frio (RJ) and Cabo de Santa Marta Grande (SC). The fishes were studied based on their gut contents. It was evaluated the diet composition and the influence of depth, season, day time and specimens' size, on food choice. Additionally, we built a trophic model to evaluate the demersal community. We observed intense benthos consumption (especially crustaceans) by all species, despite their specificity. We also observed changes on food consumption according to depth, area and specimen's size, but the main responsible for changes on food consumption are the seasonal variations on the oceanographic dynamics. Benthos consumption is higher in low trophic levels than in high ones, but it is significant in high trophic levels species too, including top predators as sharks and tunas, assessed by secondary data during the model construction. These results show the necessity to include benthos impacts on fisheries management, once they are the main support of the entire marine ecosystem, especially demersal ecosystems.

APRESENTAÇÃO

O uso dos recursos marinhos no Brasil vem se modificando desde meados da década de 1990, quando a pesca, antes concentrada principalmente na região costeira passou a se desenvolver também na plataforma externa e no talude continental (Valentini e Pezzuto 2006; Kolling *et al.* 2008). Com a nova demanda de uso destas regiões, em associação às exigências da Convenção das Nações Unidas sobre o Direito do Mar (CNUDM), da qual o Brasil é signatário, tornou-se necessária a ampliação das investigações sobre elas. Entretanto, para que estes ecossistemas sejam investigados quanto à sua dinâmica e funcionamento, é necessário que se tenha um bom conhecimento sobre os diversos aspectos da biologia das espécies que o compõem, como tamanho de estoque, crescimento, reprodução e alimentação.

Os estudos sobre a alimentação de peixes permitem identificar os principais alimentos da dieta, o comportamento e as adaptações fisiológicas associadas a esta atividade, bem como os fatores externos que influenciam o tipo e a quantidade de alimento consumido (Randall 1967; Chao e Musick 1977; Gatz 1979; Sazima 1986; Soares 1992; Soares e Apelbaum 1994; Soares *et al.* 1998; Bonaldo *et al.* 2005; Muto *et al.* 2005; Nascimento 2006). Com o auxílio das informações geradas é possível avaliar também a relevância e a inter-relação dos organismos dentro de uma comunidade.

As relações entre os organismos se dão, principalmente, por meio de associações alimentares, que envolvem produtores e consumidores em diferentes níveis, compondo as teias tróficas. Estas são definidas por Winemiller e Polis (1996) como redes de interações consumidor-recurso (predador-presa) entre grupos de organismos, populações ou guildas. Devido à complexidade dessas relações, o sistema forma uma delicada rede de ligações, na qual um

distúrbio em uma população pode afetar direta ou indiretamente diversas outras (Polis e Winemiller 1996; Ruiter *et al.* 2005).

O conhecimento básico sobre dieta, comportamento alimentar e interações tróficas é essencial para se entender o papel das espécies no ecossistema, bem como contribuir para o manejo pesqueiro sustentável (Amaral e Migotto 1980; Soares e Vazzoler 2001; Christensen *et al.* 2008b). Uma abordagem atual para compreender de forma coerente essa complexa trama de relações é a modelagem ecossistêmica, que deve incorporar diversos aspectos biológicos e ambientais do sistema estudado, apresentando uma caricatura da complexidade do mundo real (Jørgensen 1994; Gomes e Varriale 2004; Libralato *et al.* 2006; Angelini e Gomes 2008; Christensen *et al.* 2008a; Fragoso-Júnior *et al.* 2009; Fath e Jorgensen 2011).

Uma das ferramentas mais utilizadas atualmente para a construção de modelos ecológicos é o programa *Ecopath* (www.ecopath.org). Este programa foi desenvolvido por Polovina (1984) e modificado por Villy Christensen, Daniel Pauly e Carl Walters, os quais incorporaram o conceito de equilíbrio dinâmico no programa, permitindo simulações temporais e espaciais na trama trófica (Christensen e Pauly 1992; Walters *et al.* 2000; Christensen e Walters 2004b; Christensen e Walters 2004a; Christensen *et al.* 2008b). Com isso, os modelos gerados tornaram-se mais realistas do ponto de vista ecológico (Pauly *et al.* 2000) e mais úteis para o manejo de estoques. Dessa forma, sua utilização vem aumentando em estudos para subsidiar a definição de estratégias e políticas pesqueiras (Gasalla e Soares 2001; Christensen e Walters 2004b; Gasalla 2004a; Gasalla 2004b; Velasco 2004; Velasco *et al.* 2007; Freire *et al.* 2008; Christensen *et al.* 2009).

O uso do conhecimento científico como fundamentador das tomadas de decisões políticas e estratégicas como a criação de áreas protegidas e ampliação do esforço pesqueiro, tem sido cada

vez mais valorizada, no Brasil e no mundo (Freire *et al.* 2007; Coll *et al.* 2008; Libralato *et al.* 2008; Mackinson *et al.* 2009). Nesse sentido, e em função das exigências da CNUDM, o governo brasileiro em associação com diversas instituições de ensino e pesquisa deu início, no ano de 1995, ao Programa Avaliação do Potencial Sustentável de Recursos Vivos na Zona Econômica Exclusiva do Brasil (REVIZEE). Zona Econômica Exclusiva (ZEE) é um espaço marinho, definido pela CNUDM, que compreende 200 milhas náuticas a contar da linha de costa, onde os Estados têm direitos de soberania para fins de exploração, aproveitamento, conservação e gestão dos recursos naturais, vivos ou não vivos das águas sobrejacentes ao leito do mar, seu leito e subsolo (Stevenson e Oxman 1975).

O programa REVIZEE teve como objetivo principal o levantamento dos potenciais sustentáveis de captura dos recursos vivos e suas perspectivas de exploração na ZEE brasileira, incluindo a determinação das distribuições, sazonalidades, abundâncias dos recursos vivos; e a obtenção de referencial climatológico e oceanográfico descritivo para as áreas física, química e biológica, como o subsídio para a compreensão da dinâmica dos recursos vivos (MMA, 2006). Apesar de os principais objetivos do REVIZEE terem sido atingidos, fornecendo inúmeras informações sobre os potenciais sustentáveis da ZEE brasileira, bem como sobre diversos aspectos biológicos e oceanográficos da área, vários estudos ainda estão sendo desenvolvidos com material procedente desse programa. Uma das principais linhas de pesquisa consiste na análise da biologia populacional, dieta e reprodução de espécies de importância ecológica e econômica. O presente trabalho está inserido dentro deste escopo, no qual foram analisados peixes provenientes de prospecções pesqueiras de recursos demersais (Score-Sul), realizadas na plataforma continental externa e talude superior do embaiamento de São Paulo (Zembruski

1979), que compreende desde Cabo Frio (RJ) a Cabo de Santa Marta Grande (SC), conhecida também como “Southeastern Brazilian Bight” (Cergole e Valentini 1994; Bakun 1996). A figura 1 mostra um perfil do relevo da área estudada produzido no âmbito do programa REVIZEE Score-Sul.

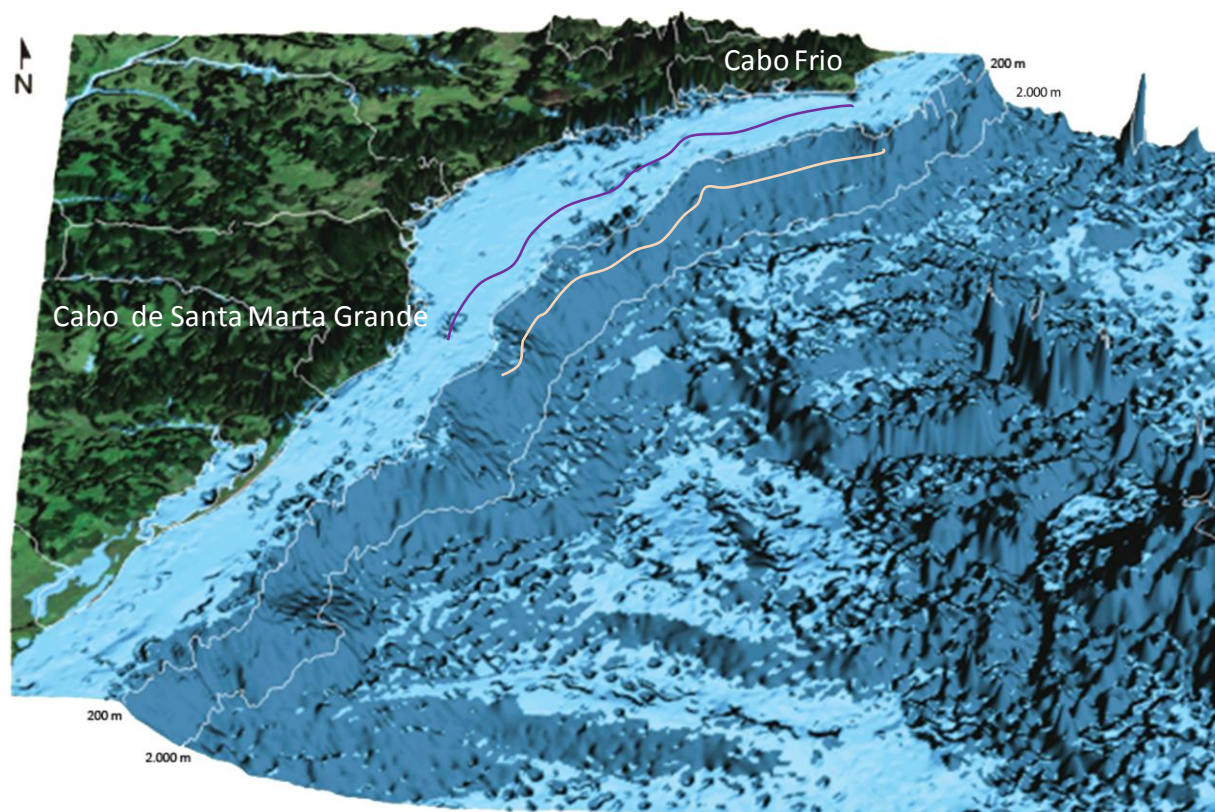


Figura 1: Relevo do embaiamento de São Paulo adaptado da figura produzida por meio de ecosondas por Ferreira *et al.* (2005). A linha lilás mostra o limite inferior aproximado da plataforma externa e a linha bege, o limite inferior aproximado do talude superior, onde foi realizada a amostragem.

Visando a uma maior compreensão da biologia de algumas espécies de peixes e de suas relações ecológicas no ecossistema da ZEE brasileira, a presente pesquisa teve como proposta estudar a dieta, os hábitos alimentares e as interações tróficas de seis espécies de peixes demersais, sendo que, destas, quatro foram aqui analisadas pela primeira vez: *Ariomma bondi*, Perciformes (Fig. 2A), *Synagrops bellus*, Perciformes (Fig. 2B), *Genypterus brasiliensis*,

Ophidiiformes (Fig. 2C) e *Ventrifossa macropogon*, Gadiformes (Fig. 2D). As outras duas espécies *Antigonia capros*, Perciformes (Fig. 2E) e *Synagrops spinosus*, Perciformes (Fig. 2F) apresentam dados previamente analisados por Nascimento (2006).

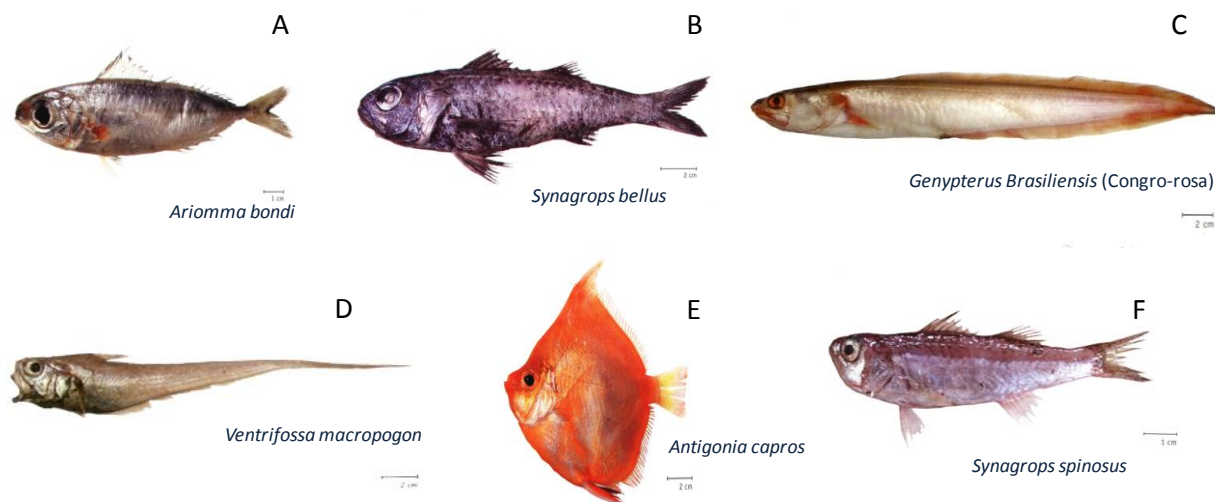


Figura2: Espécies estudadas, adaptado de Bernardes *et al.* (2005).

Os peixes analisados são parte de um banco de espécies formado a partir das coletas do programa REVIZEE Score-Sul. Estas espécies, até então, não estudadas, foram escolhidas por serem, segundo a literatura, associadas ao fundo, podendo apresentar dieta baseada, principalmente, em organismos bentônicos. Sendo assim, o estudo da alimentação desses peixes, além de conhecimentos sobre as espécies em si, também deve fornecer informações úteis sobre a participação dos invertebrados bentônicos na teia trófica de áreas profundas e pouco conhecidas das águas brasileiras. Além disso, apresentar novos subsídios para a elaboração de modelos tróficos com maior nível de detalhamento no compartimento de bentos.

No Brasil, diversos estudos têm mostrado a dieta e a relevância ecológica de peixes demersais (*i.e.*, Vazzoler 1975; Amaral e Migotto 1980; Haimovici *et al.* 1994; Soares e

Apelbaum 1994; Oliveira e Soares 1996; Velasco *et al.* 1997; Martins *et al.* 2005; Muto *et al.* 2005). No entanto, a maioria desses trabalhos envolve organismos oriundos da plataforma continental ou de recifes corais. Pesquisas com material proveniente de mar profundo apresentam um alto custo de execução, além de uma complexa logística. Dessa forma, o material disponível fornece dados inéditos, por se tratar de uma coleta única no Atlântico Sul, devido a sua abrangência e multidisciplinaridade. A escassez de informações sobre os diversos aspectos da biologia e da ecologia de *A. bondi*, *S. bellus*, *G. brasiliensis* e *V. macropogon* ressaltam a necessidade do desenvolvimento de estudos detalhados sobre suas dietas e relações tróficas.

Embora as informações sobre a fauna marinha das regiões Sudeste e Sul, especialmente do talude, sejam esparsas, a cooperação entre os pesquisadores, sobretudo daqueles envolvidos com o programa REVIZEE, permitiu a elaboração por Gasalla *et al.* (2007) de um modelo geral, representando as interações tróficas do “South Brazil Large Marine Ecosystem”, área que abrange desde Cabo Frio (RJ) até Chuí (RS). No presente trabalho foi gerado um modelo mais específico sobre a comunidade demersal do embaiamento de São Paulo, (de Cabo Frio até Cabo de Santa Marta Grande). Os resultados de pesquisas como estas permitem traçar estratégias de manejo sustentável, uma vez que esses modelos utilizam matrizes multiespecíficas, o que possibilita previsões mais realistas do ponto de vista ecossistêmico (Gasalla e Soares 2001; Christensen e Walters 2004b; Gasalla 2004b; Velasco 2004; Velasco *et al.* 2007; Freire *et al.* 2008; Christensen *et al.* 2009).

Diante da necessidade do conhecimento da estrutura da comunidade das áreas que compõem a ZEE brasileira, tanto para o manejo pesqueiro, como para a definição de áreas prioritárias para a conservação, e, principalmente para a compreensão dessa região, procurou-se

estudar a ecologia trófica da comunidade demersal da plataforma continental externa e talude superior do embaixamento de São Paulo.

Para um estudo trófico, principalmente quando se utiliza modelos, com a vantagem de fornecer indicadores ecológicos sobre a comunidade, são necessários diversos dados sobre diferentes aspectos das espécies que compõe a comunidade. Nesse sentido, a fim de elaborar um estudo ecossistêmico mais amplo e realista, e de preencher lacunas no conhecimento de peixes que compõem essa comunidade, estudou-se a alimentação de algumas das espécies com maior biomassa na área, portanto fundamentais para a compreensão da comunidade, mas que apresentavam pouca ou nenhuma informação a respeito de suas dietas.

Com base nesses fatos, foi estudada a composição da dieta de *A. capros*, *A. bondi*, *V. macropogon*, *S. bellus*, *S. spinosus* e *G. brasiliensis* e as possíveis variações no consumo de alimentos com relação ao crescimento e as distribuições batimétrica, geográfica e sazonal, bem como às variações associadas ao ciclo diário. As relações tróficas da comunidade, incluindo essas espécies, foram analisadas, e construídas as representações gráfica e matemática da teia trófica das comunidades bentônica e demersal por meio de um modelo de balanço de biomassa, utilizando o programa *Ecopath* com *Ecosim*. Este modelo foi construído com base nos dados analisados nesta pesquisa e em diversos outros trabalhos sobre os diferentes aspectos da biologia das espécies que compõe esta comunidade, incluindo os elementos (espécies ou grupos de espécies) mais representativos do ecossistema.

A tese é composta por quatro capítulos, no formato de artigos, sendo que o capítulo 1 foi submetido para publicação e o capítulo 4 encontra-se no prelo, na Revista *Scientia Marina*. A seguir é apresentada uma síntese de cada capítulo.

Capítulo 1: Discorre sobre as dietas de *Ariomma bondi* e *Ventrifossa macropogon* e também de *Antigonia capros*, para a qual foram incluídas novas análises aos resultados apresentados por Nascimento (2006). Essas três espécies de peixes demersais são abundantes nas regiões Sudeste e Sul e importante fonte de alimento para diversos organismos, tanto demersais como pelágicos. Estas espécies apresentam diversas semelhanças na dieta, se alimentando principalmente de invertebrados, sobretudo crustáceos.

Capítulo 2: Investiga a dieta de *Synagrops bellus* e acrescenta novas análises aos resultados da alimentação de *S. spinosus*, apresentados por Nascimento (2006). As duas espécies são de pequeno porte e abundantes desde a plataforma até o talude continental. Embora ambas consumam principalmente peixes e crustáceos, a importância desses alimentos varia com relação à profundidade e a sazonalidade.

Capítulo 3: Analisa a dieta de *Genypterus brasiliensis*, uma espécie de grande porte (até 1 m), comercialmente importante, abundante nas regiões Sudeste e Sul do Brasil. Esta espécie consumiu principalmente peixes, mostrando marcada sazonalidade na composição da dieta.

Capítulo 4: Apresenta um modelo trófico que representa os principais grupos tróficos presentes na comunidade bento-demersal do embaiamento de São Paulo, incluindo os resultados obtidos na análise da dieta das espécies estudadas nos capítulos anteriores. O modelo trófico foi elaborado por meio do programa *Ecopath* com *Ecosim* que se baseia no conceito de equilíbrio de biomassas entre os grupos tróficos. Este modelo mostra parâmetros ecológicos importantes tanto para o conhecimento e preservação da área como para a elaboração de políticas pesqueiras.

Referências

- Amaral ACZ, Migotto AE (1980) Importância dos anelídeos poliquetas na alimentação da macrofauna demersal e epibentônica da Região de Ubatuba. Bolm Inst Oceanogr, São Paulo 29: 31-35.
- Amaral ACZ, Rossi-Wongtschowski CLDB (2004) Biodiversidade Bentônica da Região Sudeste-Sul do Brasil - Plataforma Externa e Talude Superior. Série documentos REVIZEE, Instituto Oceanográfico - USP, São Paulo.
- Angelini R, Gomes LC (2008) O Artesão de Ecossistemas: Construindo Modelos com dados. Eduem, Maringá.
- Bonaldo RM, Krajewski JP, Sazima I (2005) Meals for two: foraging activity of the butterflyfish *Chaetodon striatus* (Perciformes) in southeast Brazil. Braz J Biol 65: 1-6.
- Bakun A (1996) Patterns in the Ocean: Preprocess: Ocean Process and Marine Population Dynamics. California Sea Grant College System.
- Cergole MC, Ávila-da-Silva AO, Rossi-Wongtschowski CLDB (2005) Análise das Principais Pescarias Comerciais da Região Sudeste-Sul do Brasil: Dinâmica Populacional das Espécies em Exploração. Série documentos REVIZEE, Instituto Oceanográfico - USP, São Paulo.
- Cergole MC, Valentini H (1994) Growth and mortality estimates of *Sardinella brasiliensis* in the southeastern Brazilian bight. Braz J Oceanogr 42: 113-127.
- Chao LN, Musick JA (1977) Life-history, feeding-habits, and functional-morphology of juvenile sciaenid fishes in York River estuary, Virginia. Fish Bull 75: 657-702.
- Christensen V, Ferdana Z, Steenbeek J (2009) Spatial optimization of protected area placement incorporating ecological, social and economical criteria. Ecol Model 220: 2583-2593.
- Christensen V, Pauly D (1992) ECOPATH II -- a software for balancing steady-state ecosystem models and calculating network characteristics. Ecol Model 61: 169-185.
- Christensen V, Walters CJ (2004a) Ecopath with Ecosim: methods, capabilities and limitations. Ecol Model 172: 109-139.
- Christensen V, Walters CJ (2004b) Trade-offs in ecosystem-scale optimization of fisheries management policies. B Mar Sci 74: 549-562.
- Christensen V, Walters CJ, Ahrens R, Alder J, Buszowski J, Christensen LB, Cheung WWL, Dunne J, Froese R, Karpouzi V, Kastner K, Kearney K, Lai S, Lam V, Palomares MLD, Peters-Mason A, Piroddi C, Sarmiento JL, Steenbeek J, Sumaila R, Watson R, Zeller D, Pauly D (2008a) Models of the World's Large Marine Ecosystems. United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization, Paris.
- Christensen V, Walters CJ, Pauly D, Forrest R (2008b) Ecopath with Ecosim version 6 User Guide. Lenfest Ocean Futures Project, Vancouver.
- Coll M, Bahamon N, Sarda F, Palomera I, Tudela S, Suuronen P (2008) Improved trawl selectivity: effects on the ecosystem in the South Catalan Sea (NW Mediterranean). Mar Ecol Prog Ser 355: 131-147.
- Eleutério CLT (2008) Crescimento, idade e mortalidade do congro-rosa *Genypterus brasiliensis* (Regan 1903) na região Sudeste e Sul do Brasil. Dissertação de Mestrado. Instituto de Pesca, São Paulo.
- Fath B, Jorgensen SE (2011) Fundamentals of Ecological Modelling: Applications in Environmental Management and Research. Elsevier, Amsterdam.
- Ferreira CS, Madureira LSP, Klippel S, Weigert S, Habiaga RGP, Duvoisin AC (2005) Mapas do Relevo Marinho das Regiões Sudeste, Sul e Central do Brasil: Acústica e Altimetria por Satélite. Série documentos REVIZEE, Instituto Oceanográfico - USP, São Paulo.
- Fragoso-Júnior CR, Marques DM, Ferreira TF (2009) Modelagem em Ecossistemas Aquáticos. Oficina de Textos, São Paulo.
- Freire KMF, Christensen V, Pauly D (2007) Assessing fishing policies for northeastern Brazil. PanamJAS 2: 113-130.
- Freire KMF, Christensen V, Pauly D (2008) Description of the East Brazil Large Marine Ecosystem using a trophic model. Sci Mar 72: 477-491.

- Gasalla MA (2004a) Contribution of ecosystem analysis to investigating the effects of changes in fishing strategies in the South Brazil Bight coastal ecosystem. *Ecol Model* 172: 283-306.
- Gasalla MA (2004b) Impactos da pesca industrial no ecossistema da plataforma continental interna do sudeste do Brasil: a abordagem ecossistêmica e a integração do conhecimento. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo, São Paulo.
- Gasalla MA, Soares LSH (2001) Comentários sobre os estudos tróficos de peixes marinhos no processo histórico da ciência pesqueira e modelagem ecológica. *B Inst Pesca* 27: 243-259.
- Gasalla MA, Velasco G, Rossi-Wongtschowski CLDB, Haimovici M, Madureira LS-P (2007) Modelo de Equilíbrio de Biomassas do Ecossistema Marinho da Região Sudeste-Sul do Brasil entre 100 e 1000 metros de Profundidade. Série documentos REVIZEE, Instituto Oceanográfico - USP, São Paulo.
- Gatz AJ (1979) Community organization in fishes as indicated by morphological features. *Ecology* 60: 711-718.
- Gomes AG, Varriale MV (2004) Modelagem de Ecossistemas: Uma Introdução. Editora da Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria.
- Haimovici M, Martins AS, Figueiredo JL, Vieira PC (1994) Demersal bony fish of the outer shelf and upper slope of the Southern Brazil Subtropical Convergence ecosystem. *Mar Ecol Prog Ser* 108: 59-77.
- Jørgensen SE (1994) Fundamentals of ecological modelling. Elsevier, Amsterdam.
- Kolling JA, Batista PA, Ávila-da-Silva AO, Carneiro MH (2008) A utilização do ambiente marinho e de seus recursos vivos pela frota pesqueira paulista: o ambiente demersal. *Sér Relat Téc*, São Paulo 32: 1-62.
- Libralato S, Christensen V, Pauly D (2006) A method for identifying keystone species in food web models. *Ecol Model* 195: 153-171.
- Libralato S, Coll M, Tudela S, Palomera I, Pranovi F (2008) Novel index for quantification of ecosystem effects of fishing as removal of secondary production. *Mar Ecol Prog Ser* 355: 107-129.
- Mackinson S, Daskalov G, Heymans JJ, Neira S, Arancibia H, Zetina-Rejón M, Jiang H, Cheng HQ, Coll M, Arreguin-Sanchez F, Keeble K, Shannon L (2009) Which forcing factors fit? Using ecosystem models to investigate the relative influence of fishing and changes in primary productivity on the dynamics of marine ecosystems. *Ecol Model* 220: 2972-2987.
- Martins AS, Haimovici M, Palacios R (2005) Diet and feeding of the cutlassfish *Trichiurus lepturus* in the Subtropical Convergence Ecosystem of Southern Brazil. *J Mar Biol Assoc UK* 85: 1223-1229.
- MMA - (2006) Programa REVIZEE: Avaliação do Potencial Sustentável de Recursos Vivos na Zona Econômica Exclusiva: Relatório Executivo/MMA, Secretaria de Qualidade Ambiental. 85-7738-027-0, Brasília. Muto YE, Silva MHC, Vera GR, Leite SSM, Navarro DG, Rossi-Wongtschowski CLDB (2005) Alimentação e Relações Tróficas de Peixes Demersais da Plataforma Continental Externa e Talude Tuperior da Região Sudeste e Sul do Brasil. Série documentos REVIZEE Instituto Oceanográfico - USP, São Paulo.
- Nascimento MC (2006) Alimentação de peixes na plataforma continental externa e talude superior da região Sudeste-Sul do Brasil. Dissertação de Mestrado. Universidade Estadual Paulista, Rio Claro.
- Oliveira I, Soares LSH (1996) Alimentação da Tainha *Mugil plattanus* Gunther, 1880 (Pisces: Mugilidae) da região estuarina de Cananéia, São Paulo, Brasil. *B Inst Pesca* 23: 95-104.
- Pauly D, Christensen V, Walters C (2000) Ecopath, Ecosim, and Ecospace as tools for evaluating ecosystem impact of fisheries. *ICES J Mar Sci* 57: 697-706.
- Polis GA, Winemiller KO (1996) Food Webs: Integration of Patterns and Dynamics. Chapman and Hall, New York.
- Polovina JJ (1984) An overview of the ECOPATH model. *NOAA*: 5-7.
- Randall JE (1967) Food habits of reef fishes of the West Indies. *Stud Trop Oceanogr* 5: 665-847.

- Rossi-Wongtschowski CLDB, Madureira LS-P (2006) O Ambiente Oceanográfico da Plataforma Continental e no Talude na Região Sudeste-Sul do Brasil. Editora da Universidade de São Paulo, São Paulo.
- Ruiter PCD, Wolters V, Moore JC (2005) Dynamic Food Webs: Multispecies Assemblages, Ecosystem Development, and Environmental Change. Academic Press, San Diego.
- Sazima I (1986) Similarities in feeding-behaviour between some marine and fresh-water fishes in two tropical communities. J Fish Biol 29: 53-65.
- Soares LSH (1992) Alimentação de espécies de peixes demersais ao longo do ciclo diário no litoral de Ubatuba, São Paulo: alimento, atividade alimentar e consumo. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo, São Paulo.
- Soares LSH, Apelbaum R (1994) Atividade alimentar diária da cabrinha *Prionotus punctatus* (Teleostei: Triglidae) do litoral de Ubatuba, Brasil. Braz J Oceanogr 42: 85-98.
- Soares LSH, Jarre-Teichmann A, Rossi-Wongtschowski CLDB (1998) Field estimates of food consumption of the searobin *Prionotus punctatus* (Bloch, 1797) on the continental shelf off Ubatuba, southeastern Brazil. Braz J Oceanogr 46: 45-60.
- Soares LSH, Vazzoler AEAM (2001) Diel Changes in food and feeding activity of sciaenid fishes from the South-Western Atlantic Brazil. Rev Brasil Biol 61: 197-216.
- Stevenson JR, Oxman BH (1975) The third United Nations conference on the law of the sea: the 1975 Geneva session. Am J Int'l L 69: 763-797.
- Valentini H, Pezzuto PR (2006) Análise das Principais Pescarias Comerciais da Região Sudeste-Sul do Brasil com Base na Produção Controlada 1986-2004. Série documentos REVIZEE, Instituto Oceanográfico - USP, São Paulo.
- Vazzoler G (1975) Distribuição da fauna de peixes demersais e ecologia dos Sciaenidae da plataforma continental brasileira, entre as latitudes 29°21'S (Tôrres) e 33°41'S (Chuí). Bolm Inst Oceanogr, São Paulo 24: 85-169.
- Velasco G (2004) Modelo ecotrófico da plataforma continental do sul do Brasil e cenários de exploração pesqueira da anchoíta (*Engraulis anchoita*) e do peixe-lanterna (*Maurolicus stehmanni*). Tese de Doutorado. Fundação Universidade do Rio Grande, Rio Grande.
- Velasco G, Araújo JN, Castello JP, Oddone MC (2007) Exploring MSY strategies for elasmobranch fishes in an ecosystem perspective. PanamJAS 2: 163-178.
- Velasco G, Santos RA, Goberna E (1997) Observaciones sobre la alimentación del rouget (*Helicolenus lahillei*, Norman 1937) en el frente marítimo del Rio de la Plata. Atlântica 19: 197-202.
- Walters C, Pauly D, Christensen V, Kitchell JF (2000) Representing density dependent consequences of life history strategies in aquatic ecosystems: EcoSim II. Ecosystems 3: 70-83.
- Winemiller KO, Polis GA (1996) Webs: What Can They Tell Us About The World? In: Polis GA, Winemiller KO (eds) Food Webs – Integration of Patterns and Dynamics. Chapman and Hall, New York, pp 1-22.
- Zembruski SG (1979) Geomorfologia da margem continental sul-brasileira e das bacias oceânicas adjacentes. In Chaves HAF (Ed) Relatório final do projeto REMAC. In: Geomorfologia da margem continental brasileira e das áreas adjacentes. Rio de Janeiro: Petrobrás-CENPES-DINTEP. Série Projeto REMAC, 7: pp 129-177.

CAPÍTULO 1 - Feeding in the deep sea: diet of three demersal fishes of the Southeastern Brazil

Marcela Conceição do Nascimento^{1,2}; Mônica Paiva Quast^{1,2}; Gonzalo Velasco³; Antonia Cecília Zacagnini Amaral².

¹Pós-Graduação em Ecologia; ²Departamento de Biologia Animal, Instituto de Biologia, Universidade Estadual de Campinas (UNICAMP), CP 6109, 13083-970, Campinas, São Paulo, Brazil.

E-mail: nascimento.marcelac@gmail.com

Fax: (+55-19) 35216374; Fone: (+55-19) 35216342

³Programa de Pós-Graduação em Ocenografia Biológica, Universidade Federal do Rio Grande, Rio Grande, RS, Brazil.

Key words: Brazilian EEZ; Demersal community; Feeding habits; Trophic relationships.

Abstract

Studies on diet can provide meaningful information about the biology of a species, and are fundamental for understanding the trophic relationships in an ecosystem. We investigated the feeding ecology of three abundant demersal fish species, *Antigonia capros*, *Ariomma bondi* and *Ventrifossa macropogon*, in the Brazilian Exclusive Economic Zone. Sampling was conducted in 2001 and 2002, during austral winter/spring and summer/fall, off the southeastern Brazilian coast between Cabo de Santa Marta Grande (state of Santa Catarina) and Cabo Frio (state of Rio de Janeiro), during the REVIZEE Score-Sul program. Samples were taken by bottom-trawling, at depths between 100 and 600 m. Each specimen stomach was removed and tagged for content analysis. A feeding index was estimated to evaluate the importance of prey items, according to areas, seasons, size classes and depths, overlap in diet composition was assessed through cluster analyses. Also, the feeding activity was estimated for each species through the degrees of stomach repletion (fullness) and food digestion. All three species fed mainly on crustaceans, and the main factor affecting diet composition was the sampling area; season and time of day had secondary effects.

Resumo

Estudos sobre a dieta constituem uma importante fonte de informações sobre a biologia das espécies. Além disso, fornecem subsídios fundamentais para a compreensão das relações tróficas em um ecossistema, sendo, então, essenciais para a elaboração de planos de manejo. O objetivo do presente estudo foi investigar a dieta de três espécies de peixes demersais abundantes na ZEE do Brasil, *Antigonia capros*, *Ariomma bondi* e *Ventrifossa macropogon*. Os espécimes analisados provêm das coletas do Programa REVIZEE Score-Sul realizadas em 2001 e 2002, durante o inverno/primavera e o verão/outono, entre Cabo de Santa Marta Grande (SC) e Cabo Frio (RJ). O material foi coletado entre 100 e 600 m por redes de arrasto de fundo. O estômago de cada indivíduo foi removido, e os itens alimentares, identificados e pesados. Estimou-se o índice alimentar de cada grupo de presa, baseado na sua frequência de ocorrência e no seu peso, para áreas, estações do ano, classes de tamanho e isóbatas de coleta, e a sobreposição alimentar foi inferida por meio de análises de agrupamento. A atividade alimentar diária de cada espécie também foi analisada, por meio dos graus de repleção dos estômagos e de digestão das presas. As três espécies alimentaram-se principalmente de crustáceos, diferindo quanto ao ambiente mais explorado e os itens consumidos secundariamente. A área de coleta foi o fator com maior influência sobre a composição da dieta; as estações do ano e os horários de coleta tiveram efeitos secundários.

Introduction

Since many species interactions, such as predation, involve food consumption, studies of diet composition and feeding ecology are essential to understand ecological relationships (Gasalla and Soares 2001). Knowledge of the diet and feeding of a species' population allows

understanding of its direct impact on other populations as well as its role in the ecosystem as a whole, including the effects of its removal, for example by fishing (Christensen 1998; Soares and Vazzoler 2001; Christensen and Pauly 2004; Norbis and Galli 2004; Velasco and Castello 2005). Thus, this kind of information is not only important for basic sciences, but it is also fundamental for the definition of ecological constraints in fishing management policy and in efforts to maintain sustainable fisheries (Christensen 1998; Pauly and Christensen 2002; Christensen and Pauly 2004; Velasco *et al.* 2007).

Diet composition and ecological importance of demersal fishes along the southern and southeastern Brazilian coast have been the subject of many studies (*e.g.*, Vazzoler, 1975, Amaral and Migotto 1980, Soares and Apelbaum 1994, Oliveira and Soares 1996, Velasco *et al.* 1997, Soares *et al.* 1999, Muto *et al.* 2001, Martins *et al.* 2005), but these have focused mainly on shallow-water species. Similar studies on species from the Brazilian outer continental shelf and deep sea are lacking (Haimovici *et al.* 1994; Martins *et al.* 2005; Muto *et al.* 2005; Nascimento 2006).

In contrast to this lack of knowledge, the area exploited by fisheries in Brazil has increased in the last 12 years and the fleet has been modernized, especially the bottom-trawlers that exploit demersal resources between the shelf break and the upper slope (Perez *et al.* 2003; Valentini and Pezzuto 2006; Haimovici *et al.* 2009; Perez *et al.* 2009). Studies on the impacts of bottom-trawling on the trophic web as a whole have shown that organisms from all levels are negatively affected by fisheries that use this method (Coll *et al.* 2008; Velasco *et al.* 2007). The benthic community is heavily impacted by this fishing method, which transforms trawled bottoms into true deserts (Sainsbury *et al.* 1993). Given the lack of information about the Brazilian outer continental shelf ecosystem and the potential for damage caused by the increasing economic interest in it, studies of its species and trophic web are needed.

The present study investigated the feeding ecology of three abundant fish species from the southern and southeastern Brazilian outer continental shelf and upper slope: the deepbody boarfish (*Antigonia capros* Lowe 1843, Perciformes, Caproidae), the silver-rag driftfish (*Ariomma bondi* Fowler 1930, Perciformes, Ariommatidae) and the longbeard grenadier (*Ventrifossa macropogon* Marshall 1973, Gadiformes, Macrouridae). *Antigonia capros* and *Ariomma bondi* are small demersal species; *A. capros* is usually found in schools as deep as 900 m, and *A. bondi* up to 700 m (Figueiredo and Menezes 1980; Cervigon 1993; Haimovici *et al.* 1994; Figueiredo and Menezes 2000; Bernardes *et al.* 2005; Haimovici *et al.* 2008; Froese and Pauly 2012). *Ventrifossa macropogon* is a medium-sized species, belonging to the most abundant deep-sea demersal fish family. This specie can be found on the continental slope at depths from 320 to 1000 m (Cohen *et al.* 1990; Pauly *et al.* 2000; Priede *et al.* 2003; Bernardes *et al.* 2005; Froese and Pauly 2012). With the information obtained in the present study, we expect to better understand the feeding of these species and provide informations for thophic and ecosystem studies on the occurrence areas of all three species.

Materials and methods

Study site

The study was conducted on the outer continental shelf and upper slope of the Southeastern Brazilian Bight (Cergole and Valentini 1994; Bakun 1996). This feature is an arc-shaped recess from Cabo Frio (State of Rio de Janeiro) and Cabo de Santa Marta Grande (State of Santa Catarina). Zemruscki (1979) defined the slope compartmentalization of this area based on its declivity changes, being the outer continental shelf from 100 m isobaths to shelf break (around

200 m depth; figure 1). The outer continental shelf shows a steeper cliff than the remainder shelf. The slope extends from shelf break to 2000 m depth, with a mean gradient of 10-40 m/km (Zembruski *et al* 1972), being the upper slope from the shelf break to 600 m isobaths (Castro *et al.* 2006).

There are temperature and salinity seasonal changes in the superficial water layers off the outer continental shelf. On the other hand, these characteristics are usually stable along the year close to the bottom: around 14°C of temperature and 35,4‰ of salinity (Castro *et al.* 2006). The sea shelf floor north of Santos (23°S 46°W) is mainly sandy, except for the Cabo Frio area where it is composed of gravel and sand. Mud dominates the remaining areas, from the middle continental shelf to the continental slope. Despite the predominance of muddy substrates, patches of sandy mud occur on the shelf break (MMA 2006).

The oceanographic dynamics is dominated by Brazil Current (BC), which has its natural occurrence locus over the slope and the outer continental shelf. Two water masses are transported by BC: the warm and saline Tropical Water (TW) ($T > 20^{\circ}\text{C}$ e $S > 36,4$) in the superficial layer (0-200 m), and the colder South Atlantic Central Water (SACW) in the deeper layer up to 500 m depth ($T < 20^{\circ}\text{C}$ e $S < 36,4$). Despite this stratification, SACW is always present in the deep layer of the outer continental shelf and upper slope (Castro *et al.* 2006).

The study area includes the Economic Exclusive Zone (EEZ) of the Brazilian states of Rio de Janeiro, São Paulo, Paraná and Santa Catarina. The results were grouped into two regions: São Paulo – Rio de Janeiro (SP/RJ) and Paraná – Santa Catarina (PR/SC) (Fig. 1). This partition was based on the Project “Global Recognition of the Brazilian Continental Margin” (REMAC), which mapped the geological features of this region. Climatic, oceanographic and meteorological characteristics also corroborate the distinction between these two areas (Zembruski 1979; MMA 2006; Rossi-Wongtschowski and Madureira 2006).

Sampling and data analysis

The biological material was collected during bottom-trawling surveys using a balloon trawl (439 mesh of 160 mm in the mouth opening, decreasing to 70 mm in the Cod end) at the 100, 150, 200, 300, 400, 500 and 600 m isobaths. In 2001 and 2002, 55 trawls were taken during austral winter/spring (August to October of 2001 and June of 2002). In 2002, other 56 trawls were made during austral summer/fall (between February and April). Each trawl took 30 min, at a speed of two knots, and was performed during daytime, between 06:00 and 18:00 hs.

Fish were identified on board and conserved in 10% formalin. Each specimen was weighed and measured (standard length - SL) and had its stomach removed, tagged, weighed and stored in 10% formalin.

The stomach contents were weighed on an analytical balance. The food items were separated under a stereoscopic microscope, weighed, and identified to the lowest possible taxonomic rank; specialists on each group were consulted when necessary.

The diet composition of each species was analyzed based on the importance of each prey item, using the Kawakami and Vazzoler Feeding Index (FI%) with a weight correction according to the equation:

$$FI_i\% = \frac{Mi\% \times Oi\%}{\sum(Mi\% \times Oi\%)} \times 100$$

where:

$FI_i\%$ = Percentage importance of prey i in the diet of the species,

$M_i\%$ = Prey i weight divided by the total prey weight $\times 100$,

$O_i\%$ = Number of stomachs containing prey i divided by the total number of stomachs analyzed $\times 100$.

The correction was based on the concepts of percentage weight (M%) and frequency of occurrence (O%) of each item, following Berg (1979) and Hyslop (1980). We calculated the FI% for each species by season, area, isobath and size class (intervals of 10 mm SL for *A. capros* and *A. bondi*, and 20 mm for *V. macropogon*).

To compare the diet composition of each species among areas, seasons, size classes and depths, we used cluster analysis (UPGMA) of the FI% with Bray-Curtis coefficient. We considered values lower than 0.4 indicative of high diet-composition overlap, following Muto *et al.* (2005).

As the present study is part of a larger thematic project and the sampling was not planned to identify the species' daily activity, this aspect could not be studied properly. However, because the samples were taken during the entire daylight period at regular intervals, we could observe some indications of the times when feeding activity was more intense. For this analysis, we estimated the prey digestion degree (DD) for each stomach. This parameter was visually defined based on the integrity of the stomach content (DD1 = fresh food to DD3 = digested but still possible to identify, following Soares 1992). For *A. bondi* we defined a fourth degree of prey digestion (DD4), to include stomachs containing food (at least 5% of their volume), but at an advanced level of digestion that did not allow the identification of any prey. We also visually estimated the repletion degree (RD) of each stomach based on the volume occupied by food (RD0 = empty to RD3 = full, following Soares and Apelbaum 1994). We calculated the repletion index (RI%) according to the equation of Carvalho and Soares (2006):

$$RI\% = \frac{\text{Stomach content weight}}{\text{Fish total weight}} \times 100$$

We divided the DD and RD data into four time intervals, including the entire sampling period: 06:00 (from 06:00 to 09:00), 09:00 (from 09:00 to 12:00), 12:00 (from 12:00 to 15:00) and 15:00 (from 15:00 to 18:00). We then calculated the DD and RD frequencies for each interval. We also divided the RIs% into the same intervals and calculated the mean index per interval. Differences in RI% between the intervals were detected by Kruskal-Wallis test, followed by the *a posteriori* Dunn test when we observed significance.

Results

Diet composition and variations related to seasons and areas

We examined 392 specimens of *A. capros*, of which 91% contained some food in their stomachs; 582 of *A. bondi*, 93% with food in their stomachs; and 54 of *V. macropogon*, 51% with food in their stomachs.

We found five prey groups in the stomachs of *A. capros*: crustaceans, cephalopods, gastropods, polychaetes and teleost fishes. Benthic, demersal and pelagic crustaceans were the most consumed items, regardless of area or season, especially young isopods and decapods (mainly carideans and brachyurans, Table 1). Squids were a secondary prey for *A. capros*. Planktonic polychaetes, planktonic gastropod larvae and pelagic and demersal-pelagic fishes were occasional food items for this species (Table 1). *Antigonia capros* consumed fish mainly in SP/RJ during the winter/spring.

The cluster analysis of areas and seasons based on *A. capros* diet composition (Fig. 2) showed that the diet differed between areas (Bray-Curtis = 0.85), but was highly overlapping in SP/RJ through the year (Bray Curtis = 0.2). In PR/SC, some similarity between seasons was apparent, but weakly overlapped (Bray Curtis = 0.42).

Ariomma bondi specimens were found mainly with full or half-full stomachs, but with the contents in an advanced state of digestion (DD4 - impossible to identify). We found incompletely digested food in only 27% (75 specimens) of the stomachs analyzed. The data for DD4 stomach content were used to evaluate the feeding activity, but not the diet composition.

We found five prey groups in the diet composition of *A. bondi*: crustaceans, gastropods, cephalopods, echinoderms and teleost fishes (Table 1). The main prey for this species was crustaceans, especially carideans and *Munida* spp., but the importance of these items changed according to geographic and seasonal factors. In PR/SC, gastropods were virtually the only prey consumed during the winter/spring, when this food item represented more than 99% of the FI%; in contrast, in the summer/fall this percentage was around 40%. *A. bondi* occasionally consumed fish, which usually comprised less than 1% of the FI%, except for the specimens collected during summer/fall in SP/RJ, for which fish comprised around 8% of the total consumed. Cephalopods were only sporadically taken by *A. bondi*, being consumed only during the summer/fall in SP/RJ; similarly, some echinoderms (holothuroids) were found only during the summer/fall in SC/PR (Table 1).

The cluster analysis of areas and seasons based on diet composition (Fig. 2) revealed a clear difference between the two areas (Bray-Curtis = 0.85). Within each area, there was also no overlap between seasons, which was more evident in PR/SC (Bray-Curtis = 0.6) than in SP/RJ (Bray-Curtis = 0.45).

In PR/SC, only three specimens of *V. macropogon* were collected during summer/fall, and none at all during winter/spring. Thus, the results for this species refer mainly to the SP/RJ area. Also, because of this low number of specimens and the irregular distribution of the samples, it was not possible to conduct a cluster analysis to evaluate the influence of regional and seasonal aspects on food consumption.

We observed four prey groups in the diet of *V. macropogon*: crustaceans, teleost fishes, cephalopods and polychaetes (Table 1). This species consumed primarily crustaceans, mainly carideans and *Munida* spp., which together comprised more than 45% of the FI% (Table 1). The consumption of fish was secondary, occurring in SP/RJ, where fish represented about 20% of the total consumption in both seasons (Table 1). *Ventrifossa macropogon* occasionally consumed polychaetes and cephalopods, found only in the stomach contents of individuals collected during winter/spring in SP/RJ (Table 1).

Changes related to specimen size

No differences were found between the size classes of *A. capros*, all of which consumed crustaceans (Table 2). As would be expected, the cluster analysis showed a high diet overlap of all size classes (Bray Curtis = 0.26; Fig. 3).

All size classes of *A. bondi* consumed primarily crustaceans (Table 2). The largest (170-190 mm) and the smallest (100-110 mm) individuals consumed more gastropods than the others, and only specimens larger than 160 mm preyed on teleost fishes (Table 2). Nevertheless, both items (gastropods and fish) comprised no more than 20% of the total FI%. Therefore, the cluster analysis showed high diet overlap between the size classes (Bray-Curtis = 0.38; Fig. 3), with the 100-110 mm class differing the most. Despite this high degree of overlap, two groups could be distinguished, each with a very low Bray-Curtis value: one including the smallest individuals (up to 170 mm, except the 100-110 mm class; Bray-Curtis = 0.13); and the other including the largest individuals (from 170 to 190 mm; Bray-Curtis = 0.07).

Ventrifossa macropogon also consumed mainly crustaceans in all size classes, except for the largest individuals (> 320 mm), which consumed mostly teleost fish (Table 2). This difference was evident in the cluster analysis (Fig. 3), where individuals larger than 320 mm were

separated from the others (Bray-Curtis = 0.82). Individuals up to this size, however, had a highly overlapping diet (Bray-Curtis = 0.22).

Variations related to depth

Antigonia capros consumed mainly crustaceans in all the depths sampled, but the diet of the individuals collected in the greatest depths (300 m and 500 m) was more diversified than the others; these were the only depths in which cephalopods were present in the diet (Table 2). Nevertheless, the cluster analysis showed a high overlap of diets among depths (Bray-Curtis = 0.1; Fig. 4).

Ariomma bondi consumed primarily crustaceans at all depths, but the consumption pattern differed among the depths (Table 2). Fish were consumed at depths equal or greater than 300 m; cephalopods, at depths equal or greater than 400 m; and gastropods, mainly at 400 m, although some consumption was recorded at 150 and 200 m (Table 2). Despite this, the cluster analysis (Fig. 4) showed diet overlap among all analyzed depths (Bray Curtis = 0.4), although the individuals sampled at 400 m were clearly separated from the others, which formed a more closely overlapping group (Bray-Curtis = 0.1).

Since all specimens of *V. macropogon* were collected at the 600-m isobath, it was not possible to evaluate differences in the food consumption over a bathymetric gradient.

Circadian rhythm

During winter/spring, at 12:00, *A. capros* showed high proportions of empty (RD0) or almost-empty (RD1) stomachs and highly digested prey (DD3; Table 3). On the other hand, at 09:00 and 15:00, we recorded the highest proportions of full stomachs (RD3; Table 3) and fresh food (DD1 and DD2; Table 3). Also, fewer specimens were collected at 09:00 than in the other periods.

In summer/fall, no specimen was found with an empty stomach. During this season, the proportion of individuals with almost-full stomachs increased during the day (Table 3). Stomachs with highly digested food (DD3) comprised the majority at 06:00, 09:00 and 12:00 (Table 3). However, around 20% of the food consumed at 12:00 was fresh (DD1), and at 15:00 this proportion was around 80%.

Almost all specimens analyzed had some food in their stomachs, and only around 8% had empty stomachs. The assessed periods showed significantly different mean RIs% ($p < 0.001$; Fig. 5; Table 3). The Dunn test indicated that the periods responsible for this significant difference were 12:00, during the winter/spring ($p < 0.001$), and 12:00 ($p < 0.001$) and 15:00 ($p < 0.01$), during the summer/fall; in these three periods, individuals had fuller stomachs (Fig. 5; Table 3).

During the winter/spring, the fullest stomachs (RD1 and RD2) of *Ariomma bondi* were observed at 06:00 (Table 3), and no RD3 stomach was found. Also in this period, we observed the lowest proportions of highly digested food (DD4) and the only stomachs with nearly fresh food (DD2; Table 3). The mean RIs% were significantly different between the periods ($p = 0.0006$); the 06:00 period was responsible for this difference ($p < 0.05$), when fuller stomachs were found (RI% = 0.54). Also, the average repletion of the stomachs decreased throughout the day (Fig. 5; Table 3).

During the summer/fall, the lowest proportions of empty stomachs (RD0) were found at 06:00 and 09:00 (Table 3). At these same periods, we recorded the highest proportions of full or almost-full stomachs (RD3 and RD2; Table 3) and the only stomachs with almost-fresh food (DD2, Table 3). The mean RIs% were also significantly different between the periods ($p = 0.01$). The 09:00 period, when fuller stomachs were found (RI% = 0.61), was responsible for this difference according to the Dunn test ($p < 0.01$; Fig. 5; Table 3).

Since few specimens of *V. macropogon* were collected during the summer/fall, all data were grouped for the feeding activity analysis. Hence, it was possible to deduce feeding-activity

patterns during the day, but not during the year. The great majority (87%) of the specimens were collected early in the morning (06:00; Table 3), and full stomachs were recorded only in this period (RD3), as well as fresh food (DD1; Table 3).

The mean RIs% were calculated for each period (06:00 - 0.54; 09:00 - 0.18; 15:00 - 0.14; no specimen was found in the 12:00 period). However, as there was a strong asymmetry in the number of individuals sampled in each interval (06:00 – 43 individuals; 09:00 – 2; 12:00 – 0; 15:00 – 5) it was not possible to statistically test for the period when *V. macropogon* is more active.

Discussion

In marine ecosystems, crustaceans are the main prey for many fish in all habitats and trophic levels, and are one of the most important food resources in these ecosystems (Randall 1967; Houreau *et al.* 1998; Zahorcsak *et al.* 2000; Soares and Vazzoler 2001; Lunardon-Branco and Branco 2003; Šantić *et al.* 2005; Soares *et al.* 2008). The species studied here are no exception, and can be classified as carcinophagous. Nevertheless, they differed in some aspects of diet, such as the local where they fed, and the secondary items consumed.

Antigonia capros consumed mainly juveniles of small benthic, demersal and pelagic crustaceans, while *A. bondi* fed mainly on benthic and demersal species as well as *V. macropogon*. Edwards (1990) and Haimovici *et al.* (1994) also observed the crustacean dominance in the diet of *A. capros*, respectively in South Carolina (USA) and southern Brazil. Both papers reported the secondary consumption of other taxa, especially molluscs, including pelagic ones, as also observed in the present study. Therefore, we can define *A. capros* as a carcinophagous demersal-pelagic, *A. bondi* as strictly demersal as well as *V. macropogon*, that is a characteristic of its genera.

Although we observed the *A. capros*' preference for crustaceans, there was no indication of preferred groups. The most abundant crustaceans in the areas studied (Haimovici *et al.* 1994; Amaral and Rossi-Wongtschowski 2004; Nucci *et al.* 2004) were also those that were most consumed by this species. Fock *et al.* (2002) also observed that the relative importance of prey items in the diet of *A. capros* was directly related to their local availability and abundance. According to Gerking (1994), opportunistic species feed on the most available resources. The data indicate that *A. capros* is primarily carcinophagous, but an opportunistic predator within this group of prey.

Gastropods appeared as a secondary food item for *A. bondi*, and were most important in PR/SC during winter/spring. However, it is possible that gastropods are even more important in the diet of *A. bondi*. Some stomach contents of this species were so highly digested that they could not be identified with certainty. This highly digested food was visually very similar to the mollusc muscle structures observed in stomachs with this kind of prey; however, no trace of the presence of gastropods, such as radulas, was found to support this hypothesis. The importance of gastropods may be higher than recorded in the present study, but only properly designed studies, based on regular sampling at short intervals and immediate analysis of gut contents, could answer this question.

The diet composition of *V. macropogon* was relatively homogeneous, composed largely by carideans, *Munida* spp. and *Bregmaceros* sp. It is interesting to note that *Bregmaceros* sp. was a very important food item, and also *Munida* spp., when present, had a high FI%. Members of both genera are scavengers and are expected to occur in patches, attracted to animal carcasses (Cartes 1993; Smith *et al.* 1997; Jones *et al.* 1998; Hudson and Wigham 2003; Priede *et al.* 2003; Romero *et al.* 2004). Thus, the food choice of *V. macropogon* could be related to the occurrence of such patches. However, as only a small sample was available for this study, and it did not

include the entire depth range of the species, more-detailed studies are necessary to better explore this issue.

The low numbers of *V. macropogon* in the southern part of the study area are probably a consequence of its distribution off the central and southeastern Brazilian waters (Haimovici and Klippel 1999) and PR/SC is likely out of its range. Also, although some investigators have reported the species as usually occurring between 500 and 600 m (Cohen *et al.* 1990; Bernardes *et al.* 2005; Froese and Pauly 2012), according to Costa *et al.* (2007), *V. macropogon* occurs between 600 and 1000 m, *i.e.*, beyond the sampling depths used here. This information matches our observations, since *V. macropogon* was collected only at 600 m in the present study, and this may explain the small number of specimens caught.

The first split in the cluster analyses of *A. capros* and *A. bondi* separates the areas, SP/RJ and PR/SC, with no overlap for the species (Fig. 2). Then, within each area, there may be or not an overlap between seasons. This means that area is a more important factor than season for the differences observed in the diets of these two species. The differences in diet composition between the areas are probably more closely related to the local prey availability and abundance, which differ between these two areas (Haimovici *et al.* 1994; Amaral and Rossi-Wongtschowski 2004; Nucci *et al.* 2004), than to any other factor. Similar behavior was observed by Piedras and Pouey (2005) for *Odontesthes bonariensis* in Rio Grande do Sul, southern Brazil, and by Nakahane *et al.* (2011) for sandy-beach fishes in Fukiagehama, Japan.

Virtually no differences were observed in diet composition between size classes for the three species. Only the largest individuals (>320 mm) of *V. macropogon* had a different diet from the other classes, feeding more on fish than on crustaceans. Nevertheless, larger individuals of *A. capros*, *A. bondi* and *V. macropogon* did consume fewer, larger prey than the smaller individuals, which consumed mainly large numbers of smaller prey. This was not reflected in the cluster analyses because the analysis was done using the FI%, which is based on frequency and weight,

not on the number of prey. The pattern here observed is similar to most feeding patterns reported for fish. Usually, individuals show changes in diet throughout their life (McCormick 1998), with juveniles feeding on small, mainly planktonic species and adults on larger prey (*e.g.*, Randall 1967; Stergiou and Fourtouni 1991; Clements and Choat 1993; McCormick 1998; Mittelbach and Persson 1998; Scharf *et al.* 2000; Nakane *et al.* 2011). This pattern has been recorded for many species from different families, from reefs, coastal and oceanic habitats, for both tropical and temperate zones (Randall 1967; MacPherson 1983; Mitchell 1984; Stoner and Livingston 1984; Clements and Choat 1993; Carvalho and Soares 2006; Nascimento 2006).

The shift to larger prey during growth serves to maintain the efficiency of energy intake, maximizing profit and minimizing costs (Townsend and Winfield 1985). This profitability is mainly related to sexual maturity, because reproductive activity requires more energy and nutrients (McCormick 1998). Also, consumption of larger prey (usually fish) by larger individuals may be associated with the greater difficulty in catching them, since they are faster and stronger than smaller prey (usually benthic invertebrates). Several studies have shown that only expert individuals are able to consume prey that require greater agility to capture (*e.g.*, Werner 1974; Sazima and Martins 1990; McCormick 1998). According to Townsend and Winfield (1985), only the adults are able to overcome limitations of prey manipulation and deal effectively with large prey. Also, jaw development can influence the food choice (Hernandez and Motta 1997; McCormick 1998). Sherwood *et al.* (2002) observed that, for fishes that shift their diet as they grow, larger individuals have higher concentrations of muscle lactate, which means that they are better able to perform blast attacks on prey. The relationship of better swimming capability and blast attacks on prey allows adults to capture more-agile prey compared to juveniles. This same relationship can explain the juveniles' relatively high consumption of benthic molluscs, since these are slow and easy to capture.

The individuals of *A. capros* and *A. bondi* collected on the upper slope mainly at 300, 400 and 500 m isobaths, fed differently from the others, although this was not reflected in the cluster analyses. These individuals consumed a wider variety of food, including cephalopods and fish. Fock *et al.* (2002) observed a higher diversity of prey in the diet of *A. capros* around the shelf break. These authors also observed, similarly to this study and that of Haimovici *et al.* (2008), higher abundance of *A. capros* near this region, although the species occurs from the outer continental shelf to the upper slope. It is possible that *A. capros* prefers to use the shelf-break nearby region to feed and therefore uses all available food resources in this area.

Changes in diet composition of individuals of a single species distributed on the continental shelf and slope according to where they are feeding are reported elsewhere (*e.g.*, Muto *et al.* 2005; Cartes *et al.* 2009). Fock *et al.* (2002) observed that both *A. capros* and *Capros aper* undergo changes in diet composition, particularly with respect to the proportion of food consumption in each area: shelf, shelf break and upper slope. These changes may be related to the regular changes in the community with increasing depth and changes in the oceanographic dynamics of these areas. We believe that the diet diversification observed for *A. capros* and *A. bondi* is probably related to the habitat that the fish are using and the local abundance of prey.

For most fishes, the amount and type of food consumed vary throughout the day (Wootton 1990). This variation reflects the occurrence of biochemical, physiological and behavioral events at regular intervals, in combination with environmental factors (Cipolla-Neto *et al.* 1988; Rotemberg *et al.* 1997).

The majority of *A. capros* individuals had stomachs full of almost completely digested food throughout the day. Pucci (2004) observed a similar pattern for *Lophius gastrophysus* off southeastern Brazil. This does not mean that the species is constantly feeding, but it may be a result, according to Jenkins and Green (1977), of a low stomach evacuation rate. We found that the stomachs were fuller and with fresher food in the afternoon, a pattern also observed for

Zenopsis conchifera (Zidowitz *et al.* 2002), indicating that *A. capros* might be more active between 12:00 and 15:00. For *A. bondi*, specimens with fuller stomachs and fresher food were observed in the morning. These results may indicate a more intense feeding activity between dawn and early morning, although it is not possible to totally exclude some night activity. Hobson (1972) discussed the difficulty of defining the time of transition from night to morning, when classifying a fish as diurnal or nocturnal, as many nocturnal fishes remain active until several hours after sunrise; these differences may be related to the phase of the moon. As *V. macropogon* has not been identified in pelagic acoustic records (Soares *et al.* 2005), it does not migrate in the water column, and the period when it is most abundant must represent the period when it is most active, searching for food. Since most individuals of *V. macropogon* were collected at 06:00, and also in this period the specimens had fuller stomachs with fresher contents, we can assume that it is most active in early morning.

The consumption of crustaceans, mostly decapods, by *A. capros* in all assessed periods shows, in contrast to the discussion by Fock *et al.* (2002), that this kind of food was consumed intensively throughout the day. The same was true for cephalopods, which were similarly consumed in all the periods.

Fish circadian rhythms may be associated with several variables such as light, temperature, salinity and prey availability (Neilson and Perry 1990; Marques *et al.* 1997). Light is usually indicated as the most important (Afeche 1988; Boujard and Leatherland 1992). According to Boujard and Leatherland (1992), when there is no food limitation and the species lives in the photic zone, usually the feeding activity is influenced by the light/dark cycle. As *A. capros* lives mainly between 100 and 300 m (Haimovici *et al.* 2008) and *A. bondi* between 100 and 200 m, the light/dark cycle might influence the period in which they feed. On the other hand, as *V. macropogon* lives beyond the photic zone, other factors must affect its feeding cycle.

Over the last few decades, fish circadian rhythmicity has been the subject of several studies (e.g., Neilson and Perry 1990; Boujard and Leatherland 1992; Soares 1992; Soares and Apelbaum 1994; Sanchez-Vázquez *et al.* 1995; Watanabe *et al.* 1999; Soares and Vazzoler 2001; Pucci 2004; Carpentieri *et al.* 2006; Carvalho and Soares 2006; Nascimento 2006). In these studies, researchers infer the period of greatest feeding activity by indirect methods, such as the degree of repletion and degree of digestion of food at the time of capture. Although we used these same estimators, the sampling for the present study was not designed for the purpose of analyzing the circadian cycle (Durbin *et al.* 1983; Soares and Apelbaum 1994; Soares and Vazzoler 2001; Carpentieri *et al.* 2006; Carvalho and Soares 2006). Hence, the results shown here must be considered with care, although they cannot be totally dismissed. More-accurate information can be obtained by appropriately designed studies, with sampling at regular intervals of 3 or 4 hours over a 24-hour period.

Thus, it is possible to understand how many the invertebrates, mainly the demersal and benthic ones, are important to maintain the population of these species. So, changes in the local availability of invertebrates imply in changes in the main resource consumed by these species. This plasticity in the food consumption of all tree species can confer a high resilience to their population as observed by Nascimento *et al.* (in press). On the other hand, due to its high dependence to the benthic and demersal invertebrate community, activities that systematically remove large amount of these organisms from the ecosystem, as it is often the case of bottom trawling, can give a large negative impact on all three species. Therefore, we suggest the recommendations by the fisheries policies for trawling fleet about the intensity of this activity in an area, the maximum sustainability of species, and environmental carrying capacity, are strictly followed and monitored. In addition, it is necessary that investments are made for fitting equipment for trawling less harmful to the non-target demersal and benthic community.

References

- Afeche SC (1988) Conceitos fundamentais da ritmicidade biológica. In: Cipolla-Neto J, Marques N, Menna-Barreto LS (eds) Introdução ao Estudo da Cronobiologia. Ícone, São Paulo, pp 34-50.
- Amaral ACZ, Migotto AE (1980) Importância dos anelídeos poliquetas na alimentação da macrofauna demersal e epibentônica da Região de Ubatuba. Bolm Inst Oceanogr, São Paulo, São Paulo 29: 31-35.
- Amaral ACZ, Rossi-Wongtschowski CLDB (2004) Biodiversidade Bentônica da Região Sudeste-Sul do Brasil - Plataforma Externa e Talude Superior. Série documentos REVIZEE, Instituto Oceanográfico - USP, São Paulo.
- Bakun A (1996) Patterns in the Ocean: Ocean Process and Marine Population Dynamics. La Jolla, California Sea Grant College System, University of California.
- Berg J (1979) Discussion of methods of investigating the food of fishes, with reference to a preliminary study of the prey of *Gobiusculus flavescens* (Gobiidae). Mar Biol 50: 263-273.
- Bernardes RA, Figueiredo JL, Rodrigues AR, Fisher LG, Vooren CM, Haimovici M, Rossi-Wongtschowski CLDB (2005) Peixes da Zona Econômica Exclusiva da Região Sudeste - Sul do Brasil. Editora da Universidade de São Paulo, São Paulo.
- Boujard T, Leatherland JF (1992) Circadian rhythms and feeding time in fishes. Environ Biol Fish 35: 109-131.
- Carpentieri P, Colloca F, Belluscio A, Criscoli A, Ardizzone DD (2006) Diel feeding periodicity and daily ration of shelf break fish species. J Mar Biol Assoc UK 86: 853-860.
- Cartes JE (1993) Diets of two deep-sea decapods: *Nematocarcinus exilis* (Caridea: Nematocarcinidae) and *Munida tenuimana* (Anomura: Galatheididae) on the Western Mediterranean slope. Ophelia 37: 213-229.
- Cartes JE, Hidalgo M, Papiol V, Massuti E, Moranta J (2009) Changes in the diet and feeding of the hake *Merluccius merluccius* at the shelf-break of the Balearic Islands: Influence of the mesopelagic-boundary community. Deep-Sea Res Part I-Oceanogr Res Pap 56: 344-365.
- Carvalho MR, Soares LSH (2006) Diel feeding pattern and diet of rough scad *Trachurus lathami* Nichols, 1920 (Carangidae) from the Southwestern Atlantic. Neotrop Ichthyol 4: 419-426.
- Castro BM, Lorenzzetti JA, Silveira ICA, Miranda LB (2006) Estrutura termohalina e circulação na região entre Cabo de São Tomé (RJ) e o Chuí (RS). In: Rossi-Wongtschowski CLDB, Madureira LS-P (eds) O Ambiente Oceanográfico da Plataforma Continental e do Talude da Região Sudeste-Sul do Brasil. Editora da Universidade de São Paulo, São Paulo, pp 11-120.
- Cergole MC, Valentini H (1994) Growth and mortality estimates of *Sardinella brasiliensis* in the southeastern Brazilian bight. Braz J Oceanogr 42: 113-127.
- Cervigon F (1993) Los Peces Marinos de Venezuela. Fundación Científica Los Roques, Caracas.
- Christensen V (1998), Fishery-induced changes in a marine ecosystem: insights from the Gulf of Thailand. J Fish Biol 53: 128-142.
- Christensen V, Pauly D (2004), Placing fisheries in their ecosystem context, an introduction. Ecol Model 172: 103-107.
- Cipolla-Neto J, Marques N, Menna-Barreto LS (1988) Introdução ao Estudo da Cronobiologia. Ícone, São Paulo.
- Clements KD, Choat JH (1993) Influence of season, ontogeny and tide on the diet of the temperate marine herbivorous fish *Odax pullus* (Odacidae). Mar Biol 117: 213-220.
- Cohen DM, Inada T, Tomio I, Nadia S (1990) Fao species catalogue. Vol 10. Gadiform fishes of the world (Order Gadiformes). An annotated and illustrated catalogue of cods, hakes, grenadiers and other gadiform fishes known to date. FAO - Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome.

- Coll M, Bahamon N, Sarda F, Palomera I, Tudela S, Suuronen P (2008) Improved trawl selectivity: effects on the ecosystem in the South Catalan Sea (NW Mediterranean). *Mar Ecol Prog Ser* 355: 131-147.
- Costa PAS, Braga AC, Melo MRS, Nunan GWA, Martins AS, Olavo G (2007) Assembléias de teleósteos demersais no talude da costa central Brasileira. In: Costa PAS, Olavo G, Martins AS (eds) Biodiversidade da Fauna Marinha Profunda na Costa Central Brasileira. Série Livros n 24, Museu Nacional, Rio de Janeiro, pp 87-107.
- Durbin EG, Durbin AG, Langton RW, Bowman RE (1983) Stomach contents of silver hake, *Merluccius bilinearis*, and Atlantic cod, *Gadus morhua*, and estimations of their daily rations. *Fish Bull* 81: 437-454.
- Edwards A (1990) Fish and fisheries of Saint Helena Island. University of Newcastle upon Tyne, London.
- Figueiredo JL, Menezes NA (1980) Manual de Peixes Marinhos do Sudeste do Brasil. V. III. (Teleostei 2). Museu de Zoologia - USP, São Paulo.
- Figueiredo JL, Menezes NA (2000) Manual de Peixes Marinhos do Sudeste do Brasil VI. Teleostei (5). Museu de Zoologia - USP, São Paulo.
- Fock HO, Matthiessen B, Zidowitz H, Westernhagen Hv (2002) Diel and habitat-dependent resource utilisation by deep-sea fishes at the Great Meteor seamount: niche overlap and support for the sound scattering layer interception hypothesis. *Mar Ecol Prog Ser* 244: 219-233.
- Froese R, Pauly D (2012) FishBase. World Wide Web electronic publication.
- Gasalla MA, Soares LSH (2001) Comentários sobre os estudos tróficos de peixes marinhos no processo histórico da ciência pesqueira e modelagem ecológica. *B Inst Pesca* 27: 243-259
- Gerking SD (1994) Feeding Ecology of Fish. Academic Press, Inc., San Diego.
- Haimovici M, Fischer LG, Rossi-Wongtschowski C, Bernardes RA, Santos RA (2009) Biomass and fishing potential yield of demersal resources from the outer shelf and upper slope of southern Brazil. *Lat Am J Aquat Res* 37: 395-408.
- Haimovici M, Klippel S (1999) Diagnóstico da biodiversidade dos peixes teleósteos demersais marinhos e estuarinos do Brasil. In: PRONABIO (ed). PRONABIO, Rio Grande, pp 68.
- Haimovici M, Martins AS, Figueiredo JL, Vieira PC (1994) Demersal bony fish of the outer shelf and upper slope of the Southern Brazil Subtropical Convergence ecosystem. *Mar Ecol Prog Ser* 108: 59-77.
- Haimovici M, Rossi-Wongtschowski CLDB, Bernardes RA, Fischer LG, Vooren CM, Santos RA, Rodrigues AR, Santos S (2008) Prospecção Pesqueira de Espécies Demersais com Rede de Arrasto-de-Fundo na Região Sudeste-Sul do Brasil. Série documentos REVIZEE, Instituto Oceanográfico - USP, São Paulo.
- Hernandez LPH, Motta PJ (1997) Trophic consequences of differential performance: ontogeny of oral jaw-crushing performance in the sheepshead, *Archosargus probatocephalus* (Teleostei, Sparidae). *J Zool* 243: 737-756.
- Hobson ES (1972) Activity of Hawaiian reef fishes during the evening and morning transitions between daylight and darkness. *Fish Bull* 70: 715-740.
- Houreau V, Cerdan P, Champeau A, Richard S (1998) Importance of aquatic invertebrates in the diet of rapid-dwelling fish in the Sinnamary River, French Guiana. *J Trop Ecol* 14: 851-864.
- Hudson IR, Wigham BD (2003) In situ observations of predatory feeding behaviour of the galatheid squat lobster *Munida sarsi* using a remotely operated vehicle. *J Mar Biol Assoc UK* 83: 463-464.
- Hyslop EJ (1980) Stomach contents analysis - a review of methods and their application. *J Fish Biol* 17: 411-429.
- Jenkins BW, Green JM (1977) A critique of field methodology for determining fish feeding periodicity. *Environ Biol Fish* 1: 209-214.
- Jones EG, Collins MA, Bagley PM, Addison S, Priede IG (1998) The fate of cetacean carcasses in the deep sea: observations on consumption rates and succession of scavenging species in the abyssal north-east Atlantic Ocean. *P Roy Soc Lond B Bio* 265: 1119-1127.

- Kawakami E, Vazzoler G (1980) Método gráfico e estimativa de índice alimentar aplicado no estudo de alimentação de peixes. Bolm Inst Oceanogr, São Paulo 29: 205-207.
- Lunardon-Branco MJ, Branco JO (2003) Alimentação natural de *Etropus crossotus* Jordan & Gilbert (Teleostei, Pleuronectiformes, Paralichthyidae), na Armação do Itapocoroy, Penha, Santa Catarina, Brasil. Rev Bras Zool 20: 631-635.
- MacPherson E (1983) Feeding pattern of the kingklip (*Genypterus capensis*) and its effect on the hake (*Merluccius capensis*) resource off the coast of Namibia. Mar Biol 78: 105-112.
- Marques MD, Golonbeck D, Moreno C (1997) Adaptação temporal. In: Marques N, Menna-Barreto L (eds) Cronobiologia: Princípios e aplicações. Editora da Universidade de São Paulo, São Paulo, pp 45-84.
- Martins AS, Haimovici M, Palacios R (2005) Diet and feeding of the cutlassfish *Trichiurus lepturus* in the Subtropical Convergence Ecosystem of Southern Brazil. J Mar Biol Assoc UK 85: 1223-1229.
- McCormick MI (1998) Ontogeny of diet shifts by a microcarnivorous fish, *Cheilodactylus spectabilis*: relationship between feeding mechanics, microhabitat selection and growth. Mar Biol 132: 9-20.
- Mitchell SJ (1984) Feeding of ling *Genypterus blacodes* (Bloch & Schneider) from 4 New Zealand offshore fishing grounds. New Zeal J Mar Fresh 18: 265 – 274.
- Mittelbach GG, Persson L (1998) The ontogeny of piscivory and its ecological consequences. Can J Fish Aquat Sci 55: 1454-1465.
- MMA - (2006) Programa REVIZEE: Avaliação do Potencial Sustentável de Recursos Vivos na Zona Econômica Exclusiva: Relatório Executivo/MMA, Secretaria de Qualidade Ambiental, Brasília.
- Muto EY, Soares LSH, Goitein R (2001) Food resource utilization of the skates *Rioraja agassizii* (Müller & Henle, 1841) and *Psammobatis extenta* (Garman, 1913) on the continental shelf off Ubatuba, South-eastern Brazil. Rev Brasil Biol 61: 217-238
- Muto YE, Silva MHC, Vera GR, Leite SSM, Navarro DG, Rossi-Wongtschowski CLDB (2005) Alimentação e Relações Tróficas de Peixes Demersais da Plataforma Continental Externa e Talude Tuperior da Região Sudeste e Sul do Brasil. Série documentos REVIZEE, Instituto Oceanográfico - USP, São Paulo.
- Nakane Y, Suda Y, Sano M (2011) Food habits of fishes on an exposed sandy beach at Fukiagehama, South-West Kyushu Island, Japan. Helgoland Mar Res 65: 123-13.
- Nascimento MC (2006) Alimentação de peixes na plataforma continental externa e talude superior da região Sudeste-Sul do Brasil. MSc Thesis. Universidade Estadual Paulista, Rio Claro.
- Nascimento MC, Velasco G, Okey TA, Christensen V, Amaral ACZ (In press) Trophic model of the outer continental shelf and upper slope demersal community of the Southeastern Brazilian Bight. Sci Mar.
- Neilson JD, Perry RI (1990) Diel vertical migrations of marine fishes: an obligate or facultative process? In: Blaxter JHS, Southward AJ (eds) Advances in Marine Biology. Academic Press, St. Andrews, pp 115-168.
- Norbis W, Galli O (2004) Hábitos de alimentación del lenguado *Paralichthys orbignyanus* (Valenciennes, 1842) en una laguna costera somera del Atlântico sur: Rocha Uruguay. Cienc Mar 30: 619-626.
- Nucci PR, Melo GAS, Melo-filho GAS, Campos-junior O (2004) Classe Malacostraca Ordens Decapoda e Stomatopoda. In: Amaral ACZ, Rossi-Wongtschowski CLDB (eds) Biodiversidade bentônica da região Sudeste-Sul do Brasil - plataforma externa e talude superior. Série documentos REVIZEE, Instituto Oceanográfico - USP, São Paulo pp 136-140.
- Oliveira I, Soares LSH (1996) Alimentação da Tainha *Mugil platanus* Gunther, 1880 (Pisces: Mugilidae) da região estuarina de Cananéia, São Paulo, Brasil. B Inst Pesca 23: 95-104.
- Pauly D, Christensen V (2002) Ecosystem models. In: Hart PJB, Reynolds JD (eds) Handbook of Fish Biology and Fisheries. Blackwell Science LTD, London.
- Pauly D, Christensen V, Froese R, Palomares ML (2000) Fishing down aquatic food webs. Am Sci 88: 46-51
- Perez JAA, Pezzuto PR, Wahrlich R, Soares ALD (2009) Deep-water fisheries in Brazil: history, status and perspectives. Lat Am J Aquat Res 37: 513-541.

- Perez JAA, Wahrlich R, Pezzuto PR, Schwingel PR, Lopes FRA, Rodrigues-Ribeiro M (2003) Deep-sea fishery off Southern Brazil: recent trends of the Brazilian fishing industry. *J Northwest Atl Fish Sci* 31: 1-18.
- Piedras SRN, Pouey JLOF (2005) Alimentação do peixe-rei (*Odontesthes bonariensis*, Atherinopsidae) nas lagoas Mirim e Mangueira, Rio Grande do Sul, Brasil. *Iheringia, Sér Zool* 95: 117-120.
- Priede IG, Deary AR, Bailey DM, Smith KL (2003) Low activity and seasonal change in population size structure of grenadiers in the oligotrophic abyssal central North Pacific Ocean. *J Fish Biol* 63: 187-196.
- Pucci MCJ (2004) Dieta e partilha alimentar de seis espécies de peixes piscívoros da plataforma continental sudeste do Brasil. MSc Thesis. Universidade de São Paulo, São Paulo.
- Randall JE (1967) Food habits of reef fishes of the West Indies. *Stud Trop Oceanogr* 5: 665-847.
- Romero MC, Lovrich GA, Tapella F, Thatje S (2004) Feeding ecology of the crab *Munida subrugosa* (Decapoda: Anomura: Galatheidae) in the Beagle Channel, Argentina. *J Mar Biol Assoc UK* 84: 359-365.
- Rossi-Wongtschowski CLDB, Madureira LS-P (2006) O Ambiente Oceanográfico da Plataforma Continental e no Talude na Região Sudeste-Sul do Brasil. Editora da Universidade de São Paulo, São Paulo.
- Rotemberg L, Marques N, Menna-Barreto LS (1997) Desenvolvimento da Cronobiologia. In: Marques N, Menna-Barreto LS (eds) *Cronobiologia: Princípios e Aplicações*. Editora da Universidade de São Paulo, São Paulo, pp 22-44.
- Sainsbury KJ, Campbell RA, Whitelaw AW (1993) Effects of trawling on the marine habitat on the North West shelf of Australia and implications for sustainable fisheries management. *Bureau of Resource Sciences Proceedings* pp. 137-145. In Hancock DA (ed). *Sustainable fisheries through sustaining fish habitat*. Australian Society for Fish Biology workshop. Australian Government Publishing Service, Canberra.
- Sanchez-Vázquez FJ, Madrid JA, Zamora S (1995) Circadian rhythms of feeding activity in sea bass, *Dicentrarchus labrax* L.: dual phasing capacity of diel demand-feeding pattern. *J Biol Rhythms* 10: 256-266.
- Šantić M, Jardas I, Pallaoro A (2005) Feeding habits of horse mackerel, *Trachurus trachurus* (Linnaeus, 1758), from the central Adriatic. *Sea J Appl Ichthyol* 21: 125-130.
- Sazima I, Martins M (1990) Presas grandes e serpentes jovens: quando os olhos são maiores que a boca. *Mem Inst Butantan* 52: 73-79.
- Scharf FS, Juanes F, Rountree RA (2000) Predator size-prey size relationships of marine fish predators: interspecific variation and effects of ontogeny and body size on trophic-niche breadth. *Mar Ecol Prog Ser* 208: 229-248.
- Sherwood DD, Pazzia I, Moeser A, Hontela A, Rasmussen JB (2002) Shifting gears: enzymatic evidence for the energetic advantage of switching diet in wild-living fish. *Can J Fish Aquat Sci* 59: 229-241.
- Smith A, Priede IG, Bagley PM, Addison SW (1997) Interception and dispersal of artificial food falls by scavenging fishes in the abyssal Northeast Atlantic: early-season observations prior to annual deposition of phytodetritus. *Mar Biol* 128: 329-336.
- Soares CF, Madureira LSP, Habiaga RP, Laurinho LD, Ferreira CS, Weigert SC (2005) Caracterização dos ecotipos detectados durante os cruzeiros de prospecção pesqueira acústica entre Cabo de São Tomé (RJ) e Chuí (RS). In: Madureira LSP, Rossi-Wongtschowski CLDB (eds) *Prospecção de Recursos Pesqueiros Pelágicos na Zona Econômica Exclusiva da Região Sudeste-Sul do Brasil: Hidroacústica e Biomassas*. Série documentos REVIZEE, Instituto Oceanográfico - USP, São Paulo, pp 17-61.
- Soares LSH (1992) Alimentação de espécies de peixes demersais ao longo do ciclo diário no litoral de Ubatuba, São Paulo: alimento, atividade alimentar e consumo. PhD thesis. Universidade de São Paulo, São Paulo.

- Soares LSH, Apelbaum R (1994) Atividade alimentar diária da cabrinha *Prionotus punctatus* (Teleostei: Triglidae) do litoral de Ubatuba, Brasil. *Braz J Oceanogr* 42: 85-98
- Soares LSH, Muto EY, Gasparro MR, Rossi-Wongtschowski CLDB (2008) Organização trófica dos peixes. In: Pires-Vanin AMS (ed) *Oceanografia de um Ecossistema Subtropical: Plataforma de São Sebastião/SP*. Editora da Universidade de São Paulo, São Paulo, pp 405-425.
- Soares LSH, Vazzoler AEAM (2001) Diel changes in food and feeding activity of sciaenid fishes from the South-Western Atlantic Brazil. *Rev Brasil Biol* 61: 197-216.
- Soares LSH, Vazzoler AEAM, Correa AR (1999) Diel feeding chronology of the skate raja *Agassizii* (Müller & Henle) (Pisces, Elasmobranchii) on the continental shelf of Ubatuba, Southeastern Brazil. *Rev Bras Zool* 16: 201-212.
- Stergiou KI, Fourtouni H (1991) Food habits, ontogenetic diet shift and selectivity in *Zeus faber* Linnaeus, 1758. *J Fish Biol* 39: 589-603.
- Stoner AW, Livingston RJ (1984) Ontogenetic patterns in diet and feeding morphology in sympatric sparid fishes from seagrass meadows. *Copeia* 1984: 174-187.
- Townsend CR, Winfield IJ (1985) The application of optimal foraging theory to feeding behaviour in fish. In: Tyler P, Calow P (eds) *Fish Energetics: New Perspectives*. Croom Helm Ltd., London, pp 67-97.
- Valentini H, Pezzuto PR (2006) Análise das Principais Pescarias Comerciais da Região Sudeste-Sul do Brasil com Base na Produção Controlada 1986-2004. Série documentos REVIZEE, Instituto Oceanográfico - USP, São Paulo.
- Vazzoler G (1975) Distribuição da fauna de peixes demersais e ecologia dos Sciaenidae da plataforma continental brasileira, entre as latitudes 29°21'S (Tôrres) e 33°41'S (Chuí). *Bolm Inst Oceanogr*, São Paulo 24: 85-169.
- Velasco G, Araújo JN, Castello JP, Oddone MC (2007) Exploring MSY strategies for elasmobranchs in an ecosystem perspective. *PanamJAS* 2: 163-178.
- Velasco G, Santos RA, Goberna E (1997) Observaciones sobre la alimentación del rouget (*Helicolenus lahillei*, Norman 1937) en el frente marítimo del Rio de la Plata. *Atlântica* 19: 197-202.
- Velasco G, Castello JP (2005) Preliminary ecotrophic model of southern Brazil continental shelf and fisheries scenarios for *Engraulis anchoita* (Pisces, Engraulidae). *Atlântica* 27: 59-68.
- Watanabe H, Moku M, Kawaguchi K, Ishimaru K, Ohno A (1999) Diel vertical migration of myctophid fishes (Family Myctophidae) in the transitional waters of the western North Pacific. *Fish Oceanogr* 8: 115-127.
- Werner EE (1974) The fish size, prey size, handling time relation in several sunfishes and some implications. *J Fish Res Board Can* 31: 1531-1536.
- Wootton RJ (1990) *Ecology of Teleost Fishes*. Chapman & Hall, London.
- Zahorcsak P, Silvano RAM, Sazima I (2000) Feeding biology of a guild of benthivorous fishes in a sandy shore on south-eastern Brazilian coast. *Rev Brasil Biol* 60: 511-518.
- Zembruski SG (1979) Geomorfologia da margem continental sul-brasileira e das bacias oceânicas adjacentes. In: Chaves HAF (ed) *Relatório final do projeto REMAC*. In: *Geomorfologia da Margem Continental Brasileira e das Áreas Adjacentes*. Rio de Janeiro: Petrobrás-CENPES-DINTEP. Série Projeto REMAC, 7: pp 129-177.
- Zembruski SG, Barreto HT, Palma JCE, Miliman JD (1972) Estudo preliminar das províncias geomorfológicas da margem continental brasileira. In: *Congresso Brasileiro de Geologia, XXVI, 1972, Belém*. Anais. Belém, pp 187-209.
- Zidowitz H, Fock HO, Westernhagen Hv (2002) The role of *Zenopsis* spp. as a predator in seamount and shelf habitats. *ICES CM* 28: 1-22.

Table 1: Feeding index (FI%) of food items of *Antigonia capros*, *Ariomma bondi* and *Ventrifossa macropogon* during one year and in two geographical areas (SP/RJ = São Paulo and Rio de Janeiro, PR/SC = Paraná and Santa Catarina). ND = not determined.

Food items	<i>Antigonia capros</i>				<i>Ariomma bondi</i>				<i>Ventrifossa macropogon</i>			
	winter/spring		summer/fall		winter/spring		summer/fall		winter/spring		summer/fall	
	SP/RJ	PR/SC	SP/RJ	PR/SC	SP/RJ	PR/SC	SP/RJ	PR/SC	SP/RJ	PR/SC	SP/RJ	PR/SC
Alciopidae (ND)	<1	1	<1	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Lopadorhynchidae (ND)	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Polychaeta ND	-	-	-	-	-	-	-	-	<1	-	-	-
<i>Cymatium parthenopeum</i>	<1	<1	<1	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Bursa</i> sp.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Tonna galea</i>	<1	<1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Neogastropoda (ND)	-	<1	-	-	-	100	-	39	-	-	-	-
Teuthida (ND)	<1	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Oegopsina (ND)	<1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Decabrachia (ND)	1	3	-	20	-	-	-	-	-	-	-	-
Cephalopoda (ND)	-	-	-	-	-	-	1	-	<1	-	-	-
<i>Squilla</i> sp.	-	-	<1	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Stomatopoda (ND)	1	1	-	-	<1	-	-	1	-	-	-	-
<i>Sicyonia</i> sp.	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Acetes</i> sp.	<1	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Dendrobranchiata (ND)	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-
<i>Alpheus</i> sp.	<1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Caridea (ND)	71	4	70	1	86	-	40	6	43	-	15	53
Astacidea (ND)	-	-	<1	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Thalassinidae	<1	<1	<1	<1	-	-	2	2	<1	-	8	-
<i>Munida</i> spp.	<1	-	<1	<1	3	-	25	5	2	-	54	-
Paguridae	<1	-	<1	1	-	-	-	-	-	-	-	-
Megalopa	<1	<1	16	-	-	-	1	-	-	-	-	-
Brachyura post Larvae	<1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Leucosiidae	-	-	<1	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Pinnixa</i> sp.	<1	-	<1	-	-	-	-	-	<1	-	-	-
Pinnotheridae (ND)	-	-	-	-	-	-	3	-	-	-	-	-
<i>Palicus</i> sp.	<1	-	<1	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Brachyura (ND)	<1	-	<1	-	1	-	1	-	7	-	-	-
Scyllaridae ND	-	-	-	-	-	-	-	-	<1	-	-	-
Cumacea (ND)	<1	-	<1	-	-	-	-	-	<1	-	-	-
Amphipoda ND	-	-	-	-	-	-	-	-	<1	-	-	-
Tanaidacea (ND)	<1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Isopoda (ND)	25	4	6	31	1	-	1	2	5	-	3	2
Copepoda (ND)	-	-	3	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Crustacea (ND)	1	86	1	47	9	-	18	44	21	-	1	45
Holothuroidea (ND)	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-
<i>Maurolicus stehmanni</i>	<1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Trichiuridae	<1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Bregmaceros</i> sp.	-	-	-	-	-	-	-	-	20	-	19	-
Teleostei (ND)	<1	-	<1	-	<1	<1	8	-	-	-	-	-
Sample size	193	55	90	20	29	4	25	17	38	-	9	3

Table 2: Feeding index (FI%) for *Antigonía capros*, *Ariomma bondi*, and *Ventrifossa macropogon* considering seasons, geographical area, depth and size classes of specimens. SP/RJ – São Paulo and Rio de Janeiro, PR/SC = Paraná and Santa Catarina.

[illegible]

Table 3: Repletion indexes, repletion-degree frequencies and digestion-degree frequencies during the day for *Antigonia capros*, *Ariomma bondi*, and *Ventrifossa Macropogon*. Repletion degrees: RD0 = empty to RD3 = full; digestion degrees: DD1 = fresh to DD4 = highly digested, impossible to identify.

		<i>Antigonia capros</i>								<i>Ariomma bondi</i>								<i>Ventrifossa macropogon</i>			
		winter/spring				summer/fall				winter/spring				summer/fall							
		06:00	09:00	12:00	15:00	06:00	09:00	12:00	15:00	06:00	09:00	12:00	15:00	06:00	09:00	12:00	15:00	06:00	09:00	12:00	15:00
Repletion index	RI%	0.32	0.39	0.26	0.49	0.33	0.30	0.65	0.6	0.54	0.18	0.01	0.14	0.44	0.61	0.40	0.38	0.54	0.18	-	0.14
Repletion degree	RD0	6	33	36	8	-	-	-	-	12	62	93	76	30	23	65	81	9	-	-	-
	RD1	25	-	60	9	48	41	20	17	54	37	0	21	50	47	29	13	68	50	-	40
	RD2	62	33	5	68	52	59	70	83	35	1	7	2	16	27	5	3	21	50	-	60
	RD3	7	33	-	16	-	-	11	-	-	-	-	-	4	3	-	3	2	-	-	-
Digestion degree	DD1	5	25	-	6	-	-	14	83	-	-	-	-	-	-	-	-	7	-	-	-
	DD2	16	25	4	43	10	4	11	17	30	-	-	-	1	2	-	-	5	50	-	-
	DD3	79	50	96	51	90	96	75	-	48	21	100	50	22	22	15	35	88	50	-	100
	DD4	-	-	-	-	-	-	-	-	22	79	-	50	76	76	85	65				

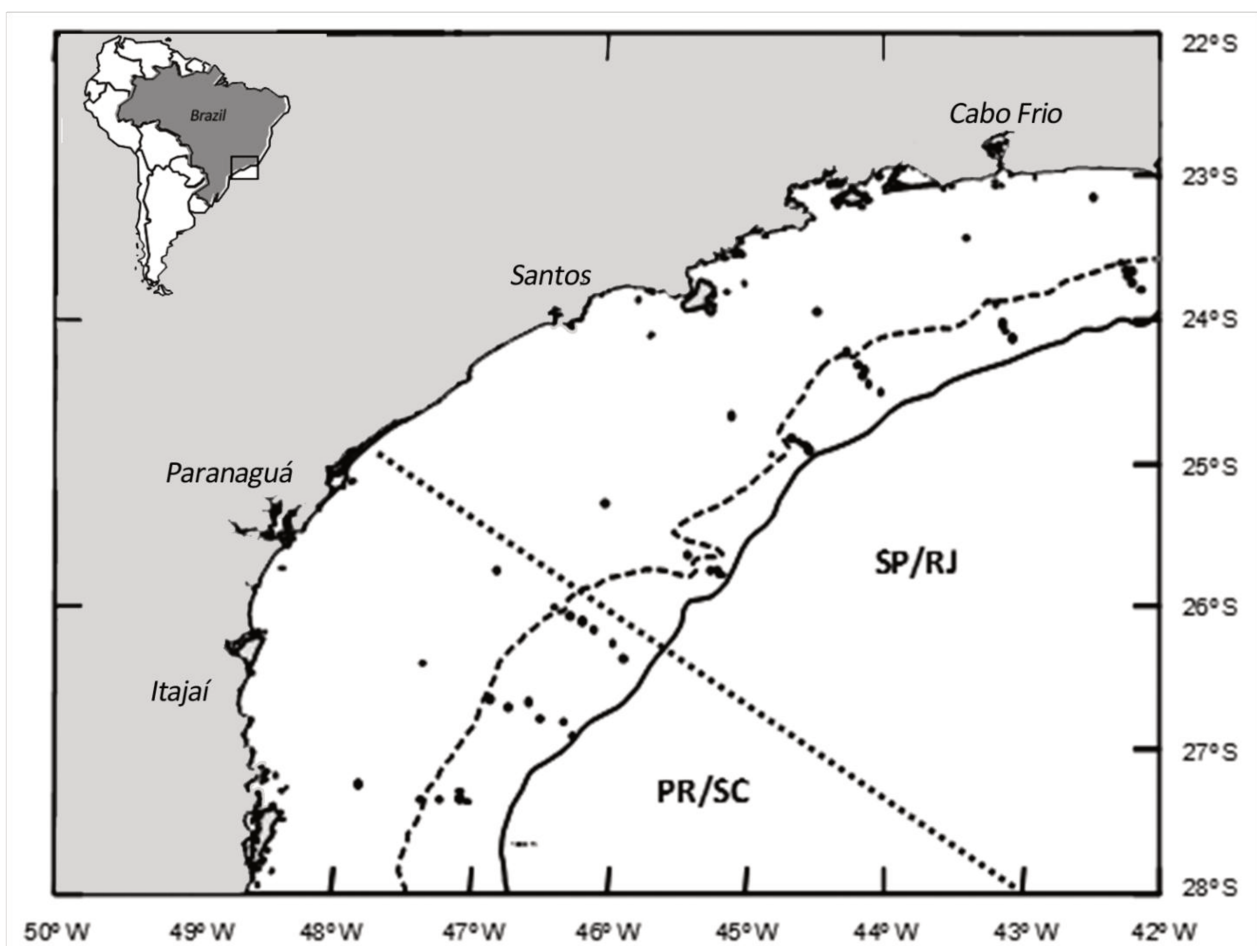


Figure 1: Study area map (modified from Muto 2005). Points represent sampling sites, dashed line represents the approximate position of the shelf break (around 200 m), the solid line represents the 600-m isobath (lower limit of samples), and the dotted line shows the division between SP/RJ (São Paulo and Rio de Janeiro) and PR/SC (Paraná and Santa Catarina).

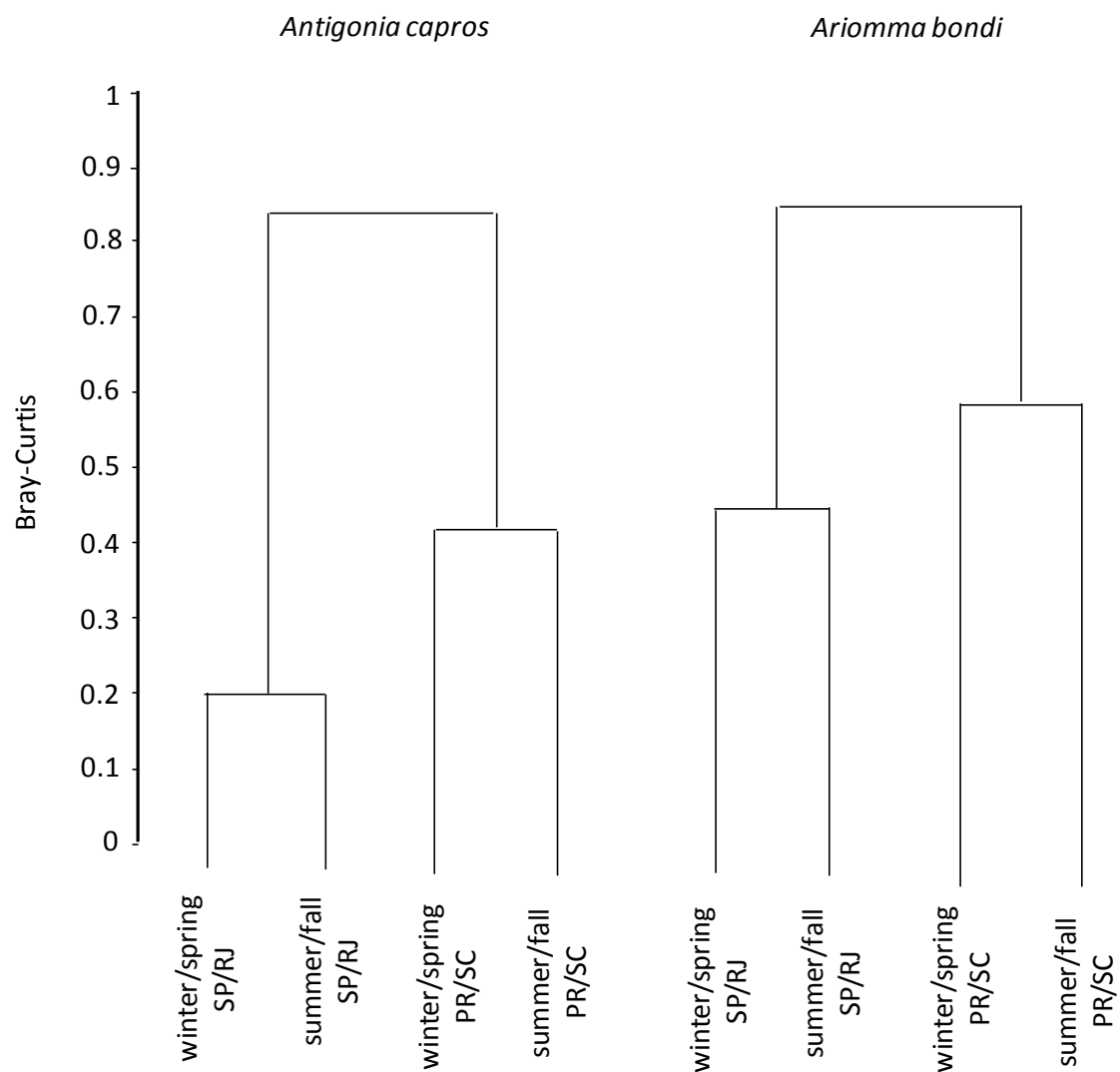


Figure 2: Cluster analysis of areas and seasons, using the values of food importance of *Antigonía capros* and *Ariomma bondi* prey; SP/RJ = São Paulo and Rio de Janeiro, PR/SC = Paraná and Santa Catarina.

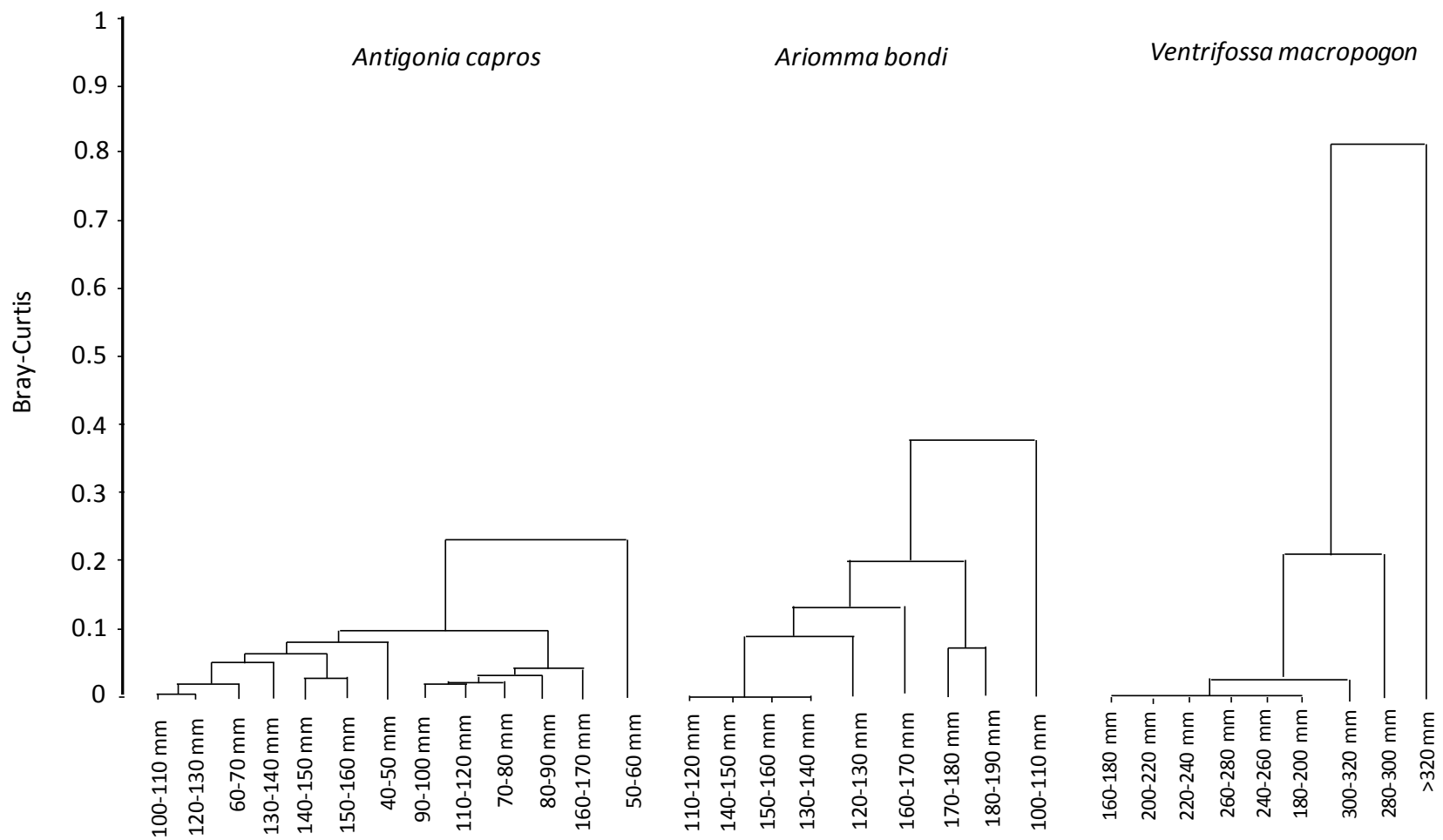


Figure 3: Cluster analysis of size classes, using the values of food importance of *Antigonia capros* and *Ariomma bondi* prey.

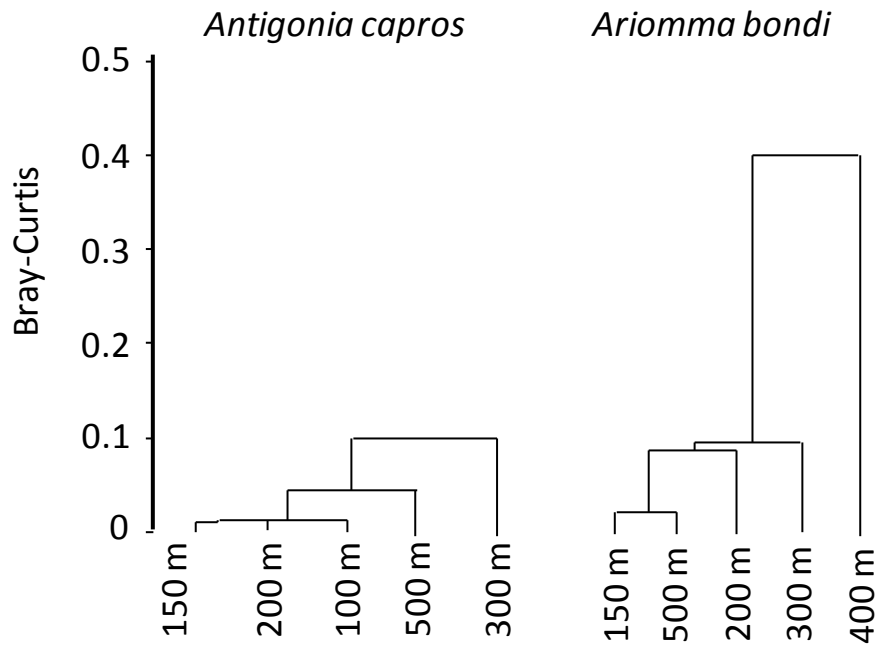


Figure 4: Cluster analysis of sampling depths, using the values of food importance of *Antigonia capros* and *Ariomma bondi* prey.

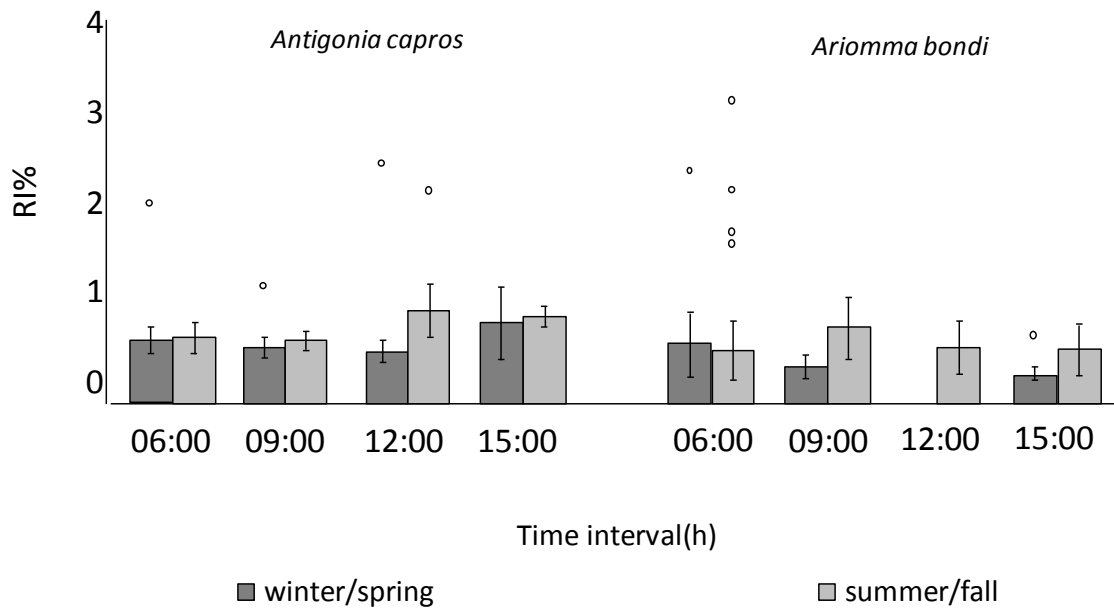


Figure 5: *Ariomma bondi* and *Ventrifossa macropogon* mean repletion index (RI%). Lines on the bars represent the standard deviation, and circles above represent outliers.

CAPÍTULO 2 - Alimentação de duas espécies de peixes do gênero *Synagrops* (Perciformes: Acropomatidae)

Resumo

Espécies do gênero *Synagrops* podem ser encontradas ao redor de todo o mundo, geralmente em águas profundas, sobretudo no talude continental. No Brasil, ocorrem duas espécies, *S. bellus* e *S. spinosus*, ambas muito abundantes na plataforma continental externa e talude superior das regiões Sudeste e Sul. A distribuição batimétrica destas espécies se sobrepõe em parte, pois *S. spinosus* é mais abundante entre 100 e 300 m, e *S. bellus*, em profundidades superiores a 300 m. Dada a importância desses peixes para a dieta de diversos outros, e suas altas biomassas, este trabalho teve como objetivo estudar a alimentação, a composição da dieta e os comportamentos envolvidos na atividade alimentar dessas espécies. Para tanto, foram avaliados os itens consumidos por ambas as espécies, bem como variações no tipo de alimento e na intensidade do consumo em diferentes profundidades e estações do ano, e ao longo do crescimento. Além disso, procurou-se algum indicativo do período do dia em que há maior atividade alimentar. O material foi coletado entre Cabo Frio (RJ) e a Cabo de Santa Marta Grande (SC), no âmbito do programa REVIZEE Score-Sul. A região foi amostrada em oito radiais perpendiculares à linha da costa, em profundidades entre 100 e 600 m com o auxílio de redes de arrasto de fundo. Os itens alimentares foram identificados e pesados. Calculou-se, então, o índice de importância alimentar dos itens com relação à estação do ano, à região geográfica, ao comprimento total do indivíduo e à profundidade em que foi coletado. Além disso, observou-se o grau de digestão em que as presas foram encontradas no conteúdo dos estômagos analisados, assim como o grau de repleção dos

estômagos no momento da captura dos indivíduos. As duas espécies consumiram principalmente peixes, crustáceos e cefalópodes. Os itens alimentares mais importantes estão relacionados com a profundidade e com a sazonalidade. Embora a dieta das espécies seja semelhante, não foi possível determinar um padrão comum a ambas, principalmente porque *S. bellus* tem um comportamento característico de demersal-pelágico, enquanto *S. spinosus* forrageia, geralmente, muito próximo ao fundo.

Introdução

No ano de 1996, uma associação entre governo federal e instituições de ensino e pesquisa deu início ao programa Avaliação do Potencial Sustentável de Recursos Vivos da Zona Econômica Exclusiva do Brasil (REVIZEE), que teve como objetivo o levantamento dos potenciais sustentáveis de captura dos recursos vivos da Zona Econômica Exclusiva Brasileira (ZEE). Essa faixa de mar, de 200 milhas náuticas a partir da linha de costa do Brasil ao longo de todo litoral, incorpora a plataforma continental e o talude superior. O programa REVIZEE contou com a participação de mais de dez embarcações oceanográficas e de prospecção pesqueira, e aproximadamente 300 pesquisadores das mais diversas áreas do conhecimento, resultando em uma ampla gama de informações oceanográficas físicas, químicas, geológicas e biológicas, proporcionando o estudo de ambientes nunca antes explorados (Serafim 2007). Como resultado diversas espécies foram descobertas e outras puderam ser mais bem conhecidas sob os aspectos zoológicos e ecológicos, dentre as quais *Synagrops bellus* (Goode e Bean 1896) e *Synagrops spinosus* (Schultz 1940). Essas duas espécies foram investigadas quanto a alimentação e alguns aspectos da ecologia trófica.

O gênero *Synagrops* pertence à família Acropomatidae e é composto por 12 espécies, em sua maioria de hábitos demersais. As espécies pertencentes a este gênero geralmente habitam águas profundas, sendo encontradas até 1000 m, ao redor de praticamente todo o globo (Mejía *et al.* 2001; Froese e Pauly 2011). Durante as expedições do programa REVIZEE Score-Sul, as duas espécies representantes do gênero no Brasil (*S. bellus* e *S. spinosus*) ocorreram desde a plataforma continental até o talude.

Os questionamentos que levam à investigação da dieta de uma espécie, ou um grupo de espécies, são os mais diversos, desde investigações sobre aspectos da biologia das espécies em si (Hobson 1965; Randall 1967; Soares 1992; Soares e Vazzoler 2001) até pesquisas aplicadas que visam manejar os recursos vivos de um determinado ambiente. Para estas pesquisas de âmbito ecossistêmico e de manejo pesqueiro e ecológico, é necessário um bom conhecimento sobre as espécies que pertencem ao ecossistema e o modo como se relacionam (Pauly *et al.* 2000; Gasalla e Soares 2001; Pauly e Christensen 2002; Muto *et al.* 2005; Nascimento *et al.* no prelo).

Estudos que investigam a alimentação dos organismos, sob os seus diversos aspectos, têm sido realizados com diferentes enfoques e objetivos. Um desses é a inferência do tipo de alimento consumido e do modo como este é capturado, por meio da análise da forma do aparelho bucal e do trato digestivo (Aleev 1969; Chao e Musick 1977; Gatz 1979). Outras pesquisas procuram compreender o comportamento alimentar por meio de observações *in loco* do tipo de alimento consumido, forma de manuseio e captura da presa (Sazima 1986; Bonaldo *et al.* 2005). Devido à impossibilidade de observação direta em regiões mais profundas ou de difícil acesso, os estudos de alimentação nestas áreas são, na maioria das vezes, realizados por meio da análise do conteúdo estomacal (Randall 1967; Soares 1992; Soares e Apelbaum 1994; Soares *et al.* 1998; Muto *et al.* 2005; Nascimento 2006). Esta abordagem possibilita, ainda, mensurar o alimento consumido por

cada indivíduo, sob todas as condições avaliadas, mesmo dos mais isolados, que não seriam facilmente avistados nos estudos de observação direta.

Neste contexto, foi estudada a dieta de *S. bellus* e *S. spinosus*, no embaçamento de São Paulo (Zembruski 1979), com o objetivo principal de verificar como essas espécies se alimentam e se existem padrões que as diferem ou agrupam, sobretudo considerando que *S. spinosus* é mais abundante na plataforma continental externa e na parte mais alta do talude superior e *S. bellus*, no talude (Haimovici *et al.* 2008). Estas espécies são consumidas, em geral, pelos mesmos predadores, mas em diferentes profundidades, sendo importantes conexões entre a comunidade demersal e a pelágica (Vaske Júnior e Castello 1998; Muto *et al.* 2005; Nascimento 2006; Vaske Júnior *et al.* 2009), sendo, de acordo com Nascimento *et al.* (no prelo) espécies-chave no ecossistema bento-demersal da área. Dessa forma, se espera que este estudo produza dados que possam tanto contribuir para o conhecimento das espécies do gênero *Synagrops* que ocorrem em águas brasileiras, também fornecer dados para estudos ecossistêmicos que envolvam os organismos mais abundantes da plataforma externa e talude, e, com isso, auxilie na melhor compreensão das relações tróficas na ZEE dessa região.

Material e Métodos

Synagrops bellus é uma espécie de peixe demersal que mede até cerca de 300 mm de comprimento, sendo considerada a maior do gênero (Mejía *et al.* 2001). Ocorre em todo Atlântico, desde o Canadá até o Uruguai a oeste, e da Guiné até a Nigéria a leste (Mejía *et al.* 2001; Menezes *et al.* 2003; Bernardes *et al.* 2005), geralmente entre 60 e 1000 m de profundidade (Mejía *et al.* 2001). Nas regiões Sudeste e Sul do Brasil, em amostragens até 600 m, observou-se que esta espécie é mais abundante entre 300 e 600 m, sendo a nona espécie mais frequente nas

prospecções demersais com redes de arrasto de fundo do REVIZEE Score-Sul, considerada muito abundante na região (Haimovici *et al.* 2008). Seus principais predadores na ZEE brasileira são o peixe-sapo (*Lophius gastrophysus*), a lagartixa-do-mar (*Malacocephalus occidentalis*) e a abrótea-de-profundidade (*Urophycis mystacea*) (Muto *et al.* 2005; Nascimento 2006).

Synagrops spinosus é um peixe de pequeno porte (no máximo 200 mm), bastante comum na costa brasileira (Mejía *et al.* 2001; Bernardes *et al.* 2005). Trata-se de uma espécie demersal de ampla distribuição ao redor do globo, encontrada desde águas tropicais e temperadas do Atlântico Oeste até o Pacífico, nas costas do Japão e China, em profundidades que variam entre 70 e 600 m. Ocorre associada, principalmente, a fundos de areia, areia com cascalho, lama e corais (Figueiredo e Menezes 1980; Cervigon 1993; Mejía *et al.* 2001). Foi a quarta espécie mais frequente nas prospecções demersais com redes de arrasto de fundo do REVIZEE Score-Sul, sendo mais abundante em profundidades entre 100 e 300 m, geralmente na plataforma continental externa e porção mais alta do talude superior (Haimovici *et al.* 2008). Na ZEE brasileira, é consumida principalmente pelo pargo-rosa (*Pagrus pagrus*), pelo peixe-barbudo (*Polymixia lowei*), pelo peixe-sapo e pela abrótea-de-profundidade (Haimovici *et al.* 1994; Muto *et al.* 2005; Nascimento 2006).

Apesar de se tratar de espécies abundantes na costa brasileira, poucos estudos foram realizados sobre *S. bellus* e *S. spinosus*. As informações disponíveis restringem-se principalmente a novos registros (Mochizuki e Gultneh 1989; Rohde *et al.* 1995), a aspectos morfológicos e ecológicos do gênero como um todo (Figueiredo e Menezes 1980; Mochizuki e Sano 1984; Garzon e Acero 1986; Cervigon 1993; Haimovici *et al.* 1994; Mejía *et al.* 2001; Haimovici *et al.* 2008), e a presença de larvas no ictioplâncton (Chiu e Hsyu 1994; Huang e Chiu 1998; Okazaki e

Nakata 2007). Aspectos da alimentação foram encontrados em Nascimento (2006) e Vaske Júnior *et al.* (2009).

Área de estudo

A área de estudo compreende a plataforma continental externa e o talude superior da ZEE da região entre Cabo Frio, RJ (22° S, 42° W) e Cabo de Santa Marta Grande, SC (27° S, 48° W) que inclui os Estados do Rio de Janeiro, São Paulo, Paraná e Santa Catarina. Os resultados foram agrupados em duas regiões: São Paulo – Rio de Janeiro (SP/RJ) e Paraná – Santa Catarina (PR/SC) (Fig. 1). Esta divisão foi utilizada durante os cruzeiros de prospecção pesqueira do REVIZEE Score-Sul e foi baseada em características geológicas da margem continental brasileira, mapeadas durante o projeto “Reconhecimento global da margem continental brasileira” - REMAC, e nas características climatológicas, oceanográficas e meteorológicas dessa área (Zembruski 1979; MMA 2006; Castro *et al.* 2006).

Na área de estudo, o limite interno da plataforma continental externa é na isóbata de 100 m, sendo que a quebra da plataforma está localizada em torno de 200 m de profundidade (Fig 1). O talude superior se estende da quebra da plataforma até a isóbata de 600 m (Zembruski 1979; Castro *et al.* 2006; MMA 2006). Na área de estudo predominam lama e areia lamosa na maior parte da área de estudo (MMA 2006). A área está sob influência principal da Corrente do Brasil (CB), sendo a Água Central do Atlântico Sul (ACAS) a principal massa d'água nas regiões próximas ao substrato em toda a área (Zembruski 1972; Castro *et al.* 2006) Ao longo de toda a área, há diversos pontos onde existem pequenas ressurgências na plataforma. Além disso, o movimento da Corrente do Brasil quando se desloca para sudoeste (normalmente o sentido dessa corrente é de norte para sul) resulta em um fenômeno chamado ressurgência de quebra da

plataforma. Esta ressurgência pode ocorrer ao longo de todo o ano, em decorrência de vórtices e meandros da Corrente do Brasil sobre a plataforma (MMA 2006). Uma descrição mais detalhada da área, consta da seção de material e métodos do capítulo 1.

Coleta e análise de dados

As amostras foram coletadas nas isóbatas de 100, 150, 200, 300, 400, 500 e 600 m de profundidade, utilizando-se rede de arrasto de fundo do tipo “ballon trawl” de 439 malhas, de 160 mm na boca e 70 mm no sacador. Foram realizados 55 arrastos, durante o inverno/primavera de 2001 (agosto a outubro) e de 2002 (junho), e 56 durante o verão/outono de 2002 (fevereiro a abril), sempre entre 06h00 e 18h00. Cada arrasto teve a duração de 30 minutos, numa velocidade de dois nós (Muto *et al.* 2005).

Cada indivíduo de *S. bellus* e *S. spinosus* foi pesado e medido (comprimento total) e teve seu estômago removido, o qual foi pesado e conservado em formalina 10%. Os conteúdos estomacais foram pesados em balança analítica e analisados sob microscópio estereoscópico para a individualização dos itens alimentares. Cada item foi, então, pesado e identificado até o menor nível taxonômico possível. Para esta identificação, contou-se com o auxílio de especialistas quando necessário. Entretanto, peixes e cefalópodes, devido ao avançado estado de digestão, foram identificados apenas em grandes grupos.

A análise da composição da dieta de cada espécie foi feita por meio da importância de cada presa (IA%). Este parâmetro foi calculado por meio do índice alimentar de Kawakami e Vazzoler (1980) corrigido para massa, segundo a fórmula:

$$IA_i\% = \frac{M_i\% \times O_i\%}{\sum(M_i\% \times O_i\%)} \times 100$$

Onde:

$IA_i\%$ = Importância percentual do alimento i na dieta da espécie

$M_i\%$ = Massa do alimento i dividida pela massa total de todas as presas $\times 100$.

$O_i\%$ = Número de estômagos contendo o alimento i dividido pelo número total de estômagos analisados $\times 100$.

A correção no cálculo foi baseada nos conceitos de massa percentual (M%) e frequência de ocorrência (O%) de cada item, seguindo Berg (1979) e Hyslop (1980). O cálculo do IA% foi feito por estação (inverno/primavera, verão/outono), por área (SP/RJ, PR/SC), por isóbata de coleta (100, 150, 200, 300, 400, 500, 600 m) e por classe de tamanho. Para este último cálculo, foram estabelecidas classes de comprimento em intervalos de 10 mm. Para verificar uma possível relação entre tamanho do indivíduo e profundidade de coleta, foi feita uma regressão linear para cada espécie entre estas variáveis. Para este cálculo se considerou o comprimento total de cada indivíduo como a variável dependente.

As comparações da composição da dieta de cada espécie entre áreas, estações do ano, classes de tamanho, e profundidades foram feitas por meio de análise classificatória (UPGMA) do IA% para os níveis identificados, utilizando-se o coeficiente de Bray-Curtis. Comparou-se, também, por meio de análise classificatória, a dieta de ambas as espécies considerando as diferentes áreas de coleta e estações do ano, a fim de avaliar se haveria um padrão que pudesse ser atribuído às duas espécies. Na análise classificatória, valores menores que 0,4 foram considerados indicativos de alta sobreposição alimentar, seguindo Muto *et al.* (2005).

Avaliou-se a sobreposição trófica entre *S. bellus* e *S. spinosus* por meio do índice de sobreposição de nicho de Pianka (1973):

$$O_{12} = O_{21} = \frac{\sum_{i=1}^n P_{2i} P_{1i}}{\sqrt{\sum_{i=1}^n (P_{2i}^2)(P_{1i}^2)}}$$

Onde:

$O_{12} = O_{21}$ indica que o índice é simétrico, ou seja, a sobreposição da espécie 1 sobre a espécie 2 é equivalente à sobreposição da espécie 2 sobre a 1

i = recurso

P_{1i} = proporção do recurso i utilizado pela espécie 1.

P_{2i} = proporção do recurso i utilizado pela espécie 2

Este índice é similar ao índice assimétrico desenvolvido por MacArthur e Levins (1967), com o denominador normalizado para tornar o índice simétrico, mas as propriedades não foram alteradas (May 1975). Este índice compara pares de espécies e resulta em valores que variam de zero (sem sobreposição) a um (sobreposição completa). A escolha deste índice foi baseada na grande semelhança da tolerância ambiental, da distribuição batimétrica e das presas das espécies, o que permite inferir que seus nichos são simétricos (Nascimento 2006, Haimovici *et al.* 2008, Vaske Júnior *et al.* 2009, Froese e Pauly 2011). Assim, por inferir que os nichos sejam simétricos, optou-se, portanto, pelo modelo simétrico, que é mais simples.

Os cálculos foram efetuados com o software EcoSim 7.0 (Gotelli e Entsminger 2004), utilizando-se valores de IA% dos recursos alimentares consumidos por ambas as espécies agrupados da seguinte forma: Cephalopoda; Stomatopoda; Dendrobranchiata; Caridea; Thalassinidea; Galatheidae; Paguridae; Hippoidea; Brachyura; Palinura; Isopoda; Amphipoda; Copepoda; Ophiuroidea e Teleostei (Tab. 1).

Sendo este trabalho parte de um grande projeto temático, no qual as coletas não foram planejadas especificamente para identificar a cronologia alimentar das espécies, não foi possível

realizar um estudo detalhado sobre este tema. No entanto, como as coletas foram realizadas no período diurno, em intervalos regulares, desde o nascer até o pôr do sol, foi possível observar indicativos de períodos nos quais a atividade alimentar é mais intensa.

Para avaliar a existência de padrões na tomada de alimento ao longo do dia, foi estimado o grau de digestão das presas (GD) em cada estômago. Este parâmetro foi definido visualmente com base na integridade do conteúdo estomacal (GD1 = fresco, GD2 = parcialmente digerido e GD3 = muito digerido, conforme Soares 1992). Estimou-se, também visualmente, o grau de repleção (GR) de cada estômago, com base no volume do estômago ocupado pelo alimento (GR0 = vazio, GR1 = pouco repleto, GR2 = repleção intermediária e GR3 = repleto, conforme Soares e Apelbaum 1994). Calculou-se, ainda, o índice de repleção estomacal (IR%), de acordo com a fórmula de Carvalho e Soares (2006):

$$IR\% = \frac{\text{Peso do conteúdo estomacal}}{\text{Peso total do peixe}} \times 100$$

Os dados de GD e GR foram separados em quatro intervalos de horário que contemplam todo o período diário das coletas: 06h00 (das 06h00 às 09h00), 09h00 (das 09h00 às 12h00), 12h00 (das 12h00 às 15h00) e 15h00 (das 15h00 às 18h00), foram então calculadas as frequências de cada GD e de cada GR. Os IRs% também foram separados nos mesmos intervalos de horário, e se calculou o índice médio por intervalo. Possíveis diferenças entre horários nos valores de IR% foram averiguadas por meio de um teste Kruskal-Wallis, seguido do teste *a posteriori* de Dunn, quando observada significância.

Resultados

Foram analisados os estômagos de 848 indivíduos de *S. bellus*, dos quais 36% continham alimento, e 1048 de *S. spinosus*, dos quais 22% continham alimento. As duas espécies consumiram principalmente peixes teleósteos, crustáceos e cefalópodes. No entanto, a composição destes grandes grupos de alimento e a proporção com que cada um foi consumido variou entre as duas espécies (Tab. 1; Fig. 2).

No inverno/primavera, peixes teleósteos foram o principal alimento da dieta de ambas as espécies, sendo mais consumidos em PR/SC do que SP/RJ. Além dos peixes, *S. bellus* consumiu cefalópodes e crustáceos de forma secundária em ambas as áreas; em PR/SC, os crustáceos foram consumidos apenas eventualmente (cerca de 5%). Nesse mesmo período, *S. spinosus* consumiu peixes e crustáceos em SP/RJ e somente peixes em PR/SC (Fig. 2). No verão/outono, de maneira geral, o alimento mais consumido foram crustáceos, principalmente em SP/RJ. *Synagrops spinosus* apresentou dieta predominantemente carcinófaga neste período do ano, tendo um pequeno consumo de cefalópodes (cerca de 4%) em SP/RJ e de peixes (cerca de 3%) em ambas as áreas. *Synagrops bellus* consumiu crustáceos, peixes e cefalópodes nas duas áreas, mas em proporções diferentes entre elas. Em SP/RJ, crustáceos foram o principal alimento, e peixes e cefalópodes foram consumidos secundariamente em proporções semelhantes (cerca de 20% cada). Por outro lado, em PR/SC, *S. bellus* consumiu principalmente peixes (cerca de 60%) e secundariamente cefalópodes (mais de 30%). Crustáceos, nessa área, configuraram-se como alimento eventual na dieta de *S. bellus*, representando menos de 5% do total consumido (Fig. 2).

Conforme resultado apresentado na tabela 2, os camarões carídeos e os crustáceos do gênero *Munida* foram frequentemente consumidos por ambas as espécies, principalmente no verão/outono, sendo carídeos os mais importantes. Os camarões *Acetes* foram abundantes na

dieta de *S. spinosus* no verão/outono em PR/SC, quando este item representou 30% do alimento consumido.

Registrou-se uma alta sobreposição da dieta de *S. bellus* quanto às estações do ano e áreas de coleta (Bray-Cutis = 0,38), com destaque para as estações do ano em PR/SC (Bray-Curtis = 0,1; Fig. 3A). *Synagrops spinosus* mostrou uma evidente distinção na dieta entre verão/outono e inverno/primavera, sendo altamente sobrepostas entre áreas no verão/outono (Bray-Curtis < 0,05; Fig. 3B).

Quando avaliado o consumo de alimento nas diferentes classes de tamanho das espécies de *Synagrops*, é possível observar que praticamente não foram consumidos peixes teleósteos pelos indivíduos de pequeno porte de *S. bellus* (até 140 mm), que se alimentaram principalmente de crustáceos (Fig. 4). Nos indivíduos com tamanho superior a 140 mm, o consumo de peixes foi maior, passando a representar mais de 50% do alimento consumido pela maioria das classes de tamanho analisadas. Este padrão foi observado ao longo de todo o intervalo de tamanho amostrado, exceto nas classes 160-170 e 240-250 mm, nas quais a proporção de peixes consumidos ficou próxima a 40% do total, e 220-230 e 270-280 mm, que apresentaram um alto consumo de crustáceos (Fig. 4). Na análise de agrupamento, foi observado este mesmo padrão, no qual os indivíduos foram divididos em dois grandes grupos com baixa sobreposição de dieta entre eles (Bray-Curtis = 0,75; Fig. 5). Um dos grupos (A) engloba grande parte dos indivíduos maiores que 140 mm, com alta sobreposição alimentar (Bray-Curtis = 0,4), estes consumiram peixes em alta proporção (Figs 4 e 5). Os demais indivíduos (grupo B) formaram dois subgrupos distintos (Bray-Curtis = 0,6), um incluindo as classes 90-100, 100-110 e 120-130 mm, o qual se agrupou com o das classes 220-230 e 270-280 mm (Bray-Curtis = 0,15). Esses indivíduos apresentaram alto consumo de crustáceos (Figs 4 e 5). O outro subgrupo reuniu indivíduos das

classes 110-120 e 130-140 mm (Bray-Curtis = 0,3), que consumiram principalmente cefalópodes (Figs 4 e 5).

Os indivíduos de *S. spinosus* não apresentaram diferenças evidentes na dieta ao longo do crescimento (Fig. 6). Crustáceos foram o principal alimento de praticamente todas as classes de tamanho avaliadas, com exceção dos indivíduos entre 130-140 mm, que consumiram os três grupos de presas em proporções semelhantes. Além desses indivíduos, apenas os da classe 150-160 mm também consumiram cefalópodes. Apesar dessas diferenças, com relação ao tamanho, observa-se uma sobreposição muito alta entre todas as classes (Bray-Curtis = 0,34; Fig. 7).

A dieta de *S. bellus* apresentou uma evidente diferença entre os indivíduos coletados na plataforma externa (150 e 200 m) e no talude superior (profundidades superiores a 300 m) (Fig. 8), entretanto, esta diferença deve ser vista com cautela devido ao baixo número amostral, reflexo da baixa abundância da espécie na plataforma. Crustáceos foram o alimento mais importante para os indivíduos coletados até 200 m. Para os indivíduos coletados a partir de 300 m, peixes passam a ter uma participação maior na dieta, representando sempre mais de 50% dos itens consumidos. Além disso, o consumo de cefalópodes é também significativo nestas profundidades (mais de 20% do total) (Fig. 8). Com isso, a análise de agrupamento mostra a formação de dois grupos bem distintos (Bray-Curtis = 0,7; Fig. 9): 150-200 m (Bray-Curtis = 0,35) e 300-600 m (Bray-Curtis = 0,3).

Observou-se que o consumo de peixes por *S. spinosus* foi intenso somente em profundidades superiores a 200 m (Fig. 10). Entretanto, a proporção com que este alimento foi consumido variou bastante ao longo das diferentes profundidades, representando de 10 a 90% do total de alimento consumido. Cefalópodes foram consumidos apenas por indivíduos coletados entre 400 e 500 m (Fig. 10). A partir da análise de agrupamento observa-se a formação de dois grupos bem definidos, um (B) englobando os indivíduos coletados entre 200 e 400 m (Bray-

Curtis = 0,35) e o outro (A) com os indivíduos coletados nas demais profundidades. O grupo A, embora tenha alta similaridade (Bray-Curtis = 0,35), apresenta uma dicotomia entre as profundidades de coleta. Assim, é possível observar uma grande semelhança entre os indivíduos coletados na plataforma continental, que haviam consumido quase que exclusivamente crustáceos (Bray-Curtis = 0,01; Fig. 11), e entre os indivíduos coletados nas regiões mais profundas (500 e 600 m; Bray-Curtis = 0,2; Fig. 11). Esse grupo se alimentou principalmente de crustáceos e peixes, com o consumo eventual de cefalópodes (Fig. 10).

Apesar de o tamanho dos indivíduos e a profundidade de coleta terem sido analisados separadamente, observa-se que em ambas as espécies há uma relação entre a profundidade e o tamanho dos indivíduos (*S. spinosus*: $r^2 = 0,23$; $p < 0,0001$ e *S. bellus*: $r^2 = 0,29$; $p < 0,0001$), sendo que os maiores indivíduos foram coletados nas maiores profundidades. (Fig. 13). Esta relação é mais pronunciada em *S. bellus* ($b=0,228$; Fig. 12A) do que em *S. spinosus* ($b=0,09$; Fig. 12B).

Quando comparadas as dietas das duas espécies, observou-se uma alta sobreposição da dieta de *S. spinosus* durante o inverno/primavera em SP/RJ com a de *S. bellus* em ambas as estações e áreas (Bray-Curtis = 0,3; Fig. 13). As demais combinações de estações e áreas para *S. spinosus* não apresentaram nenhuma sobreposição (Bray-Curtis = 0,5). O índice de Pianka indica que a sobreposição de nicho entre as duas espécies é de 0,857.

Observa-se que, ao longo do dia, a proporção de estômagos vazios e de alimento muito digerido é bastante alta em ambas as espécies (Tab. 2; Figs 14 e 16). Em *S. bellus*, estômagos repletos (GR3) foram pouco frequentes, representando mais de 10% do total analisado somente no final do dia (15h00) no verão/outono (Fig. 14B). Observa-se, ainda, que os indivíduos coletados nesse período do dia também foram os que apresentaram maior proporção de alimento fresco (GD1) no inverno/primavera (Fig. 14C) e pouco digerido (GD2) no verão/outono, nos conteúdos estomacais (Fig. 14D). Quando avaliado o IR%, não houve diferença estatística entre

os períodos do dia ($p = 0,61$) no inverno/primavera. No entanto, no verão/outono houve uma diferença marginalmente significativa ($p = 0,09$).

Em ambas as estações consideradas, os indivíduos de *S. spinosus* coletados nas primeiras horas do dia (06h00) apresentaram maior proporção de estômagos em GR 2 e 3 (Figs 16A e 16B). Entretanto, com relação ao grau de digestão do alimento, não foi possível observar diferenças entre os períodos do dia, exceto por indivíduos coletados no período 12h00 no verão/outono, mas esta situação pode ser apenas um desvio devido ao reduzido tamanho da amostra (dois indivíduos). Em ambas as estações, 06h00 é o período com maior IR% médio, mas apenas no verão/outono essa diferença é estatisticamente significativa (teste de Dunn: $p < 0,05$; Fig. 17).

Discussão

Quanto ao modo de vida, as espécies de peixes podem ser classificadas em demersais (vivem e se alimentam próximo ao fundo), bentônicas (vivem e se alimentam no fundo) e pelágicas (vivem e se alimentam na superfície ou nas camadas intermediárias da coluna d'água). Estes modos de vida, no entanto, não são mutuamente exclusivos. Por exemplo, muitas espécies de peixes, embora passem grande parte do tempo próximo do fundo e tenham características de peixes demersais, buscam parte do seu alimento na coluna d'água, podendo ser classificadas como demersal-pelágicas (Angelescu e Prenski 1987).

Froese e Pauly (2011) definem *S. bellus* e *S. spinosus* como espécies batidemersais, ou seja, que vivem ou se alimentam próximo ao fundo em profundidades superiores a 200 m. No presente estudo, foi possível constatar que *S. spinosus*, além de viver próximo ao fundo, obtém a maior parte de seu alimento nesta região, principalmente no verão/outono, quando apresentou dieta

composta, predominantemente, por crustáceos bentônicos e demersais, especialmente *Munida* e camarões carídeos. No inverno/primavera, além dos crustáceos, também houve consumo de peixes, os quais, devido ao alto grau de digestão, não puderam ser identificados nem quanto ao habitat preferencial. Soares *et al.* (2005) observaram que *S. spinosus* pode fazer migrações na coluna d'água no período noturno. Este tipo de migração, chamada nictimeral, é reportado para diversos grupos de organismos, desde os zooplancctônicos até os nectônicos, embora as causas exatas deste deslocamento vertical sejam ainda discutidas (Roper e Young, 1975; Zaret e Suffern, 1976; Lampert, 1989; Watanabe *et al.* 1999; Quetglas *et al.* 2010). No estudo de Soares *et al.* (2005) não foi possível determinar se a migração realizada por *S. spinosus* é pequena e localizada a poucos metros acima do substrato ou se a espécie se desloca até a meia água. Baseando-se nas evidências encontradas no presente estudo, como o consumo preferencial de organismos bentônicos e demersais que não fazem migrações nictemerais por *S. spinosus*, além da presença de estômagos mais cheios e presas mais frescas próximo ao amanhecer, é possível acreditar que esta seja uma espécie estritamente demersal, deslocando-se apenas poucos metros na coluna d'água no período noturno.

Por outro lado, *S. bellus* apresentou dieta composta principalmente por organismos pelágicos, e baixo consumo de crustáceos bentônicos e demersais como *Munida* e carídeos. Os cefalópodes foram muito frequentes na dieta desta espécie, sendo que os identificados são pelágicos, como lulas das famílias Enoploteuthidae, Pyroteuthidae e Ommastrephidae, e polvos da família Bolitaenidae. As espécies utilizadas como alimento e identificadas, em geral, apresentam hábitos meso-pelágicos oceânicos e são encontradas em grandes profundidades. Os peixes que puderam ser identificados pertencem ao gênero *Saurida*, caracterizado como demersal (Bernardes *et al.* 2005; Froese e Pauly, 2011). Entretanto, as espécies de *Saurida* que ocorrem nas regiões Sudeste e Sul do Brasil e *S. bellus* foram registradas por Soares *et al.* (2005), na mesma

área de coleta do presente estudo, fazendo migrações noturnas na coluna d'água. Embora estes autores não tenham definido o quanto estas espécies se afastam do substrato no período noturno, dada a composição dos alimentos encontrados na dieta de *S. bellus*, é possível supor que ela acompanhe as migrações noturnas do micronécton em busca de alimento, como sugerem Vaske Júnior *et al.* (2009). Estes autores estudaram a dieta de *S. bellus* coletado na plataforma continental externa e talude superior (até 500 m) do Estado de São Paulo. Os indivíduos analisados por estes autores se alimentaram principalmente de peixes da família Myctophidae (peixe lanterna), tipicamente pelágicos. Devido ao alto consumo de peixes pelágicos, associado ao alto consumo de cefalópodes epipelágicos, é bem provável que *S. bellus* faça grandes migrações na coluna d'água, sendo uma importante conectividade entre o pelagial e as comunidades bentônicas e demersais. Com isso pode-se sugerir que, diferentemente de *S. spinosus*, *S. bellus* apresenta hábito demersal-pelágico, vivendo próximo ao fundo e se alimentando na coluna d'água.

Algumas espécies de peixes apresentam dieta marcadamente diferenciada ao longo da vida (McCormick 1998). Este padrão de mudança ao longo do desenvolvimento ontogenético foi observado para espécies de diferentes famílias de peixes recifais, costeiros e oceânicos, tanto de regiões tropicais quanto temperadas (*i.e.*, Randall 1967; Macpherson 1983; Mitchell 1984; Stoner e Livingston 1984; Clements e Choat 1993; Carvalho e Soares 2006; Nascimento 2006). Tais diferenças foram observadas para *S. bellus*. Entretanto, se verificou que há uma relação entre o tamanho dos indivíduos e a profundidade, e que esta também tem influência sobre a dieta. Nesse caso, não é possível determinar qual fator está influenciando a dieta, se somente o tamanho do indivíduo, a profundidade, ou uma combinação de ambos.

Synagrops spinosus, por outro lado, apresentou uma dieta influenciada pela profundidade, mas não pelo tamanho dos indivíduos. Na área onde foi realizado o presente estudo, a diversidade e a abundância da fauna bentônica e demersal são maiores na plataforma do que no talude (Sumida e Pires-Vanin 1997; Haimovici *et al.* 1994; Soares-Gomes e Pires-Vanin 2003; Amaral e Rossi-Wongtschowski 2004). Segundo a teoria de forrageamento ótimo (MacArthur e Pianka 1966), a escolha do alimento é feita dado um balanço entre os custos de se obter e manipular este alimento e os benefícios energéticos que podem ser obtidos a partir dele. Dessa forma, o alimento preferencial de uma espécie pode ser alterado em regiões em que a diversidade ou a abundância de presas são menores, onde os custos de obtenção de um tipo específico de alimento podem se tornar altos. Assim, é possível supor que crustáceos constituam o grupo preferencial de presas de *S. spinosus*, sendo amplamente consumidos na plataforma, onde a diversidade e a abundância da fauna bentônica é elevada (Sumida e Pires-Vanin 1997, Soares-Gomes e Pires-Vanin 2003). No talude, como há uma redução na abundância e diversidade da comunidade bentônica (Sumida e Pires-Vanin 1997; Soares-Gomes e Pires-Vanin 2003) à medida que aumenta a profundidade, a espécie passa a adotar uma dieta mais generalista.

É possível inferir que ambas as espécies preferem crustáceos. Em algumas coletas realizadas no talude, tanto os indivíduos de *S. bellus* quanto os de *S. spinosus* apresentaram, em sua maioria, crustáceos como o principal alimento, sobretudo do gênero *Munida*. Espera-se que as espécies deste gênero ocorram em manchas de alta abundância no talude, devido às ressurgências de quebra de plataforma, que segundo Palma *et al.* (2008) podem ser persistentes nessa área, e, principalmente, ao seu hábito alimentar, que inclui o consumo de detritos e carcaças de animais mortos (Cartes 1993, Hudson e Wigham 2003, Romero *et al.* 2004, Melo comunicação pessoal). Além disso, o maior consumo de peixes e cefalópodes reforça a ideia de

que a abundância do bentos no talude seja reduzida, uma vez que, nesta região, a maior concentração de biomassa de cefalópodes e peixes não está associada ao fundo (Haimovici *et al* 2008), o que indica que a espécie deve migrar pelo menos alguns metros na coluna d'água para se alimentar.

Com base no valor encontrado no cálculo do índice de Pianka (0,857), é possível inferir que *S. bellus* e *S. spinosus* compartilham o mesmo nicho, podendo haver uma competição por recursos. Um indicativo de que as espécies compartilham o mesmo nicho trófico, além da grande semelhança entre suas dietas e tolerância ambiental (Froese e Pauly, 2011), é o fato de os predadores que consomem *S. spinosus* na plataforma, geralmente, serem os mesmos que consomem *S. bellus* no talude (Muto 2005, Nascimento 2006). Possivelmente, *S. spinosus* é mais eficiente no consumo de crustáceos do que *S. bellus*. Essa maior eficiência pode ser inferida pelo consumo preferencial de crustáceos por *S. spinosus* e também pelo menor tamanho desta espécie. Sendo menor, a espécie pode basear sua alimentação em crustáceos, mesmo que estes ofereçam pouco retorno energético, dado seu tamanho. Assim, como este recurso ocorre em maior abundância na plataforma (Haimovici *et al.* 1994; Haimovici *et al.* 1996; Amaral e Rossi-Wongtschowski 2004), *S. spinosus* seria mais bem sucedida nesta área, forçando *S. bellus* a deslocar sua área de forrageamento para regiões mais profundas e não-ótimas para a espécie.

Ao longo do ano, observa-se uma sazonalidade nos itens alimentares utilizados por *S. spinosus*, bem como na intensidade com que estes são consumidos, fato evidenciado pela dicotomia das dietas do verão/outono e do inverno/primavera na análise de agrupamento. Por outro lado, a dieta de *S. bellus* não é alterada de maneira significativa ao longo do ano. Esta diferença entre as espécies pode estar relacionada à área de maior abundância de cada uma. Quanto ao período de maior atividade ao longo do dia, ambas as espécies parecem ser noturnas. Isso pode ser inferido devido à alta proporção de indivíduos com estômagos vazios ao longo de

todo período amostrado. Entretanto, as espécies aparentemente têm horários diferentes de atividade mais intensa ao longo da noite. A maior repleção dos estômagos bem como o aumento de presas frescas em *S. bellus* no horário 15h00 (indivíduos coletados entre 15h00 e 18h00) indicam que a espécie está mais ativa no período crepuscular noturno, entre o pôr do sol e as primeiras horas da noite. Este resultado diverge do relatado por Vaske Júnior *et al.* (2009), que observaram que a espécie é mais ativa durante a madrugada. No entanto, como ambos os estudos não apresentaram metodologias de coletas específicas para avaliar o ritmo circadiano da espécie, não é possível afirmar, com certeza, qual o período de atividade mais intensa. Por outro lado, *S. spinosus* apresentou estômagos mais repletos no horário 06h00 (indivíduos coletados entre 06h00 e 09h00), o que indica que a espécie é mais ativa durante a madrugada, próximo ao nascer do sol. Este uso diferenciado do período noturno para a atividade forrageira é mais um indício de que as espécies estão compartilhando o nicho.

Quanto à dieta, *S. bellus* e *S. spinosus* apresentam muitos pontos convergentes como pode ser observado nas tabelas de síntese (Tabs. 2 e 3). Embora não seja possível, a partir destas semelhanças, definir um padrão comum a todo o gênero, é possível reunir ambas as espécies em um mesmo grupo funcional em uma análise trófica. Isso é evidenciado não apenas pelos padrões semelhantes dos itens alimentares e dos fatores que definem as variações no consumo destes, observados no presente estudo, mas também pela predação sobre essas espécies. Predadores como o peixe-sapo e a abrótea de profundidade consomem ambas as espécies, mas a intensidade com que cada uma é consumida depende da profundidade que o predador frequenta (Muto *et al.* 2005; Nascimento 2006). Sendo assim, é possível afirmar que as duas espécies de peixes apresentam nichos tróficos muito semelhantes, embora com abundâncias diferentes ao longo do gradiente batimétrico, podendo, ser reunidas em um mesmo grupo trófico com características muito coesas.

Referências

- Amaral ACZ, Rossi-Wongtschowski CLDB (2004) Biodiversidade Bentônica da Região Sudeste-Sul do Brasil - Plataforma Externa e Talude Superior. Serie documentos REVIZEE, Instituto Oceanográfico - USP, São Paulo.
- Angelescu V, Presnki LB (1987) Ecologia trófica de la merluza comun del mar argentino (Merlucciidae *Merluccius hubbsi*) Parte 2 Dinamica de la alimentacion analizada sobre la base de las condiciones ambientales, la estructura y las evaluaciones de los efectivos en su area de distribuicion. Contrib INIDEP 561: 1-205.
- Aleev YG (1969) Function and Gross Morphology in Fish. Israel Program for Science Translation. Jerusalem.
- Berg J (1979) Discussion of methods of investigating the food of fishes, with reference to a preliminary-study of the prey of *Gobiusculus flavescens* (Gobiidae). Mar Biol 50: 263-273.
- Bernardes RA, Figueiredo JL, Rodrigues AR, Fisher LG, Vooren CM, Haimovici M, Rossi-Wongtschowski CLDB (2005) Peixes da Zona Econômica Exclusiva da Região Sudeste - Sul do Brasil. Editora da Universidade de São Paulo, São Paulo.
- Bonaldo RM, Krajewski JP, Sazima I (2005) Meals for two: Foraging activity of the butterflyfish *Chaetodon striatus* (Perciformes) in southeast Brazil. Braz J Biol 65: 1-6.
- Carvalho MR, Soares LSH (2006) Diel feeding pattern and diet of rough scad *Trachurus lathami* Nichols, 1920 (Carangidae) from the Southwestern Atlantic. Neotrop Ichthyol 4: 419-426.
- Cartes JE (1993) Diets of two deep-sea decapods: *Nematocarcinus exilis* (Caridea: Nematocarcinidae) and *Munida tenuimana* (Anomura: Galatheididae) on the Western Mediterranean slope. Ophelia 37: 213-229.
- Castro BM, Lorenzetti JA, Silveira ICA, Miranda LB (2006) Estrutura termohalina e circulação na região entre Cabo de São Tomé (RJ) e o Chuí (RS). In: Rossi-Wongtschowski CLDB, Madureira LS-P (eds) O Ambiente Oceanográfico da Plataforma Continental e do Talude da Região Sudeste-Sul do Brasil. Editora da Universidade de São Paulo, São Paulo, pp 11-120.
- Cervigon F (1993) Los Peces Marinos de Venezuela. Fundación Científica Los Roques, Caracas.
- Chao LN, Musick JA (1977) Life-history, feeding-habits, and functional-morphology of juvenile sciaenid fishes in York River estuary, Virginia. Fish Bull 75: 657-702.
- Chiu TS, Hsyu YH (1994) Interannual variation of ichthyoplankton density and species composition in the waters off northeastern Taiwan. Mar Biol 119: 441-448.
- Clements KD, Choat JH (1993) Influence of season, ontogeny and tide on the diet of the temperate marine herbivorous fish *Odax pullus* (Odacidae). Mar Biol 117: 213-220.
- Figueiredo JL, Menezes NA (1980) Manual de Peixes Marinhos do Sudeste do Brasil. V. III. (Teleostei 2). Museu de Zoologia USP, São Paulo.
- Froese R, Pauly D. Eds. 2011. FishBase. Publicação Eletrônica. Disponível em: www.fishbase.org, versão (08/2011). Último acesso em 28/09/2011.
- Garzon J, Acero A (1986) Notes on the fish *Synagrops trispinosus* (Perciformes, Acropomatidae) from the Colombian Caribbean. Jpn J Ichthyol 33: 316-318.
- Gasalla MA, Soares LSH (2001) Comentários sobre os estudos tróficos de peixes marinhos no processo histórico da ciência pesqueira e modelagem ecológica. B Inst Pesca 27: 243-259.
- Gatz AJ (1979) Community organization in fishes as indicated by morphological features. Ecology 60: 711-718.

- Gotelli NJ, Entsminger GL (2004) EcoSim: Null models software for Ecology. Versão 7. Acquired Intelligence Inc. & Kesey-Bear. Jericho, VT 05465. Disponível em: <http://garyentsminger.com/ecosim/index.htm>.
- Haimovici M, Martins AS, Figueiredo JL, Vieira PC (1994) Demersal bony fish of the outer shelf and upper slope of the Southern Brazil Subtropical Convergence ecosystem. *Mar Ecol Prog Ser* 108: 59-77.
- Haimovici M, Martins AS, Vieira PC (1996) Distribuição e abundância de peixes teleósteos demersais sobre a plataforma continental do sul do Brasil. *Rev Brasil Biol* 56: 27-50.
- Haimovici M, Rossi-Wongtschowski CLDB, Bernardes RA, Fischer LG, Vooren CM, Santos RA, Rodrigues AR, Santos S (2008) Prospecção Pesqueira de Espécies Demersais com Rede de Arrasto-de-Fundo na Região Sudeste-Sul do Brasil. Série documentos REVIZEE, Instituto Oceanográfico - USP, São Paulo.
- Hobson ES (1965) Diurnal-nocturnal activity of some inshore fishes in the Gulf of California. *Copeia* 1965: 291-302.
- Huang JB, Chiu TS (1998) Seasonal and hydrographic variations of ichthyoplankton density and composition in the Kuroshio edge exchange area off northeastern Taiwan. *Zool Stud* 37: 63-73.
- Hudson IR, Wigham BD (2003) In situ observations of predatory feeding behaviour of the galatheid squat lobster *Munida sarsi* using a remotely operated vehicle. *J Mar Biol Assoc UK* 83: 463-464.
- Hyslop EJ (1980) Stomach contents analysis - a review of methods and their application. *J Fish Biol* 17: 411-429.
- Kawakami E, Vazzoler G (1980) Método gráfico e estimativa de índice alimentar aplicado no estudo de alimentação de peixes. *Bolm Inst Oceanogr, São Paulo* 29: 205-207.
- Lampert W (1989) The adaptive significance of diel vertical migration of zooplankton. *Funct Ecol* 3: 21-27.
- MacArthur RH, Pianka ER (1966) On optimal use of a patchy environment. *Am Nat* 100: 603-609.
- MacArthur R, Levins R (1967) The limiting similarity, convergence, and divergence of coexisting species. *Am Nat* 101: 377-385.
- Macpherson E (1983) Feeding pattern of the kingklip (*Genypterus capensis*) and its effect on the hake (*Merluccius capensis*) resource off the coast of Namibia. *Mar Biol* 78: 105-112.
- May RM (1975) Some notes on estimating the competition matrix a. *Ecology* 56: 737-741.
- McCormick MI (1998) Ontogeny of diet shifts by a microcarnivorous fish, *Cheilodactylus spectabilis*: relationship between feeding mechanics, microhabitat selection and growth. *Mar Biol* 132: 9-20.
- Mejía LS, Roa A, Acero A, Saavedra L (2001) Review of the fishes of the genus *Synagrops* from the tropical Western Atlantic Perciformes: Acropomatidae. *Caribb J Sci* 37: 202-209.
- Menezes NA, Buckup PA, Figueiredo JL, Moura RL (2003) Catálogo das Espécies de Peixes Marinhos do Brasil. Museu de Zoologia USP, São Paulo.
- Mitchell SJ (1984) Feeding of ling *Genypterus blacodes* (Bloch & Schneider) from 4 New Zealand offshore fishing grounds. *New New Zeal J Mar Fresh* 18: 265 – 274.
- MMA (2006) Programa REVIZEE: avaliação do potencial sustentável de recursos vivos na zona econômica exclusiva: relatório executivo/MMA, Secretaria de Qualidade Ambiental.

- Mochizuki K, Sano M (1984) A new Percichthyid fish *Synagrops trispinosus* from the Caribbean Sea and its adjacent waters. Jpn J Ichthyol 31: 1-4.
- Mochizuki K, Gultneh S (1989) Redescription of *Synagrops spinosus* (Percichthyidae) with first record from the West Pacific. Jpn J Ichthyol 35: 421-427.
- Muto YE, Silva MHC, Vera GR, Leite SSM, Navarro DG, Rossi-Wongtschowski CLDB (2005) Alimentação e Relações Tróficas de Peixes Demersais da Plataforma Continental Externa e Talude Superior da Região Sudeste e Sul do Brasil. Série documentos REVIZEE, Instituto Oceanográfico - USP, São Paulo.
- Nascimento MC (2006) Alimentação de peixes na plataforma continental externa e talude superior da região Sudeste-Sul do Brasil. Dissertação de Mestrado. Universidade Estadual Paulista, Rio Claro.
- Nascimento MC, Velasco G, Okey TA, Christensen V, Amaral ACZ (no prelo) Trophic model of the outer continental shelf and upper slope demersal community of the Southeastern Brazilian Bight. Scientia Marina.
- Okazaki Y, Nakata H (2007) Effect of the mesoscale hydrographic features on larval fish distribution across the shelf break of East China Sea. Cont Shelf Res 27: 1616-1628.
- Palma ED, Matano RPE, Piola AR (2008) A numerical study of the Southwestern Atlantic Shelf circulation: stratified ocean response to local and offshore forcing. J Geophys Res 113: C11010.
- Pauly D, Christensen V (2002) Ecosystem models. In: Hart PJB, Reynolds JD (eds) Handbook of Fish Biology and Fisheries. Blackwell Science LTD, London.
- Pauly D, Christensen V, Froese R, Palomares ML (2000) Fishing down aquatic food webs. Am. Sci. 88: 46-51.
- Pianka ER (1973) The structure of lizards communities. Ann Rev Ecol Syst 4: 53-74.
- Quetglas A, Mesa A, Ordines F, Grau A (2010) Life history of the deep-sea cephalopod family Histoteuthidae in the western Mediterranean. Deep-Sea Res pt I 57(8): 999-1008.
- Randall JE (1967) Food habits of reef fishes of the West Indies. Stud Trop Oceanogr 5: 665-847.
- Rohde FC, Ross SW, Epperly SP, Burgess GH (1995) Fishes new or rare on the Atlantic seaboard of the United States. Brimleyana 23: 53-64.
- Romero MC, Lovrich GA, Tapella F, Thatje S (2004) Feeding ecology of the crab *Munida subrugosa* (Decapoda: Anomura: Galatheidae) in the Beagle Channel, Argentina. J Mar Biol Assoc UK 84: 359-365.
- Roper CFE, Young RE (1975) Vertical distribution of pelagic cephalopods. Smithsonian Contrib Zool 209: 1-51.
- Sazima I (1986) Similarities in feeding-behaviour between some marine and fresh-water fishes in two tropical communities. J Fish Biol 29: 53-65.
- Serafim CFS (2007) REVIZEE - Missão cumprida? REPesca 2: 27-43.
- Soares CF, Madureira LSP, Habiaga RP, Laurinho LD, Ferreira CS, Weigert SC (2005) Caracterização dos ecotipos detectados durante os cruzeiros de prospecção pesqueira acústica entre Cabo de São Tomé (RJ) e Chuí (RS). In: Madureira LSP, Rossi-Wongtschowski CLDB (eds) Prospecção de Recursos Pesqueiros Pelágicos na Zona Econômica Exclusiva da Região Sudeste-Sul do Brasil: Hidroacústica e Biomassas. Série documentos REVIZEE, Instituto Oceanográfico - USP, São Paulo, pp 17-61.

- Soares LSH (1992) Alimentação de espécies de peixes demersais ao longo do ciclo diário no litoral de Ubatuba, São Paulo: alimento, atividade alimentar e consumo. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo, São Paulo.
- Soares LSH, Apelbaum R (1994) Atividade alimentar diária da cabrinha *Prionotus punctatus* (Teleostei: Triglidae) do litoral de Ubatuba, Brasil. *Braz J Oceanogr* 42: 85-98.
- Soares LSH, Vazzoler AEAM (2001) Diel changes in food and feeding activity of sciaenid fishes from the South-Western Atlantic, Brazil. *Rev Brasil Biol* 61: 197-216.
- Soares LSH, Jarre-Teichmann A, Rossi-Wongtschowski CLDB (1998) Field estimates of food consumption of the searobin *Prionotus punctatus* (Bloch, 1797) on the continental shelf off Ubatuba, southeastern Brazil. *Braz J Oceanogr* 46: 45-60.
- Soares-Gomes A, Pires-Vanin AMS (2003) Padrões de abundância, riqueza e diversidade de moluscos bivalves na plataforma continental ao largo de Ubatuba, São Paulo, Brasil: uma comparação metodológica. *Rev Bras Zool* 20: 717-725.
- Stoner AW, Livingston RJ (1984) Ontogenetic patterns in diet and feeding morphology in sympatric sparid fishes from seagrass meadows. *Copeia* 1984: 174-187.
- Sumida PYG, Pires-Vanin AMS (1997) Benthic Associations of the Shelfbreak and Upper Slope off Ubatuba-SP, South-eastern Brazil. *Estuarine, Coastal and Shelf Science* 44: 779-784.
- Vaske Júnior T, Castello JP (1998) Conteúdo estomacal da albacora-laje, *Thunnus albacares*, durante o inverno e primavera no sul do Brasil. *Rev Brasil Biol* 58: 639-647.
- Vaske Júnior T, Teixeira AF, Gadig OBF (2009) Aspectos biológicos do peixe-olhudo-dentinho, *Synagrops bellus* (Actinopterygii: Acropomatidae), da plataforma externa e talude superior do Estado de São Paulo, Brasil. *PanamJAS* 4: 179-187.
- Watanabe H, Moku M, Kawaguchi K, Ishimaru K, Ohno A (1999). Diel vertical migration of myctophid fishes (Family Myctophidae) in the transitional waters of the western North Pacific. *Fish Oceanogr* 8: 115-127.
- Zaret TM, Suffern JS. (1976) Vertical migration in zooplankton as a predator avoidance mechanism. *Limnol Oceanogr* 21: 804-813.
- Zembruski SG (1979) Geomorfologia da margem continental sul-brasileira e das bacias oceânicas adjacentes. In: Chaves HAF (Ed) Relatório final do projeto REMAC. In: Geomorfologia da margem continental brasileira e das áreas adjacentes. Rio de Janeiro: Petrobrás-CENPES-DINTEP. Série Projeto REMAC, 7: pp 129-177.
- Zembruski SG, Barreto HT, Palma JCE, Miliman JD (1972) Estudo preliminar das províncias geomorfológicas da margem continental brasileira. In: Congresso Brasileiro de Geologia, XXVI, 1972, Belém. Anais. Belém, pp 187-209.

Tabela 1: Importância percentual dos alimentos (IA%) consumidos por *Synagrops bellus* e *Synagrops spinosus* nas diferentes áreas de coleta (SP/RJ = São Paulo e Rio de Janeiro e PR/SC = Paraná e Santa Catarina) e estações do ano; ND = não determinado; NC = não contabilizado.

Itens alimentares	<i>Synagrops bellus</i>				<i>Synagrops spinosus</i>			
	inverno/primavera		verão/outono		inverno/primavera		verão/outono	
	SP/RJ	PR/SC	SP/RJ	PR/SC	SP/RJ	PR/SC	SP/RJ	PR/SC
<i>Histioteuthis</i> sp.	-	-	-	-	<1	-	3	-
Cephalopoda	42	27	32	36	<1	-	4	-
Enoploteuthidae (NC)	-	-	-	-	-	-	-	-
Pyroteuthidae (NC)	-	-	-	-	-	-	-	-
Ommastrephidae (NC)	-	-	-	-	-	-	-	-
Bolitaenidae (NC)	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Squilla</i> sp.	-	-	-	-	-	-	<1	<1
Stomatopoda (ND)	-	<1	<1	-	<1	-	4	<1
<i>Sicyonia</i> sp.	-	-	<1	-	-	-	-	<1
<i>Acetes</i> sp.	-	-	-	-	<1	-	-	30
Dendrobranchiata (ND)	<1	<1	2	<1	-	-	-	-
<i>Alpheus</i> sp.	-	-	-	-	1	-	<1	<1
<i>Heterocarpus</i> sp.	-	-	-	-	-	-	-	<1
Palaemonidae	-	-	-	-	-	-	-	<1
Caridea (ND)	5	1	27	1	1	-	68	53
<i>Upogebia</i> sp.	<1	-	-	<1	-	-	-	-
Thalassinidea (ND)	<1	-	-	-	-	-	-	-
Astacidea	-	-	-	-	-	-	<1	-
<i>Munida</i> spp.	1	<1	10	<1	1	<1	6	3
Galatheididae (ND)	-	-	-	<1	-	-	-	-
<i>Mixtopagurus paradoxus</i>	-	-	-	-	<1	-	-	-
Paguridae	<1	<1	<1	<1	1	-	1	<1
Hippoidea	-	<1	-	<1	-	-	<1	<1
<i>Dromia</i> sp.	-	-	<1	-	-	-	-	-
Majidae	-	-	-	<1	-	-	-	-
Leucosiidae	-	-	-	-	<1	-	-	-
Pinnotheridae	-	-	<1	-	<1	-	-	-
Goneplacidae	-	-	<1	-	-	-	-	-
Megalopa	-	-	-	-	-	-	-	<1
Brachyura (ND)	<1	<1	<1	-	-	-	<1	-
Scyllaridae	<1	-	<1	<1	-	-	-	-
Isopoda	<1	<1	<1	<1	-	-	-	-
Amphipoda	-	-	-	-	<1	-	-	<1
Copepoda	-	-	-	-	-	-	-	<1
Crustacea (ND)	1	<1	<1	<1	16	-	6	2
Ophiuroidea	-	-	-	<1	-	-	-	-
<i>Saurida</i> sp.	-	<1	-	-	-	-	-	-
Teleostei (ND)	51	71	29	63	80	99	7	10
Total amostrado	52	105	72	74	82	9	50	86

Tabela 2: Síntese dos resultados da atividade alimentar diária de *S. spinosus* e *S. bellus*, considerando o índice de repleção estomacal, e a proporção de exemplares com os estômagos nos diferentes graus de digestão (GR0 = vazio, GR1 = pouco repleto, GR2 = repleção intermediária e GR3 = repleto) e dos alimentos nos diferentes graus de digestão (GD1 = fresco, GD2 = parcialmente digerido e GD3 = muito digerido) por intervalos de horário.

		<i>S. spinosus</i>								<i>S. bellus</i>							
		inverno/primavera				verão/outono				inverno/primavera				verão/outono			
		06h00	09h00	12h00	15h00	06h00	09h00	12h00	15h00	06h00	09h00	12h00	15h00	06h00	09h00	12h00	15h00
Índice de repleção	IR%	0,697	0,819	0,575	0,918	1,447	1,31	1,33	0,6	0,195	0,65	0,97	1,2	0,706	1,09	0,238	1,025
Grau de repleção	GR0	63	75	82	89	66	82	99	79	71	60	73	70	55	72	59	59
	GR1	14	13	8	5	9	9	0	3	29	30	19	22	29	16	39	15
	GR2	18	6	9	4	15	5	0	12	0	5	5	4	11	8	1	16
	GR3	5	6	1	2	10	5	1	6	0	5	3	4	5	4	1	10
Grau de digestão	GD1	3	7	7	11	31	38	50	26	1	2	2	13	15	19	3	19
	GD2	33	43	36	33	34	38	50	51	12	19	23	13	17	22	9	47
	GD3	63	50	57	56	34	25	0	23	87	79	75	73	69	59	88	33

Tabela 3: Síntese dos resultados da dieta de *S. spinosus* e *S. bellus*, considerando o índice alimentar (IA%) dos itens alimentares mais consumidos nas diferentes estações do ano, áreas de coleta, profundidades e classes de tamanho.

Variáveis		<i>S.spinopus</i> (IA%)			<i>S.bellus</i> (IA%)		
		Cephalopoda	Crustacea	Teleostei	Cephalopoda	Crustacea	Teleostei
inverno/primavera	SP/RJ	1	45	54	34	25	41
	PR/SC	0	0	100	23	5	72
verão/outono	SP/RJ	4	93	3	18	65	17
	PR/SC	0	97	3	35	4	61
Profundidade (m)	100	0	100	0	-	-	-
	150	0	99	1	0	100	0
	200	0	32	68	0	64	36
	300	0	11	89	59	10	90
	400	37	8	55	28	11	48
	500	16	66	19	14	21	63
	600	0	82	8	36	11	53
Classes de tamanho (mm)	60-70	0	59	41	-	-	-
	70-80	0	100	0	-	-	-
	80-90	0	94	6	-	-	-
	90-100	0	86	14	0	100	0
	100-110	0	71	29	17	81	2
	110-120	0	90	10	54	46	0
	120-130	0	69	31	4	94	2
	130-140	27	41	32	78	12	11
	140-150	0	100	0	24	6	70
	150-160	17	83	0	40	2	58
	160-170	-	-	-	50	9	41
	170-180	-	-	-	47	1	52
	180-190	-	-	-	40	2	58
	190-200	-	-	-	21	18	61
	200-210	-	-	-	1	2	96
	210-220	-	-	-	9	13	78
	220-230	-	-	-	9	78	12
	230-240	-	-	-	3	12	85
	240-250	-	-	-	50	4	46
	250-260	-	-	-	0	8	92
	260-270	-	-	-	0	0	100
	270-280	-	-	-	13	86	1

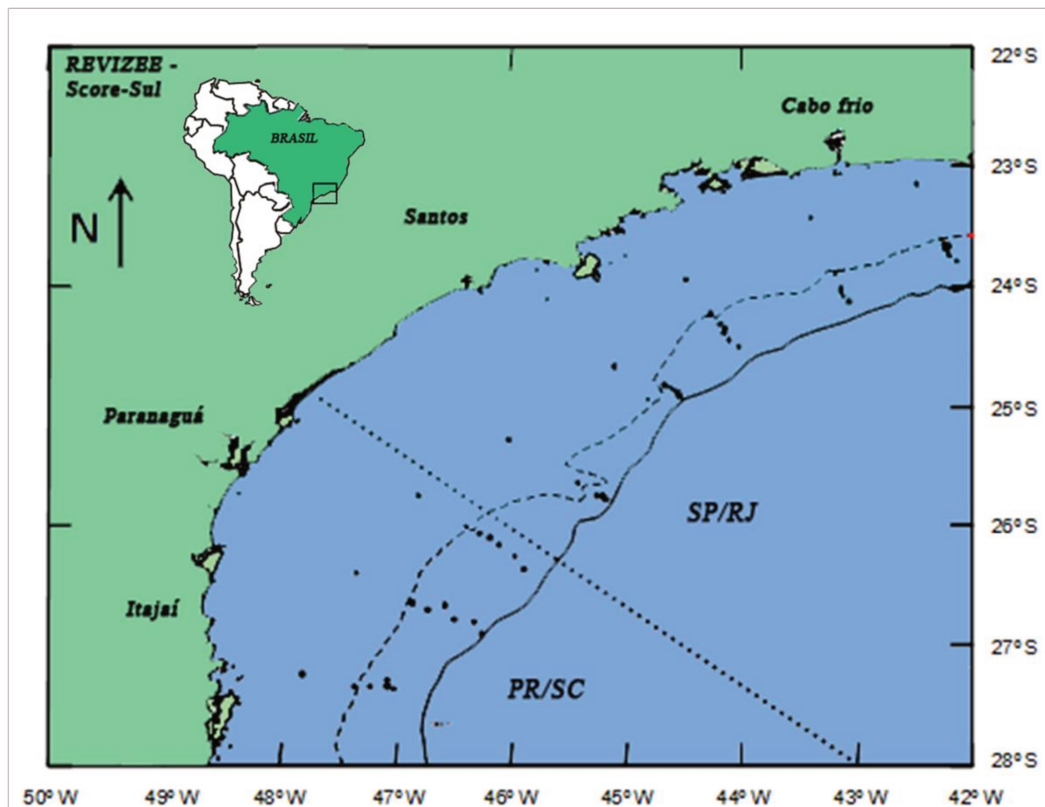


Figura 1: Mapa da área de estudo (modificado de Muto *et al.* 2005). Os pontos representam as estações de coleta; a linha tracejada, a região aproximada da quebra da plataforma continental (cerca de 200 m de profundidade); a linha contínua, a isóbata de 600 m (limite inferior da coleta); e a linha pontilhada mostra a divisão da área de estudo entre São Paulo-Rio de Janeiro (SP/RJ) e Paraná-Santa Catarina (PR/SC).

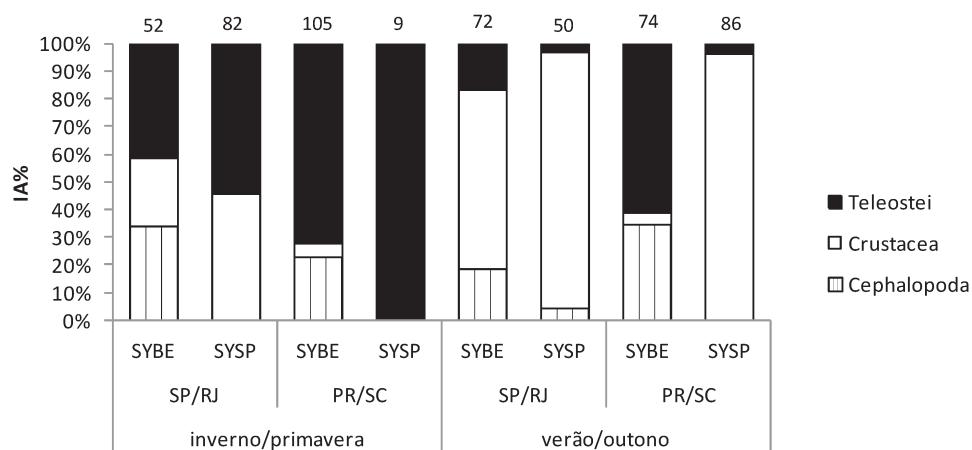


Figura 2: Importância alimentar dos alimentos consumidos por *Synagrops bellus* (SYBE) e *Synagrops spinosus* (SYSP), nas diferentes áreas de coleta e estações do ano. Números acima das barras representam a quantidade de exemplares examinados por área e estação; SP/RJ = São Paulo e Rio de Janeiro, PR/SC = Paraná e Santa Catarina.

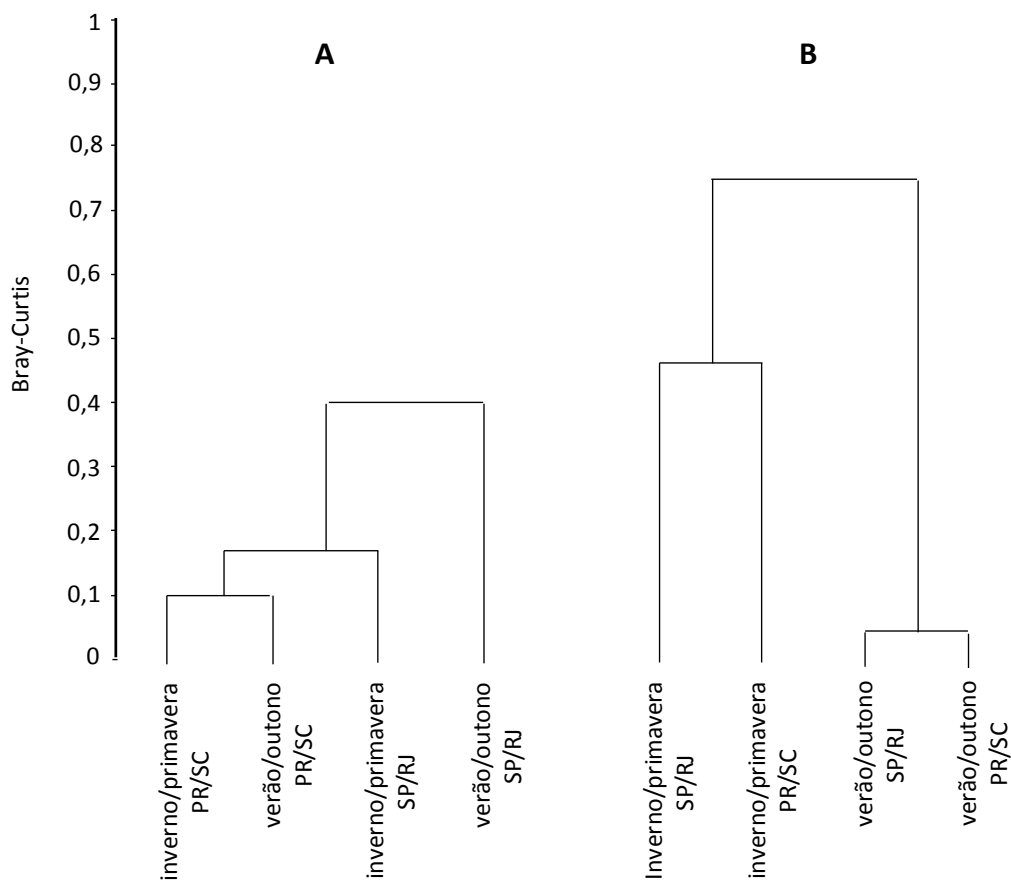


Figura 3: Análise de agrupamento das estações do ano e áreas de coleta, considerando os valores de importância alimentar (IA%) de cada presa. (A) *Synagrops bellus*; (B) *Synagrops spinosus*.

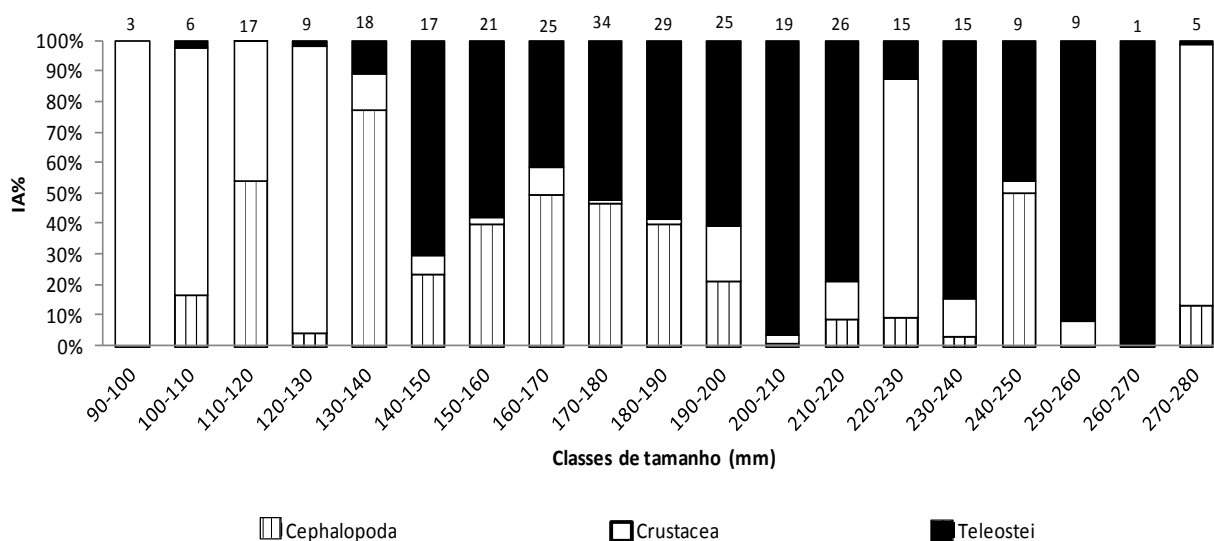


Figura 4: Consumo de alimento em relação ao tamanho dos indivíduos de *Synagrops bellus*. Números acima das barras representam a quantidade de exemplares examinados em cada classe de tamanho.

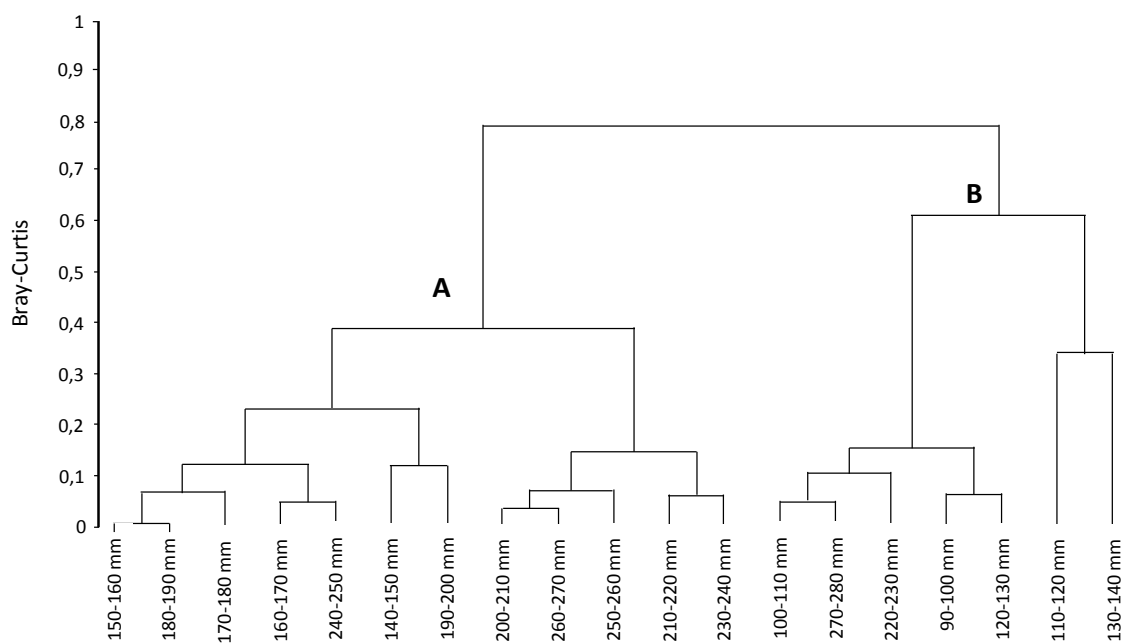


Figura 5: Análise de agrupamento das classes de tamanho de *Synagrops bellus*, considerando os valores de importância alimentar (IA%) dos grupos de presas.

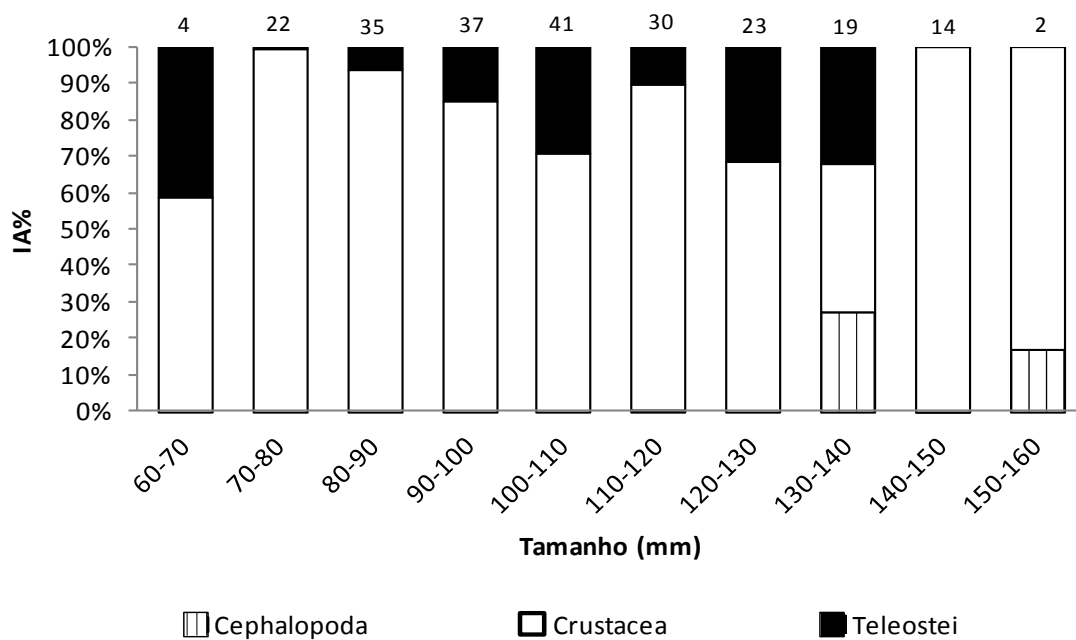


Figura 6: Consumo de alimento em relação ao tamanho dos indivíduos de *Synagrops spinosus*. Números acima das barras representam a quantidade de exemplares examinados em cada classe de tamanho.

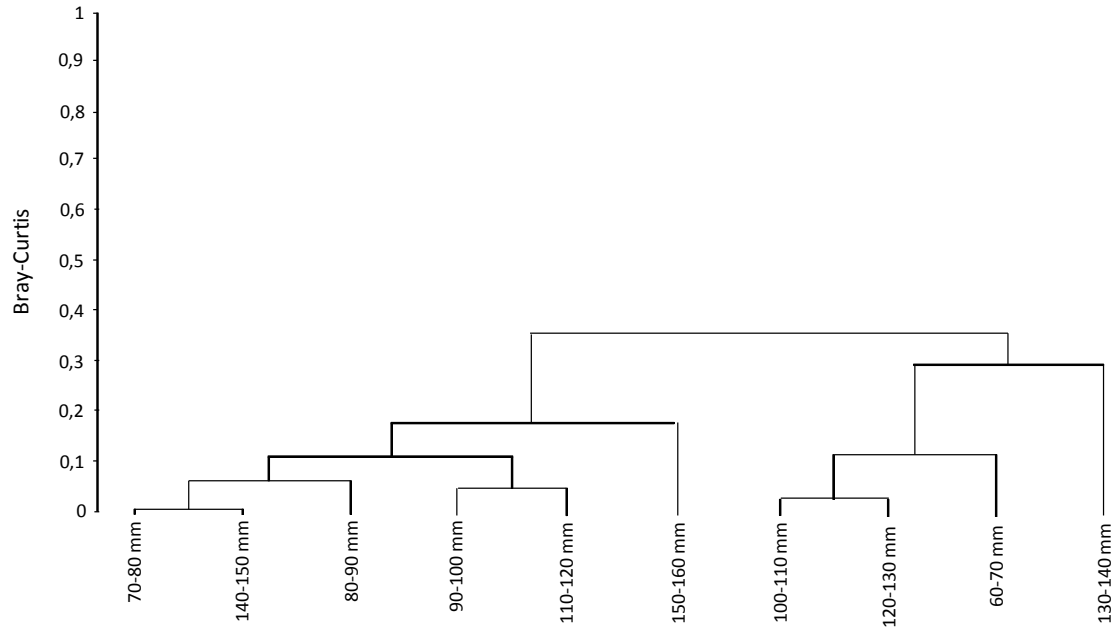


Figura 7: Análise de agrupamento das classes de tamanho de *Synagrops spinosus*, considerando os valores de importância alimentar (IA%) dos grupos de presas.

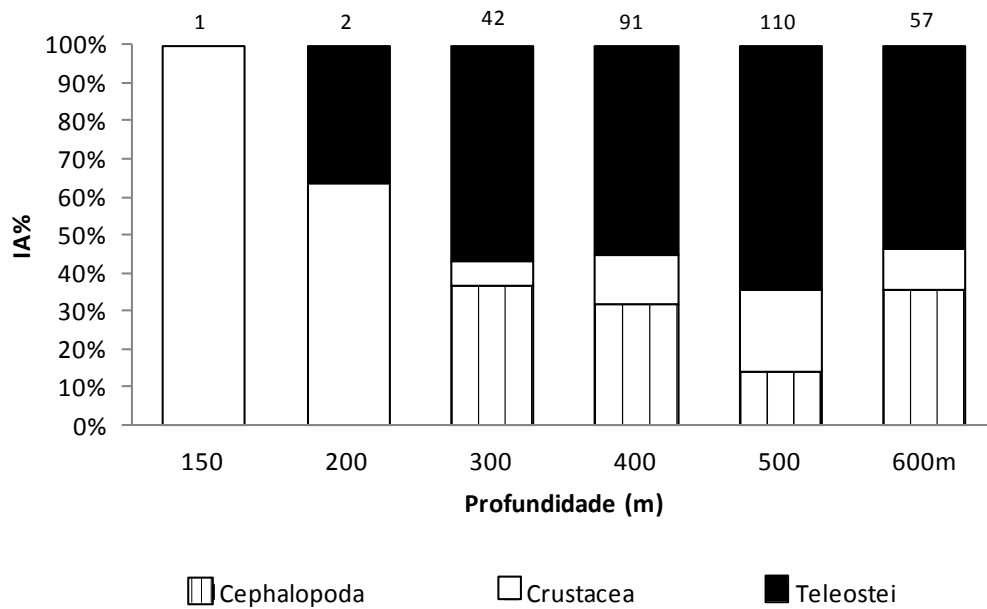


Figura 8: Consumo de alimento em relação à profundidade em que *Synagrops bellus* foi coletado. Números acima das barras representam a quantidade de indivíduos examinados em cada profundidade.

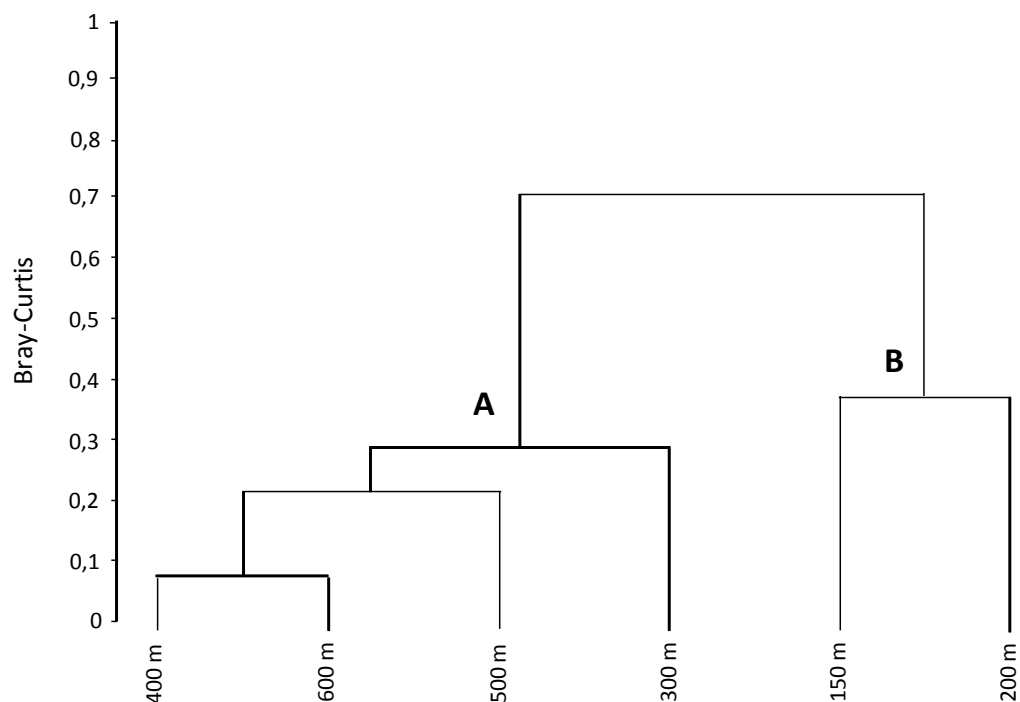


Figura 9: Análise de agrupamento das profundidades em que os exemplares de *Synagrops bellus* foram coletados, considerando os valores de importância alimentar dos grupos de presas.

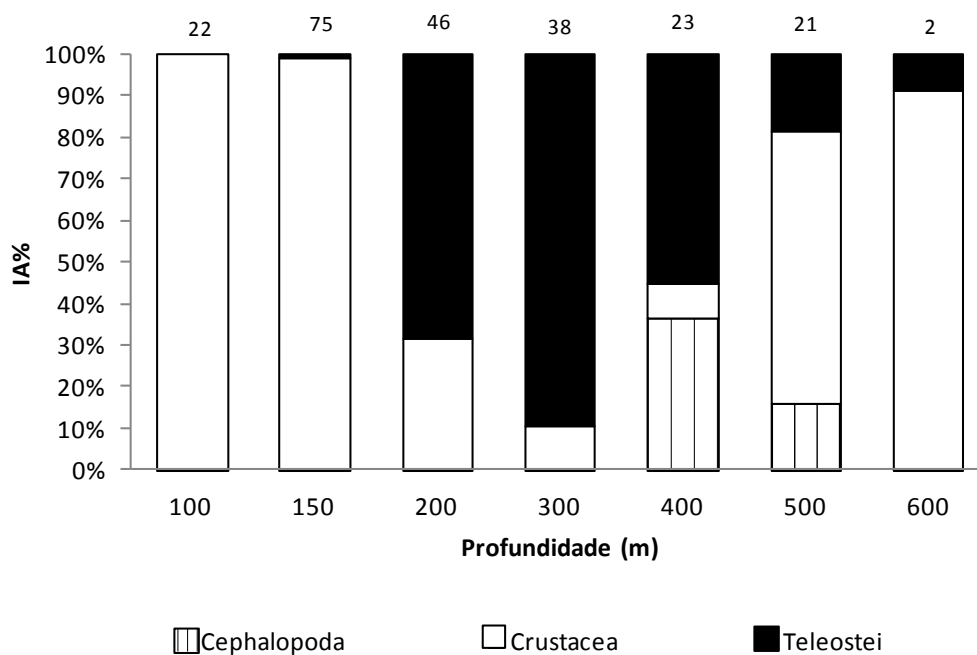


Figura 10: Consumo de alimento em relação à profundidade em que os exemplares de *Synagrops spinosus* foram coletados. Números acima das barras representam a quantidade de indivíduos examinados em cada profundidade.

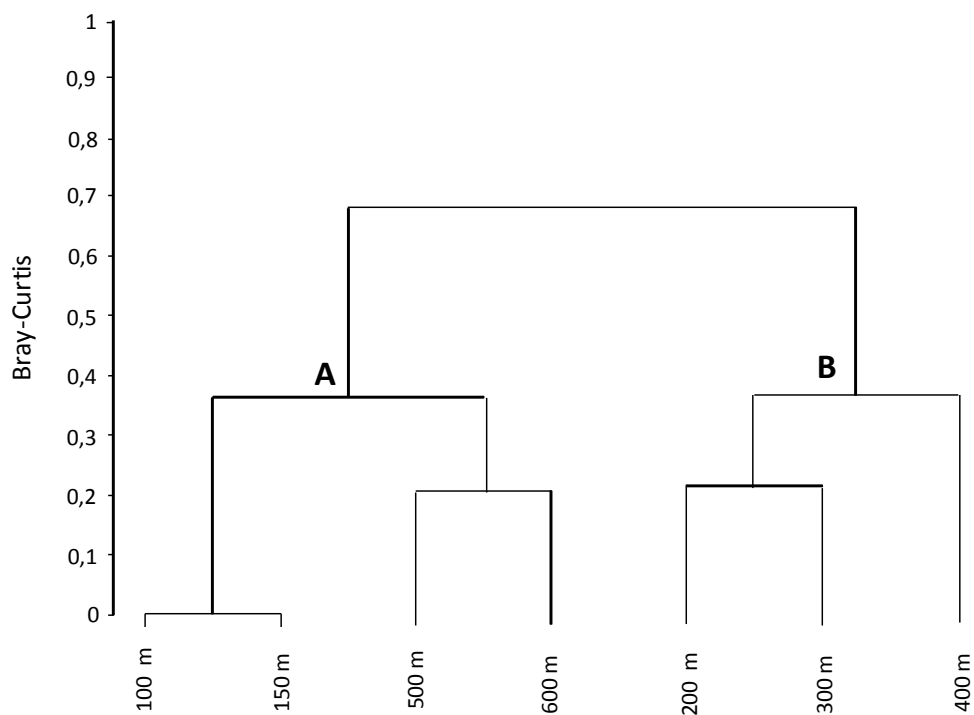


Figura 11: Análise de agrupamento das profundidades em que os exemplares de *Synagrops spinosus* foram coletados, considerando os valores de importância alimentar (IA%) dos grupos de presas.

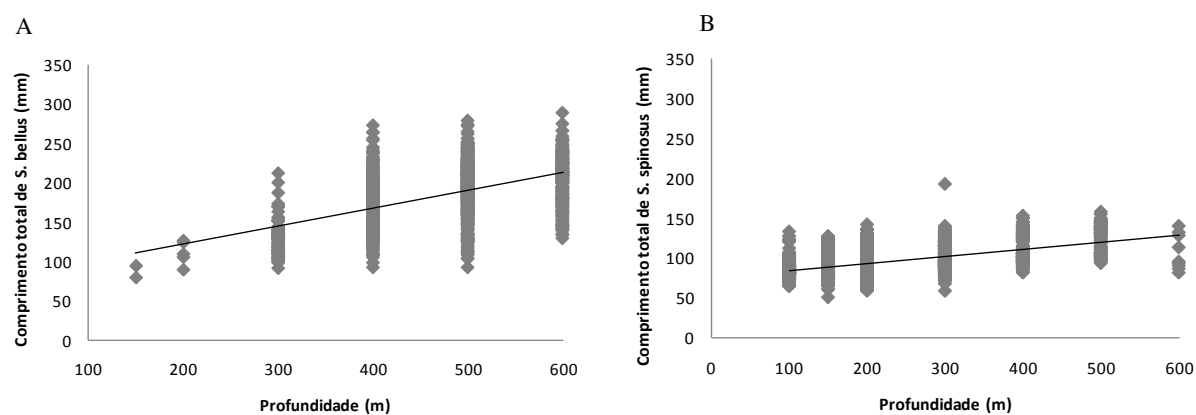


Figura 12: Relação entre comprimento total e profundidade em que os indivíduos de *Synagrops bellus* (A) e *Synagrops spinosus* (B) foram coletados. *Synagrops bellus* ($r^2 = 0,23$; $b = 0,228$); *S. spinosus* ($r^2 = 0,29$; $b = 0,09$).

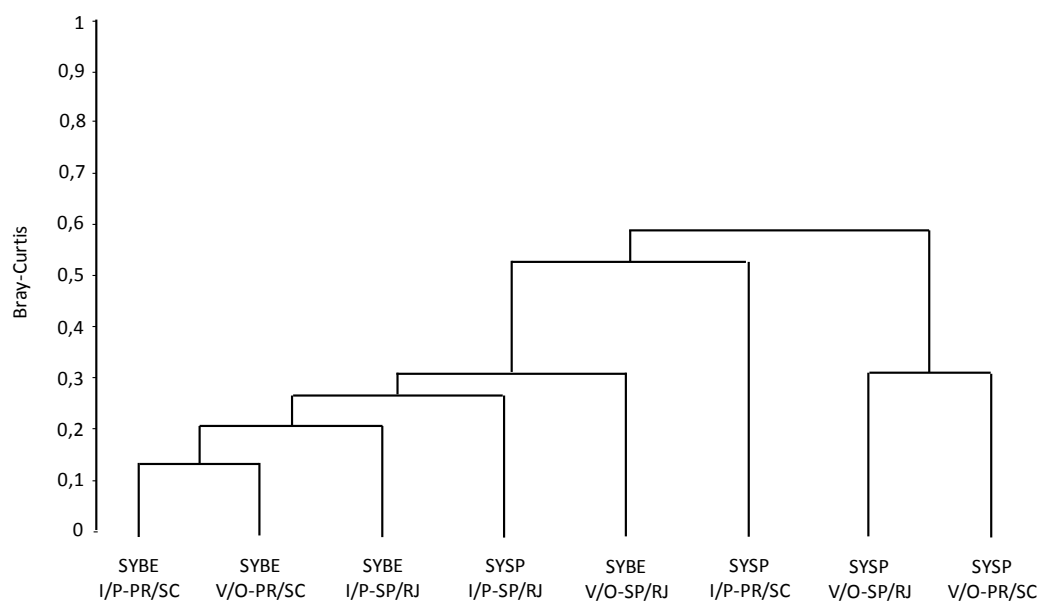


Figura 13: Análise de agrupamento das estações do ano e áreas de coleta, considerando os valores de importância alimentar (IA%) de cada presa de ambas as espécies. SYBE = *Synagrops bellus*; SYSP = *Synagrops spinosus*; I/P = inverno/primavera; V/O = verão/outono.

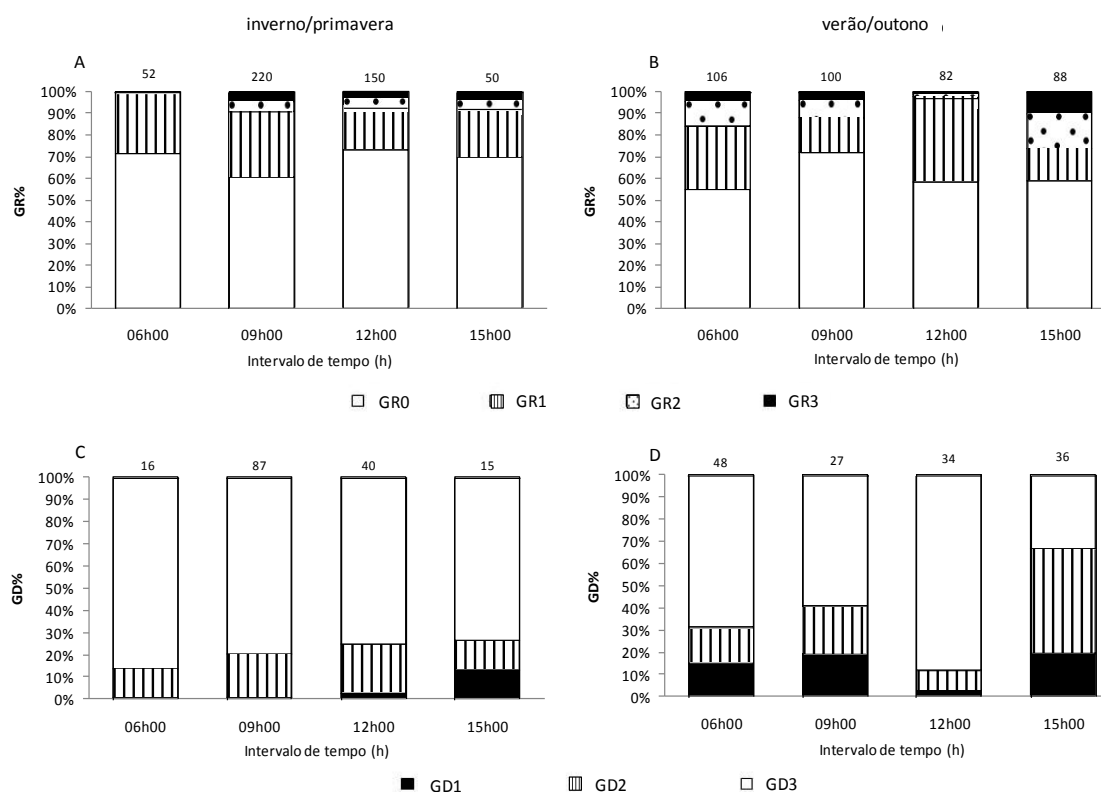


Figura 14: Proporção dos diferentes graus de repleção (GR0 = vazio, GR1 = pouco repleto, GR2 = repleção intermediária e GR3 = repleto; A = exemplares coletados no inverno e na primavera, B = exemplares coletados no verão e no outono) e dos diferentes graus de digestão das presas (GD1 = fresco, GD2 = parcialmente digerido e GD3 = muito digerido; C = exemplares coletados no inverno e na primavera, D = exemplares coletados no verão e no outono) em *Synagrops bellus*. Números acima das barras representam a quantidade de exemplares examinados em cada intervalo de tempo.

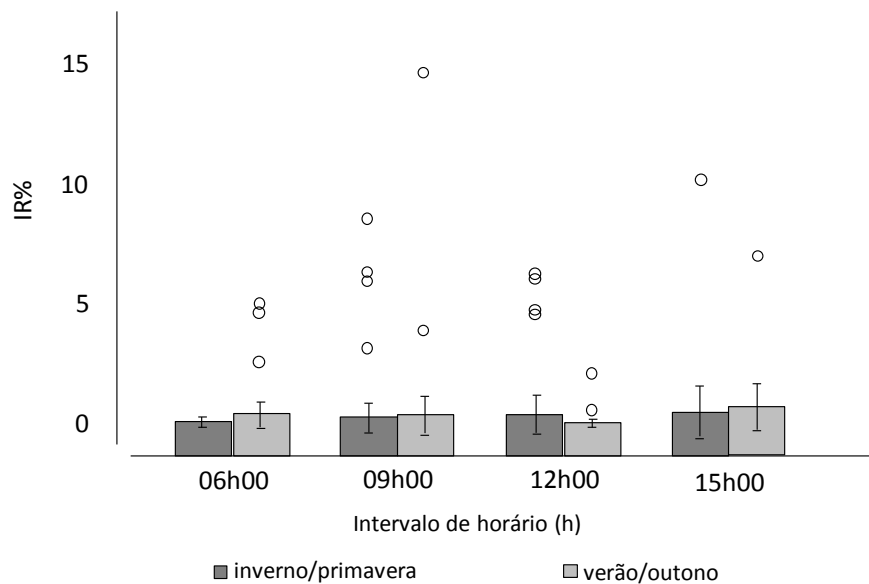


Figura 15: Índice de repleção médio dos estômagos dos indivíduos de *Synagrops bellus*, coletados no inverno/primavera (barras escuras) e verão/outono (barras claras). As linhas sobre as barras representam o desvio padrão e os círculos acima, os valores discrepantes.

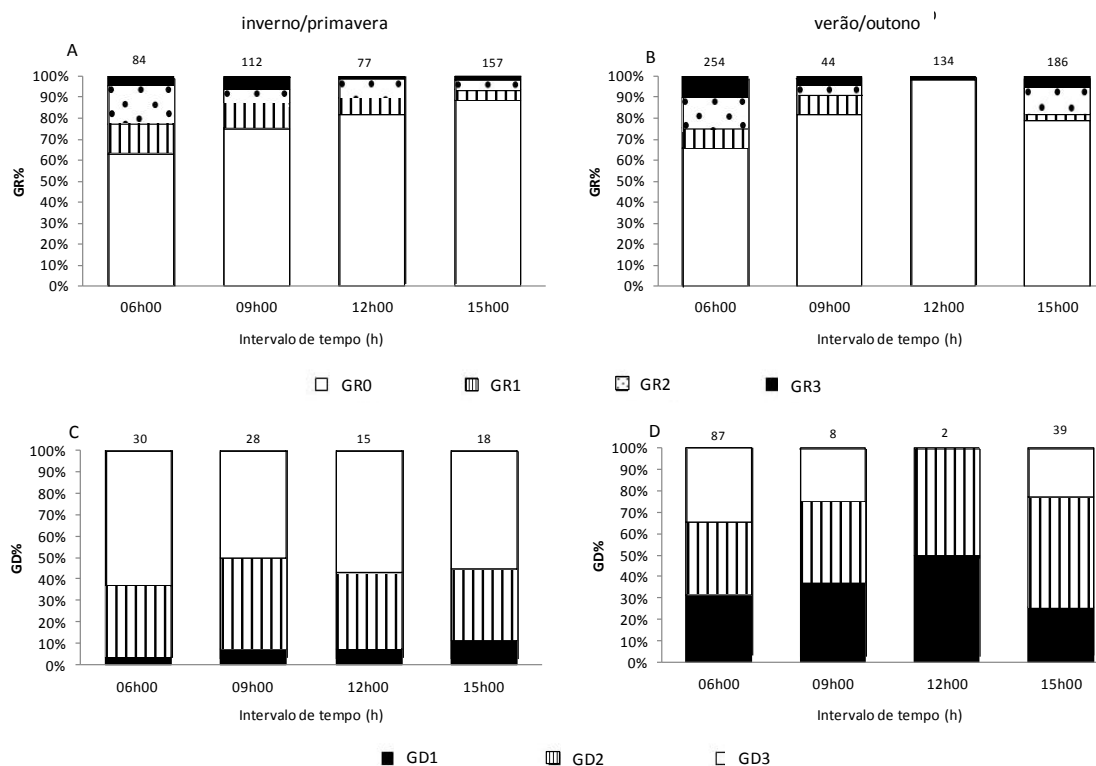


Figura 16: Proporção dos diferentes graus de repleção (GR0 = vazio, GR1 = pouco repleto, GR2 = repleção intermediária e GR3 = repleto; A = exemplares coletados no inverno e na primavera, B = exemplares coletados no verão e no outono) e dos diferentes graus de digestão das presas (GD1 = fresco, GD2 = parcialmente digerido e GD3 = muito digerido; C = exemplares coletados no inverno e na primavera, D = exemplares coletados no verão e no outono) em *Synagrops spinosus*. Números acima das barras representam a quantidade de exemplares examinados em cada intervalo de tempo.

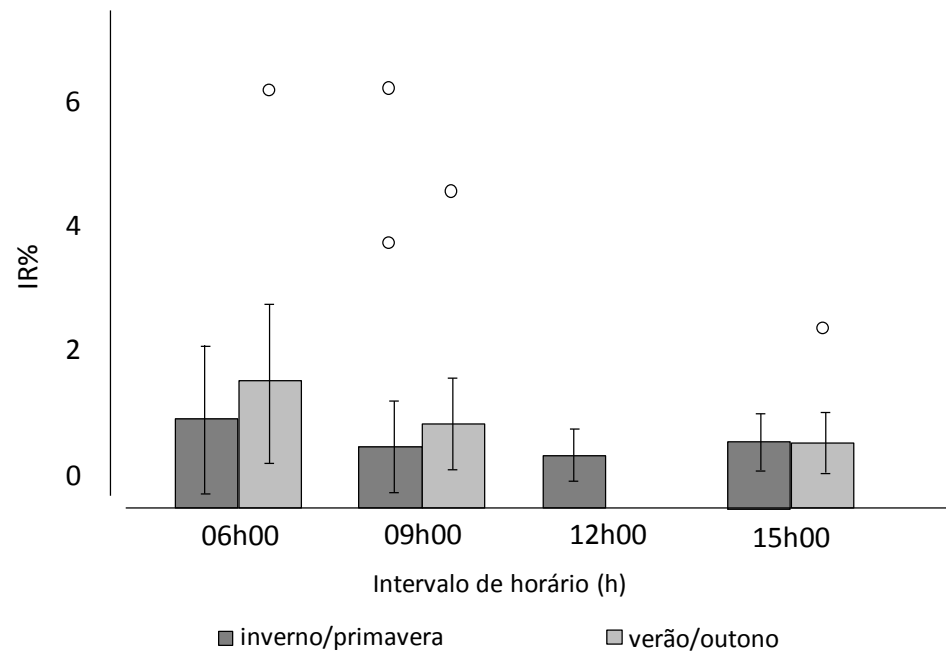


Figura 17: Índice de repleção médio dos estômagos dos indivíduos de *Synagrops spinosus*, coletados no inverno/primavera (barras escuras) e verão/outono (barras claras). As linhas sobre as barras representam o desvio padrão e os círculos acima os valores discrepantes.

CAPÍTULO 3 - Dieta do congro-rosa *Genypterus brasiliensis*

Resumo

Espécies do gênero *Genypterus* podem ser encontradas ao redor de todo o globo, especialmente no hemisfério sul. São, em sua maioria, peixes demersais comercialmente importantes, porém, pouco estudados, devido a sua ocorrência em grandes profundidades. Sobre a espécie brasileira *Genypterus brasiliensis*, há uma grande lacuna de conhecimento, especialmente sobre sua alimentação. Neste contexto, estudou-se a dieta de *G. brasiliensis*, espécie abundante no Sudeste e Sul do Brasil. Este estudo foi feito com base na análise do conteúdo estomacal de exemplares coletados no âmbito do Programa REVIZEE Score-Sul. Os itens alimentares encontrados foram identificados e pesados. Calculou-se o índice de importância alimentar de cada um dos itens com relação à estação do ano, à região geográfica, ao comprimento dos exemplares e à profundidade em que foram coletados. Além disso, foi observado o grau de digestão em que as presas foram encontradas, assim como o grau de repleção dos estômagos no momento da captura dos indivíduos. Constatou-se que a espécie, da mesma forma que outras congêneres, é predominantemente piscívora, e que a escolha do alimento sofre a influência da profundidade em que o indivíduo se encontra e da época do ano.

Introdução

O conhecimento sobre as comunidades marinhas do Brasil tem se expandido nos últimos dez anos, especialmente devido ao programa “Avaliação dos Recursos Vivos da Zona Econômica Exclusiva” (REVIZEE). Este programa foi desenvolvido na plataforma externa e talude superior até 200 milhas náuticas a partir da linha de costa brasileira. Contou com a participação de mais de dez embarcações oceanográficas de prospecção pesqueira e, aproximadamente, 300 pesquisadores das mais diversas áreas do conhecimento. Como resultado, foram geradas muitas informações oceanográficas, físicas, químicas, geológicas e biológicas sobre ambientes nunca antes explorados (Serafim 2007). A partir dos resultados deste projeto, diversas pesquisas foram desenvolvidas, inclusive sobre os organismos demersais e bentônicos de mar profundo. Estes estudos ocorreram desde o nível de espécies até estudos ecossistêmicos (*i.e.*, Amaral e Rossi-Wongtschowski 2004; Muto *et al.* 2005; Gasalla *et al.* 2007; Nascimento *et al.* no prelo).

Ao mesmo tempo em que ocorreu esta expansão do conhecimento sobre a plataforma externa e talude superior no Brasil, também foram observadas mudanças na pesca nestas áreas. Houve um aumento na frota especializada em recursos demersais no talude, sobretudo na de arrasto, bem como modificações no uso de organismos demersais como recursos pesqueiros (Perez *et al.* 2003; Valentini e Pezzuto 2006; Haimovici *et al.* 2009; Perez *et al.* 2009). Hoje, constituem importantes recursos das frotas industriais espécies que antes eram descartadas ou utilizadas como isca. No entanto, devido ao modo como vêm sendo pescadas e à falta de uma regulamentação de pesca adequada, suas populações vêm declinando, atingindo níveis críticos (Valentini e Pezzuto 2006). Esta sobrexplotação contrasta com a falta de conhecimento sobre a biologia básica das espécies, realidade ainda existente apesar dos esforços recentes. Assim, não é possível avaliar de forma realística como as populações reagem às mudanças ocorridas na pesca.

Consequentemente, tem-se um cenário de perda de diversidade biológica sem que seja possível estimar seus efeitos no ecossistema, bem como elaborar planos de manejo adequados para evitá-la.

O conhecimento necessário para a tomada de decisões sobre pesca envolve desde a taxonomia, a biologia e a ecologia das espécies, até estudos tróficos e em nível ecossistêmico. Estudos sobre a composição da dieta e hábitos alimentares são particularmente importantes, pois permitem a compreensão do papel das espécies em um ecossistema aquático e consequentemente que se façam inferências sobre as relações tróficas nesse ecossistema (Gasalla e Soares 2001; Soares e Vazzoler 2001; Norbis e Galli 2004). Por meio dos estudos de dieta, é possível conhecer não só o tipo de alimento consumido por uma espécie, mas também sua eficiência de conversão do alimento em estruturas orgânicas (Soares 1992). Tendo estas informações para as espécies de uma comunidade, juntamente com dados populacionais, é possível avaliar a demanda energética do ecossistema como um todo, o que permite uma análise mais detalhada dos impactos de predação e pesca (Pauly e Christensen 2002; Christensen *et al.* 2008). Sendo assim, com base nestes estudos é possível definir parâmetros ecológicos para políticas de manejo pesqueiro e ações dirigidas à pesca sustentável (Pauly e Christensen 2002).

Estudos sobre a dieta e a relevância ecológica de peixes demersais têm se intensificado no Brasil nas últimas décadas, contribuindo muito para o conhecimento das comunidades demersais e bentônicas da plataforma continental (Vazzoler 1975; Amaral e Migotto 1980; Soares e Apelbaum 1994; Oliveira e Soares 1996; Velasco *et al.* 1997; Soares *et al.* 1999; Muto *et al.* 2001; Martins *et al.* 2005). Sobre espécies de mar profundo (como o congro-rosa) no Sudeste e Sul do Brasil, muito pouco se conhece (Haimovici *et al.* 1994; Martins *et al.* 2005; Muto *et al.* 2005; Nascimento 2006).

Assim sendo, com o objetivo de ampliar o conhecimento sobre peixes comerciais, de compreender como estes se relacionam com outras espécies e com o ecossistema, e de fornecer dados que contribuam para estudos ecossistêmicos e assim para o uso sustentável dos recursos de mar profundo, estudou-se a dieta de *G. brasiliensis* no Sudeste e Sul do Brasil. A área de estudo, conhecida como “Southeastern Brazilian Bight”, está localizada entre Cabo Frio e Cabo de Santa Marta Grande, e é uma das mais produtivas das águas brasileiras, responsável por cerca de 40% do volume total de pesca do país (MPA 2010).

Material e métodos

Genypterus brasiliensis é uma espécie de peixe demersal, da família Ophidiidae, que mede até 1 m de comprimento. Sua distribuição vai desde o Rio de Janeiro (22° S, 43° W) até o Golfo de San Matias, na Argentina (40° S, 64° W), geralmente entre 100 e 500 m de profundidade, preferencialmente associada a substratos não consolidados de sedimento fino (Figueiredo e Menezes 1978; Haimovici *et al.* 2008). Popularmente conhecida como congro-rosa, é uma das espécies de peixe mais abundantes das regiões Sudeste e Sul do Brasil, sendo a 14^a espécie com maior biomassa nesta área (Rossi-Wongtschowski *et al.* 2006), sendo um recurso pesqueiro importante dessas regiões (Valentini e Pezzuto 2006; MPA 2010), apresentando um alto valor econômico.

O congro-rosa é facilmente identificado por sua coloração rosa uniforme, corpo cilíndrico, com nadadeiras pélvicas localizadas na região gular, e nadadeiras dorsal e anal muito longas unidas à caudal (Figueiredo e Menezes 1978; Bernardes *et al.* 2005). Seu principal predador é o cherne-poveiro (*Polyprion americanus*) (Peres e Haimovici 2003), sendo também consumido por outros peixes demersais, como o cação-anjo (*Squatina guggenheim*) (Froese e Pauly 2011).

Apesar de se tratar de uma espécie de alto valor comercial e intensamente pescada, as informações disponíveis restringem-se principalmente à parasitologia e à ocorrência da espécie, sobretudo em estudos que abrangem os recursos pesqueiros demersais (Sardella *et al.* 1997; Alves *et al.* 2002; Knoff *et al.* 2007; Severino-Rodrigues *et al.* 2007). Recentemente novas informações sobre a ecologia da espécie, principalmente sobre o crescimento, estrutura etária e mortalidade, foram apresentadas por Eleutério (2008).

A área de estudo compreende a plataforma continental externa e o talude superior da Zona Econômica Exclusiva (ZEE) dos Estados do Rio de Janeiro, São Paulo, Paraná e Santa Catarina, entre Cabo Frio, RJ (22° S, 42° W) e Cabo de Santa Marta Grande, SC (27° S, 48° W). Os resultados foram agrupados em duas regiões: São Paulo – Rio de Janeiro (SP/RJ) e Santa Catarina – Paraná (SC/PR) (Fig. 1). Esta divisão foi utilizada durante os cruzeiros de prospecção pesqueira do REVIZEE Score-Sul e foi baseada em características geológicas da margem continental brasileira, mapeadas durante o projeto “Reconhecimento global da margem continental brasileira” - REMAC, e nas características climatológicas, oceanográficas e meteorológicas dessa área (Zembruski 1979; MMA 2006; Castro *et al.* 2006).

As condições oceanográficas da área de coleta apresentam algumas características específicas que se encontram descritas no capítulo 1.

Coleta e análise de dados

As amostras foram coletadas nas isóbatas de 100, 150, 200, 300, 400, 500 e 600 m de profundidade, utilizando-se rede de arrasto de fundo do tipo “ballon trawl” de 439 malhas, de 160 mm na boca e 70 mm no sacador. Foram realizados 55 arrastos, durante o inverno/primavera de 2001 (agosto a outubro) e de 2002 (junho), e 56 durante o verão/outono de 2002 (fevereiro a

abril), entre 06h00 e 18h00. Cada arrasto teve a duração de 30 minutos, numa velocidade de dois nós (Muto *et al.* 2005).

Os indivíduos de *G. brasiliensis* foram identificados a bordo e fixados em formalina 10%. Cada indivíduo foi pesado e medido (comprimento total) e teve seu estômago removido, o qual foi pesado e conservado em formalina 10%.

Os conteúdos estomacais foram pesados em balança analítica e analisados sob microscópio estereoscópico para a individualização dos itens alimentares. Cada item foi, então, pesado e identificado até o menor nível taxonômico possível. Para esta identificação, contou-se com o auxílio de especialistas quando necessário.

A análise da composição da dieta de cada espécie foi feita por meio da importância de cada presa. Este parâmetro foi estimado por meio do índice alimentar (IA%) de Kawakami e Vazzoler (1980) corrigido para massa, segundo a fórmula:

$$IA_i\% = \frac{M_i\% \times O_i\%}{\sum(M_i\% \times O_i\%)} \times 100$$

Onde:

$IA_i\%$ = Importância percentual do alimento *i* na dieta da espécie

$M_i\%$ = Massa do alimento *i* dividida pela massa total de todas as presas $\times 100$.

$O_i\%$ = Número de estômagos contendo o alimento *i* dividido pelo número total de estômagos analisados $\times 100$.

A correção no cálculo foi baseada nos conceitos de massa percentual (M%) e frequência de ocorrência (O%) de cada item, de acordo com Berg (1979) e Hyslop (1980). O cálculo do IA% foi feito por estação (inverno/primavera, verão/outono), por área (SP/RJ, PR/SC), por isóbata de coleta (100, 150, 200, 300, 400, 500, 600 m) e por classe de tamanho. Para este último cálculo, foram estabelecidas classes de comprimento em intervalos de 100 mm. De acordo com Eleutério

(2008), há uma forte relação entre estas classes de tamanho e classes etárias inferidas por meio da análise histológica dos otólitos.

As comparações da composição da dieta entre áreas, estações do ano, classes de tamanho e profundidades foram feitas por meio da análise classificatória (UPGMA) do IA% para os menores níveis identificados, utilizando-se o coeficiente de Bray-Curtis. Valores menores que 0,4 foram considerados indicativos de alta sobreposição alimentar, de acordo com Muto *et al.* (2005).

Sendo este trabalho parte de um grande programa, no qual as coletas não foram planejadas especificamente para identificar a cronologia alimentar das espécies, não foi possível realizar um estudo detalhado sobre este tema. No entanto, como as coletas compreenderam todo o período diurno e foram realizadas em intervalos regulares, desde o nascer até o pôr do sol, foi possível observar indicativos dos períodos nos quais a atividade alimentar é mais intensa.

Para avaliar a existência de padrões na tomada de alimento ao longo do dia, foi estimado o grau de digestão das presas (GD) em cada estômago. Este parâmetro foi definido visualmente com base na integridade do conteúdo estomacal (GD1 = fresco, GD2 = parcialmente digerido e GD3 = muito digerido, conforme Soares 1992). Estimou-se, também visualmente, o grau de repleção (GR) de cada estômago, com base no seu volume ocupado pelo alimento (GR0 = vazio, GR1 = pouco repleto, GR2 = repleção intermediária e GR3 = repleto, segundo Soares e Apelbaum 1994). Calculou-se, ainda, o índice de repleção estomacal (IR%), de acordo com a fórmula de Carvalho e Soares (2006):

$$IR\% = \frac{\text{Peso do conteúdo estomacal}}{\text{Peso total do peixe}} \times 100$$

Os dados de GD e GR foram separados em quatro intervalos de horário que contemplam todo o período diário das coletas: 06h00 (das 06h00 às 09h00), 09h00 (das 09h00 às 12h00), 12h00 (das 12h00 às 15h00) e 15h00 (das 15h00 às 18h00). Calculou-se, então, a frequência de cada GD e de todos os GR por horário. Os IR% também foram separados nos mesmos intervalos e calculou-se o índice médio para cada um. Possíveis diferenças entre horários nos valores de IR% foram averiguadas por meio do teste Kruskal-Wallis, seguido do teste *a posteriori* de Dunn, quando observada diferença significativa.

Resultados

Genypterus brasiliensis consumiu peixes teleósteos, crustáceos e moluscos. Dentre os moluscos, consumiu apenas cefalópodes, especialmente lulas, organismos tipicamente pelágicos. Entre os crustáceos, foram identificadas tanto espécies bentônicas (Stomatopoda, Brachyura e Anomura) como espécies demersais (Caridea e Isopoda). Esse mesmo padrão foi observado para os peixes (Tab. 1).

O principal alimento na dieta de *G. brasiliensis* foi peixes, sobretudo no período de inverno/primavera, quando este item representou pelo menos 80% do total de alimento consumido, independente do local onde os indivíduos foram coletados. No verão/outono, este item apresentou uma importância um pouco menor, sendo que na região de PR/SC foi proporcionalmente menos consumido do que os crustáceos (Fig. 2). Além disso, foi possível observar que a composição da dieta foi mais diversificada no verão/outono em ambas as áreas (Tab. 1). Cefalópodes são claramente alimentos eventuais sendo consumidos somente na região de SP/RJ, mais especificamente do Rio de Janeiro, e em baixa proporção (Fig. 2).

Quando se observa a dieta mais detalhadamente, é possível verificar que *G. brasiliensis* se alimenta principalmente de crustáceos bentônicos como estomatópodes e *Munida*, além de peixes bentônicos, como *Bembrops heterurus* (Tab. 1).

A análise de agrupamento (Fig. 3) mostra que a composição da dieta é diferente entre as estações do ano (Bray-Curtis = 0,62). Em relação às áreas, no inverno/primavera, há uma grande sobreposição entre áreas (Bray-Curtis = 0,15), enquanto no verão/outono, as dietas são diferentes entre as regiões de SP/RJ e PR/SC (Bray-Curtis = 0,45).

Quando se considerou a composição da dieta e a intensidade com que cada alimento é consumido por classe de tamanho, não foi possível observar um padrão que mostrasse uma mudança significativa de comportamento alimentar ao longo do crescimento (Figs 4 e 5). Nota-se que durante o crescimento, os indivíduos se alimentaram principalmente de peixes e crustáceos, sendo que os peixes foram o tipo de alimento mais consumido por praticamente todas as classes etárias. O consumo de cefalópodes foi restrito a indivíduos entre 400 e 600 mm (Fig. 4).

Desconsiderando a isóbata de 300 m, onde apenas um indivíduo foi coletado, é possível observar uma tendência de aumento no consumo de peixes e redução no de crustáceos com o aumento da profundidade de coleta (Fig. 6). Lulas foram consumidas somente na isóbata mais profunda (400 m). Houve a formação de três grupos com relação à profundidade (Fig. 7): 100 e 150m (Bray-Curtis = 0,24); 200 e 400 m (Bray Curtis = 0,32); e a isóbata de 300 m, que ficou isolada das demais (Bray-Curtis = 0,7).

No inverno/primavera, observou-se uma maior quantidade de estômagos cheios e presas frescas nas primeiras horas da manhã do que nos demais períodos (Figs 8A e 8C). Além disso, houve um aumento na proporção de estômagos vazios ao longo do dia (Fig. 8A).

Ao observar os resultados encontrados nas coletas de verão/outono, também é possível verificar uma maior presença de presas pouco digeridas e estômagos mais cheios no início da manhã (Figs 8B e 8D). Além disso, observa-se outro período do dia em que há maior concentração de indivíduos com estômagos mais cheios (12h00) (Fig. 8B).

O índice de repleção (IR) mostrou um padrão semelhante ao observado por meio das análises de distribuição de GD e GR. Estômagos mais cheios pela manhã no inverno/primavera (IR% = 1,69), e pela manhã e tarde no verão/outono (IR% = 0,76 e 1,33, Fig. 9). No entanto, a diferença entre IRs% mostrou-se estatisticamente apenas marginalmente significativa ($p = 0,08$).

Discussão

Com base nos resultados, é possível inferir que *G. brasiliensis* é uma espécie seletiva, cuja dieta é essencialmente piscívora com o consumo do alimento próximo ao substrato, caracterizando-a como estritamente demersal. O consumo secundário de outros alimentos deve estar associado à abundância temporária desses itens no ambiente. Neste caso, seria coerente classificar a espécie como pertencente ao grupo funcional de grandes peixes demersais piscívoros. Segundo Macpherson (1983), a espécie africana congênere de *G. brasiliensis*, *G. capensis*, poderia ser classificada neste mesmo grupo funcional, uma vez que se alimenta principalmente de peixes demersais e é considerada uma “comedora bentônica”, ou seja, sempre associada ao substrato. Apesar de ambas terem um padrão de dieta muito semelhante, *G. capensis* apresentou como principal presa a merluza (*Merluccius capensis*), enquanto que, *G. brasiliensis* não apresentou vestígio algum do consumo de merluza, *Merluccius hubbsi*, espécie que ocorre nas águas brasileiras. Isso deve ocorrer porque *M. hubbsi* faz migrações na coluna d’água estando

próximo ao fundo durante o dia, e em camadas mais superficiais a noite. Deste modo, como *G. brasiliensis* apresenta uma atividade predominantemente demersal e noturna não seria capaz de consumir este alimento, ainda que se trate de uma das espécies mais frequentes e abundantes da área (Haimovici *et al.* 2008).

Diversas espécies de peixes selecionam preferencialmente um tipo de alimento, mas oportunamente consomem outros itens, quando estes estão disponíveis em maior quantidade ou quando o alimento preferido está em baixa abundância (Randall 1967; Macpherson 1983; Muto *et al.* 2005). De acordo com Gerking (1994), este pode ser considerado um padrão comum na natureza. Segundo a teoria de arena de forrageamento (Walters e Christensen 2009), como as relações tróficas ocorrem geralmente em arenas de forrageamento restritas em um intervalo espaço-temporal e apresentam características físicas que permitem que as presas evitem os predadores, as relações podem ser muito mais limitadas do que a predita pelo modelo de Lotka-Volterra. Este modelo assume que os predadores procuram randomicamente pelas presas, estando sua taxa de predação diretamente relacionada à sua abundância. De acordo com a teoria da arena de forrageamento a habilidade de evitar o predador também influencia a taxa de captura da presa, sendo assim, é necessária uma maior abundância da presa, mas também um sincronismo de comportamentos e horários de atividade, para que este aumento em sua abundância seja refletido na composição da dieta do predador. Com base nisso, é possível inferir que mesmo organismos que estão dentro do espectro de possíveis presas de uma espécie, ainda que de forma secundária ou eventual, quando abundantes em determinada área, e em sincronia com o comportamento do predador, serão consumidas em maior intensidade.

Muitas são as espécies de peixes que apresentam esse tipo de seleção de presas mais específicas, o que poderia classificá-las como especialistas. No entanto, Gerking (1994) discute a classificação de peixes em especialistas e generalistas e argumenta que o termo especialista deve ser empregado com muito critério, cabendo somente a espécies que apresentem alto nível de especialização entre alimento e consumidor, como é o caso dos caracídeos amazônicos consumidores de frutos. O autor comenta, ainda, que o especialista de hoje pode ser o generalista de amanhã, devido a diferentes fatores, desde mudanças ontogenéticas até disponibilidade do alimento, o que corrobora a teoria de arena de forrageamento.

É interessante observar que os peixes, e secundariamente crustáceos *Munida*, são muito consumidos, independentemente da profundidade, tipo de fundo, estação do ano e área geográfica. No entanto, os demais alimentos consumidos variam muito em relação aos aspectos apontados. Os crustáceos carídeos, por exemplo, foram consumidos somente na região de SP/RJ e por peixes coletados na isóbata 100 m. Já com relação aos braquiúros, *G. brasiliensis* consumiu espécies diferentes dependendo da área de coleta, estação do ano e profundidade. Isópodes foram consumidos apenas em uma estação de coleta ao largo do estado de São Paulo. Macpherson (1983) observou padrão semelhante para *G. capensis*, que é essencialmente piscívora, consumindo secundariamente estomatópodes, decápodes e eventualmente lulas. Este pesquisador constatou, também, que o consumo desses alimentos é variável em relação à área onde o indivíduo vive e ao seu comprimento e, conseqüentemente, à fase ontogenética. Em águas neozelandesas, Mitchell (1984) constatou resultado similar para *Genypterus blacodes*, que foi considerada predominantemente piscívora, consumindo secundariamente crustáceos, principalmente do gênero *Munida*, além de lulas em pequena proporção; constatou, ainda, que a

frequência com que esses alimentos são consumidos varia de acordo com o desenvolvimento ontogenético.

Embora a espécie tenha consumido preferencialmente peixes durante todo o período amostrado, o aumento do consumo de crustáceos durante o verão/outono resultou em uma separação da dieta em dois grupos, sendo uma dieta predominantemente piscívora no inverno/primavera e uma dieta mais diversificada no verão/outono. Essa diversificação foi observada tanto na composição dos grupos de crustáceos quanto na ingestão de outro tipo de alimento, lulas. Estas foram consumidas exclusivamente ao largo do Rio de Janeiro.

Amaral e Rossi-Wongtschowski (2004) contataram que a maior abundância de invertebrados bentônicos na área estudada ocorre entre 100 e 200 m de profundidade, ou seja, entre a plataforma externa e a quebra da plataforma. Fisher e Haimovici (2010) observaram que assembleias de peixes e cefalópodes demersais da plataforma externa e talude superior do sul do Brasil se deslocam para águas mais rasas no inverno/primavera e mais profundas no verão/outono. Estes autores associam essas variações aos deslocamentos das massas de água e Frente Subtropical de Plataforma e pulsos de maior disponibilidade de alimento em águas mais rasas, além dos padrões migratórios, mudanças ontogenéticas e limites tolerância das referidas espécies em relação à temperatura da água no fundo. Souza (2012) estudando a comunidade de decapoda na plataforma sul do Brasil, também observou sazonalidade na estrutura da comunidade desse grupo na plataforma externa. Embora não seja possível afirmar ao certo a causa do aumento da abundância da fauna bentônica na plataforma externa durante o verão, este é um fato verificado por diversos autores e possivelmente este aumento é refletido no uso destes recursos por *G. brasiliensis* durante a amostragem de verão/outono na plataforma.

Adicionalmente, Eleutério (2008) observou que *G. brasiliensis* apresenta reprodução anual, em meados do verão. Sabe-se que os peixes podem mudar sua alimentação em função de mudanças ontogenéticas e diferentes necessidades fisiológicas (Gerking 1994). Dessa forma, uma vez que o período reprodutivo exige uma demanda fisiológica distinta, é possível que, neste período, a espécie passe a consumir alimentos pouco usuais em sua dieta normal. Sendo assim, a diversificação da dieta, observada no verão/outono, pode estar ocorrendo em função do período reprodutivo. Entretanto, somente estudos avaliando a demanda energética e nutricional da espécie e a disponibilidade desses recursos no alimento consumido na estação reprodutiva poderia esclarecer completamente esta questão.

Algumas espécies de peixes apresentam uma dieta marcadamente diferenciada ao longo da vida. McCormick (1998) observou que essas diferenças podem ocorrer durante todo o crescimento, podendo a espécie consumir um determinado grupo de alimentos em cada fase. Os indivíduos jovens de *Cheilodactylus spectabilis*, espécie que este autor estudou, consumiram principalmente anfípodas. Os adultos, por outro lado, preferiram ofiuródes e, a partir de um determinado tamanho, voltavam a consumir anfípodas. Este padrão de mudança ao longo do crescimento foi observado para diversas espécies, em diferentes famílias de peixes recifais, costeiros e oceânicos, tanto de regiões tropicais quanto temperadas (*i.e.*, Randall 1967; Mitchell 1984; Stoner e Livingston 1984; Clements e Choat 1993; Carvalho e Soares 2006; Nascimento 2006), inclusive em outras espécies do gênero *Genypterus* (Macpherson 1983; Mitchell 1984). No entanto, não foi observada nenhuma variação entre as diferentes classes de tamanho de *G. brasiliensis*. Apenas o consumo de lulas restrito a indivíduos com tamanho entre 400 e 600 mm chamou a atenção. Entretanto, este resultado, muito provavelmente, está mais relacionado à

profundidade em que estes indivíduos viviam do que propriamente ao seu tamanho. Os indivíduos destas classes de tamanho foram amostrados nas coletas mais profundas (400 m), profundidade na qual as lulas podem ser encontradas próximas ao substrato (Madureira *et al.* 2005), e estão, portanto, acessíveis a um predador demersal.

Poderia se pensar que essa ausência de diferenças seja devida a uma amostragem incompleta das fases ontogenéticas. Eleutério (2008) encontrou evidências de que *G. brasiliensis* apresenta ciclo reprodutivo anual e atinge a primeira maturação (L50) em torno 527 mm, ou 4 a 5 anos. Além disso, o autor estimou a idade máxima de *G. brasiliensis* entre 11 e 13 anos, correspondendo a indivíduos com cerca de 1000 mm. Assim, como o presente trabalho incorporou resultados de indivíduos medindo desde 200 mm até 900 mm, pode-se afirmar que foi avaliada a dieta da espécie levando-se em consideração toda a fase adulta e uma parcela dos jovens. Entretanto as larvas, que em geral apresentam comportamento alimentar bastante distinto das demais fases, e os jovens menores não foram contemplados. Sendo assim o resultado pode ser extrapolado para os adultos, mas não para todas as fases ontogenéticas.

Ao observar a importância dos tipos de alimento em relação à profundidade na qual a espécie pode ser encontrada, observou-se que a proporção de peixes teleósteos aumenta à medida que aumenta a profundidade. Complementarmente, a espécie consome mais crustáceos à medida que se aproxima da costa, sendo a dieta dos indivíduos coletados no talude quase que exclusivamente piscívora, exceto por um baixíssimo consumo de crustáceos (*Munida*), além de lulas durante o verão, na região do Rio de Janeiro. Desconsiderando a isóbata de 300 m, estes resultados explicam a evidente separação da alimentação de *G. brasiliensis* em dois grupos, na análise de agrupamento, um abrangendo a plataforma (100 e 150 m), e o outro o talude superior

(200 e 400 m). Resultados como os observados foram registrados para o peixe-sapo (*Lophius gastrophysus*) (Muto *et al.* 2005). Embora sejam de famílias diferentes, *G. brasiliensis* e *L. gastrophysus* apresentam distribuição e composição de dieta semelhantes, uma vez que ambas são basicamente piscívoras e apresentam diferenças na dieta entre o inverno/primavera e verão/outono, sendo a segunda mais diversificada do que a primeira. Além disso, de maneira similar apresentam diferenças na dieta entre talude e plataforma.

Outro fator que deve ser considerado no uso de recursos pela espécie é o horário em que há o consumo dos alimentos. Na maioria das espécies de peixes, a quantidade e o tipo de alimento consumido variam ao longo do dia (Wootton 1990). Essa variação é o reflexo da ocorrência a intervalos regulares, de eventos bioquímicos, fisiológicos e comportamentais, em associação a fatores ambientais (Cipolla-Neto *et al.* 1988; Rotemberg *et al.* 1997). No presente estudo, embora a amostragem não tenha apresentado a abrangência desejável, alguns indicativos de ritmo circadiano no consumo de alimentos podem ser observados. É possível inferir, a partir dos indícios como grau de digestão das presas consumidas e do estado de repleção do estômago dos indivíduos coletados, que *G. brasiliensis* apresenta maior atividade alimentar no período noturno, assim como seu congênere, *G. capensis* (Macpherson 1983). Isso também pode explicar o baixíssimo e muito localizado consumo de lulas. Este tipo de presa só esteve presente no conteúdo estomacal de indivíduos coletados nas primeiras horas da manhã. Segundo Madureira *et al.* (2005), as lulas do gênero *Illex*, as mais abundantes na área de estudo, fazem migrações verticais diárias na coluna d'água, estando à meia água durante a noite e próximas ao fundo durante o dia. Sendo assim, este alimento só estaria disponível para *G. brasiliensis* durante o período do dia, quando esta espécie não está forrageando, supondo que, como outras espécies de

Genypterus (Macpherson 1983; Mitchell 1984), *G. brasiliensis* não se desloque na coluna d'água para se alimentar, forrageando sempre próximo ou no substrato.

O consumo de lulas, ainda que muito localizado, foi maior no verão/outono do que no inverno/primavera. Isso, associado à constatação de que há um maior número de indivíduos com este item no estômago no meio do dia (12h00), pode significar um segundo período no qual a espécie intensifica a sua atividade de forrageamento durante o verão. Essa alteração corrobora a afirmação de Soares (1992) de que, geralmente, há sincronia entre o período de maior atividade alimentar de uma espécie e o período em que suas presas estão mais “disponíveis”. No entanto, para avaliar se realmente existem os padrões de cronologia alimentar indicados, seria necessário um estudo envolvendo coletas abrangendo todo o ciclo diário, em intervalos regulares.

A maioria das espécies do gênero *Genypterus* é importante comercialmente em suas respectivas regiões, constituindo parte relevante das pescas das frotas industriais, tanto no Brasil como na Namíbia e Nova Zelândia (Macpherson 1983; Mitchell 1984; Valentini e Pezzuto 2006). No Brasil, Eleutério (2008) sugere que *G. brasiliensis* seja uma espécie sensível à exploração intensa, e que o seu estoque pode estar em sobrepesca e/ou próximo ao seu rendimento máximo sustentável.

Considerando que se trata de uma espécie abundante, comercialmente importante, e cuja biologia é muito pouco conhecida, as informações geradas a partir do presente estudo podem contribuir tanto para o melhor conhecimento da espécie em si, como para fornecer dados para estudos em nível ecossistêmicos. Tais estudos permitem um melhor conhecimento do ecossistema como um todo, podendo fornecer subsídios para a definição de áreas prioritárias para a conservação, bem como a definição de planos de manejo de pesca.

Referências

- Alves DR, Luque JL, Paraguassú AR (2002) Community ecology of the metazoan parasites of pink cusk-eel, *Genypterus brasiliensis* (Osteichthyes: Ophidiidae), from the coastal zone of the State of Rio de Janeiro, Brazil. Mem Inst Oswaldo Cruz 97: 683-689.
- Amaral ACZ, Migotto AE (1980) Importância dos anelídeos poliquetas na alimentação da macrofauna demersal e epibentônica da Região de Ubatuba. Bolm Inst Oceanogr, São Paulo 29: 31-35.
- Amaral ACZ, Rossi-Wongtschowski CLDB (2004) Biodiversidade Bentônica da Região Sudeste-Sul do Brasil - Plataforma Externa e Talude Superior. Série documentos REVIZEE, Instituto Oceanográfico - USP, São Paulo.
- Berg J (1979) Discussion of methods of investigating the food of fishes, with reference to a preliminary study of the prey of *Gobiusculus flavescens* (Gobiidae). Mar Biol 50: 263-273.
- Bernardes RA, Figueiredo JL, Rodrigues AR, Fisher LG, Vooren CM, Haimovici M, Rossi-Wongtschowski CLDB (2005) Peixes da Zona Econômica Exclusiva da Região Sudeste - Sul do Brasil. Editora da Universidade de São Paulo, São Paulo.
- Carvalho MR, Soares LSH (2006) Diel feeding pattern and diet of rough scad *Trachurus lathami* Nichols, 1920 (Carangidae) from the Southwestern Atlantic. Neotrop Ichthyol 4: 419-426.
- Castro BM, Lorenzzetti JA, Silveira ICA, Miranda LB (2006) Estrutura termohalina e circulação na região entre Cabo de São Tomé (RJ) e o Chuí (RS). In: Rossi-Wongtschowski CLDB, Madureira LS-P (eds) O Ambiente Oceanográfico da Plataforma Continental e do Talude da Região Sudeste-Sul do Brasil. Editora da Universidade de São Paulo, São Paulo, pp 11-120.
- Cipolla-Neto J, Marques N, Menna-Barreto LS (1988) Introdução ao Estudo da Cronobiologia. Editora Ícone, São Paulo.
- Clements KD, Choat JH (1993) Influence of season, ontogeny and tide on the diet of the temperate marine herbivorous fish *Odax pullus* (Odacidae). Mar Biol 117: 213-220.
- Christensen V, Walters CJ, Pauly D, Forrest R (2008) Ecopath with Ecosim version 6 User Guide. Lenfest Ocean Futures Project, Vancouver.
- Eleutério CLT (2008) Crescimento, idade e mortalidade do congro-rosa *Genypterus brasiliensis* (Regan 1903) na região Sudeste e Sul do Brasil. Dissertação de Mestrado. Instituto de Pesca, São Paulo.
- Figueiredo JL, Menezes NA (1978) Manual de Peixes Marinhos do Sudeste do Brasil 11. Teleostei (1). Universidade de São Paulo, Museu de Zoologia, São Paulo.
- Fisher LG, Haimovici M (2010) Mudanças espaciais e temporais na distribuição da fauna nectônica e demersal da plataforma externa e talude superior do do sul do Brasil. III Congresso Brasileiro de Oceanografia. AOCEANO - Associação Brasileira de Oceanografia, Rio Grande, pp 03007-03010.
- Froese R e Pauly D. Eds. 2011. FishBase. World Wide Web electronic publication. www.fishbase.org, version (08/2011).
- Gasalla MA, Soares LSH (2001) Comentários sobre os estudos tróficos de peixes marinhos no processo histórico da ciência pesqueira e modelagem ecológica. B Inst Pesca 27: 243-259.
- Gasalla MA, Velasco G, Rossi-Wongtschowski CLDB, Haimovici M, Madureira LSP (2007) Modelo de Equilíbrio de Biomassas do Ecossistema Marinho da Região Sudeste-Sul do Brasil entre 100 e 1000 metros de Profundidade. Série documentos REVIZEE, Instituto Oceanográfico - USP, São Paulo.
- Gerking SD (1994) Feeding Ecology of Fish. Academic Press, Inc., San Diego.
- Haimovici M, Fischer LG, Rossi-Wongtschowski C, Bernardes RA, dos Santos RA (2009) Biomass and fishing potential yield of demersal resources from the outer shelf and upper slope of southern Brazil. Lat Am J Aquat Res 37: 395-408.
- Haimovici M, Martins AS, Figueiredo JL, Vieira PC (1994) Demersal bony fish of the outer shelf and upper slope of the Southern Brazil Subtropical Convergence ecosystem. Mar Ecol Prog Ser 108: 59-77.

- Haimovici M, Rossi-Wongtschowski CLDB, Bernardes RA, Fischer LG, Vooren CM, Santos RA, Rodrigues AR, Santos S (2008) Prospecção Pesqueira de Espécies Demersais com Rede de Arrasto-de-Fundo na Região Sudeste-Sul do Brasil. Série documentos REVIZEE, Instituto Oceanográfico - USP, São Paulo.
- Hyslop EJ (1980) Stomach contents analysis - a review of methods and their application. J Fish Biol 17: 411-429.
- Kawakami E, Vazzoler G (1980) Método gráfico e estimativa de índice alimentar aplicado no estudo de alimentação de peixes. Bolm Inst Oceanogr, São Paulo 29: 205-207.
- Knoff M, São Clemente SC, Fonseca MCG, Andrada CDG, Padovani RES, Gomes DC (2007) Anisakidae parasitos de congro-rosa, *Genypterus brasiliensis* Regan, 1903 comercializados no Estado do Rio de Janeiro, Brasil de interesse na saúde pública. Parasitol Latinoam 62: 127-133.
- Macpherson E (1983) Feeding pattern of the kingklip (*Genypterus capensis*) and its effect on the hake (*Merluccius capensis*) resource off the coast of Namibia. Mar Biol 78: 105-112.
- Madureira LSP, Habiaga RP, Duvoisin AC, Jr. DE, Soares CF, Weigert SC, Ferreira CS, Saldo PA (2005) Identificação dos Registros Acústicos do Calamar Argentino *Illex argentinus* (Castellanos, 1960) no Talude da Região Sudeste-Sul do Brasil. Série documentos REVIZEE, Instituto Oceanográfico - USP, São Paulo.
- Martins AS, Haimovici M, Palacios R (2005) Diet and feeding of the cutlassfish *Trichiurus lepturus* in the Subtropical Convergence Ecosystem of Southern Brazilian. J Mar Biol Assoc UK 85: 1223-1229.
- McCormick MI (1998) Ontogeny of diet shifts by a microcarnivorous fish, *Cheilodactylus spectabilis*: relationship between feeding mechanics, microhabitat selection and growth. Mar Biol 132: 9-20.
- Mitchell SJ (1984) Feeding of ling *Genypterus blacodes* (Bloch & Schneider) from 4 New Zealand offshore fishing grounds. New Zeal J Mar Fresh 18: 265 – 274.
- MMA - Ministério do Meio Ambiente (2006) Programa REVIZEE: Avaliação do Potencial Sustentável de Recursos Vivos na Zona Econômica Exclusiva: Relatório Executivo/MMA, Secretaria de Qualidade Ambiental, Brasília.
- MPA - Ministério da Pesca e Aquicultura (2010) Boletim Estatístico da Pesca e Aquicultura Brasil 2008-2009, Brasília.
- Muto EY, Soares LSH, Goitein R (2001) Food resource utilization of the skates *Rioraja agassizii* (Müller & Henle, 1841) and *Psammobatis extenta* (Garman, 1913) on the continental shelf off Ubatuba, South-eastern Brazil. Rev Brasil Biol 61: 217-238.
- Muto YE, Silva MHC, Vera GR, Leite SSM, Navarro DG, Rossi-Wongtschowski CLDB (2005) Alimentação e Relações Tróficas de Peixes Demersais da Plataforma Continental Externa e Talude Tuperior da Região Sudeste e Sul do Brasil. Série documentos REVIZEE, Instituto Oceanográfico - USP, São Paulo.
- Nascimento MC (2006) Alimentação de peixes na plataforma continental externa e talude superior da região Sudeste-Sul do Brasil. Dissertação de Mestrado. –Universidade Estadual Paulista, Rio Claro.
- Nascimento MC, Velasco G, Okey TA, Christensen V, Amaral ACZ (no prelo) Trophic model of the outer continental shelf and upper slope demersal community of the Southeastern Brazilian Bight. Sci Mar.
- Norbis W, Galli O (2004) Hábitos de alimentación del lenguado *Paralichthys orbignyanus* (Valenciennes, 1842) en una laguna costera somera del Atlântico sur: Rocha Uruguay. Cienc Mar 30: 619-626.
- Oliveira I, Soares LSH (1996) Alimentação da Tainha *Mugil platanus* Gunther, 1880 (Pisces: Mugilidae) da região estuarina de Cananéia, São Paulo, Brasil. B Inst Pesca 23: 95-104.
- Pauly D, Christensen V (2002) Ecosystem models. In: Hart PJB, Reynolds JD (eds) Handbook of Fish Biology and Fisheries. Blackwell Science LTD, London.
- Peres MB, Haimovici M (2003) Alimentação do cherne-poveiro (*Polyprion americanus*) (Polyprionidae, Teleostei) no sul do Brasil. Atlântica 25: 221-208.

- Perez JAA, Pezzuto PR, Wahrlich R, Soares ALD (2009) Deep-water fisheries in Brazil: history, status and perspectives. *Lat Am J Aquat Res* 37: 513-541.
- Perez JAA, Wahrlich R, Pezzuto PR, Schwingel PR, Lopes FRA, Rodrigues-Ribeiro M (2003) Deep-sea fishery off Southern Brazil: recent trends of the Brazilian fishing industry. *J. Northwest Atl. Fish. Sci.* 31: 1-18.
- Randall JE (1967) Food habits of reef fishes of the West Indies. *Stud Trop Oceanogr* 5: 665-847.
- Rossi-Wongtschowski CLDB, Ávila-da-Silva AO, Cergole MC (2006) Análise das Principais Pescarias Comerciais da Região Sudeste-Sul do Brasil: Dinâmica Populacional das Espécies em Exploração - II. Série documentos REVIZEE, Instituto Oceanográfico - USP, São Paulo.
- Rotemberg L, Marques N, Menna-Barreto LS (1997) Desenvolvimento da Cronobiologia. In: Marques N, Menna-Barreto LS (eds) *Cronobiologia: Princípios e Aplicações*. Editora da Universidade de São Paulo, São Paulo, pp 22-44.
- Sardella NH, Navone GT, Timi JT (1997) A new species of *Cucullanus* (Nematoda: Cucullanidae) parasite of *Genypterus blacodes* and *G. brasiliensis* (Pisces: Ophidiidae) in the South West Atlantic. *Parasite* 4: 41-47.
- Serafim CFS (2007) REVIZEE - Missão cumprida? *REPesca* 2: 27-43.
- Severino-Rodrigues E, Hebling NJ, Graça-Lopes R (2007) Biodiversidade no produto da pesca de arrasto-defundo dirigida ao lagostim *Metanephrops rubellus* (Moreira, 1903), desembarcado no litoral do Estado de São paulo, Brasil. *B Inst Pesca de São Paulo* 33: 171 -182.
- Soares LSH (1992) Alimentação de espécies de peixes demersais ao longo do ciclo diário no litoral de Ubatuba, São Paulo: alimento, atividade alimentar e consumo. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo, São Paulo.
- Soares LSH, Apelbaum R (1994) Atividade alimentar diária da cabrinha *Prionotus punctatus* (Teleostei: Triglidae) do litoral de Ubatuba, Brasil. *Braz J Oceanogr* 42: 85-98.
- Soares LSH, Vazzoler AEAM (2001) Diel Changes in food and feeding activity of sciaenid fishes from the South-Western Atlantic Brazil. *Rev Brasil Biol* 61: 197-216.
- Soares LSH, Vazzoler AEAM, Correa AR (1999) Diel feeding chronology of the skate *Raja agassizii* (Müller & Henle) (Pisces, Elasmobranchii) on the continental shelf of Ubatuba, Southeastern Brazil. *Rev Bras Zool* 16: 201-212.
- Souza JAF (2012) Efeito de variáveis ambientais sobre a estrutura de comunidade dos Crustacea Decapoda na plataforma continental sul do Rio Grande do Sul (Brasil). Tese de Doutorado, Universidade Federal do Pernambuco, Recife.
- Stoner AW, Livingston RJ (1984) Ontogenetic patterns in diet and feeding morphology in sympatric sparid fishes from seagrass meadows. *Copeia* 1984: 174-187.
- Vazzoler G (1975) Distribuição da fauna de peixes demersais e ecologia dos Sciaenidae da plataforma continental brasileira, entre as latitudes 29°21'S (Tôrres) e 33°41'S (Chuí). *Bolm Inst Oceanogr, São Paulo* 24: 85-169.
- Valentini H, Pezzuto PR (2006) Análise das Principais Pescarias Comerciais da Região Sudeste-Sul do Brasil com Base na Produção Controlada 1986-2004. Série documentos REVIZEE, Instituto Oceanográfico - USP, São Paulo.
- Velasco G, Santos RA, Goberna E (1997) Observaciones sobre la alimentación del rouget (*Helicolenus lahillei*, Norman 1937) en el frente marítimo del Rio de la Plata. *Atlántica* 19: 197-202.
- Walters C, Christensen V (2009) Foraging Arena Theory. University of British Columbia, Vancouver.
- Wootton RJ (1990) Ecology of Teleost Fishes. Chapman & Hall, Londres.
- Zembruski SG (1979) Geomorfologia da margem continental sul-brasileira e das bacias oceânicas adjacentes. In Chaves HAF (Ed) Relatório final do projeto REMAC. In: Geomorfologia da margem continental brasileira e das áreas adjacentes. Rio de Janeiro: Petrobrás-CENPES-DINTEP. Série Projeto REMAC, 7: pp 129-177.

Tabela 1: Importância alimentar (IA%) das presas consumidas por *Genypterus brasiliensis* nas diferentes áreas de coleta (SP/RJ = São Paulo e Rio de Janeiro, e PR/SC = Paraná e Santa Catarina) e estações do ano; ND = não determinado.

Itens alimentares	<i>Genypterus brasiliensis</i>			
	inverno/primavera		verão/outono	
	SP/RJ	PR/SC	SP/RJ	PR/SC
Decapachia (ND)	22	-	41	-
<i>Squilla</i> sp.	-	-	-	24
Caridea (ND)	-	-	<1	-
<i>Munida valida</i>	7	-	-	1
<i>Munida</i> spp.	-	<1	12	18
Pinnotheridae (ND)	-	-	-	<1
<i>Callinectes</i> sp.	-	-	-	<1
<i>Frevillea hirsuta</i>	-	1	-	-
Brachyura (ND)	-	-	-	<1
Isopoda (ND)	-	-	<1	-
Crustacea (ND)	-	-	<1	-
Congridae	19	-	-	-
<i>Bellator brachychir</i>	-	5	-	-
<i>Bembrops heterurus</i>	-	82	-	-
<i>Raneya</i> sp.	-	-	-	<1
Teleostei (ND)	52	11	45	57
Ovos (ND)	-	-	1	-
Total observado	3	5	11	13

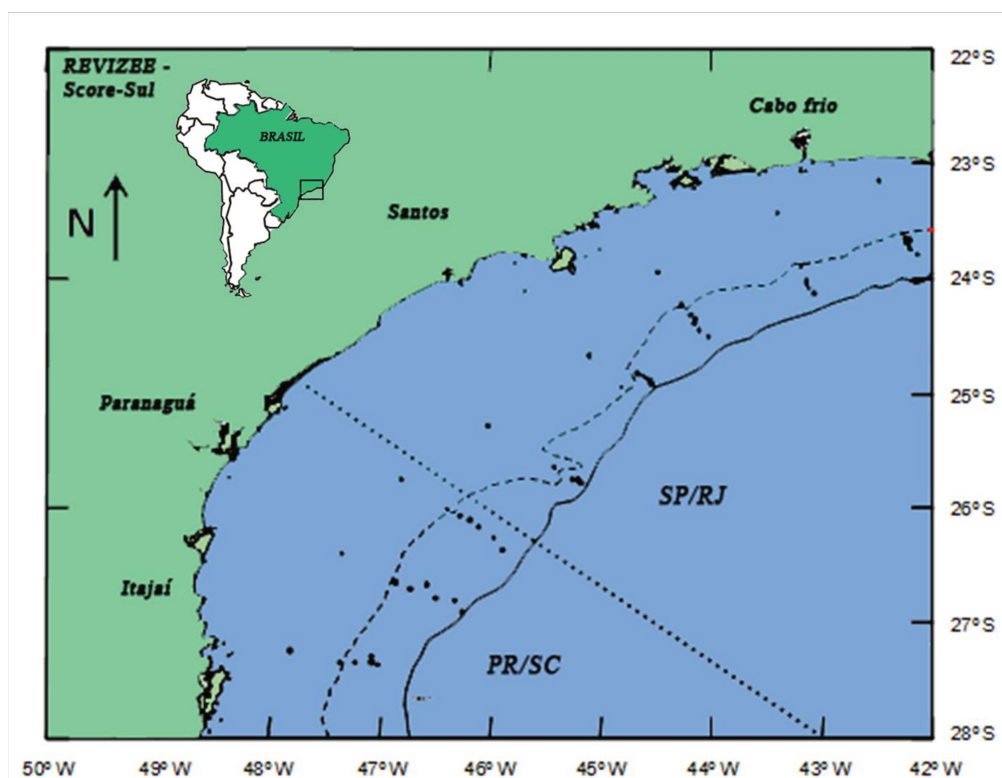


Figura 1: Mapa da área de estudo (modificado de Muto *et al.* 2005). Os pontos representam as estações de coleta; a linha tracejada, a região aproximada da quebra da plataforma continental (cerca de 200 m de profundidade); a linha contínua, a isóbata de 600 m (limite inferior da coleta); e a linha pontilhada mostra a divisão da área de estudo entre São Paulo-Rio de Janeiro (SP/RJ) e Paraná-Santa Catarina (PR/SC).

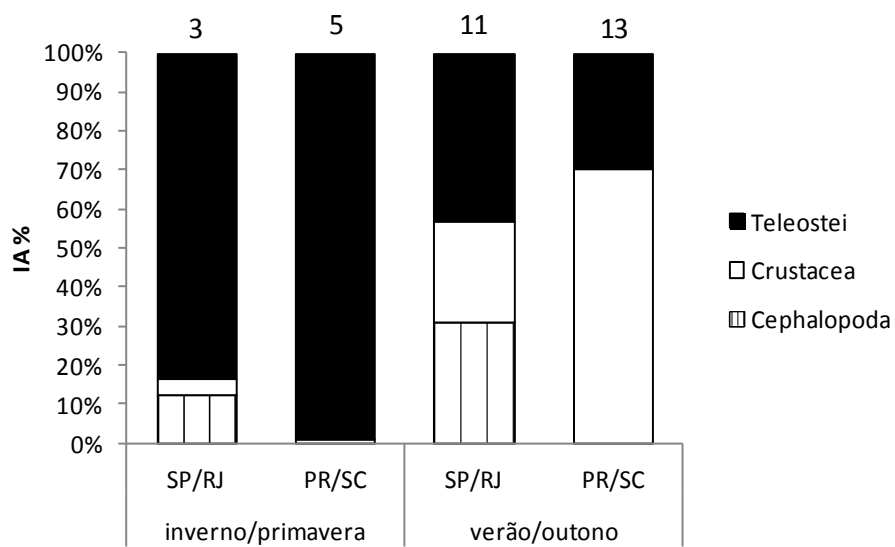


Figura 2: Importância alimentar dos itens consumidos por *Genypterus brasiliensis* nas diferentes áreas de coleta e estações do ano. Números acima das barras representam a quantidade de exemplares examinados por área e estação; SP/RJ = São Paulo e Rio de Janeiro, PR/SC = Paraná e Santa Catarina.

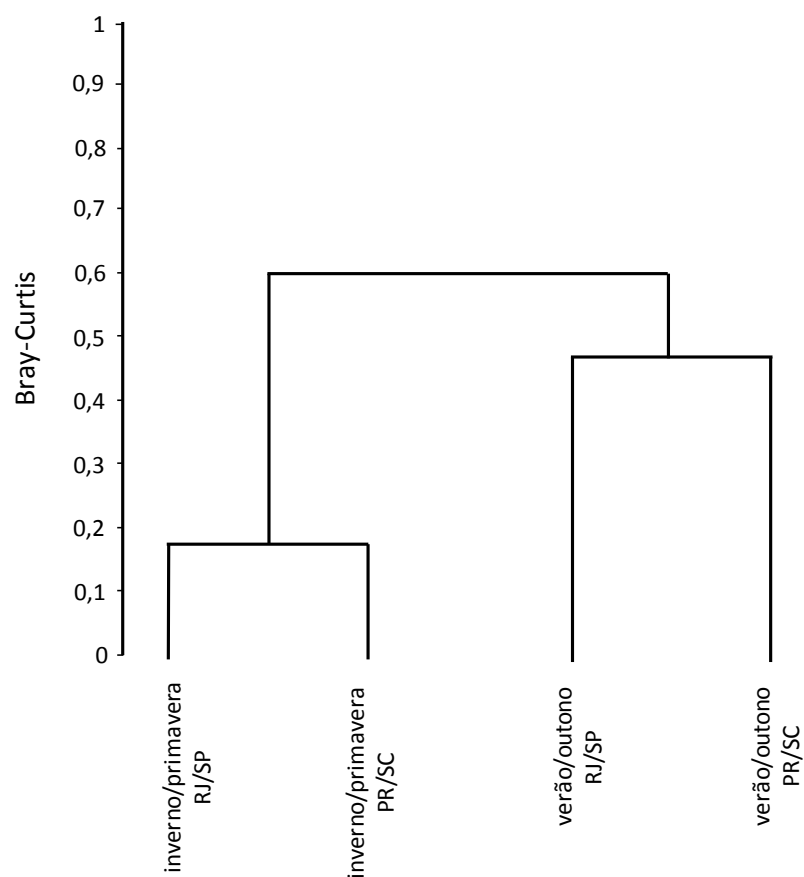


Figura 3: Análise de agrupamento das estações do ano e áreas de coleta, considerando os valores de importância alimentar (IA%) de cada presa.

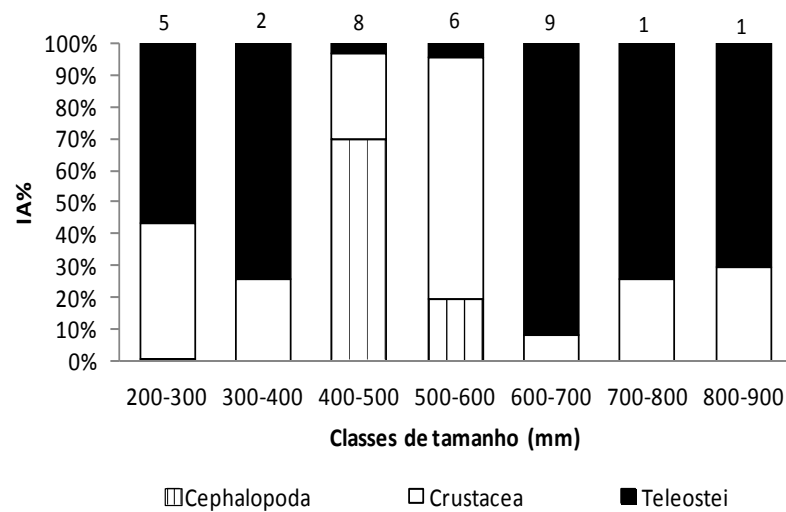


Figura 4: Consumo de alimento em relação ao tamanho dos indivíduos de *Genypterus brasiliensis*. Números acima das barras representam a quantidade de indivíduos examinados em cada classe de tamanho.

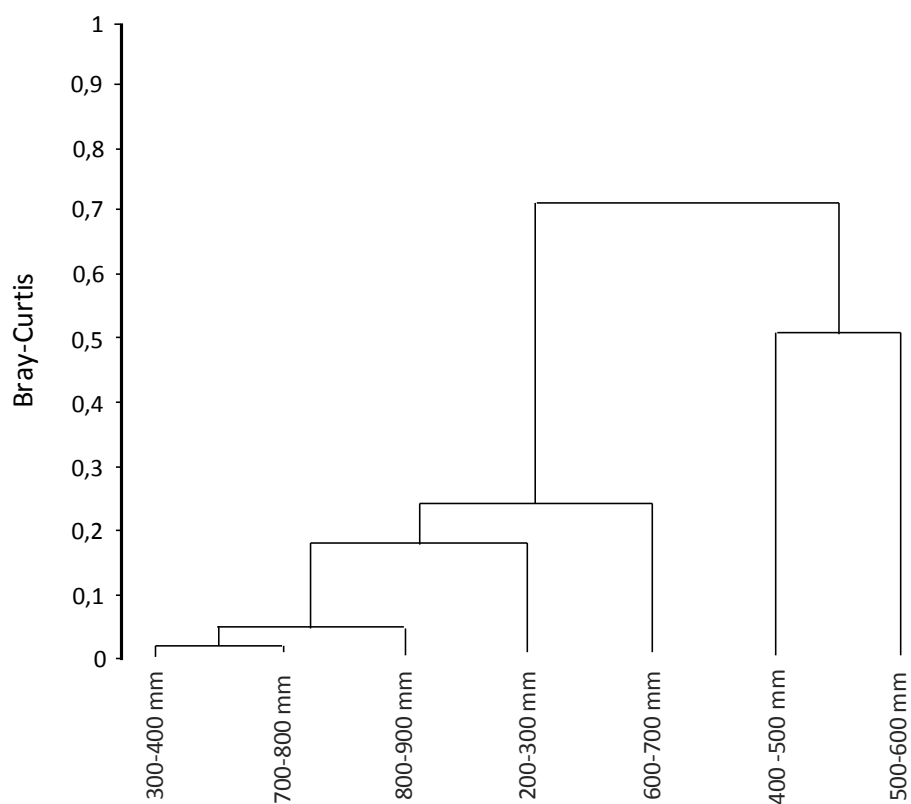


Figura 5: Análise de agrupamento das classes de tamanho de *Genypterus brasiliensis*, considerando os valores de importância alimentar (IA%) das presas.

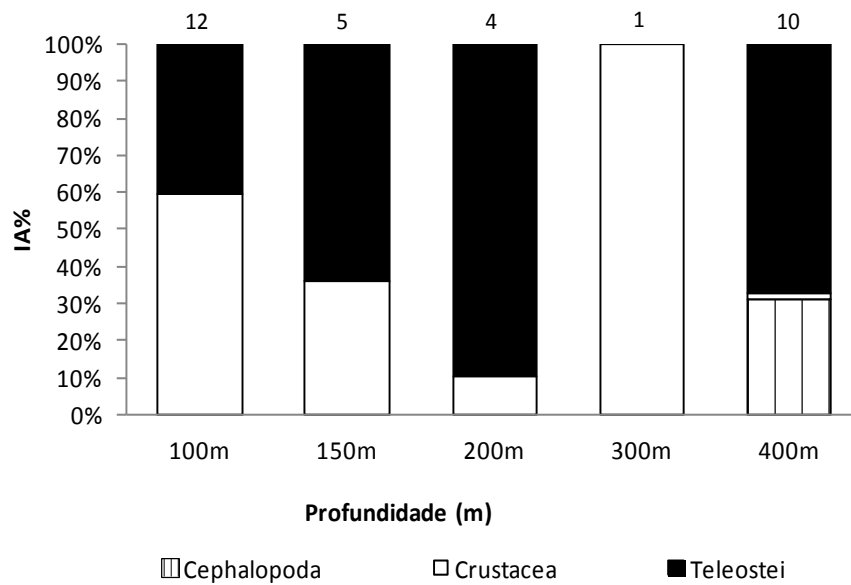


Figura 6: Consumo de alimento em relação à profundidade em que *Genypterus brasiliensis* foi coletado. Números acima das barras representam a quantidade de indivíduos examinados em cada profundidade.

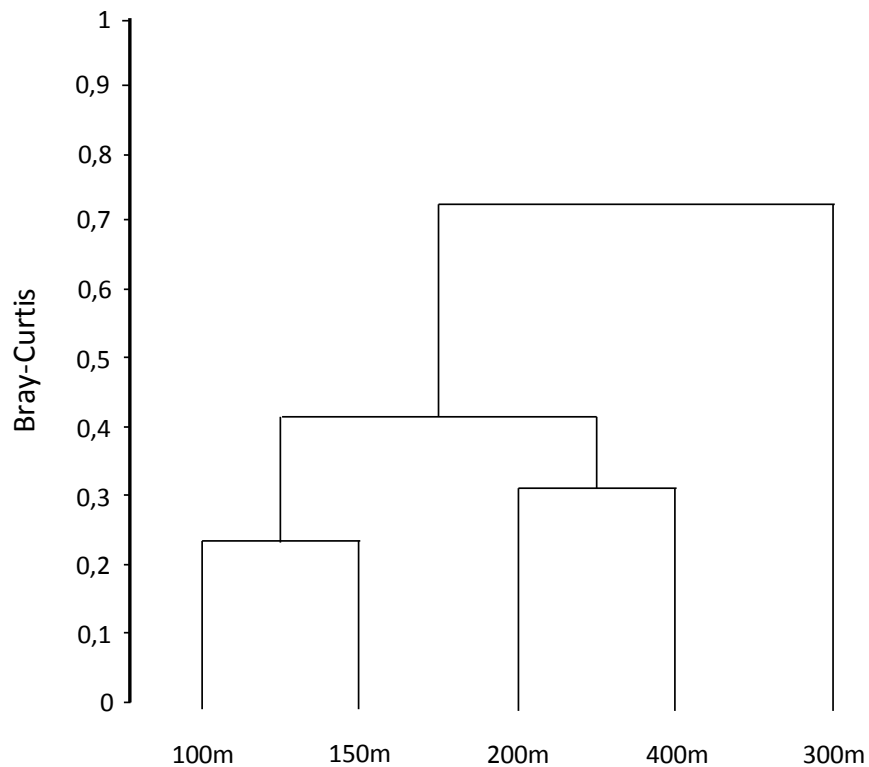


Figura 7: Análise de agrupamento das profundidades em que os exemplares de *Genypterus brasiliensis* foram coletados, considerando os valores de importância alimentar (IA%) das presas.

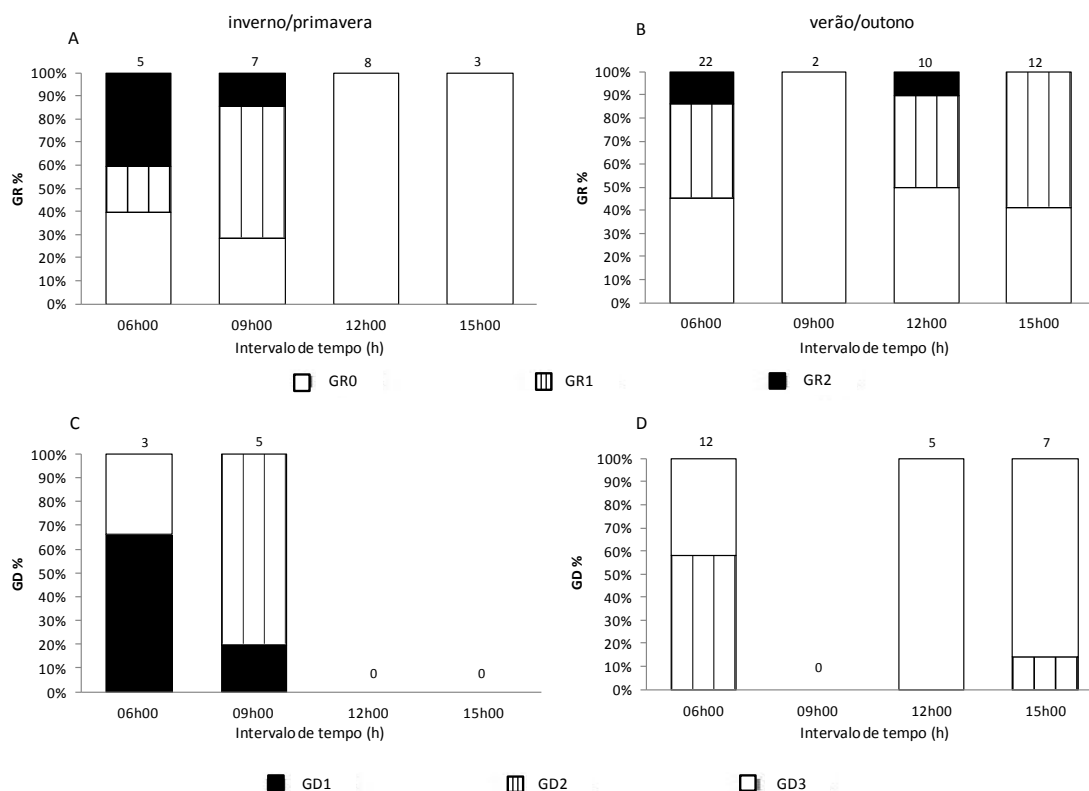


Figura 8: Proporção dos diferentes graus de repleção (A e B) e dos diferentes graus de digestão das presas (C e D). Números acima das barras representam a quantidade de indivíduos examinados em cada intervalo de tempo. Graus e repleção: GR0 = vazio, GR1 = pouco repleto, GR2 = repleção intermediária e GR3 = repleto; graus de digestão: GD1 = fresco, GD2 = parcialmente digerido e GD3 = muito digerido; A, C –inverno/primavera, B, D – verão/outono.

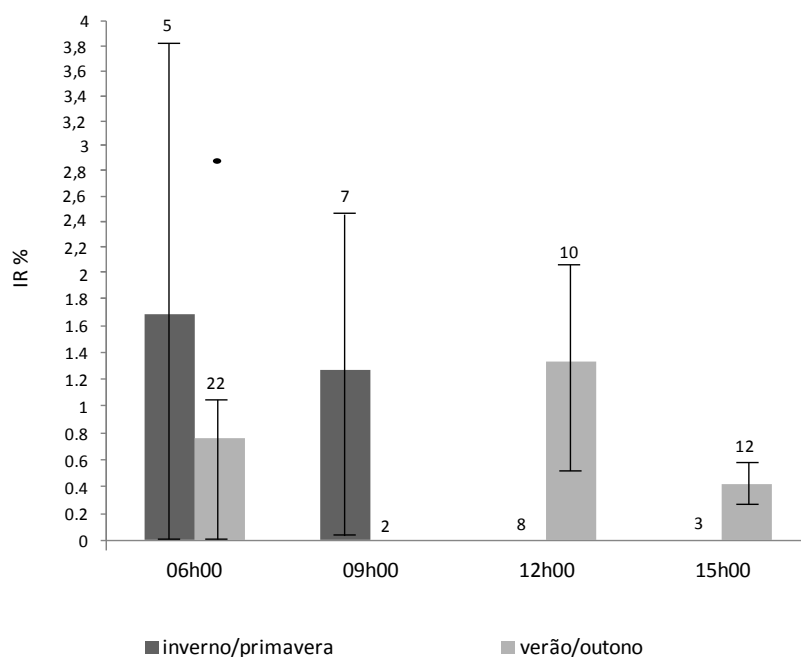


Figura 9: Índice de repleção médio dos estômagos dos indivíduos de *Genypterus brasiliensis*, coletados no inverno/primavera (barras escuras) e verão/outono (barras claras). As linhas nas barras representam o desvio padrão e os círculos acima, os valores discrepantes.

CAPÍTULO 4 - Trophic model of the outer continental shelf and upper slope demersal community of the Southeastern Brazilian Bight

Modelo trófico de la comunidad demersal de la plataforma continental exterior y talud superior de la Cuenca del Sudeste de Brasil

Marcela C. Nascimento^{1,2}, Gonzalo Velasco³, Thomas A. Okey^{4,5}, Villy Christensen⁶ and A. Cecília Z. Amaral².

¹Pós-Graduação em Ecologia; ²Departamento de Biologia Animal, Instituto de Biologia, Universidade Estadual de Campinas (UNICAMP), CP 6109, 13083-970, Campinas, São Paulo, Brazil.

E-mail: Nascimento_mc@yahoo.com.br

Fax: (+55-19) 35216374

³Programa de Pós-Graduação em Ocenografia Biológica, Universidade Federal do Rio Grande, Rio Grande, RS, Brazil POBox 474, CEP 90201-900

⁴School of Environmental Studies, University of Victoria, PO Box 3060 STN-CSC BC, Victoria, BC, Canada, V8W 3R4

⁵School of Earth and Ocean Sciences, PO Box 3065 STN CSC, University of Victoria, Victoria, BC, Canada, V8W 3V6

⁶Fisheries Centre, University of British Columbia, 2202 Main Mall, Vancouver, BC, Canada V6T 2K9

(Artigo aceito para publicação na revista *Scientia Marina*)

Summary

Demersal communities are important for the functioning of continental shelf and slope ecosystems, and this is recognized increasingly around the world, including tropical regions. Demersal communities are most prominent in areas of high detritus production and transport, and they link benthic and pelagic biological communities. To understand the structure and role of the demersal community on the Southeastern Brazilian Bight, we constructed a trophodynamic model with 37 functional groups to represent the demersal community of the outer continental shelf and upper slope of this area, using the Ecopath with Ecosim 6 (EwE) approach and software. The model indicates high production and biomass of detritus and benthic invertebrates, and strong linkages of these components to demersal and pelagic sub webs. The level of omnivory indexes in this ecosystem was high, forming a highly connected trophic web reminiscent of tropical land areas. Although high levels of ascendancy may indicate resistance

and resilience to disturbance, recent and present fisheries trends are likely degrading the biological community and related ecosystem services.

Keywords: Modeling, Demersal community; Brazil; Brazilian EEZ; Deep sea; Ecosystem; Southeastern Brazil.

Resumen

La importancia de las comunidades demersales para el funcionamiento de los ecosistemas de plataforma continental y talud son reconocidos alrededor del mundo, incluyendo las regiones tropicales. Esas comunidades son más prominentes en áreas con gran producción y transporte de detrito. Para entender la estructura y funcionamiento de la comunidad demersal en la Ensenada Sureste Brasileña, construimos un modelo trofodinámico con 37 grupos funcionales para representar la comunidad demersal de la plataforma continental externa y el talud superior de esa región, utilizando el paquete Ecopath con Ecosim 6 (EwE). El modelo indica que el detrito y los invertebrados son muy abundantes e importantes en la estructura de este ecosistema. El nivel de omnivoría encontrado en este ecosistema fue alto, conformando una red trófica altamente conectada, a semejanza del de las áreas tropicales terrestres.

Palabras clave: Modelización; Comunidad demersal, Brasil, ZEE de Brasil; Aguas profundas; Ecosistema; Sudeste de Brasil.

Running title

Trophic model of Southeastern Brazil demersal community

Introduction

Demersal communities are often very developed on continental shelves and slopes, especially in temperate zones. This occurs because of the abundance of detritus-based food resources from water-column and nearshore production cycles and coastal watersheds, and the consumption of this detritus by bacteria, invertebrates, and vertebrates. Many of the dominant fishes inhabiting such areas are demersal, feeding largely on benthic invertebrates (*e.g.*, Morato *et al.* 1999, Martins *et al.* 2005, Muto 2005, Velasco and Castello 2005, Carvalho and Soares 2006, Bautista-Vega *et al.* 2008). The abundance of these fish communities is reflected in their catches. In Brazil, demersal species (including fishes and invertebrates) represent about 35% of the total fishery landings (IBAMA 2008). Because of the intense exploitation of these resources, many species are overexploited or at risk of collapse (Rossi-Wongtschowski *et al.* 2006, Valentini and Pezzuto 2006, Velasco *et al.* 2007). In Brazil this situation is worsened by the lack of knowledge about these biological communities, mainly in deep sea areas, due to only minimal investment in research and the lack of specific fisheries statistics.

Aiming to improve information about the marine life in Brazil, in 1995 the project “Avaliação do potencial sustentável de recursos vivos na Zona Econômica Exclusiva do Brasil” (Assessment of the sustainable potential of living resources in the Brazilian Exclusive Economic Zone – REVIZEE) began to rectify the situation by making an inventory of the living resources along the Brazilian Exclusive Economic Zone (EEZ). This information can be used to estimate the biological composition and diversity of the various marine habitats in this area and, for instance, to estimate the abundance and biomass of various species in each habitat, and to understand their interdependence and vulnerabilities. This research foundation lead to additional studies of diet composition, growth, population biology, and ecosystem ecology (*e.g.*, Muto *et al.*

2005, Nascimento 2006, Gasalla *et al.* 2007, Vaz-dos-Santos and Rossi-Wongtschowski 2007, Eleuterio 2008). In the present study, information from these previous work was used to construct a trophodynamic model of the Brazilian Bight's outer slope and upper continental shelf to refine our understanding of the system as a whole.

The Brazilian EEZ extends beyond the continental slope along most of its length, and the slope fishery is very recent, having begun during the late 1990s (Perez *et al.* 2001, 2002, 2002b). This fishery was highly encouraged by the government, leading to an unregulated fishery. The REVIZEE-Score Sul project consequently detected overexploitation of many species in their 2000-2004 analysis (Valentini and Pezzuto 2006).

The present study is focused on the REVIZEE-Score Sul observations from the Southeastern Brazilian Bight area, between Cabo frio 22°S and Cabo de Santa Marta Grande 27°S. This is one of the most productive areas of the Brazilian sea, responsible for approximately 40% of Brazilian fish catches (IBAMA 2008). This area is also a large embayment, and some populations are restricted to this area in Brazilian waters, such as an Argentine-hake (*Merluccius hubbsi*) stock (Vaz-dos-Santos 2006, Vaz-dos-Santos and Rossi-Wongtschowski 2007) and the Brazilian-sardine (*Sardinella brasiliensis*) stock (Saccardo 1983). This area is naturally-defined by its geography, oceanography, and biology, and thus is appropriate to be modeled as a whole.

The main fishery resources in this area are demersal and benthic organisms such as fishes (teleosts and chondrichthyans) and invertebrates (molluscs and crustaceans). Some of the fish species such as Argentine-hake (*Merluccius hubbsi*), Brazilian cod (*Urophycis mystacea*) and blackfin goosfish (*Lophius gastrophysus*) were previously not fished, discarded or used as bait, but now feature in the landings. Most of these species are now fully exploited or overexploited

(Valentin and Pezzuto 2006). Also, REVIZEE-Score Sul studies showed some abundant species that were not exploited but were important in the diet composition of targeted species. The stomach contents of some of these species (*Antigonia capros* a benthopelagic invertebrate feeder; *Ariomma bondi* and *Ventrifossa macropogon* a benthic invertebrates feeders; *Synagrops spinosus* and *Synagrops bellus* a benthic fish and crustacean feeders, and the commercially fishes *Urophycis mystacea* and *Genypterus brasiliensis*, that use to live and feed fishes near to the bottom) were sampled by MCN, GV, and ACZA (unpublished data) and by Nascimento, 2006. These diet studies indicate the importance of these species in linking the benthos with upper trophic levels, as many feed on benthos directly and are in some cases prey for top predators.

Although some trophic studies do exist in this area, we felt that these studies had underemphasized the benthic community, which has a high biomass and may provide important ecological services. We therefore set out to investigate the ecological importance of the benthic community in this setting by articulating it in the model so that associated flows and dynamics could emerge from the present summaries and later dynamic analyses.

As alluded to above, exploitation of the demersal community of the outer continental shelf and upper slope of Southeastern Brazilian began over a decade ago, and it has reached high exploitation levels and, despite there are detailed fisheries regulations, it is not properly applied and monitored. A main objective of this research is to understand how fisheries might affect this community, how global scale environmental changes (*i.e.*, climate change) may affect it, and how these effects may combine. The present contribution represents the first step in this investigation to construct a trophodynamic characterization of the demersal and benthic-pelagic community.

Material and Methods

Study area

The study area was the outer continental shelf and upper slope of the Southeastern Brazilian Bight, located between Cabo Frio (22°S) and Cabo de Santa Marta Grande (27°S). A large-scale boundary current, the Brazil Current, flows poleward along and beyond the continental shelf break of the Brazilian Bight. This current, along with the alongshore and cyclonic curl of the wind stress over the Bight, forms a doming of density structure and this all drives closed gyral circulation cells within the Bight interior. In addition, there is an intense coastward penetration of cool South Atlantic Central Water (SACW) over the continental shelf floor during the summer season. This contrasts with the overlying warm, tropical surface water resulting in a strong two-layer vertical stratification, a strong thermocline at depths of 10 to 15 m, and corresponding stability of the water column (Bakun 1996, MMA 2006, Rossi-Wongtschowski and Madureira 2006; Fig. 1).

This site was extensively sampled during the REVIZEE-Score Sul program. The fish community was sampled by bottom trawl surveys in the isobaths 100, 150, 200, 300, 400, 500 and 600 m, between the winter of 2001 and fall of 2002 (Haimovici *et al.* 2008). The invertebrate community was collected by conic traps (crabs) between fall of 1996 and spring of 1998; and by benthic samplers van Veen, box-corer and rectangular dredge between the summer of 1997 and fall of 1998 (Amaral and Rossi-Wongtschowski 2004).

The modeling area, based on Haimovici *et al.* 2008, is 81,658 km² and includes the outer continental shelf and upper slope between 100 m and 600 m. This model represents the year 2001 when most fish samples were collected, although much of the invertebrate data were collected in the 1990s. The main fish species of this system were defined by Haimovici *et al.* 2008

comprising about 80% of the total fish biomass of this system in 2001, and these made up the fish functional groups in the model. A number of fish species were therefore not included in this iteration of the model due to practical limitations of data and analytical time, but these can be included in future model iterations with additional efforts.

To build the trophic model we used Ecopath with Ecosim version 6, a modeling tool initially developed by Polovina (1984), and further developed since then (Christensen and Pauly 1992, Walters *et al.* 1997, Christensen and Walters 2004, Christensen *et al.* 2008). This program facilitates building a mass balanced model that provides a quantitative representation of the ecosystem in terms of trophic flows and biomasses for a defined time period (Velasco and Castello 2005, Coll *et al.* 2007, Christensen *et al.* 2008). The ecosystem is represented by functional groups, which can be single species, groups of ecologically related species, or ontogenetic stages of a species. The key principle of Ecopath is mass balance *i.e.*, the energy of one group is used by another or is recycled via detritus, a portion of which re-enters the system through detritivores and as nutrient that are consumed by primary producers (Christensen *et al.* 2008). Two linear equations represent the energy balance within a group and the energy balance among groups.

$$P_i = \sum_j B_j * M_{2ij} + Y_i + E_i + B A_i + P_i (1 - EE) \quad (1)$$

Eq. 1 can be re-expressed as:

$$B * P/B = \sum_j B_j * Q/B_j * DC_{ij} + Y_i + E_i + B A_j + B_i * P/B_i * (1 - EE_i) \quad (2)$$

Where M_{2i} indicates the total predation rate for group (i); $(P/B)_i$ indicates the production of (i) per unit of biomass and is equivalent to total mortality, or Z , under static conditions (Allen 1971); $(Q/B)_i$ is the consumption of (i) per unit of biomass; DC_{ij} indicates the proportion of prey (i) that is in the diet of predator (j) in terms of volume or weight units; Y_i is the total fishery catch rate of (i); E_i indicates the net migration rate (emigration – immigration); BA_j is the biomass

accumulation rate for (j), while $M0j = Pj$ and $(EE)i$ is the ecotrophic efficiency of (i), and is the proportion of production used in the system, such as by predators, or in biomass accumulation, migration, or export. Ecopath parameterizes the model by describing a system of linear equations for all the functional groups in the model (Christensen and Walters 2004, Christensen *et al.* 2008).

The second Ecopath equation is:

$$Qi = Pi + Xi + Ri \quad (3)$$

where $(Q)i$ indicates the consumption rate of prey (i) per unit of biomass, $(P)i$ means the production of prey (i) per unit of biomass, $(X)i$ is the combined excretion and egestion rate of prey (i), and $(R)i$ is the respiration rate. To parameterize the model, three out of four basic parameters must be provided: biomass, B, production/biomass, P/B, consumption/biomass, Q/B, and ecotrophic efficiency, EE, and the algorithm then estimates the fourth parameter so as to ensure mass-balance. Diet composition, catch data, food assimilation, migration and biomass accumulation are also required inputs.

Some of the necessary input parameters were calculated from our own field data (from REVIZEE-Score Sul), based on the mean temperature of water at the most frequent depth where each species occur (annual mean temperature of each depth is based on CTD data from trawl surveys). The estimation of Q/B was based on Palomares and Pauly (1998) and P/B based on Jorgensen (1979), in cases of not exploited populations we used Pauly's (1980) natural mortality equation to obtain the P/B value. Others were obtained from the literature; this information is summarized in Appendix 1.

The biological community of the outer continental shelf and upper slope of the Southeastern Brazilian Bight was divided in 37 functional groups to build the model, 12 were invertebrates, 21 were fishes, two are detritus (detritus and marine snow) and one is

phytoplankton, this last group was included as an input for marine snow, in this case all excess production of phytoplankton is converted to marine snow. This effectively means that marine snow is made up of detritus in the system, and so the phytoplankton source is used as a proxy for the more diverse sources and feedbacks of marine snow, including microbial loop dynamics. These groups were defined based on habitat, body size, type of food, biology, ecology and physiology of the most abundant and economical important species. The main references to build these groups are Haimovici *et al.* (2008), and Amaral and Rossi-Wongtschowski (2004), describing the fish demersal and benthos community respectively. The other references used are listed in Appendix 1. Gasalla *et al.* (2007) built a model of the area from Cabo frio (RJ) to the Brazilian south (Chuí – RS) between 100 and 1000 m. This initial trophodynamic modeling work in this region synthesized a large amount of knowledge about this system, particularly regarding demersal and pelagic species, which were the focus of that model. Although the model described in the present paper includes part of the area modeled by Gasalla *et al.* (2007), we focused more on the demersal and benthic community, providing more detail about this community, recognizing the importance of on benthic and demersal invertebrates, to the structure, functions, and flows of the broader biological community. The functional groups of the present Southeastern Brazilian Bight model and the main species comprising them are listed in Table 1.

Main commercial species are *Lophius gastrophysus* (blackfin goosefish); *Urophycis mystacea* (Brazilian cod); *Trichiurus lepturus* (cutlassfish); *Helicolenus lahillei* (blackbelly rosefish); *Lopholatilus villarii* (tile fish); *Merluccius hubbsi* (Argentine hake); *Prionotus punctatus* (searobin) and *Pagrus pagrus* (red porgy); here are represented as a single species functional group, and *Paralichthys* sp. (flounders) and *Illex argentinus* (squid) in a multispecific functional group. The majority of catches were based on trawls and long line fisheries (Valentini and Pezzuto 2006). Many of these species used to be discarded by the fleets fishing for shrimp,

flounder and pelagic species, although in the last 20 years they have become commercial species. Currently, some of these species are overexploited (Rossi-Wongtschowski *et al.* 2006, Valentini and Pezzuto 2006). Also crabs, shrimps, and squids support important fisheries in the area, being among the most important resources, and some species of shrimps and crabs are also at risk of overexploitation (Valentini and Pezzuto 2006, IBAMA 2008).

Argentine hake is an important resource in terms of biomass and catch in the area. It is known that the diet of this species differs considerably between life stages, and they exhibit a high level of cannibalism (Angelescu and Prenski 1987, Bezzi *et al.* 1994, Brown *et al.* 2004). So, to ensure consistency between ontogenetic groups (juveniles and adults), a multi-stanza representation (Christensen and Walters 2004) was used for modeling this group. Two groups were defined considering the diet composition and behavior: Juveniles with lengths shorter than 28 cm, and adults with lengths larger than 28 cm (Vaz-dos-Santos *et al.* 2009). (P/B) and diet composition were provided for both groups from Bezzi *et al.* (1994), Brown *et al.* (2004) and Sánchez (2009).

The fishing statistics we used for the model were based on the official statistic of the Ministry of the Environment (MMA), which is the only official statistic in Brazil, but it is not very accurate. We specified a rate of fishery discards for all groups, normalized to represent 25% of the total catch, based on data from Haimovici (2007), who found a range of 24% to 53% depending on gear and species. This applied estimate was thus conservative. The input data for each functional group are shown in Table 2.

The diet matrix was based on diet composition studies. The non-fished species that represented individual functional groups, in addition to Brazilian cod and Pink cusk-eel were analyzed by MCN, ACZA and GV (unpublished data). The diet information for other functional groups was based on data from the literature (Soares 1992, Tubino 1999, Muto *et al.* 2005,

Martins *et al.* 2006, Rodrigues 2007). The complete list of reference is in Appendix 1. The original diet matrix is shown in Table 3.

The model generated with the data was not balanced initially, 11 functional groups needed to be balanced: Argentine hake, searobin, scianidaeArgentine croaker, *Synagrops*, squid, large demersal fishes, demersal fishes, benthic fishes, other predator invertebrates, and omnivore invertebrates. The main problem to balance this model was coordinate ways to fix problems in the biomass of some groups especially Argentine hake. This is a multistanza group, that is highly fished, but just the adults are removed, the juveniles use to be discarded, and also there is cannibalism into the population. The rest of the groups were balanced but the P/Q values very high, so some adjustments were necessary, mainly on P/B and P/Q values.

Argentine hake, benthopelagic fishes, *Synagrops*, large demersal fishes, demersal fishes and benthic fishes were the most difficult groups to balance. This difficulty was probably related to the number of connections that these species have, although the majority is not fished (excluding Argentine hake and benthic fishes groups). The input data of these groups was modified with the aim to balance the model. The modifications were made based on ecological and physiological criteria. The table with the adjusted inputs value and several outputs are shown in Table 4 and the modified diet matrix is shown in Table 5.

The Ecopath algorithm also calculates some Odum's key attributes used to indicate system maturity (Christensen 1995), and we present omnivory index, system omnivory index, connectance, and relative ascendancy.

The omnivory index (OI) is calculated as the variance of the trophic level of a consumer's prey groups. Value of the omnivory index close to zero, means specialized predator. A large value indicates that the consumer feeds on many trophic levels. The system omnivory index is the average omnivory index of all consumers, weighted by the logarithm of the food intakes

(Christensen 1995).

The connectance of the system measures the structure of the food web; it is the ratio of the number of actual links to the number of possible links. Ascendency is a measure of the average mutual information in a system, scaled by system throughput and is derived from information theory. The relative ascendency is the system ascendency over the system capacity.

Also, Ecopath calculates a ranking of a continuum of functional group keystoneity developed by Libralato *et al.* (2006). Keystone species, in this case keystone functional groups, are those with high interaction strengths but low biomasses (Power *et al.* 1996, Okey 2004) Libralato's (2006) keystoneity index calculated by Ecopath is:

$$KSi = \log [\epsilon_i(1-p_i)]$$

Where:

KSi = keystoneity index

ϵ_i = root of the sum of mixed trophic impact matrix value² (the mixed trophic impact matrix is the positive or negative impact by one group on another).

p_i = Biomass of impacted group/Total biomass (excluding detritus)

Results

This food web is essentially based on detritus (Fig. 2) because it is a deep sea ecosystem, so primary production is indirectly important as a source marine snow production. The biomass of benthic invertebrates is quite high and this resource is consumed by every functional group.

Demersal fishes, in general, provide the most prominent connection between the recycling of detritus and the top predator groups. In the present model, these top predators are the large demersal species, including some commercial fishes, and the demersal sharks, although are also

eaten by some pelagic species. These demersal fishes are centrally important in transferring energy from the bottom to the water column, but pelagic species in the overlying system are important couplers as well. In the present model the trophic relationship between demersal and pelagic species was specified as exported and imported biomass, and this was a key pathway for constructing of the trophic web. Although these species are important for the transfer of energy from the bottom to the water column, benthic invertebrates are also consumed by all trophic levels, showing a high level of omnivory (Tab. 3).

As benthic invertebrates occupy the lower levels of the food web, fish species are positioned higher in the web, and this is why the mean trophic level of catches is 3.5.

High scores for the omnivory index are exhibited by tilefish (2.172), squid (1.725), cutlassfish (1.721), Argentine hake adult (1.470), benthopelagic fishes (1.102) and demersal sharks (1.049). Silver-rag driftfish, Brazilian cod, pink cusk-eel and *Synagrops* also exhibited high omnivory index values, but these were lower than 1. The total connectance of the system is 0.224 and the system omnivory index is 0.422. This food web is comprised of organisms with highly diverse diet compositions.

The predation mortality of a group is the sum of the consumption of this group by the other groups, divided by their own biomass, this value ranges from 0 to 1. In the present model the value of predation mortality is high on omnivore invertebrates (11.88), zooplankton (9.53), infauna (8.73), squid (6.53), predator molluscs (3.93), other predatory invertebrates (3.6), predatory crustaceans (2.62), crab (2.57), polychaetes (2.41), shrimp (2.09), Argentine hake juvenile (2.24), other detritivory invertebrates (1.93), demersal fish (1.12), *Synagrops* (1.07), silver-rag driftfish (1.04), and benthic fishes (0.93).

High values of EE were found for many groups: cutlassfish, Argentine hake, large benthopelagic fishes, silver-rag driftfish, pink cusk-eel, *Synagrops*, Brazilian cod, long beard grenadier,

squid, Large demersal fishes, demersal fishes, crab. This means that the biomasses produced by these species are highly utilized by other organisms in the system, calling for caution in management (conservative levels of exploitation) for these species in an ecosystem-based context.

The total biomass in the system excluding detritus is 64.332t/km². The relative ascendancy (A/C) (49.1%) indicates a high capacity of the system to withstand changes and to recover from disturbance. This high level of ascendancy (and implied resilience) is probably related to the high level of omnivory of all compartments of this ecosystem.

Within EwE, network analysis uses two indices that are used to identify keystone species or functional groups. In this model, both indices identified squid (1; 0,205) as the highest scoring species in the system followed by polychaetes (0.88; 0.1), Argentine hake adult (0.836; 0.127), pink cusk-eel (0.787; 0.103), omnivore invertebrates (0.702; 0.0218), shrimp (0.642; -0.0039), demersal sharks (0.548; -0.0544), demersal fishes (0.492; -0,104), *Synagrops* (0.461; -0.131), crab (0.4; -0,213) and cutlassfish (0,388; -0,205).

The mixed trophic impact analysis (Ulanowicz and Puccia 1990) shows that groups that are more negatively impacted by fisheries are skates, demersal sharks, red porgy and searobin. In addition, Argentine hake adult, pink cusk-eel, squid, predator molluscs and polychaetes have a strong negative effect in some other groups. skates and sharks are probably strongly affected because they have a low biomass, slow growth and reproduction, and high level of discards. Red porgy and searobin support important fisheries, and according to Rossi-Wongtschowski *et al.* (2006) and Cergole *et al.* (2005), respectively, red porgy and searobin are overexploited, although there are no direct assessments about the status of these stocks.

Discussion

The Southeastern Brazilian Bight outer continental shelf and upper slope biota is supported by detritus, which is consumed by benthic species, which in turn support benthivorous species. Squids, polychaetes, molluscs, demersal fishes and crustaceans in general are fundamental in this ecosystem, as they exhibit high interaction strengths in the food web as indicated by the keystone indexes that are included in EwE. According to Paine (1966) and Mills *et al.* (1993) keystone species are important because they structure the ecosystem, and despite of their low biomass, their loss would precipitate many further extinctions through their many connections with another species in the food web. The keystone indexes examined here emphasize the dominant strongest interacting species for this ecosystem, but many of them are invertebrates that have high biomass. It is not surprising that these groups are dominant and fundamental to the structure and functioning of this detritus-based system, but they should not be considered keystone species (or keystone functional groups) because their biomasses, or abundances or both, are somewhat high, not low, relative to their interaction strength. It is thus more useful to simply call them “strong interactors” or “dominant species” rather than “keystone species” as the Libralato *et al.* (2006) index rates them. Based on this distinction we can consider squids, Argentine hake adult, pink cusk-eel, demersal sharks, demersal fishes and *Synagrops* to be keystones if it is indeed true that these groups have a relatively low biomass in this system as estimated (Fig. 3)

Gasalla *et al.* (2007) also demonstrated the importance of the benthic community in the Southern Brazil Shelf Large Marine Ecosystem (continental shelf and slope) area which our study area is included, reinforcing the importance of detritus and organisms that help recycle energy and matter in this system, these authors discuss the existence of a large amount of nektonic

organisms that feeds mainly benthic invertebrates. Velasco (2004) and Velasco and Castello (2005) also described the demersal community of the Southern Brazil continental shelf ecosystem as highly important. In that case, however, he highlighted a pelagic species, the anchovy *Engraulis anchoita*, that was prominent in coupling demersal and pelagic sub-systems, eating benthic invertebrates and being prey of large fish predator, both demersal and pelagic.

Gasalla *et al.* (2007) and Freire *et al.* (2008) showed that the Brazilian shelf ecosystems have low primary production. Freire *et al.* (2008) say “The northeast sub-region, the object of this study, is characterised by rocky substrates and low primary production due to the influence of the warm North Brazil and Brazil currents”. Gasalla *et al.* (2007; page 31) discuss that the estimated phytoplankton biomass is 0.5gC/m²/day and this value decreases as the deep increases. Also, Gasalla *et al.* (2007) discussed that the mean primary production is raised because of the existence of a front vortex that causes high productivity events. Detritus, instead, was of primary importance to the benthic community. Gasalla *et al.* (2007) first highlighted the low primary production in South Brazil Shelf large marine ecosystem. Freire *et al.* (2008) then analyzed the East Brazil Shelf large marine ecosystem and pointed out that primary production in this area is lower than in the Southern Brazil Shelf LME and almost 95% of this production goes directly to detritus. Gasalla *et al.* (2007) discussed that most of the primary production goes to the substrate and is recycled via the invertebrate benthic community. Adding our present results to these previous studies in Brazilian shelf and slope ecosystems, the principal importance of detritus seems unequivocal in these settings.

The mean trophic level of catches is high (3.5), and similar to the mean trophic level of catches found by Velasco (2004) (3.37), Gasalla *et al.* (2007) (3.56), and Freire *et al.* (2008) (3.4). These very high values are probably a characteristic of the Brazilian ecosystems and fisheries. This value is equivalent to organisms of mid trophic levels such as benthic-pelagic fishes and demersal fish in general. It occurs because catches in this ecosystem are still directed

to top predators, almost in the same magnitude as crabs and, mainly, to the shrimps, both lower trophic level organisms.

The mixed trophic impact diagram shows, as in Antony *et al.* (2010), a prey competition for food. This competition can be also observed via the high mortality of invertebrates in general and Argentine hake juveniles, all of which are important prey. Also the keystone species index shows that squid, polychaetes and different kinds of demersal fishes are very important prey in this system. So, integrating the strong relationships of the lower trophic level organisms with the information about high amount of detritus and lower primary production, we can infer that this community is shaped strongly from the bottom up.

This system has a high level of connections between all components. It can be verified by the high values of connectance and omnivory. These results mean that the organisms are strongly connected and have a high diversity of food (they are not specialists). Gasalla *et al.* (2007) also showed a high value for this index (0.23 and 0.337). Freire *et al.* (2008) found medium omnivory (0.21) for the East Brazil Shelf LME, and Rocha *et al.* (2007) also found intermediate values for the channel of São Sebastião (0.26 and 0.21) and São Sebastião inner shelf (0.21 and 0.25), both in part of the area of the present study. Although the values of Rocha *et al.* (2007) and Freire *et al.* (2008) are not as high as the values calculated in the present paper and by Gasalla *et al.* (2007), they are high values. Perhaps the high connectance among organisms in a system and high levels of omnivory are characteristic of tropical and subtropical waters, as can be observed in land ecosystems such as forests (Greenberg 1981, Boedmer 1989) where the biodiversity is high. The high level of Ascendency indicated for this system indicates a high capacity of the system to withstand changes and to recover from disturbance (Odum 1969, Christensen 1995) and is probably related to the high level of omnivory of all compartments of this ecosystem

High Ecotrophic Efficiency (EE) values indicated for some species reflects large proportions of the production of these groups being consumed inside the system (Christensen *et*

al. 2008). It can occur sometimes because the species are highly exploited in the system or because they experience a high level of predation. In this study cutlassfish, with the highest EE, is heavily fished (also often discarded), and pursued by the sport and artisanal fishery. Moreover, this species has experienced an increase in their catch in the last 15 years that is not well reported (Cergole *et al.* 2005). Argentine hake, pink cusk-eel, Brazilian cod, squid and crab are highly consumed and fished in the system, being some of the most important resources in the demersal trawls (Cergole *et al.* 2005, Rossi-Wongtschowski *et al.* 2006, Valentini and Pezzuto 2006). Demersal fishes, large demersal fishes, large benthopelagic, silver-rag driftfish, *Synagrops* and long beard grenadier are heavily consumed and are important components in this system too. These high EE values can indicate that these species are at risk and reinforce suggestions of Cergole *et al.* (2005), Rossi-Wongtschowski *et al.* (2006) and Valentini and Pezzuto (2006) that suggested an adequate management plan for the fishery in this area.

The main difficulty in balancing this model was related to the biomass of just a few functional groups. These biomass values were very low due to high levels of consumption and exploitation of them. This is due to several factors. First, the biomass estimates were calculated from trawl surveys and this kind of sampling is adequate only for some groups and for a range of sizes, but not for all organisms in an ecosystem. Second, the trawl gear did not completely touch the bottom, so benthic fishes and invertebrates could escape during sampling. Benthic invertebrates can also escape from benthic samplers such as dredges and sleds. Moreover, various studies indicate that several of these species were overexploited prior to 2001, the year that the data were collected (Valentini and Pezzuto 2006) thus indicating less biomass than is naturally supported by the system. This situation is very clear for benthic fishes, of which the most important are species of the genus *Paralichthys*, which support an important fishery and is also discarded. This group is clearly overexploited according to Cergole *et al.* (2005). The benthic fishes functional group was the most difficult to balance; it was necessary to considerably

increase its biomass estimate; probably as an indication that the population is not supporting the catches, *i.e.*, implying biomass depletion in the model year.

Fisheries policy measures in Brazil are improving, but its implementation and fiscalization are not very adequate, allowing a “gold-rush” pattern for some resources after economic discovery (Velasco and Castello 2005), as happened recently with blackfin goosefish, which went from discard to overexploited species in less than 10 years (Valentini and Pezzuto 2006). Despite the current policy shortcomings, this system is recovering from some disturbances because it is a system with a high level of ascendancy and overhead. These measures indicate the reserve and the capacity of the system to recover after a disturbance (Ulanowicz 1986)—resilience. Despite the diversity, high indicated connectance, and high recovery capacity, this system is being highly impacted by fisheries due to their scale and efficiency, and because of the lack of strong catch controls. The lack of knowledge of the impacts in a system that is out of sight is allowing a loss of structure, function, and biodiversity. We strongly recommended that the policy and management of the fishery be improved as suggested by Cergole *et al.* (2005), Rossi-Wongtschowski *et al.* (2006) and Valentini and Pezzuto (2006) and that increased investments are made in basic research.

Conclusions

Our modeling exercise indicated that the outer continental shelf and upper slope biological communities of the Southeastern Brazilian Bight are shaped from bottom-up and are supported prominently by detritus, with a high diversity of detritus-supported species and high omnivory throughout the biological community. The demersal fishes are a key, highly connected link between the detritus-supported lower trophic levels and the biological communities of the upper water column indicating that considerable caution is needed regarding the exploitation of

demersal fish stocks, from a broader ecosystem and social-ecological perspective. High levels of ascendancy indicated by the constructed model, probably related to the high level of omnivory through the system, may indicate that this system has a relatively high capacity to recover from disturbances, but that assumes that disturbances are non-catastrophic and subside. In contrast, unmanaged and uncontrolled fishing for demersal species on the outer continental shelf and upper slope of the Southeastern Brazilian Bight has developed during the last 20 years, and the scale of depletion and degradation there will likely overwhelm the empirically theorized resilience of this biological community and quickly lead to a considerably degraded ecosystem and diminished services. Immediate improvements are needed in the policy and management of the uncontrolled fisheries in this region, and these improvements should include explicit investments in the capacities for monitoring the status and integrity of the stocks and whole biological communities, identifying and monitoring the social-ecological services they provide, fishing community commitment and enforcement, and management strategy development, evaluation, and adaptation. We strongly recommend the development of an adequate management plan for the fisheries, as other researchers, mentioned earlier, who work in this area are recommending.

Acknowledgments

We wish to thank to CAPES and CNPq for the scholarship. The program REVIZEE Score Sul, in special to Dr Carmen L.D.B. Rossi Wongtschowski, for the scientific support and data. To Programa de Pós Graduação em Ecologia -UNICAMP and UBC Fisheries Centre for the support and installations facilities. Especially to Dr Marta Coll for very valuable suggestions that improved the manuscript. We also thank and acknowledge the Pew Fellows Program in Marine Conservation through the Pew Environment Group for supporting the participation and contribution of TAO.

References

- Allen R. 1971. Relation between production and biomass. *J. Fish. Res. Board. Can.* 28: 1573–1581.
- Amaral A.C.Z., Rossi-Wongtschowski C.L.D.B. 2004. *Biodiversidade bentônica da região Sudeste-Sul do Brasil – plataforma externa e talude superior*. Série documentos REVIZEE, Instituto Oceanográfico da Univ. de São Paulo, São Paulo. 216 pp.
- Andrade H.A., Lucato S.H.B., Almeida L.R., Cerchiari E. 2005. *Prionotus punctatus* (Bloch, 1793). In: Cergole M.C., Ávila-da-Silva A.O., Rossi-Wongtschowski C.L.D.B. (eds.). *Análise das Principais Pescarias Comerciais da Região Sudeste-Sul do Brasil: Dinâmica Populacional das Espécies em Exploração*. Série documentos REVIZEE, Instituto Oceanográfico da Univ. de São Paulo, pp. 139-144.
- Angelescu V., Prenske L.B. 1987. Ecología trófica de la merluza común (Merlucciidae, *Merluccius hubbsi*). Parte 2. Dinámica de la alimentación analizada sobre la base de las condiciones ambientales, la estructura y las evaluaciones de los efectivos en su área de distribución. *Contr. INIDEP, Mar del Plata*. 561: 1-205.
- Antony P.J., Dhanya S., Lyla P.S., Kurup B.M., Ajmal Khan S. 2010. Ecological role of stomatopods (mantis shrimps) and potential impacts of trawling in a marine ecosystem of the southeast coast of India. *Ecol. Model.* 221: 2604-2614.
- Bakun A. 1996. *Patterns in the Ocean: Preprocess: Ocean Process and Marine Population Dynamics*. California Sea Grant College System. 324 pp.
- Bautista-Vega A.A., Letourner Y., Harmelin-Vivien M., Salen-Picard C. 2008. Difference in diet and size-related trophic level in two sympatric fish species, the red mullets *Mullus barbatus* and *Mullus surmuletus*, in the Gulf of Lions (north-west Mediterranean Sea). *J. Fish Biol.* 73(10): 2402-2420.
- Bezzi S., Cañete G., Pérez M., Renzi M., Lassen H. 1994. Report of the INIDEP Working group on assessment of hake (*Merluccius hubbsi*) north of 48°S (Southwest Atlantic Ocean). *INIDEP Doc. Cient.* 3: 5-28.
- Boedmer R.E. 1989. Ungulate biomass in relation to feeding strategy within Amazonian forests. *Oecologia*. 81: 457-550.
- Bonham K., Sanford F.B., Clegg W., Bucher G.C. 1949. Biological and vitamin A studies of dogfish (*Squalus suckleyi*) landed in the State of Washington. *Wash. Dept. Fish. Biol. Bull.* 49(A): 83-113.
- Brey T. 1991. Population dynamics of *Sterechinus antarcticus* (Echinodermata: Echinoidea) on the Weddell Sea Shelf and Slope, Antarctica. *Antarct. Sci.* 3(3): 251-256.
- Brown D.R., Leonarduzzi E., Machinandarena L. 2004. Age, growth and mortality of hake larvae (*Merluccius hubbsi*) in the north Patagonian shelf. *Sci. Mar.* 68(2): 273-283.
- Carneiro M.H. 1995. *Reprodução e alimentação dos linguados *Paralichthys patagonicus* e *Paralichthys orbignyanus* (Pleuronectiformes: Bothidae) no Rio Grande do Sul, Brasil*. M.Sc. thesis, Fund. Univ. do Rio Grande. 80 pp.
- Carvalho M.R., Soares L.S.H. 2006. Diel feeding pattern and diet of rough scad *Trachurus lathami* Nichols, 1920 (Carangidae) from the Southwestern Atlantic. *Neotrop. Ichthyol.* 4(4): 419-426.
- Casarini L.M. 2006. *Dinâmica populacional de raias demersais dos gêneros *Atlantoraja* e *Rioraja* (Elasmobranchi, Rajidae) da costa sudeste e sul do Brasil*. Ph.D. thesis, Univ. de São Paulo. 206 pp.
- Cergole M.C., Ávila-da-Silva A.O., Rossi-Wongtschowski C.L.D.B. 2005. *Análise das Principais Pescarias Comerciais da Região Sudeste-Sul do Brasil: Dinâmica Populacional das Espécies em Exploração*. Série documentos REVIZEE, Instituto Oceanográfico da Univ. de São Paulo, São Paulo. 176pp.

- Christensen V. 1995. Ecosystem maturity – towards quantification. *Ecol. Model.* 77: 3-32.
- Christensen V., Pauly D. 1992. ECOPATH II — a software for balancing steady-state ecosystem models and calculating network characteristics. *Ecol. Model.* 61: 169-185.
- Christensen V., Walters C.J. 2004. Ecopath with Ecosim: methods, capabilities and limitations. *Ecol. Model.* 172: 109-139.
- Christensen V., Walters C.J., Pauly D., Forrest R. 2008. *Ecopath with Ecosim version 6 User Guide*. Lenfest Ocean Futures Project. 235 pp.
- Cohen D.M., Inada T., Iwamoto T., Scialabba N. 1990. FAO species catalogue. Vol. 10. Gadiform fishes of the world (Order Gadiformes). An annotated and illustrated catalogue of cods, hakes, grenadiers and other gadiform fishes known to date. *FAO Fish. Synop.* 125(10): 442 pp.
- Coll M., Santojanni A., Palomera I., Tudela S., Arneri E. 2007. An ecological model of Northern and Central Adriatic Sea: Analysis of ecosystem structure and fishing impacts. *J. Mar. Syst.* 67: 119–154.
- Eleutério C.L.T. 2008. *Crescimento, idade e mortalidade do congro-rosa *Genypterus brasiliensis* (Regan 1903) na região Sudeste e Sul do Brasil*. M.Sc. thesis. Inst. Pesca de São Paulo. 60 pp.
- Casarini L.M. 2006. *Dinâmica populacional de raias demersais dos gêneros *Atlantoraja* e *Rioraja* (*Elasmobranchi*, *Rajidae*) da costa sudeste e sul do Brasil*. Ph.D. thesis, Univ. de São Paulo. 206 pp.
- Freire K.M.F., Christensen V., Pauly D. 2008. Description of the East Brazil Large Marine Ecosystem using a trophic model. *Sci. Mar.* 72(3): 477-491.
- Froese R., Pauly D. (eds.). 2010. FishBase. World Wide Web electronic publication. www.fishbase.org, version (09/2010).
- Gasalla M.A., Rodrigues A.R., Postuma F.A. 2010. The trophic role of the squid *Loligo plei* as a keystone species in the South Brazil Bight ecosystem. *ICES J. Mar. Sci.* 67: 1413–1424.
- Gasalla M.A., Velasco G., Rossi-Wongtschowski C.L.D.B., Haimovici M., Madureira, L.S.P. 2007. *Modelo de equilíbrio de biomassa do ecossistema marinho da Região Sudeste-Sul do Brasil entre 100-1000 m de profundidade*. Série documentos REVIZEE, Instituto Oceanográfico da Univ. de São Paulo, São Paulo. 56 pp.
- Greenberg R. 1981. The Abundance and Seasonality of Forest Canopy Birds on Barro Colorado Island, Panama. *Biotropica*. 13(4): 241-251.
- Haimovici M. 2007. A prospecção pesqueira e abundância de estoques marinhos no Brasil das décadas de 1960 a 1990: levantamento de dados e avaliação crítica. MMA/SMCQA, Brasília. 330 pp.
- Haimovici M., Arruda M.C., Teixeira R.L. 1989. Alimentação da Castanha *Umbrina canosai* no litoral sul do Brasil. *Rev. Bras. Biol.* 49(2): 511-522.
- Haimovici M., Cousin J.C.B. 1989. Reproductive biology of the castanha *Umbrina canosai* in southern Brazil. *Rev. Bras. Biol.* 49(2): 523-537.
- Haimovici M., Miranda L.W., Absalonsen L., Velasco G. 2006. Diagnóstico e orientações para o ordenamento pesqueiro de *Umbrina canosai*. In: Cergole M.C., Ávila-da-Silva A.O., Rossi-Wongtschowski C.L.D.B. (eds.) *Análise das principais pescarias comerciais da região sudeste-sul do Brasil: dinâmica populacional das espécies em exploração*. Série documentos REVIZEE, Instituto Oceanográfico da Univ. de São Paulo, pp. 77-85.
- Haimovici M., Reis E.G. 1984. Crescimento: determinação de idade de crescimento da castanha *Umbrina canosai*, (Pisces, Scianidae) do sul do Brasil. *Atlantica*. 7: 25-45
- Haimovici M., Rossi-Wongtschowski C.L.D.B., Ávila-Bernardes R., Fischer L.G., Vooren C.V., Santos R.A., Rodrigues A.R., Santos S. 2008. *Prospecção pesqueira de espécies demersais com rede de arrasto-de-fundo na Região Sudeste-Sul do Brasil*. Série documentos REVIZEE, Instituto Oceanográfico da Univ. de São Paulo, São Paulo. 183 pp.

- Haimovici M., Velasco G. 2000. Relações comprimento peso de peixes teleósteos marinhos do sul do Brasil com uma avaliação de diferentes métodos de ajuste. *Atlantica*. 22: 131-140.
- IBAMA 2008. Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis. *Estatística da pesca 2006 Brasil: grandes regiões e unidades da federação*. Imprensa Oficial, Brasília. 174 pp.
- Ikeda T., Shiga N. 1999. Production, metabolism and production/biomass (P/B) ratio of *Themisto japonica* (Crustacea: Amphipoda) in Toyama Bay, Southern Japan Sea". *J Plankton Res.* 21(2): 299-308.
- Jørgensen S.E. 1979. *Handbook of Environmental Data and Ecological Parameters*. International Society of Ecological Modelling. 1162 pp.
- Kotlyar A.N. 1987. Age and growth of alfoncino, *Beryx splendens*. *J. Ichthyol.* 27: 104-111.
- Libralato S., Christensen V., Pauly D. 2006. A method for identifying keystone species in food web models. *Ecol. Model.* 195(3-4): 153-171.
- Madureira L.S.P., Rossi-Wongtschowski C.L.D.B. 2005. *Prospecção de recursos pesqueiros pelágicos na Zona Econômica Exclusiva da Região Sudeste-Sul do Brasil: hidroacústica e biomassas*. Série documentos REVIZEE, Instituto Oceanográfico da Univ. de São Paulo, São Paulo. 144 pp.
- Magro M. 2005 *Trichiurus lepturus* Linnaeus, 1758. In: Cergole M.C., Ávila-da-Silva A.O., Rossi-Wongtschowski C.L.D.B. (eds.) *Análise das principais pescarias comerciais da região sudeste-sul do Brasil: dinâmica populacional das espécies em exploração*. Série documentos REVIZEE, Instituto Oceanográfico da Univ. de São Paulo, pp. 162-163.
- Martins A.S., Haimovici M., Palacios R. 2005. Diet and feeding of the cutlassfish *Thichiurus lepturus* in the Subtropical Convergence Ecosystem of Southern Brazil. *J. Mar. Biol. Ass. U.K.* 85(5): 1223-1229.
- Martins R.F. 2002. *Loliginídeos na Ilha de Santa Catarina: Características e relações ecológicas, com ênfase em Loligo plei (Cephalopoda: Euthida: Myopsina)*. M.Sc. thesis, Univ. do Paraná. 199 pp.
- Martins R.S., Haimovici M. 2000. Determinação de idade, crescimento e longevidade da abrótea de profundidade, *Urophycis cirrata*, Goode & Bean, 1896, (Teleostei; Phycidae) no extremo sul do Brasil. *Atlantica*. 22: 57-70.
- Martins R.S., Perez J.A.A., Schettini C.A.F. 2006. The squid around Santa Catarina Island, Southern Brazil: Ecology and Interactions With the Coastal Oceanographic Environment. *J. Coast. Res. Spec. Issue.* 39: 1285-1290.
- Ménard F., Gentil F., Dauvin J.C. 1989. Population dynamics and secondary production of *Owenia fusiformis* Delle chiaje from the Bay of Seine (Eastern English Channel). *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.* 133: 151-167.
- Metri C.B. 2007. Biologia pesqueira de *Artemesia longinaris* (Bate, 1888) (Decapoda, Dendrobranchiata, Penaeidae) e de *Pleot icus muel leri* (Bate, 1888) (Decapoda, Dendrobranchiata, Solenoceridae) no Sul do Brasi. Ph.D. thesis, Univ. do Paraná. 221 pp.
- Mills L.S., Soulé M.E., Doak D.F. 1993. The Keystone-Species Concept in Ecology and Conservation. *BioScience*. 43(4): 219-224.
- MMA – Ministério do Meio Ambiente. 2006. Programa REVIZEE: avaliação do potencial sustentável de recursos vivos na zona econômica exclusiva: relatório executivo/MMA, Secretaria de Qualidade Ambiental. 279 pp.
- Morato T., Solà E., Grós M.P., Menezes G.M. 1999. Diet of forkbeard (*Phycis phycis*) and Conge eel (*Conger conger*) off the Azores during spring of 1996 and 1997. *Arq. Life Mar. Sci.* 17(A): 51-64.
- Muto Y.E., Silva M.H.C., Vera. G.R., Leite S.S.M., Navarro D.G., Rossi-Wongtschowski C.L.D.B. 2005. *Alimentação e relações tróficas de peixes demersais da plataforma continental externa e talude superior da região sudeste e sul do Brasil*. Série documentos REVIZEE, Instituto Oceanográfico da Univ. de São Paulo, São Paulo. 64 pp.

- Nascimento M.C. 2006. *Alimentação de peixes na plataforma continental externa e talude superior na região Sudeste-Sul do Brasil*. M.Sc. thesis, Univ. Paulista. 89 pp.
- Nobre-leal L.C., Bemvenuti M.A. 2006. Levantamento e caracterização dos peixes mais frequentes no mercado público do Rio Grande. *Cad. Ecol. Aquat.* 1(1): 45-61.
- Odum H. T. 1969. The strategy of the ecosystem development. *Science*. 164: 262-270.
- Okey T.A. 2004. *Shifted community states in four marine ecosystems: some potential mechanisms*. Ph.D. thesis, Univ. British Columbia. 173 pp.
- Omenta E.P., Amaral A.C.Z. 2000. Population dynamics and secondary production of *Laeonereis acuta* (Treadwell, 1923)(Nereididae: Polychaeta). *Bull. Mar. Sci.* 67(1): 421-431.
- Paine R.T. 1966. Food web complexity and species diversity. *Am. Nat.* 100: 65-75.
- Palomares M.L.D., Pauly D. 1998. Predicting food consumption of fish populations as functions of mortality, food type, morphometrics temperature and salinity. *Mar. Freshwater Res.* 49:447-453.
- Pauly D. 1980. On the interrelationships between natural mortality, growth parameters, and mean environmental temperature in 175 fish stocks. *J. Cons. int. Explor. Mer.* 39 (2):175-192.
- Pauly D., Christensen V. 1993. Trophic models of aquatic ecosystems. *ICLARM Conf. Proc.* 26: 390.
- Pauly D., Christensen V., Walters C. 2000. Ecopath, Ecosim, and Ecospace as tools for evaluating ecosystem impact of fisheries. *ICES J. Mar. Sci.* 57: 000-000.
- Perez J.A.A., Pezzuto P.R., Andrade H.A. 2005. Biomass assessment of the monkfish *Lophius gastrophysus* stock exploited by a new deep-water fishery in southern Brazil. *Fish. Res.* 72: 149-162.
- Perez J.A.A., Pezzuto P.R., Andrade H.A., Schwingel P.R., Rodrigues-Ribeiro M., Wharlich R. 2002. O ordenamento de uma nova pescaria direcionada ao peixe-sapo (*Lophius gastrophysus*) no Sudeste e Sul do Brasil. *Notas Téc. FACIMAR*. 6: 65-83.
- Perez J.A.A., Pezzuto P.R., Rodrigues L.F., Valentini H., Vooren, C.M. 2001. Relatório da reunião técnica de ordenamento da pesca de arrasto nas regiões Sudeste e Sul do Brasil. 07- a 11 de maio de 2001. CEPISUL/IBAMA, Itajaí, SC. *Notas Téc. FACIMAR*. 5: 1-34.
- Perez J.A.A., Wahrlich R., Pezzuto P.R., Lopes, F.R.A. 2002b. Estrutura e dinâmica da pescaria do peixe-sapo *Lophius gastrophysus* no sudeste e sul do Brasil. *Bol Tec. Inst. Pesca São Paulo*. 28(2): 205-231.
- Pires-Vanin A.M.S. 2008. *Oceanografia de um Ecossistema Subtropical: Plataforma de São Sebastião*, SP. Ed. Univ. de São Paulo, São Paulo. 462 pp.
- Polovina J.J. 1984. An overview of the ECOPATH model. *Fishbyte*. 2(2): 5-7.
- Power M.E., Tilman D., Estes J.A., Menge B.A., Bond W.J., Mills L.S., Daily G., Castilla J.C., Lubchenco J., Paine R.T. 1996. Challenges in the quest for keystones. *Bioscience*. 46: 609-620.
- Ribeiro M.A.G. 1982. *Crustacea (em especial amphipoda) do conteúdo estomacal de sciaenidae da plataforma continental do Brasil (Lat 29°21'S e 30°41'S)*. M.Sc. thesis, Univ. de São Paulo. 97 pp.
- Rocha G.R.A., Rossi-Wongtschowski C.L.D.B., Pires-Vanin A.M.S., Soares L.S.H. 2007. Thophic models of São Sebastião Channel and continental systems, SE Brazil. *Pan-Am. J. of Aqua. Sci.* 2: 149-162.
- Rodrigues A.R. 2007. Caracterização da estrutura populacional e alimentação das lulas *Loligo plei* (Blainville, 1823) e *Loligo sanpaulensis* (Brakonieccki, 1984) (Cephalopoda:loliginidae) capturada pela pesca industrial do Estado de São Paulo, entre 23°S e 26°55'S. M.Sc. thesis, Inst.Pesc. de Santos. 87 pp.
- Rossi-Wongtschowski C.L.D.B., Ávila-da-Silva A.O., Cergole M.C. 2006. *Análise das principais pescarias comerciais do Sudeste-Sul do Brasil: dinâmica populacional das espécies em exploração-Vol. II*. Série documentos REVIZEE, Instituto Oceanográfico da Univ. de São Paulo, São Paulo. 96 pp.

- Rossi-Wongtschowski C.L.D.B., Madureira L.S-P. 2006. *O Ambiente Oceanográfico da Plataforma Continental e do Talude na Região Sudeste-Sul do Brasil*. Ed. Univ. de São Paulo, São Paulo. 472 pp.
- Ruppert E.E., Fox R.S., Barnes R.D. 2005. *Zoologia dos invertebrados*. 7^{ed}, ROCA, São Paulo 1145 pp.
- Saccardo J.H. 1983. Biología y disponibilidad de sardina (*Sardinella brasiliensis* Steindachneer, 1879) em La costa sudeste del Brasil. In: Sharp G.D., Csirke J. (eds.). *Proceedings of the Expert Consultation to Examine Changes in Abundance and Species Composition of Neritic Fish resources*. FAO Fish Rep. 291. pp. 449-464.
- Sánchez F. 2009. Alimentación de la Merluza (*Merluccius hubbsi*) en El Golfo San Jorge y aguas adyacentes. *INIDEP Inf. Téc.* 75: 24 pp.
- Sanches W.O.C. 1994. Feeding ecology of castañeta (*Cheilodactylus bergi*; Pisces: Cheilodactylidae) in the Southwestern Atlantic (34°-47°S). *Aust. J. Mar. Freshw. Res.* 45: 507-520.
- Santos P.J.P. 1994. Population dynamics and production of *Scolecopsis gaucha* (Polychaeta: Spionidae) on the sandy beaches of Southern Brazil. *Mar. Ecol. Progr. Ser.* 110: 159-165.
- Santos R.A., Haimovici M. 1997. Food and feeding of the short-finned squid *Illex argentinus* (Cephalopoda: Ommastrephidae) off southern Brazil. *Fish. Res.* 33: 139-147.
- Santos R.A., Haimovici M. 2000. The Argentine short-finned squid *Illex argentinus* in the food webs of southern Brazil. *Sarsia*. 85: 49-60.
- Schwengel P.R., Andrade H.A. 2002. Capítulo 3: Aspectos biológicos e populacionais. In: Perez J.A.A., Andrade H.A., Pezzuto P.R., Rodrigues-Ribeiro M., Schwengel P.R., Wahrlich R. *Análise da Pescaria do Peixe-sapo no Sudeste e Sul do Brasil*. Convenio UNIVALI MAPA, Itajaí, pp. 1-27.
- Schwengel P.R., Assunção R. 2009. Hábitos alimentares da raia *Atlantoraja platana* (Günther, 1880) (Elasmobranchii, Rajidae) no litoral norte de Santa Catarina, Brasil. *Pan-Am. J. of Aqua. Sci.* 4(4): 446-455.
- Soares L.S.H. 1992. *Alimentação de espécies de peixes demersais ao longo do ciclo diário no litoral de Ubatuba, São Paulo: alimento, atividade alimentar e consumo*. Ph.D. thesis, Univ. de São Paulo. 165 pp.
- Souza J.R.B.S., Borzone C.A. 2000. Population dynamics and secondary production of *Scolecopsis squamata* (Polychaeta: spionidae) in an exposed sandy beach of Southern Brazil. *Bull. Mar. Sci.* 67(1): 221-233.
- Tubino, R.A. 1999. *Distribuição e Ecologia Alimentar de Três Espécies de Peixes Demersais da Família Triglidae: Prionotus punctatus, Prionotus nudigula e Bellator brachychir na Região de Ressurgência de Cabo Frio, Brasil*. M.Sc. thesis, Univ. Federal Fluminense. 83 pp.
- Ulanowicz R.E. 1986. *Growth and development: ecosystem phenomenology*. Springer Verlag, New York. 203 pp.
- Ulanowicz R.E., Puccia C.J. 1990. Mixed trophic impacts in ecosystems. *Coenoses*. 5: 7-16.
- Valentini H., Pezzuto P.R. 2006. *Análise das principais pescarias comerciais da Região Sudeste-Sul do Brasil com base na produção controlada do período 1986-2004*. Série documentos REVIZEE, Instituto Oceanográfico da Univ. de São Paulo, São Paulo. 46 pp.
- Vaz-dos-Santos A.M. 2006. *Identificação de estoques da merluza, Merluccius hubbsi Marini, 1933 (Gadiformes: Merlucciidae) na Região Sudeste-Sul do Brasil*. Ph.D. thesis, Univ. de São Paulo. 196 pp.
- Vaz-dos-Santos A.M., Rossi-Wongtschowski C.L.D.B. 2005. *Merluccius hubbsi* Marini, 1933. In: Cergole M.C., Ávila-da-Silva A.O., Rossi-Wongtschowski C.L.D.B. (eds.). *Análise das Principais Pescarias Comerciais da Região Sudeste-Sul do Brasil: Dinâmica Populacional das Espécies em Exploração*. Série documentos REVIZEE, Instituto Oceanográfico da Univ. de São Paulo, São Paulo. pp. 88-93.

- Vaz-dos-Santos A.M., Rossi-Wongtschowski C.L.D.B. 2007. Age and growth of the Argentine hake *Merluccius hubbsi* (Marini, 1933) in the Brazilian South-Southeast Region during 1996-2001. *Neotrop. Ichthyol.* 5(3): 375-386.
- Vaz-dos-Santos A.M., Rossi-Wongtschowski C.L.D.B., Figueiredo J.L. 2009. Parâmetros da reprodução e relação comprimento-peso da merluza *Merluccius hubbsi* (Teleostei: Merlucciidae), estoque sudeste brasileiro (21°S-29°S), ano 2004. *Bol. Tec. Inst. Pesca. São Paulo.* 35(1): 1-16.
- Velasco G. 2004. *Modelo eco-trófico do ecossistema da plataforma continental do sul do Brasil e cenários de exploração pesqueira da anchoíta (Engraulis anchoita) e do peixe-lanterna (Maurolicus stehmanni)*. Ph.D. thesis, Fund. Univ. do Rio Grande. 154 p.
- Velasco G, Araújo J.N., Castello J.P., Oddone M.C. 2007. Exploring MSY strategies for elasmobranch fishes in an ecosystem perspective. *Pan-Am. J. of Aqua. Sci.* 2(2): 163-178.
- Velasco G., Castello J.P. 2005. Preliminary ecotrophic model of southern Brazil continental shelf and fisheries scenarios for *Engraulis anchoita* (Pisces, Engraulidae). *Atlantica.* 7(1): 59-68.
- Vetter E.W. 1996. Secondary production of a Southern California *Nebalia* (Crustacea: Leptostraca). *Mar. Ecol. Progr. Ser.* 137: 95-101.
- Walters C.J., Christensen V., Pauly D. 1997. Structuring dynamic models of exploited ecosystems from trophic mass-balanced assessments. *Rev. Fish. Biol. Fish.* 7: 139-172.
- Visited Web sites:*
 Brazilian navy website : <http://www.mar.mil.br>, Visited on 10/12/2010.

Table 1: Name and main components of each functional group

Functional group and the main components		
Blackfin goosefish <i>Lophius gastrophysus</i>	Demersal fishes <i>Mullus argentinae</i> <i>Polymixia lowei</i> <i>Chilomycterus spinosus</i> <i>Dactylopterus volitans</i> <i>Bellator brachychir</i> <i>Saurida</i> sp.	<i>Munida</i> spp. <i>Scyllarides deceptor</i>
Cutlassfish <i>Trichiurus lepturus</i>		Shrimps <i>Alpheus</i> spp. <i>Heterocarpus</i> spp. <i>Rhynchocinetes</i> spp. <i>AcanthePHYra</i> spp. <i>Oplophorus</i> sp.
Rosefish <i>Helicolenus lahillei</i>		Bivalves <i>Corbula</i> spp. <i>Limopsis janeiroensis</i>
Tile fish <i>Lopholatilus villarii</i>	Benthic fishes <i>Paralichthys isosceles</i> <i>Paralichthys patagonicus</i> <i>Paralichthys triocellatus</i> <i>Bembrops heterurus</i> <i>Raneya brasiliensis</i>	Polychaetes <i>Exogone (Exogone)</i> sp. <i>Nereis</i> spp. <i>Diopatra</i> spp. <i>Kinbergonuphis</i> spp. <i>Mooreonuphis</i> spp. <i>Nothria</i> spp. Eunicidae <i>Pseudovermilia occidentalis</i> <i>Sphaerosyllis (Prosphaerosyllis)</i> sp. <i>Spiophanes berkeleyorum</i> <i>Spiophanes</i> spp. <i>Micronereides capensis</i> <i>Pseudovermilia</i> sp.
Argentine hake <i>Merluccius hubbsi</i>	Skates <i>Atlantoraja cyclophora</i> <i>Atlantoraja platana</i>	
Searobin <i>Prionotus punctatus</i>	Predator crustaceans <i>Hemisquilla brasiliensis</i> <i>Squilla</i> sp.	
Red porgy <i>Pagrus pagrus</i>	Predator molluscs <i>Conus vilpepinii</i> <i>Chicoreus</i> sp. <i>Polinices lacteus</i> <i>Nassarius</i> sp. <i>Bursa ranelloides</i> <i>tenuisculpta</i> <i>Conus mazel</i> <i>Calliostoma</i> sp. <i>Nanomelon viperinus</i> <i>Symplectoscyphus</i> sp. <i>Scaurgus unicolor</i> <i>Vosseledone charrua</i> <i>Eudendrium</i> sp. <i>Acryptolaria</i> sp. <i>Ancilla</i> sp. <i>Nanomelon</i> sp. <i>Eledone massyae</i> <i>Octopus vulgaris</i>	
Demersal Sharks <i>Mustelus</i> sp. <i>Squalus</i> sp. <i>Carcharhinus</i> sp. <i>Heptranchias perlo</i>		Other detritivore invertebrates <i>Pyura</i> sp. <i>Ophiura ljunmani</i> <i>Ophiura</i> sp. <i>Ophiomysidium pulchellum</i> <i>Ophiotrix rathbuni</i>
Argentine croaker <i>Umbrina canosai</i>		
Bento-pelagic fishes <i>Caelorinchus marini</i> <i>Xenolepidichthys dalgleishi</i> <i>Sphoeroides pachygaster</i> <i>Beryx splendens</i>		
Large bento-pelagic fishes <i>Lepidopus altifrons</i> <i>Malacocephalus occidentalis</i> <i>Thyrstips lepidopoides</i> <i>Zenopsis conchifera</i>		
Deepbody boarfish <i>Antigonia capros</i>		
Silver-rag driftfish <i>Ariomma bondi</i>		
Pink cusk-eel <i>Genypterus brasiliensis</i>		<i>Amphiura complanata</i> <i>Raspailia</i> spp. <i>Cupuladria</i> sp. <i>Discoporella umbellata</i> <i>Bouchardia rosea</i> <i>Democrinus</i> sp.
Synagrops <i>Synagrops bellus</i> <i>Synagrops spinosus</i>	Other predator invertebrates <i>Nausithoe</i> sp. <i>Atorella</i> sp. <i>Ctenodiscus</i> sp. <i>Astropecten</i> sp. <i>Allostichaster hartii</i>	Infauna Nematoda <i>Nephasoma</i> sp. <i>Aspidosiphon mexicanus</i> <i>Aspidosiphon laevis</i> Echiura Priapulida Hemichordata
Brazilian cod <i>Urophycis mystacea</i>	Omnivore invertebrates <i>Acanthochitona</i> sp. <i>Echinocyamus grandiporus</i> <i>Stylocidaris lineata</i> Isopoda Amphipoda Chaetognatha	Zooplankton Zooplankton
Longbeard grenadier <i>Ventrifossa macropogon</i>	Crabs <i>Chaceon</i> spp. <i>Euprognatha</i> sp. <i>Stenocionops</i> spp. <i>Portunus</i> spp.	Marine snow Phytoplankton (over the pelagic system)
Squids <i>Illex argentinus</i> <i>Loligo plei</i> <i>Loligo sanpaulensis</i>		Detritus Dead organic matter of the system (cycled)
Large demersal fishes <i>Nemadactylus bergi</i> <i>Epinephelus niveatus</i> <i>Pseudoperca numida</i> <i>Ariosoma opisthophthalmus</i> <i>Bassanago albescens</i> <i>Conger esculentus</i> <i>Conger orbignianus</i>		

Table 2: Input data. Bi = Initial biomass (t*km-2); EE = Ecotrophic Efficiency; P/B Production/biomass ratio (Yr -1); Q/B Consumption/Biomass ratio (Yr -1); Landings and discards (t*km-2Yr-1).

Functional groups	Bi	EE	P/B	Q/B	Landings	Discards
1 Blackfin goosefish	0.115	-	0.3	2.3	0.0061	0.0003
2 Cutlassfish	0.031	-	2.49	3.1	0.0011	0.0003
3 Rosefish	0.016	-	0.07	4.76	-	-
4 Tile fish	0.021	-	0.74	1.38	0.0006	0.0003
5 Argentine hake	0.283	-	0.95	2.96	0.0022	0.0003
6 Searobin	0.011	-	0.382	9.19	0.0032	0.0028
7 Red porgy	-	0.95	0.89	3.4	0.0011	0.0003
8 Demersal Sharks	0.019	-	0.355	2.3215	-	0.0003
9 Argentine croaker	0.075	-	0.6	4.3	0.0053	0.0003
10 Bento-pelagic fishes	0.085	-	0.404	4.125	0.000008	-
11 Large bento-pelagic fishes	0.472	-	0.3	3.183	-	-
12 Deepbody boarfish	0.203	-	0.61	5.9	-	-
13 Silver-rag driftfish	0.252	-	1.05	4.6	-	-
14 Pink cusk-eel	0.042	-	0.5	2.8	0.0005	-
15 <i>Synagrops</i>	0.168	-	1.08	5.9	-	-
16 Brazilian cod	0.069	-	0.7	2.5	0.0024	0.0014
17 Long beard grenadler	0.003	-	0.32	2.9	-	-
18 Squids	0.256	-	4.6	36.5	0.0011	-
19 Large demersal fishes	0.028	-	1	4.2	0.0005	-
20 Demersal fishes	0.397	-	0.48	6.507	0.0008	-
21 Benthic fishes	0.077	-	0.07	4.175	0.0017	0.007
22 Skates	0.051	-	0.14	4.432	0.0019	-
23 Predator crustaceans	0.150	-	4.6	14.45	-	-
24 Predator molluscs	0.287	-	4.5	20	0.001	-
25 Other predator invertebrates	0.899	-	0.5	20	-	-
26 Omnivore invertebrates	0.356	-	5.71	20	-	-
27 Crabs	1.580	-	3.17	19	0.0019	-
28 Shrimps	2.673	-	22.01		0.0107	-
29 Bivalves	15.493	-	0.6	20.83	0.000003	-
30 Polychaetes	7.709	-	3.5	20.83	-	-
31 Other detritivore invertebrates	4.215	-	4.5	12.2	0.00007	-
32 Infauna	4.215	-	14.6	40	-	-
33 Zooplankton	3.600	-	104	248	-	-
34 Marine snow	-	-	-	-	-	-
35 Detritus	-	-	-	-	-	-

Table 3: Original diet matrix based on diet compositions studies listed on Annex 1.

Table 4: Input data modified to balance the model, and the mainly output data. TL = Trophic level; Bf = Final biomass ($t \cdot km^{-2}$); P/B = Production/biomass ratio (Yr⁻¹); Q/B = Consumption/Biomass ratio (Yr⁻¹); EE = Ecotrophic Efficiency; P/Q = production/consumption ratio or Gross efficiency; F = Fishing mortality (yr⁻¹); M2 = Predation mortality (yr⁻¹); Mo = Other natural mortality (yr⁻¹); F/Z = Exploitation rate; OI = Omnivory index; NE = Net efficiency; R/A = respiration/assimilation ratio; FD = Flow to detritus ($t \cdot km^{-2} \cdot yr^{-1}$). The “input” EwE estimated parameters are in bold.

Functional groups	TL	Bf	P/B	Q/B	EE	P/Q	F	M2	Mo	F/Z	OI	NE	R/A	FD
1 Blackfin goosefish	4.708	0.115	0.4	2.3	0.572	0.174	0.059	0.170	0.171	0.149	0.276	0.217	0.783	0.072
2 Cutlassfish	4.652	0.063	0.91	3.1	0.972	0.294	0.029	0.836	0.026	0.033	1.721	0.367	0.633	0.041
3 Rosefish	4.179	0.016	0.8	4.8	0.362	0.167	-	0.290	0.510	-	0.752	0.208	0.792	0.023
4 Tile fish	4.640	0.021	0.74	2.5	0.329	0.296	0.062	0.182	0.497	0.083	2.172	0.370	0.630	0.021
Argentine hake														
5 Juvenile	3.335	0.797	2.3	7.199	0.981	0.319	0.008	2.241	0.044	0.003	0.435	0.399	0.601	1.183
6 Adult	4.310	0.360	0.95	2.7	0.926	0.352	0.004	0.876	0.070	0.004	1.470	0.440	0.560	0.220
7 Searobin	3.161	0.016	0.38	2.5	0.527	0.152	0.197	0.003	0.180	0.518	0.135	0.190	0.810	0.011
8 Red porgy	3.400	0.009	0.89	3.5	0.950	0.254	0.637	0.208	0.045	0.716	0.377	0.318	0.682	0.007
9 Demersal Sharks	3.978	0.019	0.36	2.300	0.053	0.157	0.019	0.000	0.341	0.053	1.049	0.196	0.804	0.015
10 Argentine croaker	3.514	0.090	0.6	4.3	0.886	0.140	0.004	0.528	0.068	0.007	0.422	0.174	0.826	0.083
11 Bento-pelagic fishes	3.640	0.160	0.73	4.1	0.719	0.178	-	0.505	0.205	-	1.102	0.223	0.777	0.164
12 Large bento-pelagic fishes	3.847	0.477	0.3	2	0.991	0.150	-	0.278	0.003	-	0.128	0.188	0.813	0.192
13 Deepbody boarfish	3.159	0.203	0.61	5	0.312	0.122	0.003	0.158	0.420	0.005	0.116	0.153	0.848	0.289
14 Silver-rag driftfish	3.395	0.252	1.05	4.6	0.988	0.228	-	1.037	0.013	-	0.338	0.285	0.715	0.235
15 Pink cusk-eel	4.691	0.052	0.5	2.8	0.919	0.179	0.072	0.387	0.040	0.145	0.698	0.223	0.777	0.031
16 <i>Synagrops</i>	3.855	0.204	1.11	5.6	0.985	0.198	-	1.090	0.000	-	0.636	0.248	0.752	0.226
17 Brazilian cod	4.797	0.075	0.7	2.5	0.994	0.280	0.033	0.654	0.004	0.047	0.466	0.350	0.650	0.038
18 Long beard grenadler	3.121	0.003	0.62	2.9	0.900	0.214	0.138	0.419	0.062	0.223	0.102	0.267	0.733	0.002
19 Squid	3.967	0.256	6.7	36.50	0.981	0.184	0.003	6.523	0.124	-	1.725	0.229	0.771	1.902
20 Large demersal fishes	3.497	0.038	1.08	4.20	0.855	0.257	0.227	0.697	0.156	0.210	0.223	0.321	0.679	0.038
21 Demersal fishes	3.478	0.447	1.14	3.90	0.981	0.292	0.004	1.114	0.022	0.004	0.571	0.365	0.635	0.358
22 Benthic fishes	3.484	0.280	1.3	5.175	0.736	0.251	0.025	0.932	0.343	0.019	0.310	0.314	0.686	0.386
23 Skates	3.438	0.051	0.14	4.4	0.115	0.032	0.016	-	0.124	0.115	0.379	0.040	0.960	0.052
24 Predator crustaceans	3.715	0.150	5	14.5	0.523	0.345	-	2.615	2.385	-	0.408	0.431	0.569	0.793
25 Predator molluscs	3.334	0.288	4.5	20	0.873	0.225	-	3.927	0.573	-	0.263	0.281	0.719	1.317
26 Other predator invertebrates	3.353	0.899	3.5	20	0.744	0.175	0.002	2.603	0.895	0.001	0.226	0.219	0.781	4.401
27 Omnivore invertebrates	3.000	4.495	12	12	0.990	1.000	0.002	11.878	0.120	-	0.477	1.250	-0.250	11.328
28 Crabs	2.050	1.580	3.17	19	0.808	0.167	-	2.560	0.610	-	0.048	0.209	0.791	6.967
29 Shrimps	2.050	2.673	6	20	0.348	0.300	-	2.088	3.912	-	0.048	0.375	0.625	21.149
30 Bivalves	2.000	15.493	0.6	20.83	0.751	0.029	-	0.451	0.149	-	-	0.036	0.964	66.855
31 Polychaetes	2.850	7.709	3.5	20.83	0.688	0.168	-	2.408	1.092	-	0.727	0.210	0.790	40.538
32 Other detritivore invertebrates	2.000	4.215	4.5	12.2	0.429	0.369	-	1.930	2.570	-	-	0.461	0.539	21.117
33 Infauna	2.000	4.215	14.6	40	0.598	0.365	-	8.730	5.870	-	-	0.456	0.544	58.463
34 Zooplankton	2.000	3.6	104	248	0.092	0.419	-	9.530	94.470	-	-	0.524	0.476	518.652
35 Phytoplankton	1.000	15	182.96	-	-	-	-	-	182.960	-	-	-	-	2744.4
36 Marine snow	1.000	15	-	-	0.468	-	-	-	-	-	-	-	-	-
37 Detritus	1.000	30	-	-	0.418	-	-	-	-	-	0.086	-	-	-

Table 5: Diet matrix adjusted to balance the model.

		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34		
1	Blackfin goosefish					0.02																															
2	Cutlassfish				0.03	0.05					0.006																										
3	Rosefish				0.00					0.1																											
4	Tile fish					0.00	0.00			0.04																											
5	Argentine hake juvenile	0.21			0.05	0.05				0.03	0.022							0.14		0.18																	
6	Argentine hake adult	0.05			0.01					0.03	0.02							0.06		0.03																	
7	Searobin				0.00																																
8	Red porgy		0.01																																		
9	Demersal Sharks																																				
10	Argentine croaker								0.02											0.01																	
11	Bento-pelagic fishes			0.2	0.05													0.01			0.04																
12	Large bento-pelagic fishes	0.28	0.2	0.2	0.05													0.01																			
13	Deepbody boarfish	0.02	0.04	0.01													0.05				0.01			0.01		0.01											
14	Silver-rag driftfish	0.03	0.00	0.01			0.01										0.04	0.1		0.01		0.01	0.01	0.01	0.01												
15	Pink cusk-eel	0.00	0.02	0.01			0.01												0.02		0.01																
16	Synagrops	0.11		0.01			0.01			0.00	0.017						0.1		0.02		0.01		0.02	0.02	0.03												
17	Brazilian cod	0.01	0.02	0.01	0.02		0.01										0.2																				
18	Long beard grenadler																0.01																				
19	Squids	0.08	0.02	0.15	0.1	0.1	0.22		0.05	0.2	0.014	0.04					0.1	0.15	0.51	0.00	0.05		0.03														
20	Large demersal fishes																0.16				0.01			0.01		0.01											
21	Demersal fishes	0.09		0.01													0.1	0.25	0.03			0.03	0.04		0.01	0.01											
22	Benthic fishes																0.01					0.08	0.01		0.01	0.02											
23	Skates																																				
24	Predator crustaceans					0.04	0.04				0.050			0.00	0.01	0.04	0.01	0.02				0.00	0.04	0.08	0.1				0.01								
25	Predator molluscs	0.00	0.21						0.12			0.00		0.00	0.26								0.02	0.11					0.01								
26	Other predator invertebrates												0.1								0.00			0.00	0.1	0.1	0.05	0.01									
27	Omnivore invertebrates					0.1	0.02	0.01			0.100	0.14	0.35	0.1	0.00		0.00	0.02	0.07	0.03	0.01	0.02	0.09	0.08	0.11	0.02	0.15	0.01					0.3				
28	Crabs		0.29	0.03		0.04	0.4	0.04	0.04	0.18	0.180	0.18	0.00			0.13	0.38	0.06	0.06	0.02	0.3	0.5	0.22	0.28	0.04	0.08	0.08										
29	Shrimps			0.03	0.1	0.16	0.5	0.30	0.29	0.140	0.140	0.00	0.78	0.6			0.1	0.01	0.71	0.02	0.07	0.04	0.21	0.3	0.1	0.08	0.08	0.01									
30	Bivalves					0.02															0.05			0.1	0.08	0.3	0.25	0.01									
31	Polychaetes		0.01					0.05	0.1		0.190	0.08	0.4							0.00	0.02	0.5	0.04	0.24	0.08	0.15	0.15	0.15	0.25								
32	Other detritivore invertebrates			0.04						0.15		0.02		0.01	0.00							0.05				0.15	0.1	0.1	0.1								
33	Infafauna		0.02						0.2		0.190		0.07	0.03	0.13		0.00		0.06	0.02	0.00					0.1	0.1	0.04									
34	Zooplankton					0.6		0.01			0.07		0.05	0.03	0.13		0.00			0.02			0.14		0.05	0.05	0.05	0.31	0.05	0.05							
35	Marine snow																									0.05	0.05	0.05	0.25	0.25	0.25	0.9	0.2	0.5	0.05	1.	
36	Detritus																													0.7	0.7	0.1	0.25	0.5	0.95		
37	Import	0.13	0.49	0.04	0.62	0.1	0.34		0.01	0.133		0.54	0.03	0.08		0.01		0.15	0.10	0.62		0.2															
	Sum	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1		

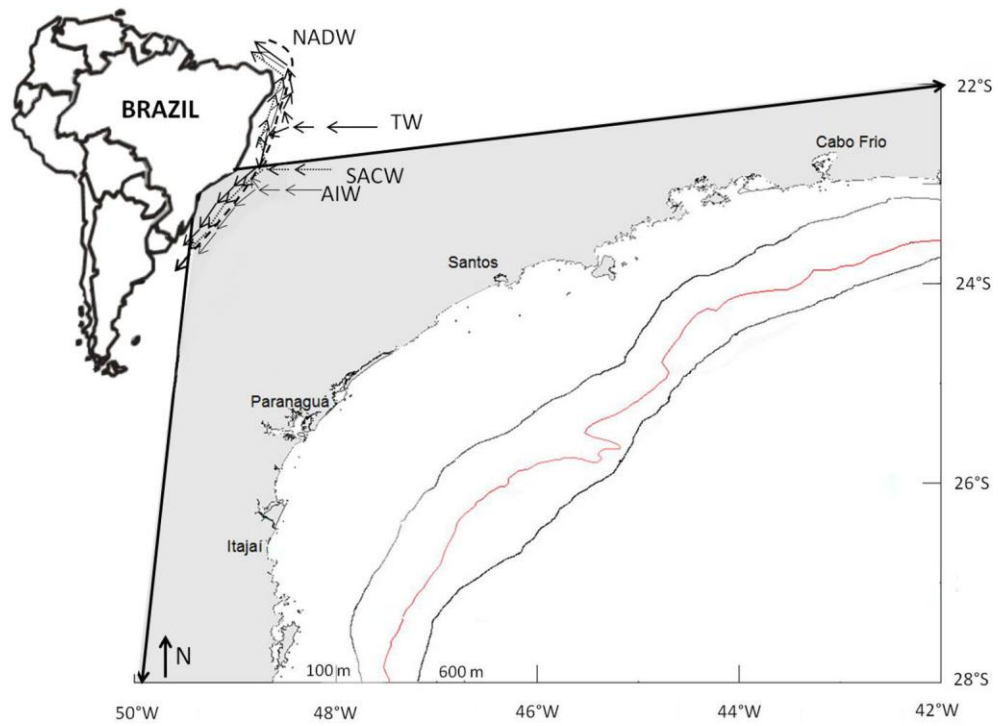


Figure 1: Map of the modeled area (between 100 m and 600 m). This drawing is based on REVIZEE (MMA 2006). The red line represents the continental shelf break (200 m). Arrows represents the main currents: South Atlantic Central Water (SACW); Antarctic Intermediate Water (AIW); Tropical Water (TW); North Atlantic deep water (NADW).

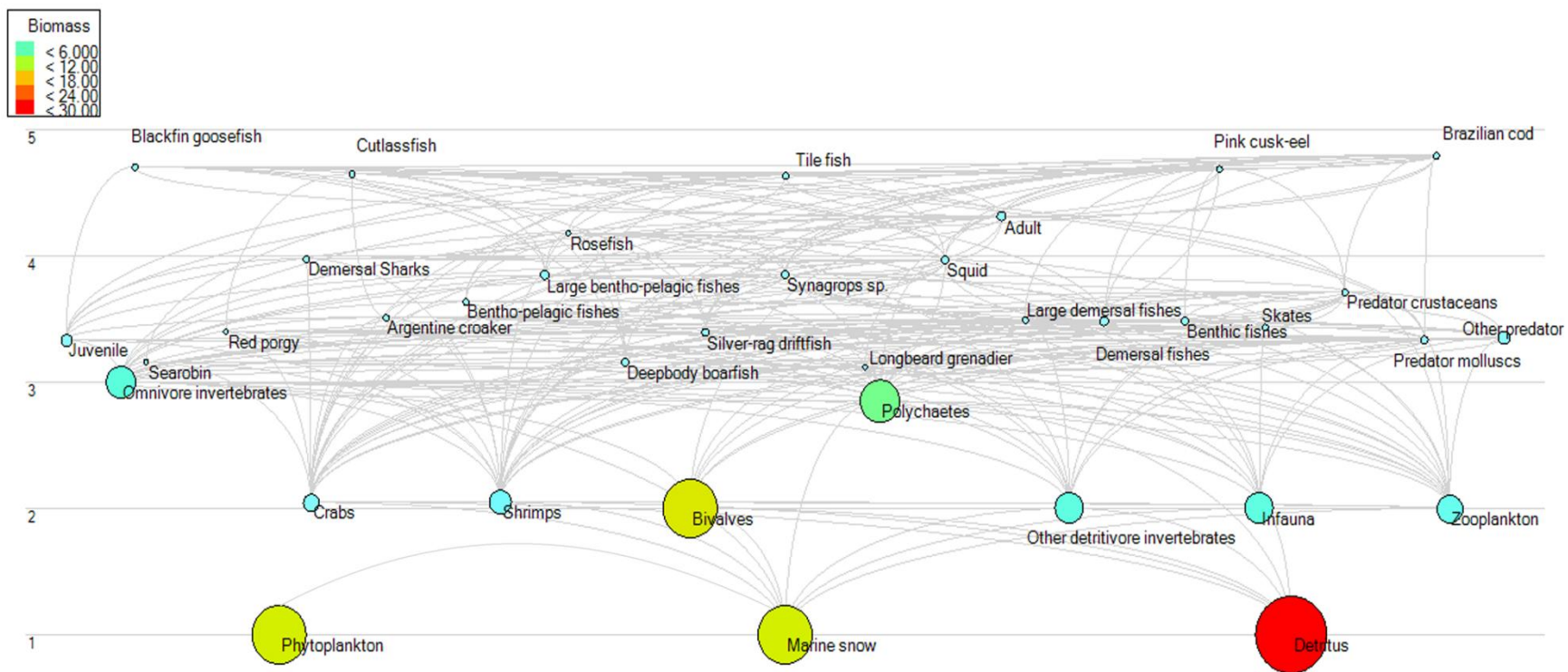


Figure 2: Trophic flow of demersal community of the outer continental shelf and upper slope of Southeastern Brazilian Bight the, size of the circles are proportional of its biomasses (t/km²).

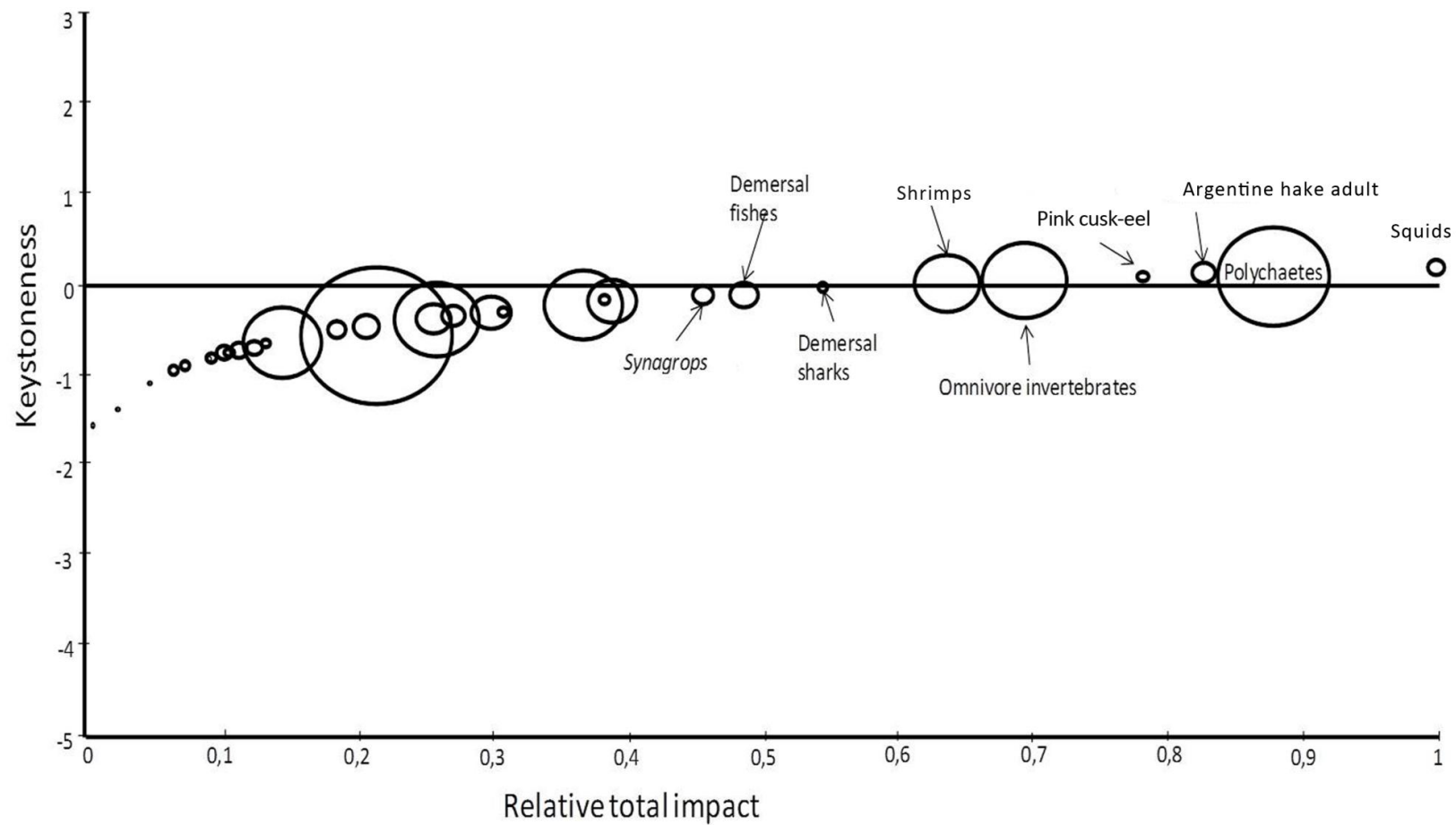


Figure 3: Graph of keystone species indices. Circles represent the functional groups; the sizes of each circle are proportional of the relative biomass of each functional group.

APENDIX 1 - List of references used to build the trophic model of demersal community of Southeastern Brazilian Bight.

Functional Group	Biomass	Diet	References		
			P/B	Q/B	
Blackfin goosefish	Haimovici <i>et al.</i> 2008	Muto <i>et al.</i> 2005	<i>Calculated</i>	<i>Calculated</i>	Schwingel and Andrade 2002 Perez <i>et al.</i> 2005 Haimovici and Velasco 2000 Magro 2005 Cergole <i>et al.</i> 2005 Haimovici and Velasco 2000 Cergole <i>et al.</i> 2005 Froese and Pauly 2010 Cergole <i>et al.</i> 2005 Cergole <i>et al.</i> 2005
Cutlassfish	Haimovici <i>et al.</i> 2008	Muto <i>et al.</i> 2005	<i>Calculated</i>	<i>Calculated</i>	Vaz-dos-Santos and Rossi-Wongtschowski 2005 Vaz-dos-Santos <i>et al.</i> 2009 Cergole <i>et al.</i> 2005 Brown <i>et al.</i> 2004 Andrade <i>et al.</i> 2005
Rosefish	Haimovici <i>et al.</i> 2008	Muto <i>et al.</i> 2005	<i>Calculated</i>	<i>Calculated</i>	Rossi-Wongtschowski <i>et al.</i> 2006
Tile fish	Haimovici <i>et al.</i> 2008	Pires-Vanin 2008	<i>Calculated</i>	<i>Calculated</i>	Bonham <i>et al.</i> 1949 Velasco and Castelo 2005 Gasalla <i>et al.</i> 2007
Argentine hake	Haimovici <i>et al.</i> 2008	Sánchez 2009 Brown <i>et al.</i> 2004 Bezzi <i>et al.</i> 1994	<i>Calculated</i>	<i>Calculated</i>	Madureira and Rossi-Wongtschowski 2005 Haimovici and Reis 1984 Haimovici and Cousini 1989 Haimovici <i>et al.</i> 2006 Froese and Pauly 2010
Searobin	Haimovici <i>et al.</i> 2008	Soares 1992	<i>Calculated</i>	<i>Calculated</i>	Madureira and Rossi-Wongtschowski 2005 Froese and Pauly 2010
Red porgy	Haimovici <i>et al.</i> 2008	Velasco and Castelo 2005	<i>Calculated</i>	<i>Calculated</i>	Madureira and Rossi-Wongtschowski 2005 Froese and Pauly 2010
Demersal Sharks	Haimovici <i>et al.</i> 2008	Velasco and Castelo 2005 Gasalla <i>et al.</i> 2007	<i>Calculated</i>	<i>Calculated</i>	Kotlyar 1987 Froese and Pauly 2010 Haimovici and Velasco 2000 Madureira and Rossi-Wongtschowski 2005 Madureira and Rossi-Wongtschowski 2005 Madureira and Rossi-Wongtschowski 2005 Haimovici and Velasco 2000 Madureira and Rossi-Wongtschowski 2005 Haimovici and Velasco 2000 Haimovici <i>et al.</i> 2008 Madureira and Rossi-Wongtschowski 2005 Martins and Haimovici 2000 Cohen <i>et al.</i> 1990 Froese and Pauly 2010 Rodrigues 2007 Gasalla <i>et al.</i> 2010 Santos and Haimovici 2000
Argentine croaker	Haimovici <i>et al.</i> 2008	Ribeiro 1982 Haimovici <i>et al.</i> 1989	<i>Calculated</i>	<i>Calculated</i>	Vaz-dos-santos and Rossi-Wongtschowski 2005 Gasalla <i>et al.</i> 2007
Bento-pelagic fishes	Haimovici <i>et al.</i> 2008	Muto <i>et al.</i> 2005	<i>Calculated</i>	<i>Calculated</i>	
Large bento-pelagic fishes	Haimovici <i>et al.</i> 2008	Muto <i>et al.</i> 2005	<i>Calculated</i>	<i>Calculated</i>	
Deepbody boarfish	Haimovici <i>et al.</i> 2008	Nascimento 2006	<i>Calculated</i>	<i>Calculated</i>	
Silver-rag driftfish	Haimovici <i>et al.</i> 2008	<i>Analysed</i>	<i>Calculated</i>	<i>Calculated</i>	
Pink cusk-eel	Haimovici <i>et al.</i> 2008	<i>Analysed</i>	<i>Calculated</i>	<i>Calculated</i>	
Synagrops	Haimovici <i>et al.</i> 2008	Nascimento 2006 <i>Analysed</i>	<i>Calculated</i>	<i>Calculated</i>	
Brazilian cod	Haimovici <i>et al.</i> 2008	Nascimento 2006	<i>Calculated</i>	<i>Calculated</i>	
Long beard grenadler	Haimovici <i>et al.</i> 2008	<i>Analysed</i>	<i>Calculated</i>	<i>Calculated</i>	
Squids	Haimovici <i>et al.</i> 2008	Martins 2002 Santos and Haimovici 1997 Rodrigues 2007 Gasalla <i>et al.</i> 2010 Santos and Haimovici 2000 Vaz-dos-santos and Rossi-Wongtschowski 2005 Gasalla <i>et al.</i> 2007	<i>Calculated</i>	<i>Calculated</i>	
Large demersal fishes	Haimovici <i>et al.</i> 2008	Muto <i>et al.</i> 2005 Tubino 1999 Sanches 1994 Carneiro 1995 Nobre-leal and Benvenuti 2006	<i>Calculated</i>	<i>Calculated</i>	
Demersal fishes	Haimovici <i>et al.</i> 2008	Muto <i>et al.</i> 2005 Tubino 1999 Sanches 1994 Carneiro 1995 Nobre-leal and Benvenuti 2006	<i>Calculated</i>	<i>Calculated</i>	
Benthic fishes	Haimovici <i>et al.</i> 2008	Muto <i>et al.</i> 2005 Tubino 1999 Sanches 1994 Carneiro 1995 Nobre-leal and Benvenuti 2006	<i>Calculated</i>	<i>Calculated</i>	
Skates	Haimovici <i>et al.</i> 2008	Schwingel and Assunção 2009 Muto <i>et al.</i> 2005	<i>Calculated</i>	<i>Calculated</i>	
Predator crustaceans	Amaral and Rossi-Wongtschowski 2004	Ruppert <i>et al.</i> 2005	Antony <i>et al.</i> 2010	Antony <i>et al.</i> 2010	
Predator molluscs	Amaral and Rossi-Wongtschowski 2004	Ruppert <i>et al.</i> 2005	Cergole <i>et al.</i> 2005		
Other predator invertebrates	Amaral and Rossi-Wongtschowski 2004	Ruppert <i>et al.</i> 2005	Brey 1991		Brey 1991
Omnivore invertebrates	Amaral and Rossi-Wongtschowski 2004	Ruppert <i>et al.</i> 2005			Ikeda and Shiga 1999
Crabs	Amaral and Rossi-Wongtschowski 2004 Gasalla <i>et al.</i> 2007	Ruppert <i>et al.</i> 2005	Vetter 1996	Gasalla <i>et al.</i> 2005	Vetter 1996 Antony <i>et al.</i> 2010
Shrimps	Amaral and Rossi-Wongtschowski 2004 Gasalla <i>et al.</i> 2007	Ruppert <i>et al.</i> 2005	<i>Calculated</i>	<i>Calculated</i>	Metri 2007 Vetter 1996
Bivalves	Amaral and Rossi-Wongtschowski 2004	Ruppert <i>et al.</i> 2005			
Polychaetes	Amaral and Rossi-Wongtschowski 2004	Ruppert <i>et al.</i> 2005	<i>Calculated</i>	<i>Calculated</i>	Santos 1994 Souza and Borzone 2000 Ménard <i>et al.</i> 1989 Omenta and Amaral 2000
Other detritivore invertebrates	Amaral and Rossi-Wongtschowski 2004	Ruppert <i>et al.</i> 2005	Antony <i>et al.</i> 2010	Antony <i>et al.</i> 2010	
Infaua	Amaral and Rossi-Wongtschowski 2004	Ruppert <i>et al.</i> 2005	Antony <i>et al.</i> 2010	Antony <i>et al.</i> 2010	
Zooplankton	Gasalla <i>et al.</i> 2007	Ruppert <i>et al.</i> 2005	Gasalla <i>et al.</i> 2007	Gasalla <i>et al.</i> 2007	
Marine snow		Ruppert <i>et al.</i> 2005			
Detritus					

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este estudo resultou no conhecimento da dieta de seis espécies de peixes demersais marinhos: *Antigonia capros*, *Ariomma bondi*, *Ventrifossa macropogon*, *Synagrops bellus*, *Synagrops spinosus* e *Genypterus brasiliensis*, abundantes nas regiões Sudeste e Sul do Brasil, onde constituem uma parcela importante da biomassa, e na construção de um modelo trófico de biomassa, que mostra a participação de cada grupo de espécies na comunidade demersal e bentônica da área. A tabela 1 apresenta a relação entre os alimentos consumidos e as principais variáveis investigadas.

Tabela 1: Síntese dos principais resultados da alimentação das seis espécies de peixes estudadas.

Alimentação	 <i>Antigonia capros</i>	 <i>Ariomma bondi</i>	 <i>Ventrifossa macropogon</i>	 <i>Synagrops bellus</i>	 <i>Synagrops spinosus</i>	 <i>Genypterus brasiliensis</i>
Presas principais	crustáceos (sem preferência)	crustáceos carídea <i>Munida</i>	crustáceos carídea <i>Munida</i>	peixes	crustáceos	peixes
Presas secundárias		gastropódes	peixes	crustáceos cefalópodes	peixes	crustáceos cefalópodes
Áreas	Difere entre áreas	Difere entre áreas	não avaliado	Não difere entre áreas	Não difere entre áreas	Não difere entre áreas
Sazonalidade	Não varia	Não varia	não avaliado	Não varia	Varia	Varia
Profundidade	Não varia	Não varia	não avaliado	Varia	Varia	Varia
Atividade diária	Vespertina	Crepuscular diurna	não avaliado	Crepuscular noturna	Crepuscular diurna	Noturna
Tamanho	Não varia	Não varia	Não varia	Varia	Não varia	Não varia
Comportamento	Demersal - pelágica	Demersal	Demersal	Demersal - pelágica	Demersal	Demersal

Verificou-se que *G. brasiliensis* é predominantemente piscívora, que consumiu secundariamente invertebrados bentônicos, apresentando variações na ingestão de alimentos nas diferentes profundidades de coleta e estações do ano. *Synagrops bellus* consome principalmente peixes e *S. spinosus* crustáceos, mas a intensidade com que estes alimentos são consumidos depende da profundidade que o peixe vive. Adicionalmente, constatou-se que a dieta de *S. spinosus*, abundante na plataforma, é influenciada por alterações sazonais na composição da

fauna na plataforma externa, assim como foi verificado para *G. brasiliensis*. *Antigonia capros*, *A. bondi* e *V. macropogon* consumiram principalmente crustáceos. *Antigonia capros* apresentou um comportamento demersal pelágico, assim como observado em *S. bellus*. As demais espécies apresentaram comportamento estritamente demersal.

Constatou-se que os fenômenos físicos, químicos, geológicos e meteorológicos que definem a dinâmica oceanográfica da área tiveram uma grande influência nos padrões alimentares das espécies avaliadas. Além disso, ressalta-se que, embora haja preferências específicas dos peixes por determinados alimentos, o consumo de invertebrados bentônicos e demersais (especialmente os crustáceos carídeos e *Munida*) é alto, inclusive por espécies predominantemente piscívoras.

O alto consumo de invertebrados observado, nos estudos de dieta, é evidenciado e refletido no modelo apresentado no capítulo 4. Este modelo mostra a alta dependência que a comunidade como um todo apresenta pela fauna de invertebrados bentônicos e demersais, e pela cadeia de detritos. Esta dependência tem uma séria implicação na expansão da pesca. Nos últimos anos têm-se intensificado a pesca de arrasto no talude superior, este tipo de pesca é altamente impactante para a comunidade bentônica e demersal, uma vez que remove praticamente toda a fauna que está na zona de ação do petrecho de pesca. Com isso, grande parte da fauna “associada às espécies alvo” é removida, e, na maioria das vezes, completamente descartada. Os impactos deste tipo de pesca são sentidos por todos os níveis tróficos, tendo um efeito em cadeia sobre toda a comunidade demersal, como pode ser observado por meio das conexões apresentadas no modelo do capítulo 4. Dessa forma, ressalta-se a necessidade da inclusão dos efeitos indiretos sobre os invertebrados bentônicos e demersais nos planos de manejo de pesca sustentável e definição de áreas prioritárias para conservação, bem como nos incentivos à ampliação do esforço pesqueiro. Sugere-se que as políticas de pesca de recursos demersais elaboradas pelo

subcomitê científico da Secretaria Especial de Pesca e Aquicultura (SEAP) sejam promulgadas e fiscalizadas de forma rigorosa. Além disso, que sejam feitos investimentos no desenvolvimento de petrechos de arrasto de fundo mais direcionados às espécies alvos, com menor impacto sobre as espécies acompanhantes.