
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS BIOLÓGICAS
(ZOOLOGIA)

LEANDRO YOKOTA

TAXONOMIA, BIOLOGIA REPRODUTIVA E DIETA DA RAIA BORBOLETA,
Gymnura micrura (MYLIOBATIFORMES: ELASMOBRANCHII)

Tese apresentada ao Instituto de Biociências do Câmpus de Rio Claro, Universidade Estadual Paulista, como parte dos requisitos para obtenção do título de doutor em Ciências Biológicas (Zoologia).

Rio Claro – SP
Outubro - 2010

**TAXONOMIA, BIOLOGIA REPRODUTIVA E DIETA DA RAIA
BORBOLETA, *Gymnura micrura* (MYLIOBATIFORMES:
ELASMOBRANCHII)**

LEANDRO YOKOTA

Tese apresentada ao Instituto de Biociências do Campus de Rio Claro, Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, como parte dos requisitos para obtenção do título de Doutor em Ciências Biológicas (Zoologia).

Orientador: Prof. Dr. Roberto Goitein

Co-orientadores: Prof^ª. Dra. Rosângela Paula Lessa

Prof. Dr. Ricardo de Souza Rosa

**Rio Claro – SP
2010**

597 Yokota, Leandro
Y54t Taxonomia, biologia reprodutiva e dieta da Raia Borboleta, *Gymnura micrura* (MYLIOBATIFORMES: ELASMOBRANCHII) / Leandro Yokota. - Rio Claro : [s.n.], 2010
126 f. : il., figs., gráfs., tabs., foto., mapas

Tese (doutorado) - Universidade Estadual Paulista, Instituto de Biociências de Rio Claro
Orientador: Roberto Goitain
Co-Orientador: Rosângela Paula Lessa
Co-Orientador: Ricardo de Souza Rosa

1. Peixe. 2. Peixes cartilagineos. 3. Reprodução. 4. Alimentação. 5. Conservação. 6. Gymnuridae. 7. Nordeste Brasil. I. Título.

Ficha Catalográfica elaborada pela STATI - Biblioteca da UNESP
Campus de Rio Claro/SP



UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
 CAMPUS DE RIO CLARO
 INSTITUTO DE BIOCÊNCIAS DE RIO CLARO

CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

TÍTULO: Taxonomia, Biologia Reprodutiva e Dieta da Raia Borboleta, *Gymnura micrura*
 (Myliobatiformes: Elasmobranchii)

AUTOR: LEANDRO YOKOTA

ORIENTADOR: Prof. Dr. ROBERTO GOITEIN

CO-ORIENTADORA: Profa. Dra. ROSANGELA PAULA TEIXEIRA LESSA

CO-ORIENTADOR: Prof. Dr. RICARDO DE SOUZA ROSA

Aprovado como parte das exigências para obtenção do Título de DOUTOR em CIÊNCIAS BIOLÓGICAS (ZOOLOGIA), pela Comissão Examinadora:

Prof. Dr. ROBERTO GOITEIN

Departamento de Zoologia / Instituto de Biociências de Rio Claro

Prof. Dr. OTTO BISMARCK FAZZANO GADIG

Coordenadoria Executiva / Unidade do Litoral Paulista

Profa. Dra. PATRICIA CHARVET

SENAI - Departamento Regional do Paraná / Curitiba

Prof. Dr. GETULIO RINCON FILHO

UNIP - Universidade Paulista / Brasília

Profa. Dra. JUNE FERRAZ DIAS

Instituto Oceanográfico da USP / São Paulo

Data da realização: 15 de outubro de 2010.

Às minhas queridas avós, Hildegard Szeibel e Tamie Hayashida Yokota, descansem em Paz.

Aos meus pais, Eduardo Yokota e Hilda Leonita Yokota, pelo amor e apoio incondicional, vocês são a base de tudo isso e com certeza sem vocês eu não estaria aqui hoje.

À Roberta Barros Lovaglio, por completar minha vida.

Aos Tubarões e Raias, motivo desta luta, a qual eu espero ter um final feliz.

Dedico.

AGRADECIMENTOS

À Roberta Barros Lovaglio pelo amor, carinho, cumplicidade, companheirismo, paciência e compreensão. Por equilibrar a minha vida e decisões, pelas palavras sábias, pelo exemplo profissional e de ser humano. Por ser uma das pessoas mais generosa, justa, honesta e ética que já conheci (difícil encontrar um coração tão puro como o seu). Por respeitar a profissão de zoólogo, e compreender todas as minhas viagens de campo. Por me fazer sentir uma pessoa boa, por me fazer feliz. Por apoiar meus sonhos e decisões. Por sempre ficar do meu lado. Pelas críticas e elogios. Por me aceitar e aturar do jeito que sou. Pelas constantes discussões acadêmicas. Por me fazer crescer e amadurecer. Por aprender a amar os tubarões e raias, se tornando uma afinsa protetora dos mesmos. Por ser o meu anjo e a minha pequena nina. Por ter a distinção de ser eu quando eu não mais consigo ser. Os anos que estive ao seu lado foram os melhores de minha vida, e com certeza me tornaram uma pessoa melhor. Enfim...na real...você merece co-autoria nesta tese. EU TE AMO!!!

Aos meus pais, Eduardo Yokota e Hilda Leonita Yokota, por serem a base de simplesmente tudo, por toda a formação escolar e pessoal, pelos valiosos e infinitos ensinamentos, por serem os meus MAIORES exemplos e referências na vida. Pelo incansável apoio, por acreditarem em mim e nos meus sonhos e decisões. Por serem o meu porto seguro. Por entenderem e respeitarem a minha quase que constante ausência. Vocês são os meus maiores ídolos e heróis. AMO MUITO VOCÊS!!

Ao meu orientador, Roberto Goitein. Para mim o senhor é o maior exemplo de que um nível elevadíssimo de conhecimento e cultura pode vir aliado a um nível ainda mais elevado de humildade e caráter. Obrigado pela confiança e por aceitar me orientar, pelos inestimáveis ensinamentos, pela amizade, e pelas enriquecedoras conversas.

À FAPESP pela concessão da bolsa de doutorado (Processo 06/55153-2) e da reserva técnica, sem as quais este trabalho não seria realizado.

Ao relator da FAPESP, pelos valiosos comentários e sugestões, principalmente no tocante à parte taxonômica da tese.

À minha co-orientadora (e eterna orientadora) e amiga Rosângela Lessa. Para mim a senhora sempre será a maior referência no estudo destes seres tão maravilhosos que são os

tubarões e as raias, sempre que tenho alguma idéia e vejo algo novo, a primeira pessoa que quero compartilhar é com a senhora. Obrigado por acreditar em mim e sempre incentivar o meu crescimento acadêmico, e por me fazer saber que sempre posso contar com a senhora. Serei eternamente grato pelos valiosos ensinamentos, críticas e confiança.

Ao co-orientador Ricardo Rosa, por aceitar a co-orientação e me receber em João Pessoa (PB), pela disponibilização do material da coleção ictiológica da Universidade Federal da Paraíba (UFPB) e pela revisão da parte taxonômica da tese.

À banca examinadora, por aceitarem o convite e me concederem a honra de sua presença nesta defesa. Por serem referência e exemplo de profissionais.

Ao meu irmão e amigo Michel D. Gianeti, pela intensa, cativa e pura amizade. Pela presença em praticamente todos os momentos. Pela constante força e apoio. Pelas discussões acadêmicas. Pela longa parceria na vida e meio acadêmico. Por compartilhar meus sonhos. Pela parceria e inestimável ajuda em todas as viagens de campo deste doutorado. Pelo envio de artigos da USP, pela amostragem e disponibilização de exemplares de *Gymnura altavela*. Por ser uma das pessoas mais humildes e modestas que já conheci. Por todos os ensinamentos, enfim, por ser meu amigo e me propiciar a certeza de que posso contar contigo para qualquer parada. ABNF brother!!

Ao município de Caiçara do Norte (RN) e seus habitantes, que fizeram da sua cidade a minha. Obrigado pela grande hospitalidade, em Caiçara sempre vivi entre amigos e muito feliz. Conheci pessoas maravilhosas, das quais sempre me lembrarei e espero rever.

À Dona Nega e sua família (Seu Miguel – em memória, Thiago, Neidinha, Larissa, Val, De Assis, Guilherme, Vão Vão e Fafá), por me receberem em sua casa e serem a minha família durante o um ano que passei no campo, serei eternamente grato à vocês.

Aos pescadores de Caiçara do Norte, pela disponibilização das raias e amizade construída ao longo das coletas.

Ao grande amigo Gustavo Cordeiro, por nos acolher em sua casa durante as primeiras idas à Caiçara. Pela amizade e convivência, sem contar as inúmeras vezes que me ajudou de forma significativa na realização deste trabalho durante a estadia em Caiçara.

Ao National Museum of Natural History (Smithsonian Institution) pela disponibilização de sua coleção ictiológica e infra-estrutura oferecida. Ao Dr. Richard Vari,

por ser o meu supervisor durante a visita ao USNM, bem como intermediar e oficializar a minha visita. Ao Dr. Jeff Williams e toda a sua equipe pela forma atenciosa e gentil que me receberam no Museum Support Center (MSC). À especialista em museu Daine Pyttassy, pela simpatia e imediata disponibilidade em auxiliar quando necessário. À especialista em museu Sandra Raredon, pelo bom humor e carisma, pelas incríveis radiografias, e por radiografar mais exemplares, mesmo após o meu retorno ao Brasil.

Ao American Museum of Natural History, em nome da Dra. Barbara Brow e Rad Arrindell, pela visita a coleção ictiológica do respectivo museu.

Ao Prof. Otto Gadig, pela forma atenciosa que me recebeu no Campus Experimental do Litoral Paulista (UNESP São Vicente) e por disponibilizar seu material biológico para análise. Chego a ficar meio sem graça quando o tema da conversa são os elasmobrânquios, visto o nível absurdo do seu conhecimento sobre estes animais. Obrigado pelas conversas enriquecedoras e valiosas dicas.

Ao Dr. Manoel Gonzalez e Alexandre Largacha por permitirem examinar a coleção ictiológica do Núcleo de Pesquisa e Estudo em Chondrichthyes (NUPEC); e ao Dr. Jose Lima de Figueiredo e Dr. Oswaldo Oyakawa por permitirem a análise do material do Museu de Zoologia da Universidade de São Paulo.

Ao Dr. Getúlio Rincon, por todo apoio, força, sugestões e dicas na confecção inicial deste projeto. Pela grande disponibilidade em ajudar e pelo envio de importantes artigos.

Ao Prof^o. Luiz Carlos Vulcano e sua equipe, pelas radiografias obtidas no Departamento de Reprodução Animal e Radiologia Veterinária da Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia da UNESP (Câmpus de Botucatu).

À Prof^a. Doralice Cella (Dora) e à Prof^a. Marielle Cristina Schneider (Marielle), pela doce orientação e ajuda no preparo das lâminas de esfregaços da glândula oviducal e vesícula seminal das raias, bem como na obtenção das fotos dos espermatozóides.

Ao Prof. Célio Haddad e doutoranda Bianca Berneck pela ajuda e auxílio na diafanização das raias.

Aos professores Augusto Abe, Célio Haddad, Denis O. V. de Andrade, Doralice Cella, Francisco Braga, George Shepherd (UNICAMP), Jonas Contiero, José Chaud, Marcos Cesar e Miguel Petreire, pelo exemplo, conselhos e valiosos ensinamentos.

À Amélia e ao Gondolo, por me receberem em sua casa durante a permanência em Recife.

Ao agora amigo Daniel Gonçalves de Freitas e sua irmã Isabela, por me receberem de forma extremamente hospitaleira em sua casa durante a minha estadia em João Pessoa (PB). Ainda, para o Daniel e Luciana, por me apresentarem a João Pessoa de uma maneira muito especial.

Aos meus irmãos e amigos, Erika Szeibel Yokota e Eduardo Szeibel Yokota, e ao meu cunhado Fabiano Moraes, por todo amor, carinho e apoio. Pela imensa torcida, e intenso envio de energia positiva, que pode ser sentida a milhares de quilômetros de distância. Amo vocês!! Erikita, minha gata, sabe que sou apaixonado por você e esse seu jeito muleka de ser mulher.

À família Yokota (Tia Júlia, Tio Flávio, Mari e Marcelinho) pela imensa força e torcida. Por todo amor e carinho em momentos muito importantes para mim. Tia Julia e Mari Sam, vocês são fora de série, vocês não imaginam o quão forte me tornei em determinados momentos devido aos seus simples, puros e virtuosos gestos e ações.

À Dona Augusta e Mário Augusto, vocês não fazem idéia da importância de vocês em minha vida. Nunca vi caber tamanha bondade, carinho e amor em dois corações. D. Augusta, amo muito a senhora, e não tenho palavras para agradecer tudo o que você fez e faz por mim; Gustão, você é o cara e a carisma em pessoa, ah...sim..não poderia deixar de agradecer os maravilhosos momentos propiciados ao longo desta tese em um dos lugares mais belos do mundo.

À família Lovaglio (e agregados), por me fazerem de fato ter a honra de me sentir um verdadeiro LOVAGLIO. Muito obrigado pelo amor e apoio, e pelos inúmeros finais de semanas que sempre me fizeram (e fazem) me sentir uma pessoa melhor.

Aos ETERNOS CURURAS, Michel, Alex, Dru, Carlos e Crick. A amizade é uma das melhores coisas do mundo. Obrigado por mantermos a nossa viva!!

Ao meu irmão e amigo, Jairo Gomes de Melo, mesmo o isolamento geográfico e sazonal não conseguiu abalar de forma alguma a nossa sincera amizade. Impressionante o longo tempo que a gente fica sem se ver, e quando nos vemos, a intimidade continua exatamente a mesma. Obrigado por fazer parte de minha vida, por estar presente em uma

importante fase da mesma, de valiosos ensinamentos e experiências que carrego comigo até hoje. Obrigado por ser um verdadeiro amigo e me fazer sentir que sempre poderei contar contigo para o que der e vier. A CORRENTE JAMAIS SERÁ QUEBRADA. LHP.

À minha preta Jannis, por ser a minha fã número 1 (rsrs), por alegrar minha vida e por me levar para passear nos fins de tarde reflexivos e musicais.

Aos amigos de departamento e pós-graduação: às doces Giu, Cris e Ursulla, César (Elano), Gansão, Albertão (Lambari) e Morcego, obrigado pelo ótimo e harmonioso convívio, e sempre pronta disponibilidade em ajudar.

Ao futebol unespiano e rio clarense (e respectivos 'boleiros') por ter me propiciado a oportunidade de fazer grandes amigos e conhecer inúmeras (e incríveis) pessoas ao longo destes anos, além de funcionar como um verdadeiro injetor de energia no doutorado. Seria injusto eu citar nomes, pois certamente estaria esquecendo muitos.

Ao amigo Cleber Alexandre de Amorim (Corintiano Roxo) pela brilhante sugestão de deixar algumas questões para serem resolvidas em uma próxima etapa, o pós-doutorado.

A todos que de alguma forma contribuíram direta ou indiretamente para a realização deste trabalho. Peço desculpas se esqueci de mencionar alguém.

OBRIGADO!!!

RESUMO

O objetivo do presente estudo foi estudar a estrutura populacional, biologia reprodutiva e dieta dos exemplares identificados como *Gymnura micrura* capturados na região de Caiçara do Norte (RN), além de definir sua correta identidade taxonômica através de uma comparação com exemplares provenientes de outras localidades dentro de sua suposta área de ocorrência no Atlântico Oeste. A revisão da família Gymnuridae no Brasil é realizada. Os exemplares foram obtidos através do acompanhamento da pesca artesanal na região de Caiçara do Norte (RN) durante o período de agosto de 2007 a julho de 2008. Visitas a coleções foram realizadas para análise do material comparativo. A espécie em questão trata-se realmente de *Gymnura micrura* (BLOCH & SCHNEIDER, 1801), ocorrendo da costa norte dos Estados Unidos ao sul do Brasil (Paraná). No Brasil ocorrem dois representantes da família Gymnuridae: *Gymnura micrura* e *Gymnura altavela*. A terceira espécie que ocorreria no Brasil, *G. hirundo*, é proposta como um sinônimo júnior de *G. altavela*. São apresentadas evidências contra a validade do gênero *Aetoplatea*, sendo que a família seria representada apenas por um gênero (*Gymnura*). Na população estudada indivíduos maiores tendem a ocupar águas mais profundas e entre os jovens parece existir uma leve tendência à segregação sexual por profundidade, com os machos ocupando águas ligeiramente mais profundas. O tamanho de primeira maturação dos machos e fêmeas foi estimado em 275 e 410 mm de largura do disco (LD) respectivamente, enquanto o tamanho de nascimento foi estimado entre 135 e 175 mm LD. A fecundidade uterina foi estimada em $3,8 \pm 1,3$ embriões, e foi significativamente correlacionada com a LD das fêmeas. É proposta uma reprodução contínua ao longo do ano sem qualquer sincronismo em nível populacional. A dieta foi constituída basicamente de teleósteos (IA = 99,5 %), com o predomínio de uma espécie (*Pomadasys corvinaeformis*). A análise ecológica gráfica caracteriza a população de *Gymnura micrura* na região estudada como especialista nesta presa e com uma largura de nicho estreita. A dieta não variou entre os sexos, estádios de vida, estações do ano e profundidade.

Palavras-chave: Reprodução, Alimentação, Conservação, Gymnuridae, Nordeste Brasil.

ABSTRACT

The purpose of the present thesis was to study the population structure, reproductive biology and diet of the specimens identified as *Gymnura micrura* from Caiçara do Norte-RN (Northeast Brazil), and to define their correct taxonomic identity by comparing them with specimens from other regions within their supposed area of occurrence at the Western Atlantic. A review of the family Gymnuridae in Brazil was carried out. The specimens were obtained by monitoring the artisanal fisheries in the region of Caiçara do Norte (RN) during the period from August 2007 to July 2008. Visits to scientific collections were made for analysis of comparative material. The species studied was confirmed to be *Gymnura micrura* (BLOCH & SCHNEIDER, 1801), which occurs from the northern coast of the United States to southern Brazil (Paraná State). In Brazil there are two species of the family Gymnuridae: *Gymnura micrura* and *Gymnura altavela*. The third species known as occurring in Brazil, *G. hirundo*, is proposed as a junior-synonym of *G. altavela*. Evidence against the validity of genus *Aetoplatea* is presented, so the family Gymnuridae should be represented by only one genus (*Gymnura*). In the population studied larger individuals tend to occupy deeper waters and among the young individuals there seems to exist a slight tendency for sexual segregation by depth, with males occupying slightly deeper waters. Mean sizes at maturity were 275 mm disc width (DW) in males and 410 mm DW in females. Size at birth was 135 – 175 mm DW. The uterine fecundity was assessed in 3.8 ± 1.3 embryos, and was significantly correlated with female DW. It is proposed that in the study area breeding occurs throughout the year with no population synchronism. The diet consisted mainly of teleosts (IA = 99.5 %), with the predominance of one species (*Pomadasys corvinaeformis*). The graphical ecological analysis characterizes the population of *Gymnura micrura* in the region as a specialist in this prey and with a narrow niche width. The diet did not vary among sex, life stages, seasons and depth.

Keywords: Reproduction, Feeding, Conservation, Gymnuridae, Northeast Brazil.

SUMÁRIO

	Página
1. INTRODUÇÃO.....	1
1.1. Objetivos.....	7
1.2. Área de Estudo.....	8
2. MATERIAL E MÉTODOS.....	10
3. PARTE I: TAXONOMIA.....	12
3.1. Material e Métodos.....	13
3.2. Resultados.....	19
3.3. Discussão.....	38
4. PARTE II: ESTRUTURA POPULACIONAL E BIOLOGIA REPRODUTIVA.....	44
4.1. Material e Métodos.....	45
4.2. Resultados.....	50
4.3. Discussão.....	74
5. PARTE III: DIETA.....	83
5.1. Material e Métodos.....	84
5.2. Resultados.....	86
5.3. Discussão.....	94
6. CONCLUSÕES.....	100
6.1. Taxonomia.....	100
6.2. Estrutura Populacional e Biologia Reprodutiva.....	100
6.3. Dieta.....	102
6.4. Considerações Finais.....	103
7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	104

1. INTRODUÇÃO

As raias da família Gymnuridae (Ordem Myliobatiformes) (COMPAGNO, 1999), ou Raias-Borboleta, podem ser facilmente distinguidas de outros batóideos por apresentarem o disco consideravelmente mais largo que longo (1,5 – 2,2 vezes) e uma cauda delgada e curta (filiforme) (figura 1.1).



Figura 1.1. Raia-borboleta (*Gymnura micrura*).

O corpo é fortemente achatado dorso-ventralmente. As nadadeiras peitorais são largamente expandidas lateralmente e contínuas com a cabeça, formando um disco losangular característico, com ângulos arredondados e cabeça pouco proeminente. O focinho é curto, obtuso, arredondado e sem cartilagem rostral. As narinas são anteriores à boca, largas e separadas por um estreito istmo. A cortina nasal é lisa (com raras exceções). Os olhos são dorso-laterais na cabeça, seguidos pelos espiráculos que, dependendo da espécie, podem apresentar uma estrutura tentacular na margem posterior interna. A boca é transversa e levemente arqueada, sem papilas em seu assoalho. A cauda geralmente apresenta dobras ou extensões cutâneas nas regiões dorsal e ventral, sendo que algumas espécies também apresentam espinho(s) e nadadeira dorsal. As nadadeiras pélvicas são arredondadas e não são divididas em lobo anterior e posterior. A pele no geral é lisa, embora os maiores exemplares de algumas espécies possam eventualmente apresentar tubérculos dorsais. A coloração dorsal varia entre marrom, cinza e oliváceo, podendo apresentar coloração uniforme ou ser marcada por pontos ou manchas circulares claras ou escuras. A coloração de fundo pode ainda apresentar aspecto vermiculado e algumas espécies apresentam um par de grandes manchas

brancas no dorso, uma em cada lado da nadadeira peitoral. O ventre é claro, esbranquiçado, amarelado ou cor de bronze. A cauda frequentemente apresenta bandas escuras. A descrição acima foi realizada com auxílio dos seguintes trabalhos: Bigelow & Schroeder (1953), Compagno & Last (1999), MacEachran & Carvalho (2002) e Jacobsen & Bennett (2009).

As raias-borboleta são cosmopolitas nos mares tropicais, subtropicais e temperados, normalmente ocorrendo sobre fundos de areia ou lama de águas costeiras, sendo encontradas em praias abertas, estuários, bocas de rios, baías e lagoas temporárias (MACEACHRAN & CARVALHO, 2002; COMPAGNO & LAST, 1999). No Pacífico Oeste algumas espécies têm sido reportadas em água doce, mas o tempo no qual podem permanecer neste ambiente é desconhecido (COMPAGNO & LAST, 1999). São raias de pequeno à moderadamente grande porte, com adultos medindo entre 300 e 2200 mm de largura do disco (LD) (WIGLEY et al., 2003) (mas no geral não ultrapassam 1000 mm LD). O modo de nutrição embrionária é a viviparidade histotrófica lipídica (MUSICK & ELLIS, 2005), sendo que a nutrição dos embriões ocorre principalmente através da ingestão do ‘leite uterino’ liberado por estruturas especializadas (trofonematas) da mucosa uterina (RANZI, 1934; WOURMS 1981). Apesar da presença de espinho em algumas espécies da família, estas raias representam pouca ameaça para os banhistas e pescadores devido ao pequeno tamanho da cauda.

Embora as raias da família Gymnuridae possam ser facilmente distinguidas dos exemplares de outras famílias de batóideos, seus representantes apresentam uma morfologia conservada e uma considerável variação intraespecífica, o que tem conduzido a certa confusão taxonômica em nível genérico e específico (ver JACOBSEN & BENNETT, 2009; SMITH et al., 2009). A família é representada por dois gêneros, que são separados em função da presença ou não de uma nadadeira dorsal na base da cauda: *Gymnura* (VAN HASSELT, 1823) – sem nadadeira dorsal e *Aetoplatea* (VALENCIENNES, 1841) – com nadadeira dorsal. Contudo, a validade do gênero *Aetoplatea* vem sendo questionada (COMPAGNO, 2005; JACOBSEN & BENNETT, 2009). Atualmente a família é representada por 12 espécies, que se distribuem em três regiões geográficas: o Indo-Pacífico com *A. tentaculata* (MÜLLER & HENLE, 1841), *A. zonura* (BLEEKER, 1852), *G. australis* (RAMSAY & OGILBY, 1886), *G. japonica* (TEMMINCK & SCHLEGEL, 1850) e *G. poecilura* (SHAW, 1804); o Pacífico Leste com *G. marmorata* (COOPER, 1864), *G. crebripunctata* (PETERS, 1869) e *G. afuerae* ? (HILDEBRAND, 1946) e o Atlântico com *G. micrura* (BLOCH & SCHNEIDER, 1801), *G. altavela* (LINNAEUS, 1758), *G. hirundo* ? (LOWE, 1843) e *G. natalensis* (GILCHRIST & THOMPSON, 1911) (esta última ocorrendo também no sudoeste

do Oceano Índico). As espécies seguidas por ‘?’ possuem a validade questionada (SMITH et al., 2009; COMPAGNO, 2005).

No Brasil é registrada a ocorrência de três espécies: *G. micrura*, *G. altavela* e *G. hirundo*. *G. micrura* é caracterizada pela ausência de espinho(s) na cauda e de uma estrutura tentacular na margem interna posterior do espiráculo (tentáculo espiracular), enquanto *G. altavela* apresenta ambas as estruturas. *G. hirundo* apresentaria espinho(s) na cauda, porém, não teria o tentáculo espiracular.

G. micrura (‘smooth butterfly ray’), cuja área de descrição é o Suriname, é registrada da região norte até o sudeste do Brasil (BIGELOW & SCHROEDER, 1953; FIGUEIREDO, 1977). Fora do território brasileiro a espécie ocorre desde a costa dos Estados Unidos até a Guiana Francesa (BIGELOW & SCHROEDER, 1953). A espécie ocorreria também na África Ocidental (de Senegal à África do Sul) (BIGELOW & SCHROEDER, 1953; FISHER et al., 1981; BIANCHI, 1986; McEACHRAN & SÉRET, 1990) e existem registros nominais no Indo-Pacífico (COMPAGNO & LAST, 1999; JACOBSEN & BENNETT, 2009), os quais provavelmente se referem a outra espécie.

No Brasil *G. altavela* (spiny butterfly ray) ocorre principalmente nas regiões Sudeste e Sul (LESSA et al., 1999), embora teoricamente ocorra em toda a costa brasileira, já que no Atlântico Ocidental sua área de distribuição seria desde a costa norte dos Estados Unidos até o Rio de La Plata (Argentina) (BIGELOW & SCHROEDER, 1953). A espécie foi originalmente descrita no Mediterrâneo, sendo que no Atlântico Oriental é reportada de Portugal até Angola (incluindo Mediterrâneo, Mar Negro e Ilhas Madeira e Canárias) (BIANCHI, 1986; McEACHRAN & SÉRET, 1990; CAPAPÉ et al., 1992).

G. hirundo (‘madeira butterfly ray’), originalmente descrita das Ilhas Madeira (Portugal), apresenta apenas dois registros no Brasil, ambos na região sul (RIBEIRO, 1907; VON IHERING, 1897 apud BIGELOW & SCHROEDER, 1953). A validade da espécie é questionada (COMPAGNO, 1999), portanto o registro desta espécie no Brasil precisa ser confirmado.

No geral informações sobre a biologia de *G. micrura* são limitadas, sendo praticamente inexistentes nas Américas Central e do Sul. O único aspecto da biologia da espécie que foi estudado em maiores detalhes foi o seu desenvolvimento embrionário (WOOD-MASON & ALCOCK, 1891; ALCOCK, 1892; RANZI, 1934; BIGELOW & SCHROEDER, 1953), o qual é resumidamente descrito a seguir.

Nos primeiros estádios do desenvolvimento embrionário o ovo é envolto por uma membrana fina, e em seguida os embriões (ainda com filamentos branquiais externos e saco vitelínico) se libertam da casca e são liberados no útero. No começo do desenvolvimento a nutrição dos embriões é realizada através das reservas do saco vitelínico, sendo gradativamente substituída por um fluido rico em proteínas e lipídios o qual é secretado por longas vilosidades glandulares da parede uterina, os trofonemas. Os trofonemas penetram na câmara branquial dos embriões através dos espiráculos e liberam o leite uterino no intestino, sendo que os filamentos externos branquiais e o saco vitelínico externo também podem auxiliar na absorção dos nutrientes. Este modo de nutrição embrionária, conhecido como viviparidade histotrófica lipídica, está entre os mais eficientes entre os elasmobrânquios (WOURMS, 1981; MUSICK & ELLIS, 2005). No útero os embriões ficam ‘empilhados e enrolados’ uns sobre os outros, com as nadadeiras peitorais curvadas sobre o abdômen. A ponta do focinho e a cauda são dobradas internamente e os embriões geralmente ficam orientados na posição cabeça – cabeça com a mãe. Os espiráculos ficam sempre expostos para a recepção do leite uterino.

Em 1953, Bigelow & Schroeder publicaram um trabalho clássico reunindo informações sobre várias espécies de peixes do Atlântico Norte Ocidental. Algumas informações sobre *G. micrura* são fornecidas, porém, em sua maior parte baseada a um número restrito de observações. Daiber & Booth (1960) também fornecem alguns dados biológicos sobre a espécie, na mesma região. Kobelkowsky (2004) descreveu o sistema excretor de *G. micrura* do México. Outras poucas informações se encontram de forma fragmentada e diluída na literatura (e.g. JOSEPH & YERGER, 1956; HOESE, 1962; SNELSON & WILLIAMS, 1981; SCHMID et al., 1988). No Brasil, Yokota & Lessa (2006) descreveram a região de Caiçara do Norte (RN) como um berçário natural para *G. micrura*, e Yokota & Lessa (2007) fizeram algumas considerações sobre a biologia reprodutiva da espécie capturada na mesma região.

Yokota & Lessa (2007) observaram uma fêmea grávida com apenas 39,4 cm LD, enquanto Bigelow & Schroeder (1953) sugerem que as fêmeas produziram jovens quando atingissem larguras de 62,5 – 65 cm. Daiber & Booth (1960) concluíram que uma fêmea de 66,9 cm LD ainda estaria se tornando madura, observando fêmeas grávidas somente com 80 cm LD. O menor macho maduro observado por Yokota & Lessa (2007) mediu 27 cm LD e Bigelow & Schroeder (1953) amostraram um macho com 42 cm LD que ainda estaria próximo da maturidade (considerando a rigidez dos cláspes). Comparando-se os parâmetros reprodutivos estimados para os exemplares do Brasil e Atlântico Norte, levantou-se a

possibilidade da existência de unidades taxonômicas distintas associadas a esta espécie nominal, questão a ser elucidada no presente estudo. Chama a atenção também a observação de uma nadadeira dorsal na base da cauda de 28 % dos machos amostrados na região de Caiçara do Norte (RN).

Bigelow & Schroeder (1953), nos poucos estômagos de *G. micrura* que tiveram oportunidade de analisar, encontraram fragmentos de peixes, caranguejos, camarões e vários bivalves, bem como animais minúsculos como copépodos e larvas de caranguejos. Daiber & Booth (1960) e Schmid et al. (1988) analisaram dois estômagos de *G. micrura* cada, nos quais só observaram teleósteos, entre estes foram identificados um *Orthopristis chrysoptera* (Haemulidae/Perciformes) e um *Sphoeroides* sp. (Tetraodontidae/Tetraodontiformes). Os dois mais importantes itens na dieta de *G. cf. micrura* da Índia (que provavelmente trata-se de exemplares de *G. poecilura* identificados erroneamente pela ausência de espinho) foram teleósteos (Sciaenidae e Engraulidae) (RAJE, 2003).

O ‘bycatch’, ou fauna acompanhante de elasmobrânquios nas pescarias de arrasto de camarão é um problema crítico para a conservação do grupo, que não vem sendo resolvido pelas atuais medidas mitigadoras, quando estas existem. As raias da família Gymnuridae são altamente vulneráveis às pescarias de arrasto, sendo que provavelmente sofrem alto impacto pesqueiro em várias regiões do mundo sendo pescadas de forma intensiva como ‘bycatch’ (e.g. JAMES, 1965; FENNESSY, 1994; STOBUTZKI et al., 2002; RAJE, 2003; WHITE & DHARMADI, 2007; SMITH et al., 2009). Um estudo desenvolvido por Shepherd & Myers (2005) no Golfo do México demonstrou um declínio maior que 99 % na população de *Gymnura micrura* em decorrência do alto esforço dos arrastos de camarão na área entre os anos de 1972 a 2002. Os autores se mostraram preocupados com regiões como as Américas do Sul e Central, onde o quadro seria pior, pois, além das intensas pescarias de arrasto, estas não são controladas e fiscalizadas.

A vulnerabilidade da família às pescarias costeiras, combinada à falta de informação biológica sobre *Gymnura micrura*, tem levado a ‘International Union for Conservation of Nature and Natural Resources’ (IUCN) (GRUBBS & HA, 2006) a se referir à espécie com relativa preocupação, principalmente considerando as populações das Américas do Sul e Central, onde praticamente não existe nenhuma informação biológica e de capturas desta espécie. Vale ressaltar que para elasmobrânquios, a recuperação das populações é complicada devido ao crescimento lento, maturação tardia e fecundidade baixa (HOENIG & GRUBER, 1990; WALKER, 1998). A remoção destes predadores dos oceanos pode acarretar em sérias

implicações ecológicas e econômicas (STEVENS et al., 2000; BAUM et al., 2003; MYERS & WORM, 2003).

1.1 Objetivos

1.1.1 Objetivo geral

O presente estudo visa definir a unidade taxonômica dos exemplares identificados como *Gymnura micrura* provenientes da região de estudo, além de estudar sua estrutura populacional, biologia reprodutiva e dieta, levantando assim importantes informações biológicas para uma espécie desconhecida sob diversos enfoques, e que pode estar sofrendo significativo declínio populacional.

1.1.2 Objetivos específicos

- Realizar um estudo taxonômico da raia borboleta *Gymnura micrura* no Atlântico Oeste, analisando a relação entre exemplares provenientes de diferentes regiões, para verificar se trata-se da mesma unidade taxonômica. Realizar a revisão da família Gymnuridae no Brasil, verificando-se a validade de *Gymnura hirundo*, além de fornecer uma chave de identificação para a família.
- Avaliação da abundância relativa e proporções sexuais em diferentes estádios maturacionais de *Gymnura micrura* capturada na região de Caiçara do Norte (RN); estimar os parâmetros das variáveis reprodutivas, como o tamanho de maturação para ambos os sexos, tamanho de nascimento e fecundidade ovariana e uterina; estudo do ciclo reprodutivo;
- Realizar estudos qualitativos e quantitativos da dieta de *Gymnura micrura* capturada na região de Caiçara do Norte (RN), descrevendo a composição do espectro alimentar e levantando considerações ecológicas acerca da estratégia de alimentação e nicho ecológico; avaliar variações na dieta sazonais, entre os sexos e entre estádios maturacionais.

1.2 Área de estudo

Caiçara do Norte - RN ($05^{\circ}04'S$ e $36^{\circ}03'W$) está localizada 150 km a noroeste de Natal (figura 1.2) e trata-se de um município tradicional na atividade pesqueira. A linha de costa onde o material foi coletado se caracteriza por uma zona de praia aberta, de águas turvas, apresentando fundo de areia e lama, o qual suporta uma uniforme e abundante fauna bentônica. A cerca de 1 km da costa existe um canal com profundidade em torno de 8-10 m, e a 2 km do litoral localizam-se bancos de areia com profundidades variando entre 3 e 5 m. A água é relativamente quente durante todo o ano. A temperatura média anual na superfície é $27^{\circ}C$, variando entre $26^{\circ}C$ no outono e $28^{\circ}C$ no verão (WORLD OCEAN ATLAS, 2005). Segundo Leão & Domingues (2000) a temperatura superficial da água é o parâmetro mais estável na costa tropical do Brasil ($02^{\circ}00'S$ – $21^{\circ}50'S$). A média de precipitação anual é de 1200 a 1500 mm, com um período mais seco de agosto a janeiro (BRASIL, 2010).

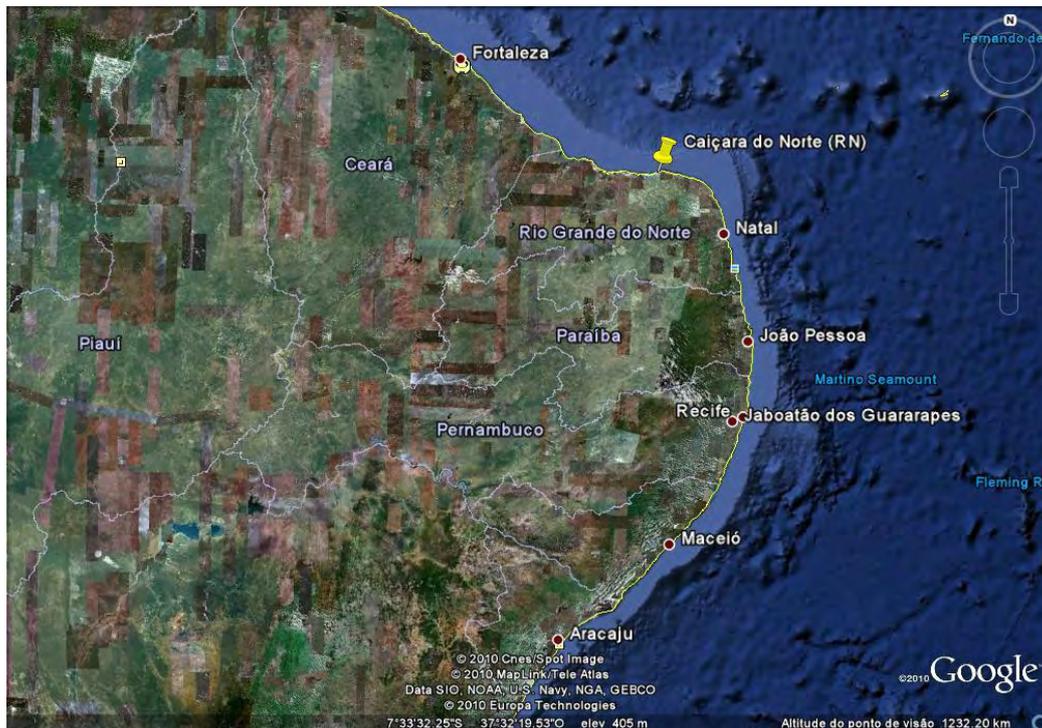


Figura 1.2. Localização de Caiçara do Norte (RN).

A linha de costa possui direção oeste-leste e as planícies costeiras são estreitas, quase inexistentes. A região esta sob influência da Corrente Norte do Brasil, que se desloca no

sentido leste-oeste (PETERSON & STRAMMA, 1991); o vento alísio de sudeste é dominante, ocorrendo praticamente durante o ano todo, com velocidades entre 5,5 e 8,5 m/s (LEÃO & DOMINGUES, 2000), de tal forma que, como ressaltado por Melo (1994), na região tudo se move de leste para oeste: ventos, correntes oceânicas, ondas e sedimentos. O rio mais próximo é o Rio Açu, localizado 70 km a oeste, e que, portanto, não influencia a área de estudo, visto o sentido de deslocamento das águas na região.

Em média a largura da plataforma continental interna, considerando como limite a isóbata de 50 m, é cerca de 47 km, o que abrange quase a totalidade da plataforma continental, cuja largura até a quebra do talude é em torno de 53 km (BRASIL, 1996). O relevo da plataforma, segundo Palma (1979), é constituído de superfícies relativamente planas, alternadas com fundos ondulados, campos de areia e feições irregulares de recifes de algas. Kowsmann & Costa (1979) mostraram que o recobrimento sedimentar da plataforma continental interna, em profundidades inferiores a 20 m, é predominantemente de areia terrígena. Para além deste domínio o fundo se apresentou atapetado por sedimentos carbonáticos (areias e cascalhos) e elevações semicirculares formadas por arenitos de praia (beach-rocks) ou recifes de corais com algas calcáreas.

2. MATERIAL E MÉTODOS

Durante o período de um ano (agosto/2007 a julho/2008) se acompanhou a pesca artesanal de Caiçara do Norte (RN) para a obtenção do material biológico. Na localidade os exemplares de *Gymnura micrura* são capturados pelo arrasto de praia (regionalmente denominado tresmalho) e arrasto de portas (ou de camarão). A rede utilizada no arrasto de praia mede cerca de 150 m de comprimento e possui malha de 25 mm entre nós opostos no sacador, enquanto a rede do arrasto de portas possui uma boca em torno de 10 m e malha de 30 mm entre nós opostos no sacador. O arrasto de praia ocorre na costa, sendo a rede lançada com auxílio de uma pequena embarcação (paquete) até profundidades de 3-4 m e puxada em suas duas extremidades por pescadores em terra; o arrasto de portas ocorre paralelo à costa, no (ou próximo ao) canal em profundidades de 9-10 m, sendo a rede puxada por um bote motorizado (8-10 m de comprimento). Cada lance de arrasto (arrasto de praia e de portas) dura em média 1h, podendo ser realizados até cinco lances por um grupo de pescadores em um único dia, dependendo da produção. Em determinadas épocas do ano até doze grupos de pescadores de arrasto de praia podem atuar simultaneamente. Em relação ao arrasto de portas, três botes costumam atuar na área amostrada. Embora os arrastos tenham como espécie alvo o camarão, capturam uma substancial quantidade e diversidade de outros organismos, além de destruírem o substrato marinho, sendo considerado um tipo de pesca altamente predatório e agressivo.

Como a região de amostragem é uma área de berçário para a espécie estudada (YOKOTA & LESSA, 2006) e a maioria das raias ainda está viva no momento da despesca, determinou-se um número amostral mensal de espécimes por classe de comprimento a serem coletadas para um estudo mais detalhado; quando este número amostral foi atingido, espécimes excedentes foram medidos (largura do disco – LD, mm) e tiveram o sexo determinado, no caso dos machos o grau de rigidez do cláster também foi analisado. Estas raias foram então marcadas através de um pequeno corte triangular na região posterior da nadadeira peitoral direita (para evitar que o mesmo exemplar fosse amostrado mais de uma vez) e liberadas com vida. Em algumas situações, quando por qualquer motivo não houve o acompanhamento da pesca, os pescadores, mesmo orientados no sentido contrário, coletaram espécimes voluntariamente. Esses exemplares excedentes, juntamente com indivíduos que não sobreviveram à atividade pesqueira, também foram utilizados para o estudo mais detalhado.

As raias coletadas tiveram o sexo, peso total (P, g) e a largura do disco (LD, mm) registrados, sendo a LD medida como uma linha reta entre os ápices das nadadeiras peitorais. Os exemplares foram então dissecados, os aparelhos reprodutores foram analisados a fresco (ver metodologia referente à biologia reprodutiva) e os estômagos removidos, os quais receberam uma injeção de formalina a 10% e foram mantidos por 48 horas nesta mesma solução, depois os mesmos foram armazenados em álcool a 70%, onde permaneceram até o momento do processamento. Cinquenta e dois exemplares foram selecionados e preservados inteiros para o estudo taxonômico. Depois de fotografados estes espécimes foram acondicionados durante um mês em formalina a 10% preparada a partir da água do mar, e então transferidos para uma solução definitiva de álcool a 70%.

3. PARTE I: TAXONOMIA

3.1 MATERIAL E MÉTODOS

Cinquenta e dois exemplares de *G. micrura* provenientes da área de estudo foram coletados e analisados. A largura do disco (LD) é apresentada entre parênteses:

Machos: M66-2 (embrião - 163 mm), MM110 (153 mm), M103 (166 mm), M27 (170,5 mm), M22 (174 mm), M107 (175 mm), M26 (177 mm), M24 (180 mm), MR1 (181,5 mm), MM51 (190 mm), MM26 (190,5 mm), MM18 (194 mm), M31 (204 mm), M104 (217 mm), M32 (218 mm), M29 (223 mm), M30 (223 mm), M23 (249 mm), M105 (268 mm), M63 (271 mm), MM165 (273 mm), M49 (281 mm), MM158 (282 mm), M106 (285 mm), M92 (295 mm), M108 (296 mm), M102 (310 mm), M47 (316 mm).

Fêmeas: 53a (143 mm), F66-1 (154 mm), F133 (163 mm), F32 (166 mm), F36 (175 mm), FM128 (175 mm), FM28 (179,5 mm), F35 (184,5 mm), FR1 (186 mm), F34 (208 mm), F38 (214 mm), FM147 (218 mm), F46 (252 mm), F134 (261 mm), FS179 (267 mm), F136 (279 mm), F135 (285 mm), F137 (317 mm), F43 (339 mm), F44 (340 mm), F47 (372 mm), F138 (385 mm), F39 (417 mm), F42 (486 mm).

Os exemplares se encontram no Departamento de Zoologia do Instituto de Biociências da Universidade Estadual Paulista ‘Júlio de Mesquita Filho’ – Campus de Rio Claro – SP.

Foram examinados exemplares identificados como *Gymnura micrura*, *Gymnura altavela* e *Gymnura hirundo* depositados nas coleções ictiológicas das seguintes instituições: Universidade Federal da Paraíba (UFPB), Museu de Zoologia da Universidade de São Paulo (MZUSP), Núcleo de Pesquisa e Estudo em Chondrichthyes (NUPEC), Smithsonian Institution National Museum of Natural History (USNM) e American Museum of Natural History (AMNH). Não se conhece material tipo para nenhuma das três espécies (ESCHMEYER, 2010), entretanto, o material comparativo abrangeu exemplares de *G. micrura* provenientes da região na qual a espécie foi originalmente descrita (Suriname).

Material Comparativo

O sexo (M: macho; F: fêmea) e a largura do disco dos exemplares estão entre parênteses. Para alguns exemplares estas informações não estão disponíveis.

Gymnura micrura. **Brasil:** Região Norte – Pará: USNM 156822 (-), USNM 222597 (2 exemplares: M, 281,5 mm; F, 324 mm). Região Nordeste – Maranhão: MZUSP 72827 (F, 362 mm); Paraíba: UFPB 5-5-5 (2 exemplares: F, 174 mm; M, 200 mm), UFPB 3040 (F, 447 mm), UFPB 3041 (F, 517 mm), UFPB 3488 (F, 182 mm), UFPB 5218 (M, 314 mm), UFPB 6077 (F, 275 mm), UFPB 6085 (M, 220 mm), UFPB 6087 (F, 248 mm), UFPB 6525 (M, 182 mm), UFPB 6528 (M, 184 mm), UFPB 6674 (M, 281 mm); Bahia: MZUSP 72920 (M, 198 mm). Região Sudeste – Espírito Santo: MZUSP 9926 (M, 360 mm); Rio de Janeiro: MZUSP 9735 (M, 353 mm). **Estados Unidos:** Delaware: USNM 187293 (4 exemplares – embriões: F, 59 mm; M, 62 mm; F, 64 mm; F, -); Virginia: USNM 19480 (F, 285 mm), USNM 25452 (M, 390 mm), USNM 26551 (-), USNM 42502 (M, 402 mm), USNM 169930 (-), USNM 196538 (embrião - M, 235 mm); Carolina do Norte: USNM 51940 (3 exemplares: M, 420 mm; M, 342 mm; F, 280 mm), USNM 51897 (M, 338 mm), USNM 89937 (embrião - F, 120 mm); Carolina do Sul: USNM 25988 (-), USNM 26524 (-); Flórida: USNM 127298 (M, 217 mm); USNM 127300 (F, 223 mm), USNM 127302 (-); Mississippi: USNM 143221 (-), USNM 157745 (2 exemplares: M, 201 mm; F, 195 mm); Louisiana: USNM 131275 (F, 201 mm); USNM 155734 (M, 336 mm), USNM 186406 (-); Texas: USNM 94545 (M, 327 mm), USNM 116452 (3 exemplares: M, 288 mm; M, 306 mm; -), USNM 118613 (M, 195 mm), USNM 121611 (-), USNM 127073 (F, 287 mm), USNM 156435 (M, 168 mm), USNM 160832 (M, 396 mm). **Venezuela:** USNM 222908 (F, 297 mm). **Suriname:** USNM 156714 (2 exemplares: F, 335 mm; M, 289 mm), USNM 156715 (M, 271 mm), USNM 156716 (F, 280 mm), USNM 205354 (F, 488 mm), USNM 222601 (M, 268 mm). **Guiana Francesa:** USNM 222598 (F, 245,5 mm), USNM 222615 (M, 235 mm), USNM 222616 (F, 270,5 mm), USNM 222622 (M, 323 mm).

Gymnura altavela. **Brasil:** Região Sudeste – MZUSP 13061 (F, 673 mm), NUPEC 2188 (M, 552 mm), NUPEC 2189 (M, 567 mm), NUPEC 2190 (M, 544 mm). Rio de Janeiro: MZUSP 9724 (F, 496 mm), MZUSP 9918 (F, 473 mm), MZUSP 9919 (F, 514 mm). São Paulo: NUPEC 1276 (M, 511 mm), NUPEC 2186 (M, 584 mm), NUPEC 2187 (F, 752 mm). Região Sul – Rio Grande do Sul: MZUSP 9719 (F, 450 mm), MZUSP 10380 (M, 502 mm), MZUSP 72828 (2 exemplares - embriões: F, 227 mm; M, 223 mm). **Estados Unidos:** AMNH 12962 (F, 1208 mm), AMNH 75713 (M, 555 mm); Massachussets: USNM 85956 (M, 1194 mm); Nova Jersey: USNM 104909 (M, 466 mm); Virginia: AMNH 75711 (F, 575 mm), AMNH 75715 (M, 493 mm); Carolina do Norte: AMNH 75705 (M, 555 mm); Golfo do

México: AMNH 211753 (-). **Espécimes não tombados:** três exemplares capturados em Ubatuba-SP (FIO1 – F, 498 mm; MIO1 – M, 538 mm; MIO2 – M, 875 mm) disponibilizados pelo Laboratório de Ecologia Reprodutiva e do Recrutamento de Organismos Marinhos (Instituto Oceanográfico – USP), e um exemplar (UNITAU 1 – M, 412 mm), proveniente da mesma região, disponibilizado pelo Dr. Otto Bismarck Fazzano Gadig¹.

Outras espécies: *Gymnura marmorata*: USNM 24887 - Estados Unidos, Califórnia (3 exemplares: F, 264 mm; F, 283 mm; F, 315 mm), erroneamente identificados como *G. hirundo*; *Gymnura poecilura*: USNM 86919 – China (F, 95 mm) – erroneamente identificado como *G. hirundo*; *Gymnura zonura*: USNM 86007 – China (F, 214 mm) - erroneamente identificado como *G. hirundo*.

Vinte e sete medidas foram obtidas dos exemplares. Devido à presença de espinho na cauda e do tentáculo espiracular, quatro medidas adicionais foram tomadas dos exemplares identificados como *G. altavela*. As medidas foram tomadas ponto a ponto com o auxílio de um paquímetro (precisão de 0,05 mm), e quando estas excederam 150 mm foram obtidas com uma régua de 600 mm (precisão de 1 mm). No caso de medidas bilaterais, as mesmas sempre foram tomadas do lado esquerdo dos espécimes.

As medidas usadas no presente estudo foram adotadas dos seguintes trabalhos: Bigelow & Schroeder (1953), Compagno 1984, Séret & Last (2003), Jacobsen & Bennett (2009) e Smith et al. (2009). Para aumentar sua precisão, as medidas ‘ponta do focinho ao centro da cloaca’ e ‘centro da cloaca à ponta da cauda’ foram modificadas para ‘ponta do focinho à margem anterior da cloaca’ e ‘margem posterior da cloaca à ponta da cauda’. Duas novas medidas também foram incorporadas às análises: inserção da nadadeira peitoral à ponta da cauda e distância do focinho à origem do espinho.

Segue a lista das medidas morfométricas utilizadas, com as suas respectivas abreviações, e explicações quando necessário:

1. LD: largura do disco;
2. CT: comprimento total;

¹ UNESP – Universidade Estadual Paulista ‘Júlio de Mesquita Filho’, Câmpus Experimental do Litoral Paulista, Pça. Infante D. Henrique, s/n, 11330-900, São Vicente – SP.

3. CD: comprimento do disco;
4. Foc-Lmax: distância do focinho ao ápice da nadadeira peitoral;
5. Cporb: comprimento pré-orbital;
6. Dolho: diâmetro do olho;
7. Iorb: distância interorbital (entre as margens internas das órbitas);
8. Cesp: comprimento do espiráculo (maior);
9. Iesp: distância entre espiráculos (interna);
10. Foc-cloa: distância do focinho à margem anterior da cloaca;
11. Cloa-cau: distância da margem posterior da cloaca à ponta da cauda;
12. Foc-5F: distância do focinho à quinta abertura branquial;
13. Cporal: comprimento pré-oral;
14. Lboca: largura da boca;
15. Lcnas: largura da cortina nasal (margem posterior);
16. Hcnas: altura da cortina nasal (distância da margem anterior da narina à margem posterior da cortina nasal);
17. Bcnas: base da cortina nasal;
18. Lnar: largura da narina (sem a cobertura da cortina nasal);
19. Inas: internasal (interna – sem a cobertura da cortina nasal);
20. IIF: distância entre as margens internas das primeiras aberturas branquiais;

21. I5F: distância entre as margens internas das quintas aberturas branquiais;
22. Mantpel: margem anterior da nadadeira pélvica;
23. Mintpel: margem interna da nadadeira pélvica;
24. Lorb: largura do focinho pré-orbital (transversal tangendo a margem anterior das órbitas);
25. Lesp: largura do focinho pós-espiráculo (transversal tangendo a margem posterior dos espiráculos);
26. Peit-ins: distância do ápice da nadadeira peitoral a sua axila;
27. InsP-cau: axila da nadadeira peitoral a ponta da cauda.

Medidas adicionais obtidas para os exemplares de *G. altavela*:

28. Foc-espinho: distância do focinho à origem do espinho;
29. Espinho-cau: distância da origem do espinho à ponta da cauda;
30. Cten: comprimento do tentáculo espiracular;
31. Cespinho: comprimento do espinho.

As variáveis morfométricas foram convertidas em porcentagem da largura do disco. Para não excluir da análise a medida LD, a mesma foi convertida em porcentagem do comprimento do disco (LD/CD). O grau de similaridade morfométrica entre os exemplares foi analisado através da Análise de Agrupamento e Análise dos Componentes Principais (PCA). O programa estatístico utilizado foi o FITOPAC (SHEPHERD, 2007). Embriões não foram incluídos nas análises para diminuir o efeito de possíveis variações ontogenéticas.

Para aplicação da Análise de Agrupamento a matriz de dados foi previamente estandardizada para que todas as variáveis tivessem o mesmo peso nas análises. Em seguida a

matriz de distância foi obtida, sendo o coeficiente utilizado a distância euclidiana simples. A matriz de distância foi então submetida ao Método de Ward (WARD, 1963). Na PCA utilizou-se a matriz de correlação e o gráfico analisado foi o Biplot, que permite analisar a relação das variáveis (vetores) com os objetos (exemplares). Nas análises foram considerados os eixos 1 e 2, os quais extraíram a maior parte da variância dos dados e sempre apresentaram a porcentagem de variância a eles relacionada acima das porcentagens de variâncias esperadas caso os dados analisados fossem aleatórios. Uma análise preliminar foi realizada considerando apenas exemplares da região de estudo para se verificar a existência ou não de diferenças intra-específicas relacionadas ao sexo e tamanho. Os critérios utilizados para a determinação dos estádios maturacionais estão descritos na metodologia referente ao estudo da biologia reprodutiva (Parte II).

A análise da anatomia esquelética dos exemplares de *G. micrura* foi realizada através de disseções e radiografias. Três exemplares da região de estudo (M108, F137, F138) foram dissecados. Radiografias foram obtidas de sete indivíduos, incluindo exemplares da região de estudo, localidade tipo e Atlântico Norte – F39, M92, M47, USNM 222622, USNM 45502, USNM 51940 e USNM 155734. O número de raios das nadadeiras peitorais (contados separadamente para o propterígeo, mesopterígeo e metapterígeo) e pélvicas, bem como o número de vértebras (contadas a partir da primeira vértebra após o sinarcual até a margem anterior da cintura pélvica) foi contado.

3.2 RESULTADOS

Exemplares de *Gymnura micrura* da região de estudo apresentaram variações morfológicas intra-específicas em função do sexo e tamanho, sendo que machos adultos podem ser distinguidos com relativa facilidade devido a sua peculiar forma triangular do disco (figura 3.1). A mesma observação pode ser feita para exemplares de outras regiões brasileiras, da localidade tipo (Suriname) e do Atlântico Norte Oeste. O dimorfismo sexual e a variação ontogenética foram representados na Análise de Agrupamento e na PCA, onde machos adultos e fêmeas adultas (e subadultas) tendem a formar grupos distintos entre si, sendo as fêmeas morfológicamente mais similares aos jovens (figuras 3.2 e 3.3). Entre os jovens observou-se certa sobreposição entre os sexos, indicando um dimorfismo sexual menos evidente.



Figura 3.1. Exemplares de *Gymnura micrura* provenientes da região de Caiçara do Norte (RN). A. Fêmea. B. Macho adulto

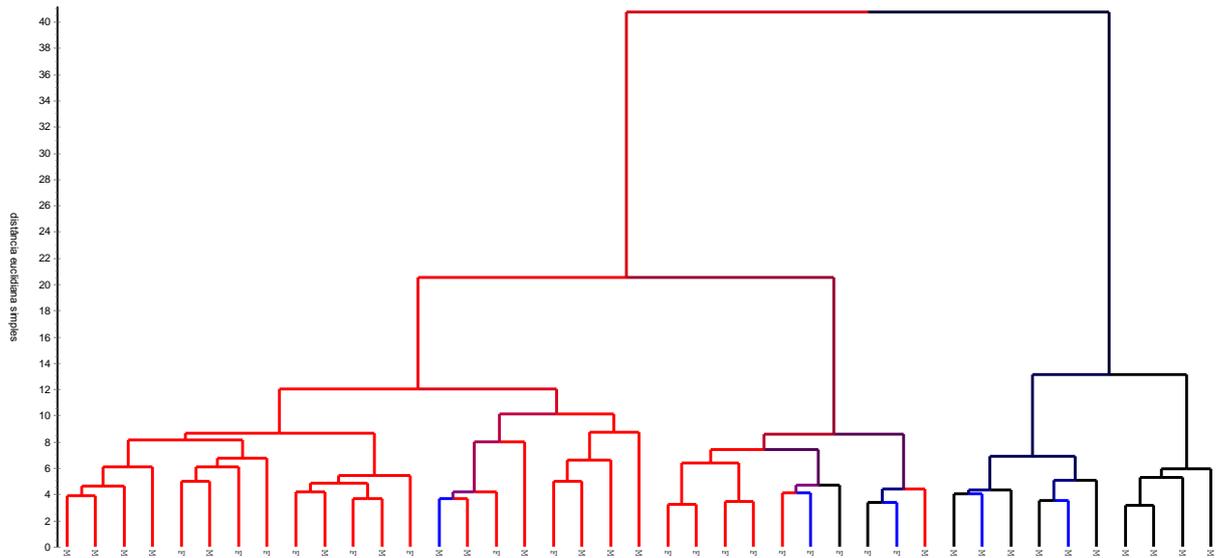


Figura 3.2. Dendrograma (Análise de Agrupamento – Método de Ward) dos exemplares de *Gymnura micrura* provenientes da região de Caiçara do Norte (RN) em função do sexo e estágio maturacional. M = Macho, F = Fêmea; Vermelho = Jovem, Azul = Subadulto e Preto = Adulto.

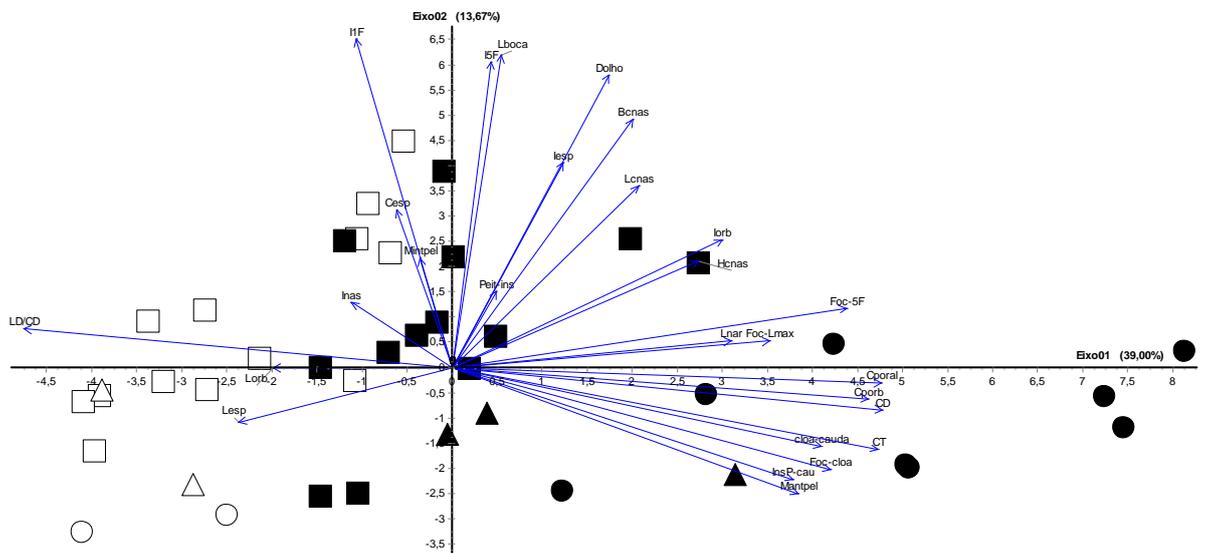


Figura 3.3. Análise dos Componentes Principais de exemplares de *Gymnura micrura* provenientes da região de Caiçara do Norte (RN) em função do sexo e estágio maturacional. Símbolos Preenchidos (preto) = Machos, Símbolos Vazios (branco) = Fêmeas; Quadrado = Jovens, Triângulo = Subadultos e Círculo = Adultos.

Os machos adultos estão relacionados às variáveis morfométricas referentes ao focinho (Cporal, Cporb, Foc-5F, Foc-cloa, Foc-Lmax, CT e CD) e cauda (Cloa-cau, InsP-cau), enquanto as fêmeas adultas e subadultas relacionam-se positivamente à LD (figura 3.3). Por exemplo, os machos adultos podem ser distinguidos pelo comprimento pré-oral que representa 13% (12 – 14%; n=8) da largura do disco (fêmeas: 10% (9 – 11%; n=17)) e pela distância da margem posterior da cloaca à ponta da cauda que representa 23% (21 – 27%; n=8) da largura do disco (fêmeas: 19% (17 – 21%; n=17)). As fêmeas adultas e subadultas tendem a apresentar o disco proporcionalmente mais largo que o os machos adultos.

Entre os exemplares da área de estudo foi observada uma nadadeira dorsal na base da cauda em cerca de 30% dos machos examinados (figura 3.4). Um indivíduo macho proveniente da Guiana Francesa (USNM 222622) também apresentou esta estrutura. Não foram observadas outras diferenças morfológicas ou de anatomia esquelética entre os indivíduos com e sem a nadadeira, porém o grau de desenvolvimento da nadadeira é variável de indivíduo para indivíduo. Uma Análise de Agrupamento e uma PCA considerando apenas machos com e sem nadadeira foi realizada para se verificar o grau de similaridade morfométrica entre os dois grupos. Na análise de agrupamento não ocorreu formação de grupos em função da presença/ausência de nadadeira (figura 3.5). Na PCA não foi observado nenhum padrão de separação entre os indivíduos (figura 3.6), evidenciando, portanto a inexistência de diferença morfométrica.



Figura 3.4. Exemplar de *Gymnura micrura* proveniente da região de Caiçara do Norte (RN) apresentando a nadadeira dorsal na base da cauda.

Não foram observadas diferenças morfológicas entre os exemplares da região de estudo e exemplares de outras regiões brasileiras (Norte e Sudeste), da localidade tipo (Suriname) - regiões adjacentes (Guiana Francesa e Venezuela) e do Atlântico Norte Oeste. A análise de agrupamento não formou grupos em função da região de procedência dos exemplares (figura 3.7), enquanto a PCA mostrou uma grande sobreposição entre os indivíduos das diferentes regiões, evidenciando a similaridade morfométrica entre os mesmos (figura 3.8). A influência do sexo e tamanho no agrupamento e distribuição dos exemplares é observada novamente, no mesmo padrão observado previamente nas análises considerando apenas indivíduos da região de estudo (figuras 3.9 e 3.10). Não foram observadas diferenças entre os esqueletos dos exemplares das diferentes localidades (figuras 3.11, 3.12 e 3.13), contudo exemplares norte-americanos tenderam a apresentar um maior número de raios da nadadeira peitoral e vértebras (tabela 3.1).

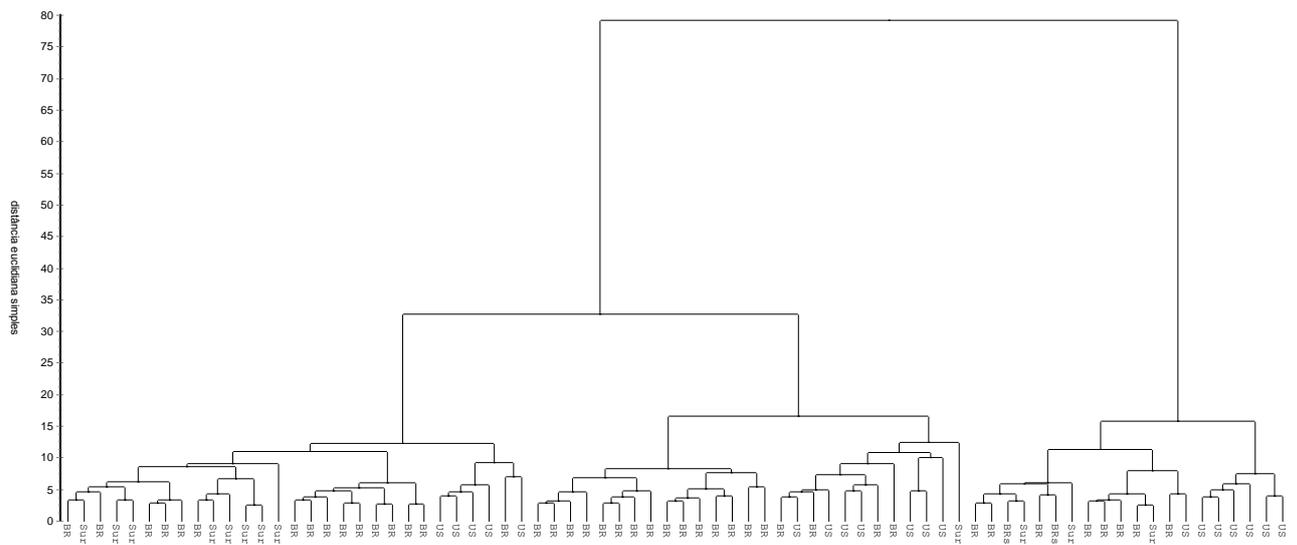


Figura 3.7. Dendrograma (Análise de Agrupamento – Método de Ward) dos exemplares de *Gymnura micrura* provenientes de diferentes regiões do Atlântico Ocidental. BR = Brasil; BRs = Brasil (Sudeste); Sur = Suriname e Regiões Adjacentes; US = Estados Unidos.

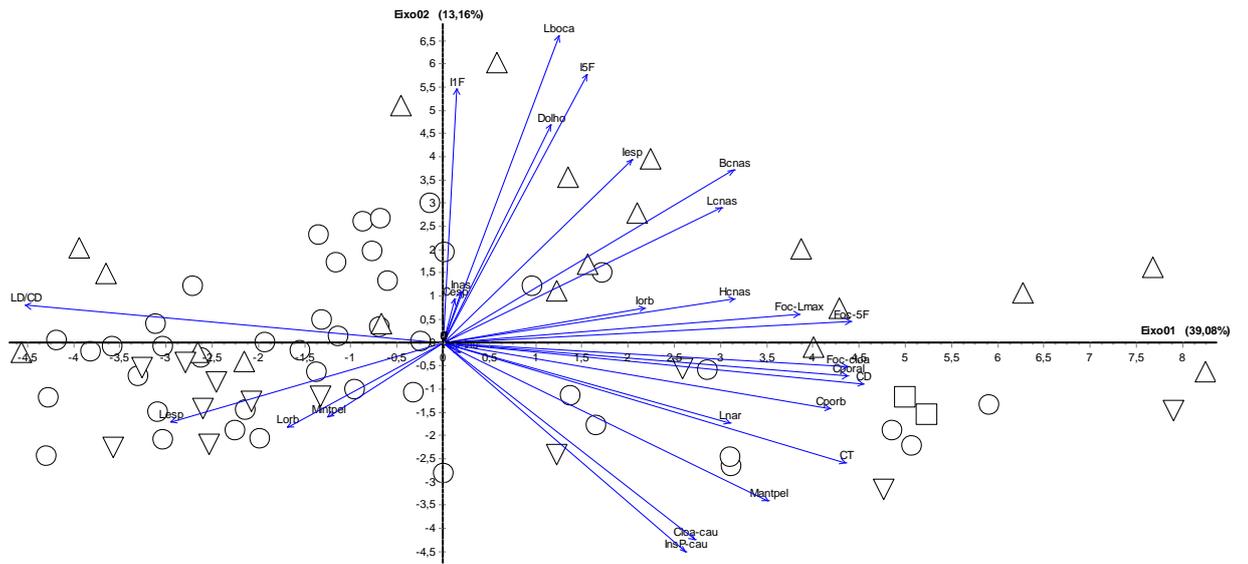


Figura 3.8. Análise dos Componentes Principais dos exemplares de *Gymnura micrura* provenientes de diferentes regiões do Atlântico Ocidental. Círculo = Brasil; Quadrado = Brasil (Sudeste); Triângulo Invertido = Suriname e Regiões Adjacentes; Triângulo = Estados Unidos.

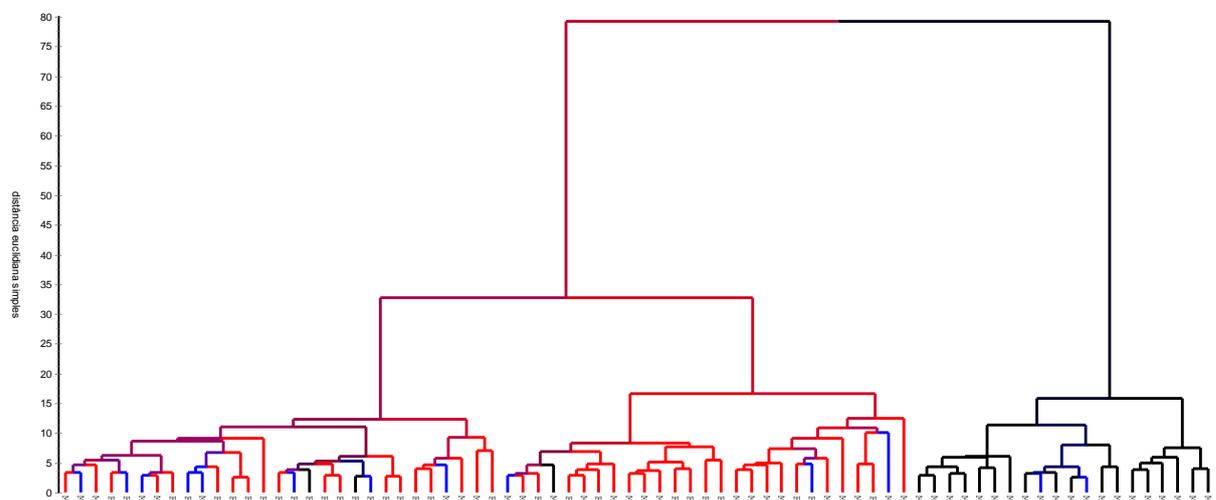


Figura 3.9. Dendrograma (Análise de Agrupamento – Método de Ward) dos exemplares de *Gymnura micrura* provenientes de diferentes regiões do Atlântico Ocidental em função do sexo e estágio maturacional. M = Macho, F = Fêmea; Vermelho = Jovem, Azul = Subadulto e Preto = Adulto.

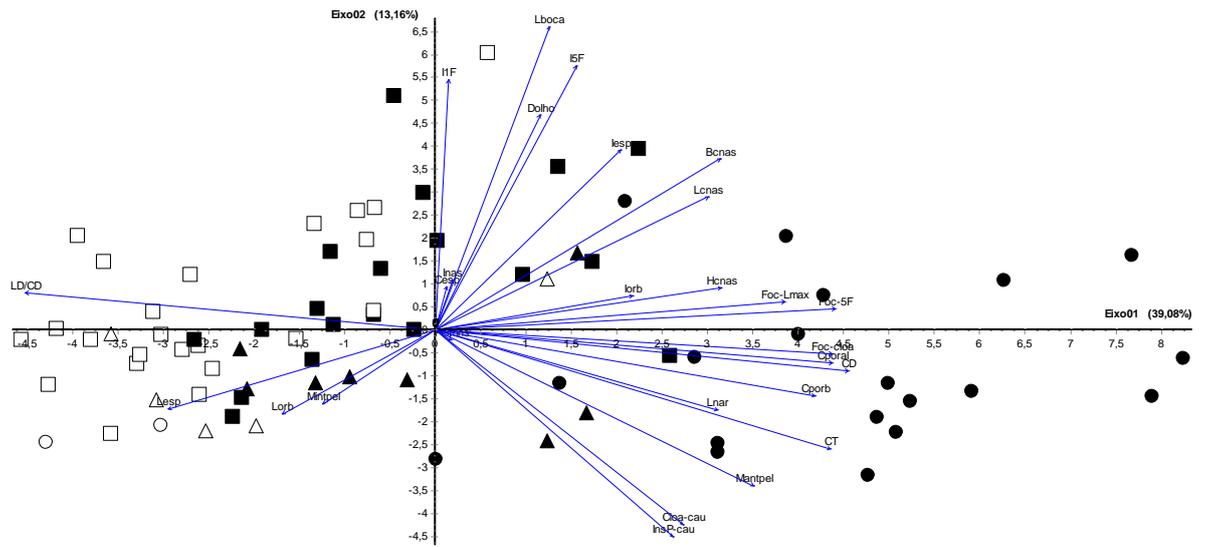
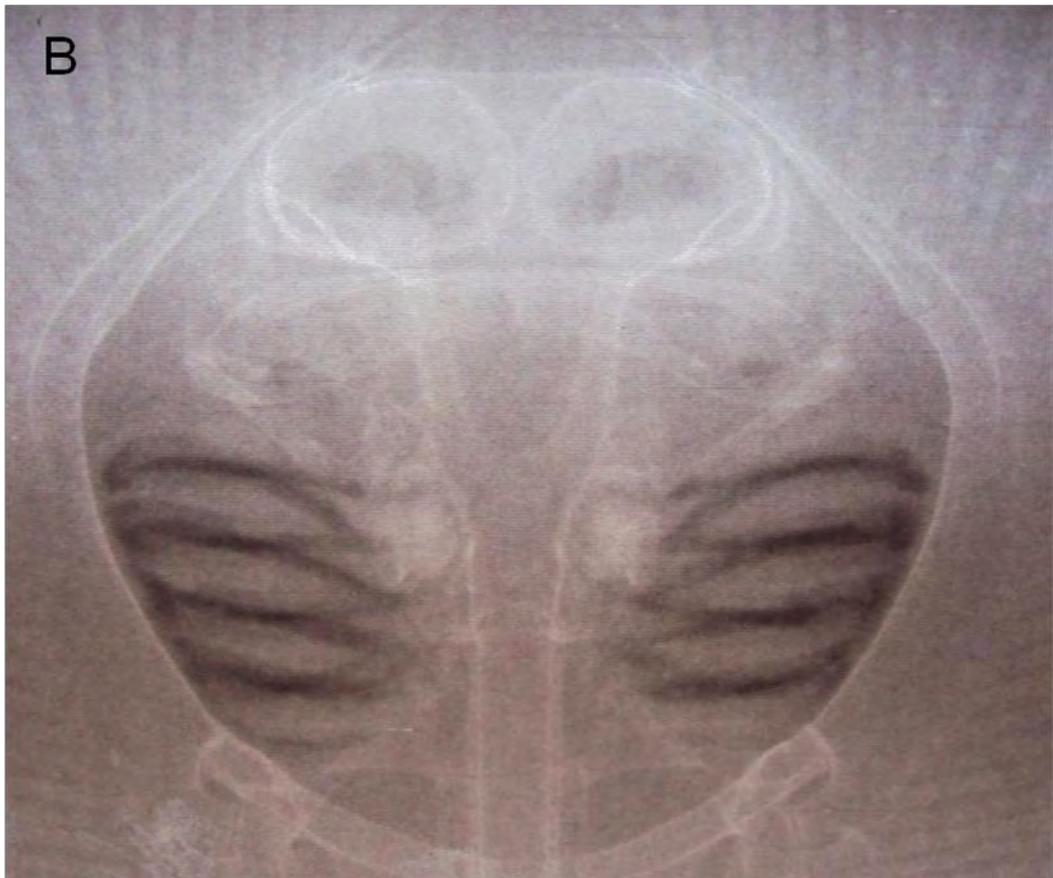
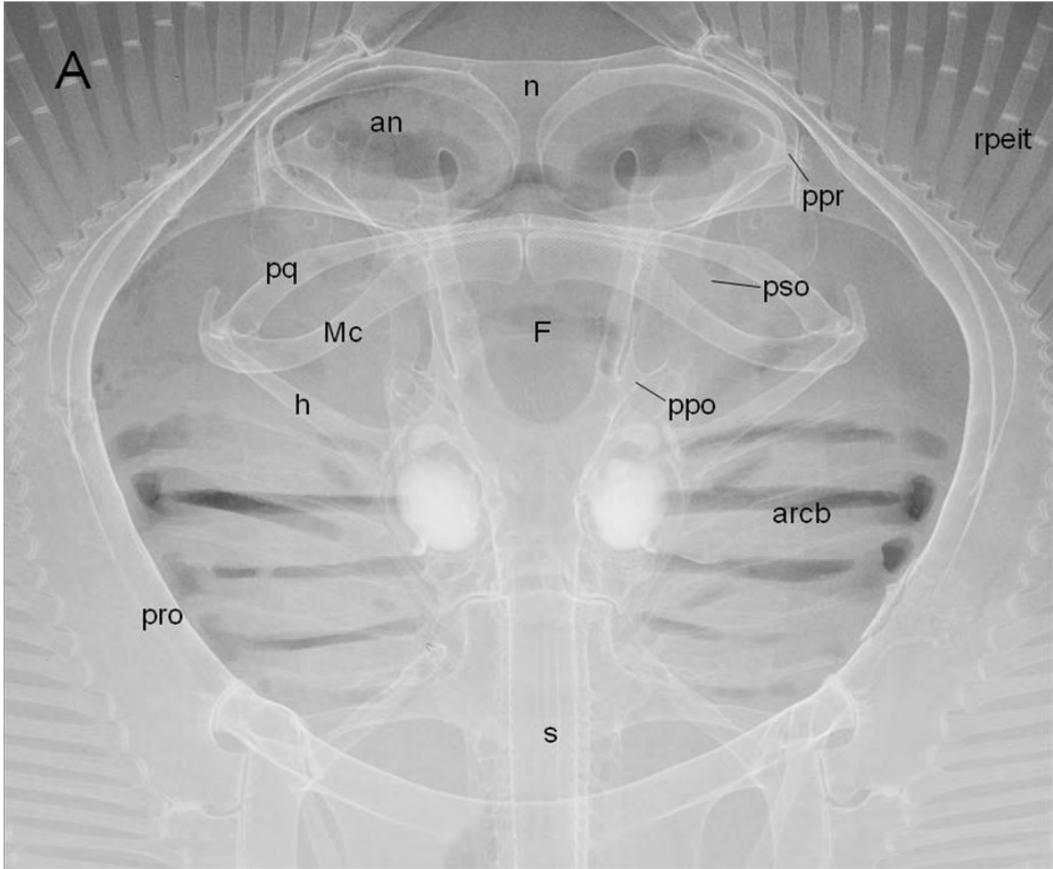


Figura 3.10. Análise dos Componentes Principais dos exemplares de *Gymnura micrura* provenientes de diferentes regiões do Atlântico Ocidental em função do sexo e estágio maturacional. Símbolos Preenchidos (preto) = Machos, Símbolos Vazios (branco) = Fêmeas; Quadrado = Jovens, Triângulo = Subadultos e Círculo = Adultos.



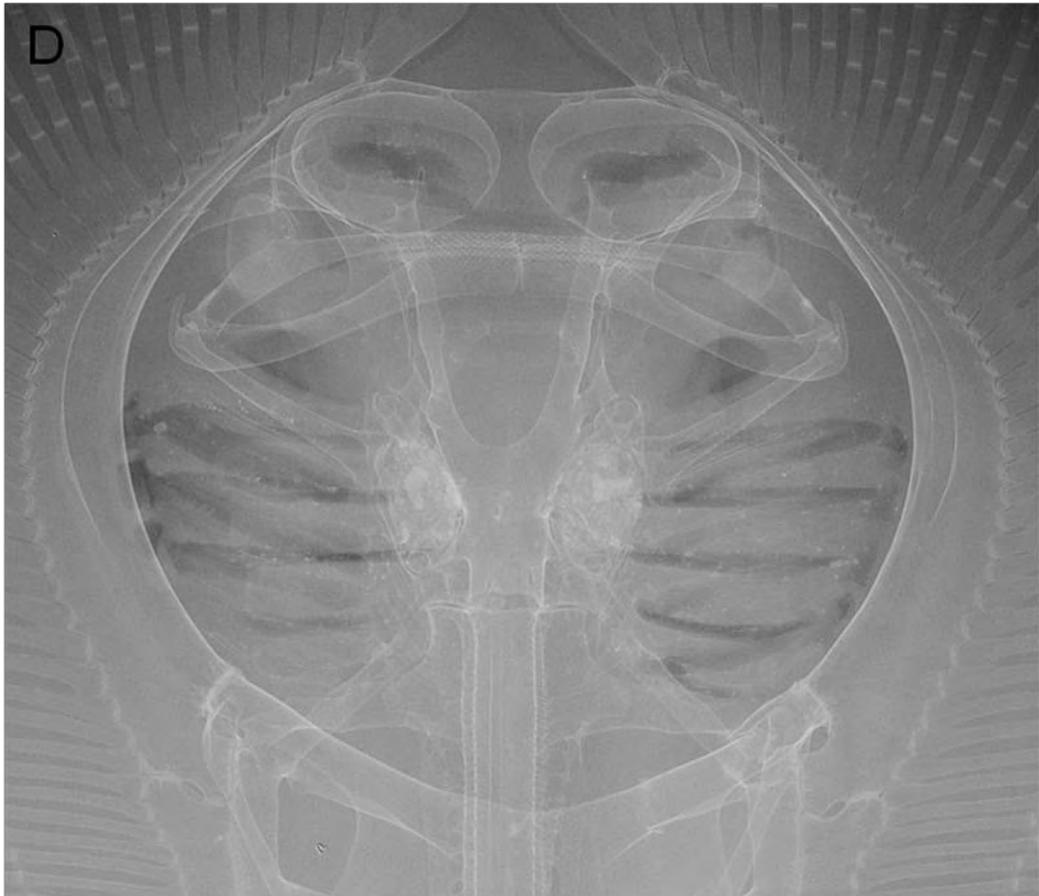
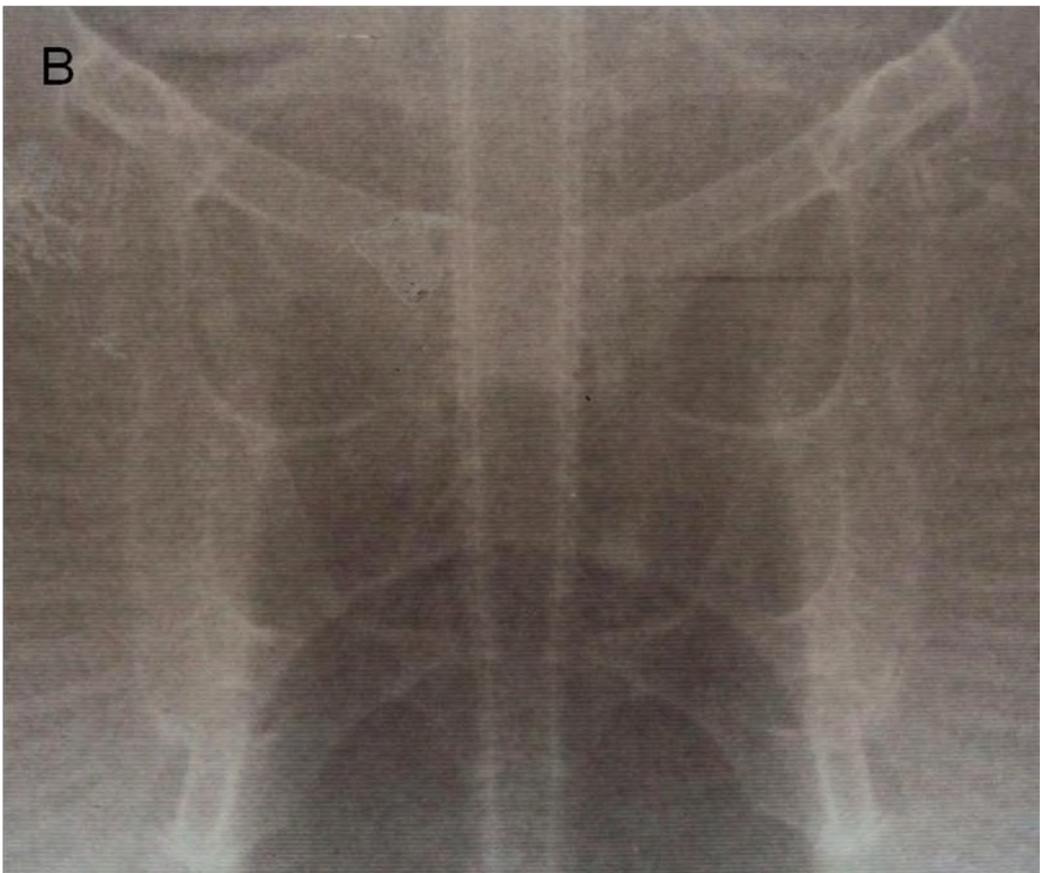
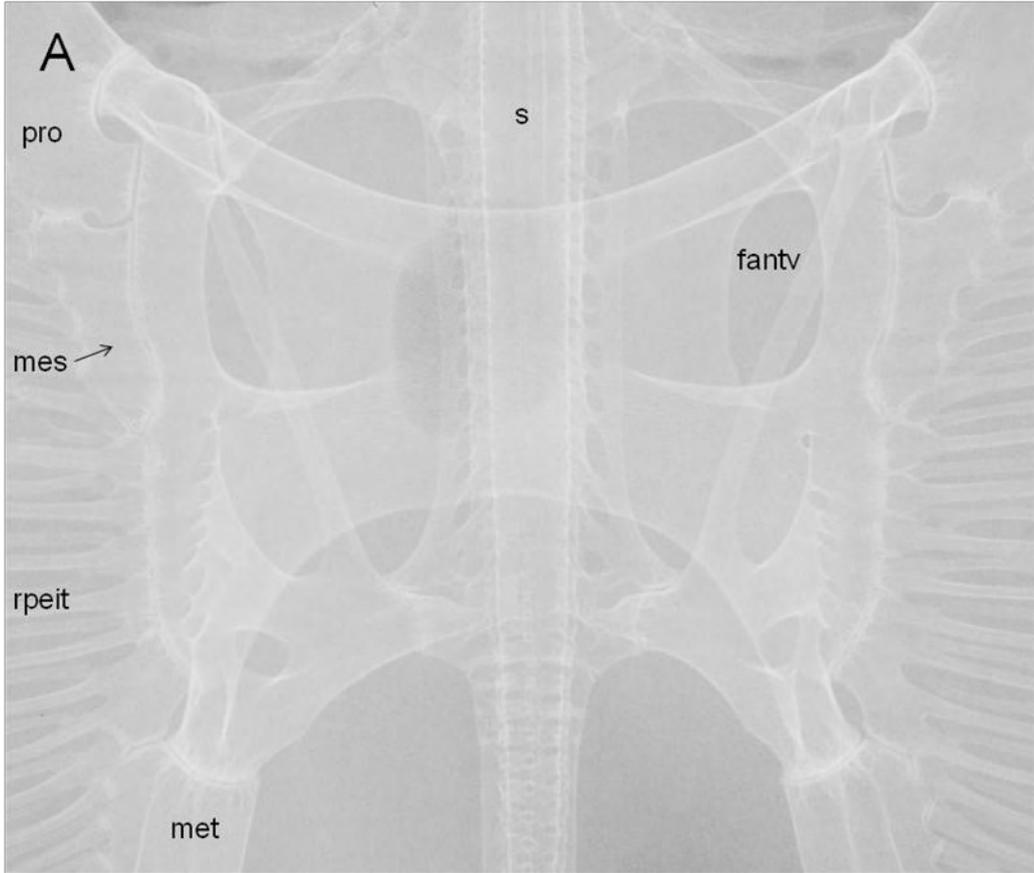


Figura 3.11. Região Neurocranial de *Gymnura micrura*. A. USNM 222622 (M, 323 mm LD) - Guiana Francesa; B. M47 (M, 316 mm LD) – região de estudo, Caiçara do Norte (RN); C. USNM 155734 (M, 336 mm LD) - Louisiana, Estados Unidos; D. USNM 42502 (M, 402 mm LD), Virginia, Estados Unidos. an = abertura nasal; arcb = arcos branquiais; F = fontanela; h = hiomandibular; Mc = cartilagem de Meckel; n = neurocrânio; ppo = processo pós-orbital; ppr = processo pré-orbital; pq = palatoquadrado; pro = propterígeo; pso = processo supra-orbital; rpeit = raios da nadadeira peitoral; s = sinarcual.



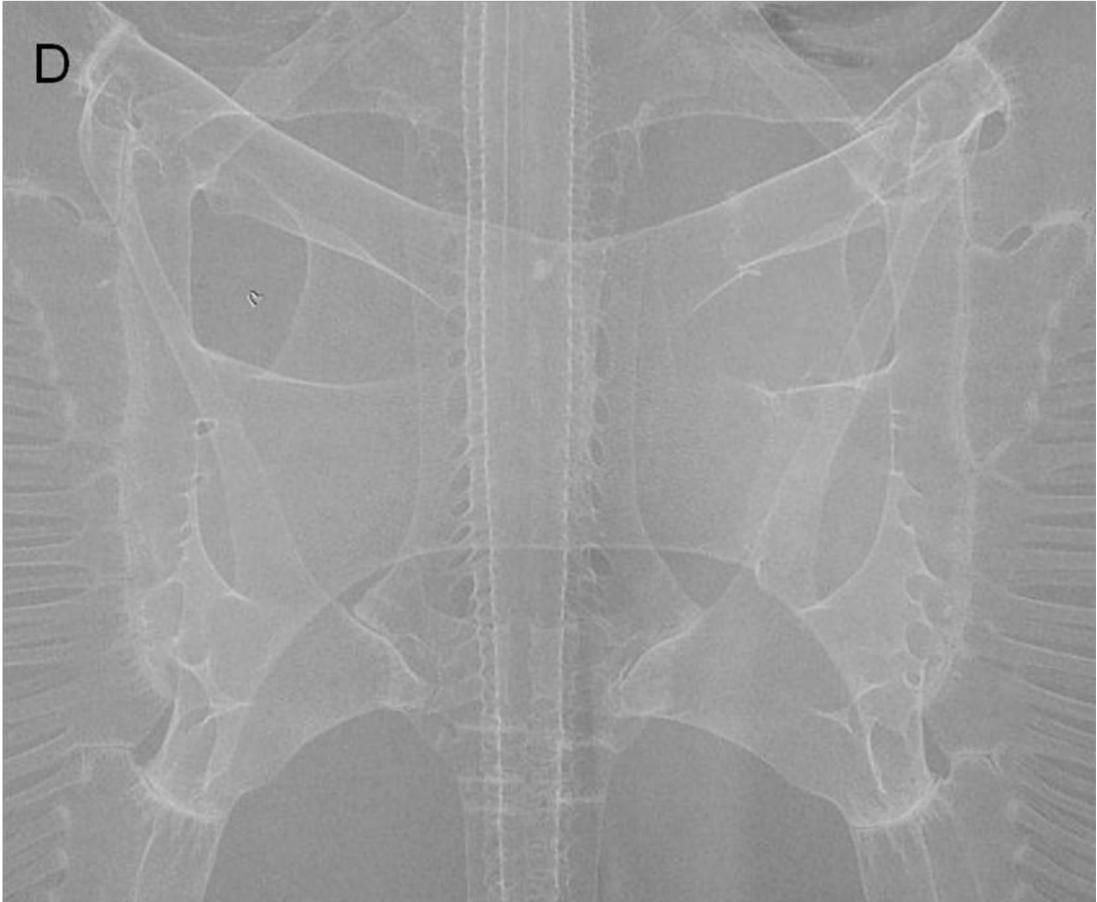


Figura 3.12. Escapulocoracóide de *Gymnura micrura*. A. USNM 222622 (M, 323 mm LD) - Guiana Francesa; B. M47 (M, 316 mm LD) – região de estudo, Caiçara do Norte (RN); C. USNM 155734 (M, 336 mm LD) - Louisiana, Estados Unidos; D. USNM 42502 (M, 402 mm LD), Virginia, Estados Unidos. fantv = forâmen antero-ventral; mes = mesopterígeo; met = metapterígeo; pro = propterígeo; rpeit = raios da nadadeira peitoral; s = sinarcual.

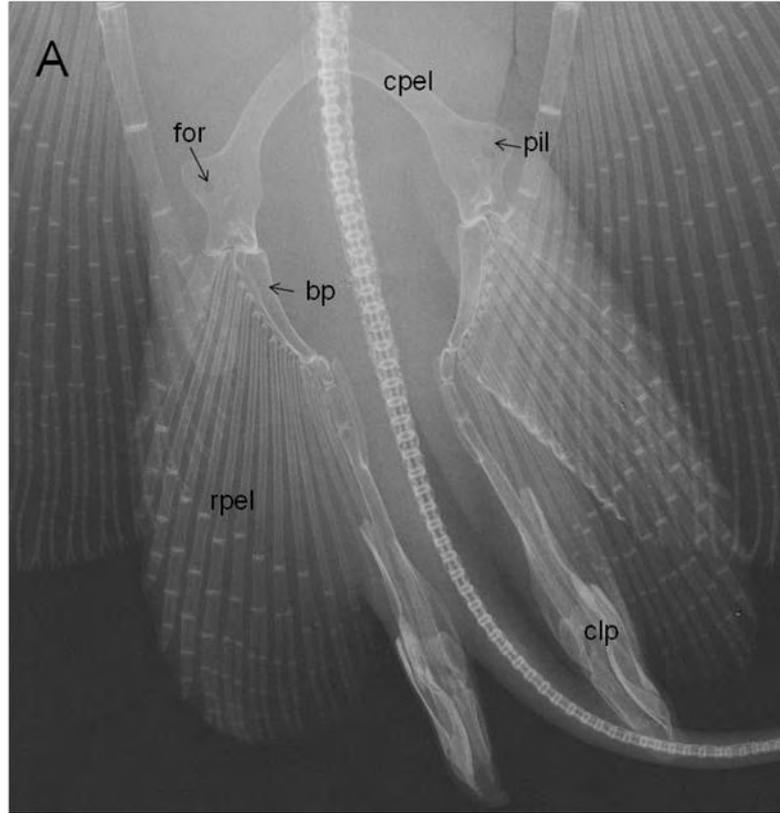




Figura 3.13. Cintura Pélvica de *Gymnura micrura*. A. USNM 222622 (M, 323 mm LD) - Guiana Francesa; B. M108 (M, 296 mm LD) – região de estudo, Caiçara do Norte (RN); C. USNM 155734 (M, 336 mm LD) - Louisiana, Estados Unidos; D. USNM 42502 (M, 402 mm LD), Virginia, Estados Unidos. bp = basipterígeo; clp = cláspes; cpel = cintura pélvica; for = forâmen; pil = processo ilíaco; rpel = raios da nadadeira pélvica.

Tabela 3.1. Merística para *Gymnura micrura* proveniente de diferentes regiões do Atlântico Ocidental. Número de raios das nadadeiras peitorais e pélvicas; e número de vértebras (a partir da primeira vértebra após o sinarcual até a margem anterior da cintura pélvica).

	Guiana Francesa		Brasil Nordeste		US Golfo do México		US acima 35°N	
	n = 1		n = 3		n = 1		n = 2	
	min	max	min	max	min	max	min	max
Peitoral								
Propterígeo	34	34	32	36	37	38	40	40
Mesopterígeo	19	21	21	26	23	25	20	23
Metapterígeo	57	58	50	54	59	60	61	63
Total	110	113	105	115	119	123	122	124
Pélvica	13	14	13	18	13	14	13	16
Vértebras	34	34	-	-	34	34	36	40

Exemplares do Brasil identificados como *Gymnura altavela* (LINNAEUS, 1758) podem ser facilmente separados de *G. micrura* por apresentarem espinho(s) na cauda e uma estrutura tentacular na margem interna posterior do espiráculo (tentáculo espiracular). Espécimes do Brasil não apresentaram diferenças morfológicas em relação aos exemplares do Atlântico Norte Ocidental. Na análise de agrupamento não é observada a formação de grupos em função da região (figura 3.14). A PCA mostra a sobreposição entre os exemplares, evidenciando, portanto, a ausência de diferenças morfométricas entre os exemplares das duas regiões (figura 3.15). A análise em função do sexo indica não existir dimorfismo sexual nesta espécie (figuras 3.16 e 3.17).

A espécie *Gymnura hirundo* (LOWE, 1843), de validade questionada, seria distinguida de *G. micrura* e *G. altavela* pela combinação das características: presença de espinho(s) na cauda, ausência de tentáculo espiracular e ausência de uma dobra cutânea dorsal na cauda. Cinco exemplares do Smithsonian Institution previamente identificados como *G. hirundo* foram examinados e reidentificados (ver material e métodos: material comparativo: outras espécies).

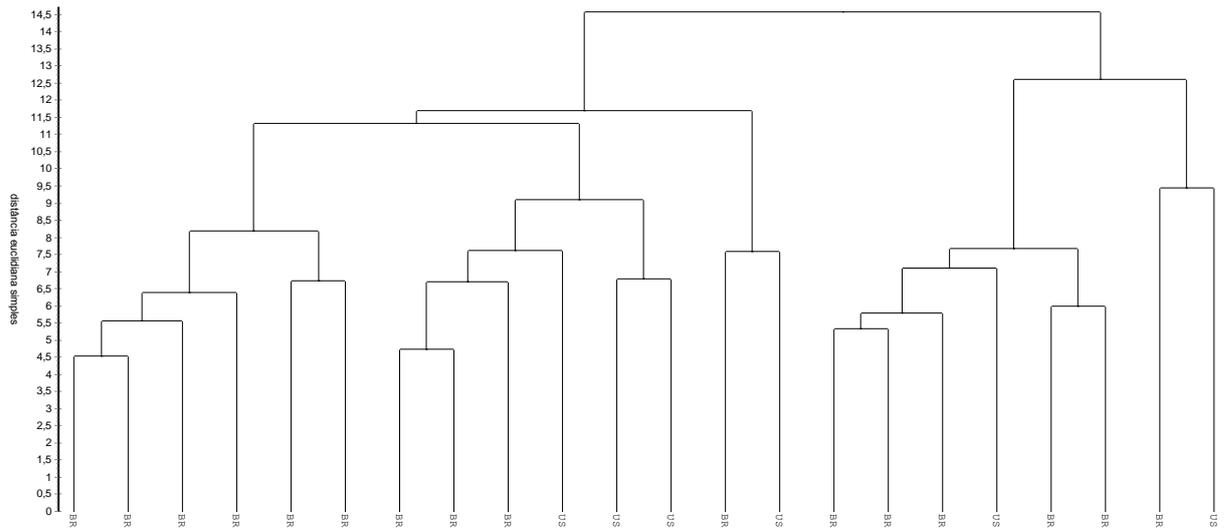


Figura 3.14. Dendrograma (Análise de Agrupamento – Método de Ward) dos exemplares de *Gymnura altavela* provenientes do Atlântico Ocidental. BR = Brasil; US = Estados Unidos.

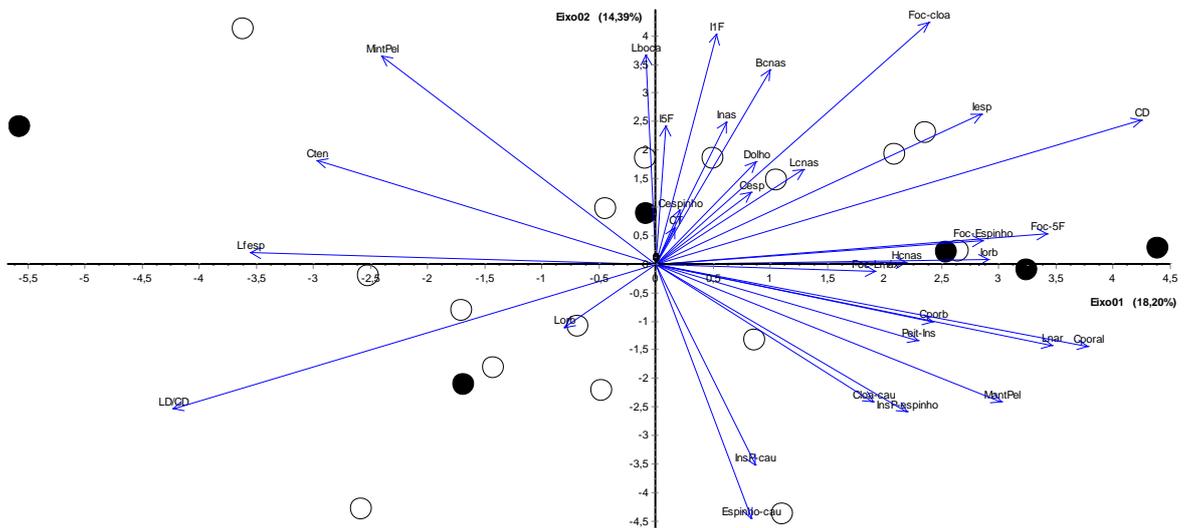


Figura 3.15. Análise dos Componentes Principais dos exemplares de *Gymnura altavela* provenientes do Atlântico Ocidental. Símbolo vazio (branco) = Atlântico Oeste Sul; Símbolo Preenchido (preto) = Atlântico Oeste Norte.

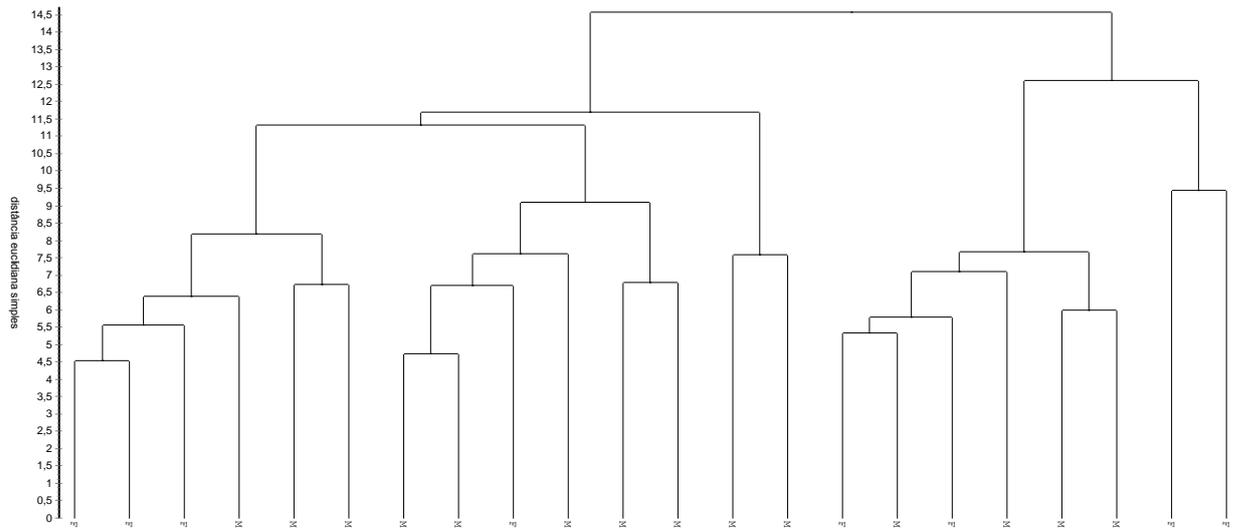


Figura 3.16. Dendrograma (Análise de Agrupamento – Método de Ward) dos exemplares de *Gymnura altavela* provenientes do Atlântico Ocidental em função do sexo. M = Macho; F = Fêmea.

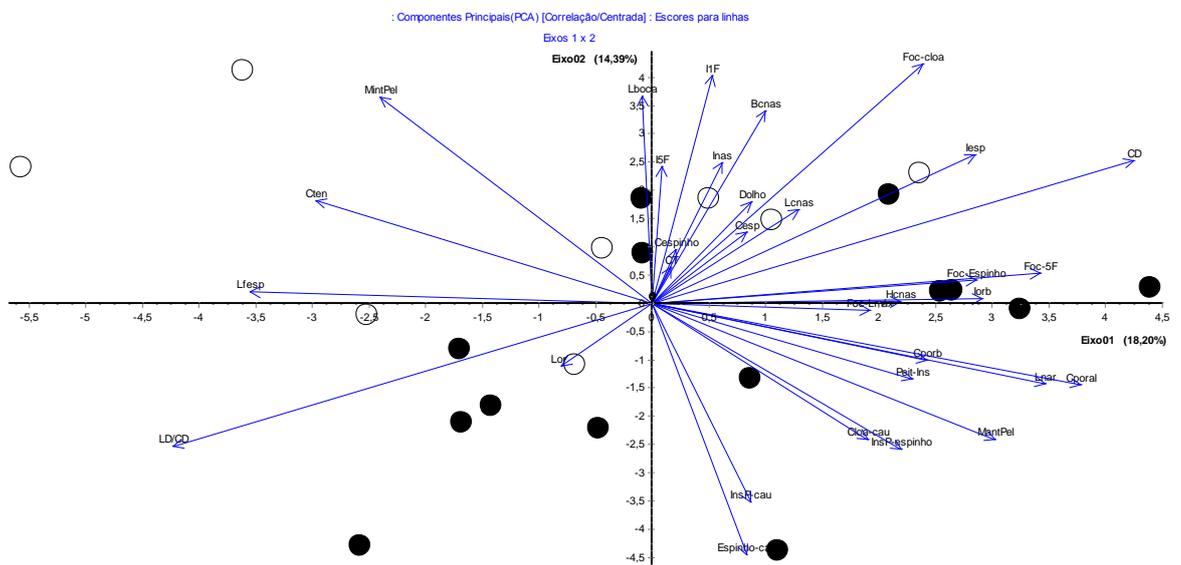


Figura 3.17. Análise dos Componentes Principais dos exemplares de *Gymnura altavela* provenientes do Atlântico Ocidental em função do sexo. Símbolos Preenchidos (preto) = Machos, Símbolos Vazios (branco) = Fêmeas.

3.3 DISCUSSÃO

A ausência de diferenças morfológicas ou de anatomia esquelética entre os exemplares de *G. micrura* com e sem a nadadeira dorsal, bem como a sobreposição destes exemplares na PCA e a não formação de grupos em função da presença/ausência desta nadadeira indicam que os exemplares pertencem à mesma espécie. Nunes & Piorski (2009) também observaram a presença da nadadeira dorsal em dois exemplares de *G. micrura* do Maranhão, e após comparação morfológica e morfométrica com exemplares sem nadadeira concluíram que se tratavam da mesma espécie.

A separação entre os dois gêneros da família Gymnuridae é baseada somente na presença ou não da nadadeira dorsal na base da cauda (teoricamente ausente em *Gymnura* e presente em *Aetoplatea*). A observação de exemplares de *G. micrura* apresentando nadadeira dorsal é uma forte evidência contra a validade do gênero *Aetoplatea*. Recentemente Jacobsen & Bennett (2009) sugeriram *Aetoplatea* como um sinônimo júnior de *Gymnura*, depois de verificarem que a presença da nadadeira dorsal é um caractere variável não só em *G. australis*, mas também em *Aetoplatea zonura*. No mesmo ano Smith et al. (2009) forneceram evidências moleculares de que *A. zonura* deveria ser atribuída ao gênero *Gymnura*, ao verificar que a distância filogenética entre *A. zonura* e algumas espécies de *Gymnura* é menor do que a distância filogenética entre espécies do próprio gênero *Gymnura*. Portanto, provavelmente o gênero *Aetoplatea* não é válido, sendo um sinônimo de *Gymnura*, e a família Gymnuridae seria representada apenas por um gênero.

Jacobsen & Bennett (2009), contudo, ainda sugerem que o gênero *Aetoplatea* poderia continuar válido, desde que fosse caracterizado pela presença do tentáculo espiracular, e não pela presença da nadadeira dorsal. Sendo assim, *A. zonura* (que não possui tentáculo espiracular) iria para o gênero *Gymnura*, enquanto mais três espécies que apresentam essa estrutura (*G. altavela*, *G. australis* e *G. natalensis*) iriam para o gênero *Aetoplatea*, somando-se à *A. tentaculata*. Porém, acredita-se que a mera presença do tentáculo espiracular, sem a combinação com outros caracteres discriminantes, não seria forte o suficiente para a determinação de um gênero separado, sendo mais coerente a existência de apenas um gênero (*Gymnura*) dentro de Gymnuridae, que se trata de uma família cujas espécies apresentam uma morfologia altamente conservada.

O dimorfismo sexual em *Gymnura micrura* foi apontado anteriormente por Bigelow & Schroeder (1953), que mencionaram diferenças relacionadas ao tamanho do focinho. Contudo

o fato de que essas diferenças basicamente se restringem aos machos adultos não foi mencionada, além da diferença em relação ao tamanho da cauda. Smith et al. (2009), revendo as espécies da família no Pacífico Leste, encontraram o mesmo padrão de variações intra-específicas relacionadas ao sexo e tamanho para *G. marmorata* e *G. crebripunctata*. Contudo tais diferenças não foram observadas para os exemplares identificados como *G. altavela*, bem como para outras espécies estudadas: *G. poecilura* (JAMES, 1965) e *G. australis* (JACOBSEN & BENNETT, 2009). A detecção da existência de dimorfismo sexual e variações ontogenéticas é importante, pois estes podem influenciar na discriminação de espécies baseada em caracteres morfométricos.

A ausência de diferenças morfológicas, morfométricas e de anatomia esquelética entre os exemplares do Brasil (Nordeste, Norte e Sudeste), localidade tipo e proximidades (Suriname, Guiana Francesa e Venezuela) e Atlântico Norte Ocidental indica que os exemplares pertencem à mesma espécie. Portanto, a espécie estudada no presente trabalho trata-se realmente de *Gymnura micrura* (BLOCH & SCHNEIDER, 1801), que por sua vez é a mesma espécie que ocorre no Atlântico Norte Ocidental. Os caracteres merísticos são frequentemente influenciados por variações das condições ambientais durante o desenvolvimento embrionário, sendo um dos principais fatores a temperatura. É bem conhecida a variação de caracteres merísticos com a distribuição latitudinal, sendo que no geral indivíduos habitantes de regiões mais frias tendem a apresentar contagens mais elevadas (e.g. TANING, 1944, ORSKA, 1962). Isso explicaria o maior número de vértebras e raios da nadadeira peitoral observado nos exemplares da costa norte-americana.

O registro mais ao norte de *G. micrura* seria em Woods Hole, no sul de Massachussets (BIGELOW & SCHROEDER, 1953), delimitando o extremo norte de sua distribuição, enquanto o extremo sul de sua distribuição seria o Estado do Paraná no Sul do Brasil (BORNATOWSKI et al. 2009). A distribuição geográfica dos espécimes analisados no presente estudo (ver material comparativo) estabelece a ocorrência de *Gymnura micrura* nos Estados Unidos (Delaware, Virginia, Carolina do Norte, Carolina do Sul e Golfo do México – Flórida, Mississipi, Louisiana e Texas), Venezuela, Suriname, Guiana Francesa e Brasil (Pará, Maranhão, Rio Grande do Norte, Paraíba, Bahia, Espírito Santo e Rio de Janeiro). Na literatura, ainda pode-se verificar a ocorrência da espécie em Maryland e Nova Jersey (EUA) e Trinidad e Tobago (BIGELOW & SCHROEDER, 1953); México (GONZÁLEZ-ISÁIS, 2003); e Amapá, Pernambuco, Sergipe e São Paulo (Brasil) (LESSA et al. 1999, MENNI & STEHMANN, 2000).

Apesar do registro da espécie em latitudes relativamente elevadas (até 40°N), *Gymnura micrura* parece se concentrar principalmente em águas mais quentes, entre o Golfo do México e o nordeste brasileiro. Na costa norte-americana, a ocorrência da espécie nas latitudes mais elevadas, estaria principalmente associada à época mais quente do ano, e registros acima de Chesapeake Bay são baseados apenas na observação de exemplares isolados capturados eventualmente (BIGELOW & SCHROEDER, 1953). No sul do Brasil a situação parece ser similar, sendo os poucos espécimes observados grosseiramente associados aos meses mais quentes do ano (CHARVET, 2010; informação verbal)².

A ocorrência de *Gymnura micrura* na África Ocidental (FISCHER et al. 1981, BIANCHI, 1986, McEACHRAN & SÉRET, 1990) é uma questão que precisa ser melhor estudada. Exemplares desta região foram examinados e novos dados estão sendo incorporados às análises para que sua identidade taxonômica possa ser determinada de forma completa e acurada. Exemplares do Índico e Indo-Pacífico sem espinho e tentáculo espiracular que vêm sendo identificados como *Gymnura micrura* (COMPAGNO & LAST, 1999, JACOBSEN & BENNETT, 2009) provavelmente se tratam de outra espécie.

No Brasil exemplares identificados como *Gymnura altavela* estão restritos às regiões sudeste e sul. A distribuição geográfica dos espécimes analisados no presente estudo (ver material comparativo) confirma a ocorrência da espécie no Rio de Janeiro, São Paulo e Rio Grande do Sul, e registros bibliográficos indicam sua ocorrência no Paraná e Santa Catarina (LESSA et al. 1999; COSTA & CHAVES, 2006, BORNATOWSKI et al. 2009). A espécie é registrada até o Rio de La Plata, no Norte da Argentina (MENNI & STEHMANN, 2000; MENESES & PAESCH, 2003). No Atlântico Norte Ocidental, exemplares identificados como *Gymnura altavela* estão associados às águas de maiores latitudes (Carolina do Norte à Massachussets) (BIGELOW & SCHROEDER, 1953). Com exceção de um exemplar capturado no Golfo do México, todos os outros exemplares examinados no presente estudo foram provenientes de regiões acima dos 36° N. Segundo McEachran & Carvalho (2002) a presença da espécie no Golfo do México é raramente reportada.

Observa-se, portanto no Atlântico Ocidental a associação da *G. altavela* com regiões relativamente mais frias, que estão sob influência das correntes marinhas frias do Labrador (no hemisfério norte) e das Malvinas (no hemisfério sul), sendo observada uma grande descontinuidade em sua distribuição, que seria causada pela região tropical intermediária. Em-

² CHARVET-ALMEIDA, P. SENAI – Departamento Regional do Paraná, Av. Cândido de Abreu, 200, 2º andar, Centro Cívico, 80530-715, Curitiba – PR.

bora a ausência de diferenças morfológicas e morfométricas entre os exemplares dos hemisférios norte e sul indiquem que estes pertencem à mesma espécie, os mesmos estão integrando um estudo mais detalhado, que irá investigar melhor a relação entre esses exemplares, bem como a relação destes com exemplares do Atlântico Oriental, incluindo a região do Mediterrâneo (área de descrição da espécie - Linnaeus 1758) e continente africano.

A terceira espécie que teria ocorrência no Brasil seria *Gymnura hirundo* (LOWE, 1843), originalmente descrita da Ilha da Madeira (Atlântico Norte Oriental) e que apresenta a sua validade questionada (McEACHRAN & SÉRET, 1990; COMPAGNO, 2005). A espécie seria muito similar à congênere *G. altavela*, distinguindo-se desta pela ausência do tentáculo espiracular e por não possuir dobra cutânea dorsal na cauda. Outras características citadas na breve descrição da espécie, diferindo-a de *G. altavela* são a coloração, o contorno anterior do disco e a largura do disco. As duas primeiras apresentam uma relativa variação intra-específica, não sendo caracteres taxonômicos confiáveis, e em relação à largura do disco, o autor apenas cita que seria ‘maior’ que em *G. altavela*, não apresentando nenhum número para uma base comparativa.

Em 1888, Garman publicou um trabalho abrangendo a descrição do sistema de canais da linha lateral em elasmobrânquios, no qual inclui *G. hirundo*, porém, não fornece qualquer outra informação fora deste enfoque sobre a espécie (incluindo localidade de captura), apenas cita a similaridade na forma do disco e do sistema da linha lateral entre esta espécie e *G. valenciennii* (DUMÉRIL, 1865), que mais tarde foi identificada como um sinônimo de *G. altavela*. Posteriormente, no sul do Brasil foram capturados dois espécimes (RIBEIRO, 1907; VON IHERING, 1897 apud BIGELOW & SCHROEDER, 1953 – ambos identificados como *G. maclura* (LESUEUR, 1817), mais tarde também considerada como sinônimo de *G. altavela*), que concordariam com *G. hirundo* por não apresentarem tentáculo espiracular (os autores não citam se a cauda apresenta ou não dobras cutâneas). Com exceção dos relatos acima citados, não existe qualquer outra menção a possíveis exemplares desta espécie, o que inclui pesquisas recentes sobre a ictiofauna da Ilha da Madeira (WIRTZ et al. 2008), Atlântico Leste e Mediterrâneo (HUREAU & MONOD, 1973; McEACHRAN & SÉRET 1990) e Sul do Brasil (MENNI & STEHMANN, 2000). Os exemplares de coleções analisados no presente estudo, identificados sob tal espécie, tratavam-se de erros de identificação, portanto, não foi encontrado material testemunho para esta espécie.

Entre os exemplares identificados como *Gymnura altavela* analisados no presente estudo, dois indivíduos do sudeste do Brasil apresentaram minúsculos tentáculos espiraculares,

praticamente imperceptíveis, enquanto outro apresentou o tentáculo em apenas um dos espiráculos. Não se sabe, contudo, se essas estruturas foram quebradas ou perdidas, ou se trata de uma ‘anomalia’ em relação a essa característica. De qualquer forma, é possível observar em alguns poucos exemplares da espécie, tentáculos espiraculares muito pequenos ou mesmo ausentes. O grau de desenvolvimento das dobras cutâneas na cauda varia intra-especificamente (observação pessoal), inclusive existindo registro de um exemplar de *G. altavela* sem a dobra cutânea dorsal (ROCHEBRUNE, 1880 *apud* BIGELOW & SCHROEDER, 1953). Soma-se a isso o fato de que os supostos exemplares de *Gymnura hirundo* foram amostrados dentro da área de ocorrência atual de *G. altavela*. Após o exposto nos dois últimos parágrafos, propõe-se no presente estudo que *Gymnura hirundo* trata-se de uma sinonímia de *Gymnura altavela* (LINNAEUS, 1758), baseada na descrição de um exemplar ‘anômalo’.

Sendo assim, observa-se no Brasil a ocorrência de dois representantes da família Gymnuridae: *Gymnura micrura* e *Gymnura altavela*. *G. micrura* ocorrendo desde a região Norte até o Paraná (embora seja bem mais comum acima do Espírito Santo) e *G. altavela* restrita às regiões sudeste e sul. Segue-se a chave de identificação para a família no Brasil:

1. Ausência de espinho na cauda (figura 3.18A) e de uma estrutura tentacular na margem interna posterior do espiráculo (figura 3.19A) – *Gymnura micrura* (BLOCH & SCHNEIDER, 1801).
2. Presença de espinho(s) na cauda (figura 3.18B) e de uma estrutura tentacular na margem interna posterior do espiráculo* (figura 3.19B) – *Gymnura altavela* (LINNAEUS, 1758).

*excepcionalmente o tentáculo espiracular pode ser reduzido ou não estar presente.

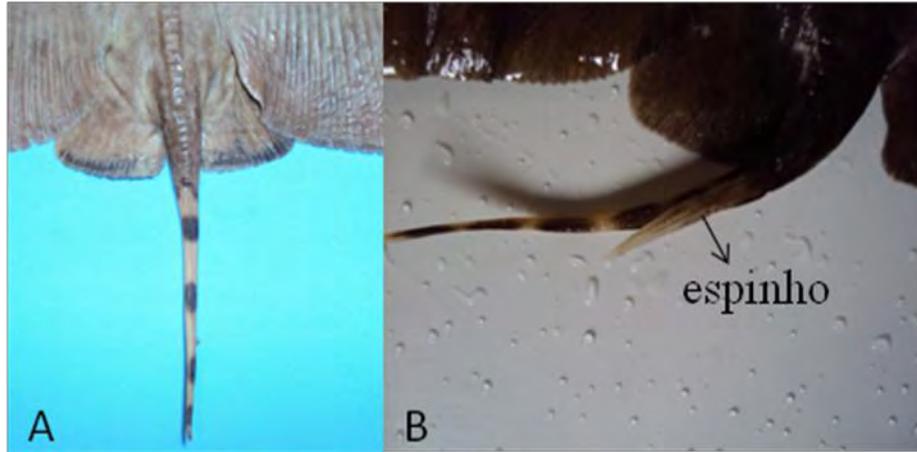


Figura 3.18. A. Cauda de *G. micrura* – sem espinho. B. Cauda de *G. altavela* – com espinho

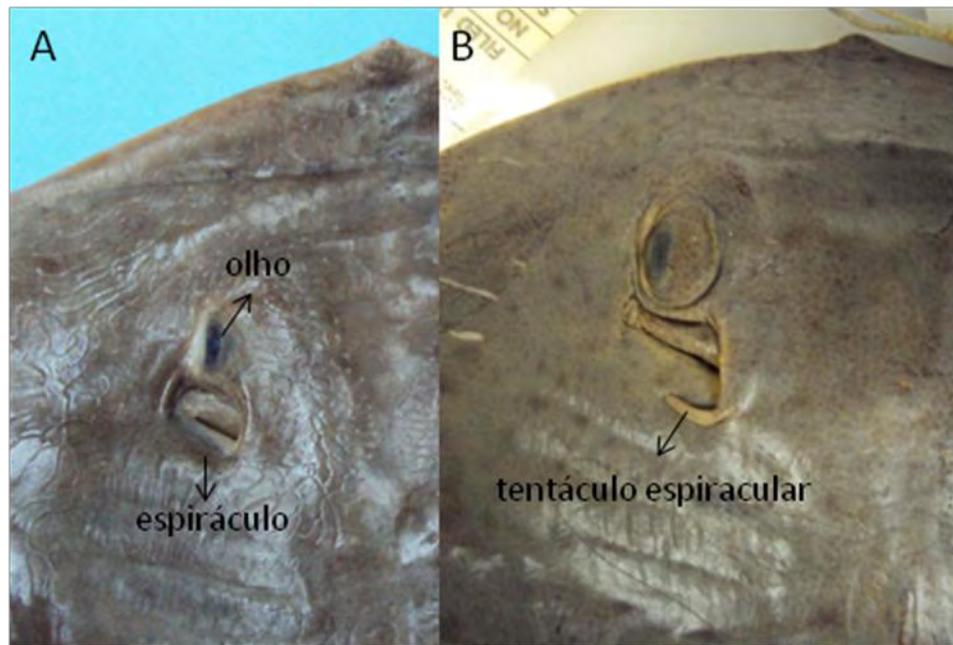


Figura 3.19. Vista da região dorsal esquerda da cabeça. A. *G. micrura*. B. *G. altavela*

4. PARTE II:
ESTRUTURA POPULACIONAL E
BIOLOGIA REPRODUTIVA

4.1 MATERIAL E MÉTODOS

O esforço de pesca foi medido através do número de lances de arrasto, sendo a captura por unidade de esforço (CPUE) calculada como o número de raias capturadas por lance. O arrasto de praia atuou durante todo período amostral, enquanto o arrasto de portas ficou restrito a quatro meses do ano (janeiro, fevereiro, março e abril).

Os aparelhos reprodutores foram analisados a fresco. Os ovários foram observados em relação à presença, tamanho e coloração dos folículos ovarianos visíveis. Os ovócitos foram contabilizados para estimar a fecundidade ovariana, sendo considerado apenas o maior grupo de folículos vitelogênicos com diâmetro igual ou superior a 10 mm. O diâmetro do maior folículo ovariano (DMO, mm) foi registrado. Os úteros foram analisados em função de seu conteúdo (ovos ou embriões). Os embriões foram observados quanto ao grau de desenvolvimento e contabilizados para avaliação da fecundidade uterina, ao mesmo tempo em que tiveram o sexo, peso (g) e LD (mm) registrados.

A glândula oviducal foi observada em relação ao seu desenvolvimento e sua largura registrada (mm). Armazenamento de esperma nesta estrutura tem sido reportado em fêmeas de várias espécies de tubarões (PRATT, 1993) e sugerido para algumas raias (CLARK, 1922; WHITE et al., 2001). Para se verificar a possibilidade de armazenamento de esperma na glândula oviducal de fêmeas adultas, foram preparados esfregaços destas estruturas. A glândula foi incisada do oviduto e seccionada em seu 1/3 posterior, o conteúdo dos 2/3 anteriores foi espremido sobre uma lâmina para o preparo do esfregaço (PRATT, 1979). Os esfregaços foram fixados em vapor de formol a 10% e corados por nitrato de prata (HOWELL & BLACK, 1980). Os esfregaços foram preparados e fixados em campo, e corados e analisados com auxílio de microscópio em laboratório.

No caso dos machos os pterigopódios (ou cláspes) foram analisados quanto ao grau de rigidez e medidos da região posterior da cloaca até sua extremidade terminal (COMPAGNO, 1984). Os testículos foram observados quanto à presença e estado dos lóbulos. Quando o exemplar foi considerado adulto (ver critérios abaixo) o peso (g) da gônada também foi obtido para a estimativa do índice gonadossomático, que foi calculado como: $IGS = (\text{peso da gônada} / \text{peso total indivíduo}) \times 100$. A vesícula seminal foi observada em relação ao seu desenvolvimento e quanto à presença de esperma. Alguns esfregaços da vesícula seminal foram preparados para observação da morfologia dos espermatozoides, utilizando-se a mesma técnica aplicada aos esfregaços da glândula oviducal.

Para o estudo da maturidade, nos machos foram considerados o tamanho e grau de desenvolvimento do cláspes, bem como o estado e morfologia dos testículos e vesícula seminal. Para as fêmeas, foram considerados o tamanho e atividade vitelogênica dos folículos ovarianos, a morfologia da glândula oviducal e útero, e a presença de embriões ou ovos uterinos.

Para os propósitos deste estudo, um indivíduo foi considerado adulto (ou maduro) quando apresentou características sugerindo que o mesmo já seria capaz de se reproduzir e gerar descendentes viáveis. No caso dos machos, isso requer a presença de cláspes completamente desenvolvidos e enrijecidos, bem como a presença de uma vesícula seminal desenvolvida, com esperma (machos ativos), ou que seja capaz de armazenar o mesmo (no caso de machos maduros em descanso – machos não ativos) (PRATT & TANAKA, 1994; CONRATH, 2004). Fêmeas foram consideradas maduras quando apresentaram evidências de gravidez prévia (oviduto completamente desenvolvido) ou corrente (presença de ovos ou embriões no útero) (CONRATH, 2004). As fêmeas que ainda não reproduziram foram consideradas adultas se apresentaram folículos ovarianos maduros, prontos para serem ovulados (CONRATH, 2004). No caso dos indivíduos liberados com vida, o estágio de maturação dos machos foi estimado pelo grau de rigidez do cláspes, enquanto que a estimativa do grau de maturidade das fêmeas baseou-se em seu tamanho, fazendo-se uma análise comparativa com o estudo da maturidade realizado nas fêmeas que tiveram o aparelho reprodutor analisado. O tamanho de primeira maturação foi estimado como sendo a largura do disco na qual 50% dos indivíduos foram considerados maduros.

Os machos foram classificados em três estádios (Jovens, Subadultos e Adultos). Para um indivíduo ser considerado subadulto, o mesmo teve que apresentar no mínimo três das cinco características diagnósticas deste estágio (ver abaixo), e só foi considerado adulto quando apresentou todas as características descritivas do estágio. Segue a classificação:

1. Jovens: cláspes flácido, não rijo e com o seu comprimento não excedendo a margem posterior da nadadeira pélvica; testículos homogêneos ou com pequenas vesículas transparentes na região ventral; vesícula seminal indiferenciada, ainda com a forma de uma fita reta.
2. Subadultos: cláspes já apresentando algum grau de rigidez, com seu comprimento podendo exceder a margem posterior da nadadeira pélvica e a glândula tornando-se

estruturada; testículos com alguns lóbulos já evidentes; vesícula seminal começando a se alargar.

3. Adultos: clássper completamente desenvolvido, enrijecido (inclusive podendo ser envergado) e com o seu comprimento excedendo a margem posterior da nadadeira pélvica, parte distal completamente formada e estruturada, podendo ser aberta em um exemplar fresco; testículos grandes e com lóbulos evidentes e proeminentes; vesícula seminal larga, túrgida e completamente diferenciada.

Da mesma forma, as fêmeas foram classificadas em estádios de maturação. Neste caso, para um indivíduo ser considerado subadulto, o mesmo teve que apresentar no mínimo duas das três características diagnósticas deste estágio, e só foi considerado adulto quando apresentou todas as características descritivas do estágio. O maior folículo observado nos ovários atingiu o diâmetro de 17 mm, e uma fêmea apresentou dois folículos (17,4 mm diâmetro) passando do oviduto para a glândula oviducal direita. Em função da variação intra-específica, folículos com diâmetros a partir de 14 mm foram considerados maduros e prontos para serem ovulados. Segue a classificação:

1. Jovens: ovários com aparência celular homogênea ou apresentando folículos não vitelogênicos; glândula oviducal não evidente; útero em forma de fita reta com largura igual ao do oviduto, ou apenas ligeiramente mais largo que este.
2. Subadultos: ovários apresentando folículos vitelogênicos (< 14 mm); glândula oviducal já evidente; útero já perceptível, com largura maior que a do oviduto.
3. Adultos: ovários apresentando folículos maduros (> ou = 14 mm) (no caso de fêmeas que ainda não reproduziram); glândula oviducal completamente diferenciada; útero completamente desenvolvido e diferenciado, vascularizado e com largura superior ao do oviduto, podendo apresentar ovos ou embriões.

O estudo do ciclo reprodutivo foi baseado na variação sazonal do IGS dos machos adultos, presença de esperma na vesícula seminal dos mesmos, bem como na ocorrência e condição dos folículos ovarianos, ovos uterinos e embriões nas fêmeas. Para facilitar as inferências sobre o ciclo reprodutivo, indivíduos adultos foram classificados em categorias conforme determinadas características.

Os machos foram classificados em duas categorias:

1. Machos ativos: presença de esperma na vesícula seminal.
2. Machos não ativos: ausência de esperma na vesícula seminal.

As fêmeas foram classificadas em seis categorias. Eventualmente uma única fêmea pode pertencer a duas categorias simultaneamente:

1. Fêmeas em descanso: ovários sem folículos visíveis ou com pequenos ovócitos (~ 1 mm diâmetro).
2. Fêmeas vitelogênicas: ovários com folículos vitelogênicos em desenvolvimento.
3. Fêmeas ativas: ovários com folículos maduros (14 – 17 mm diâmetro).
4. Fêmeas grávidas: úteros com ovos ou embriões com tamanhos inferiores ao tamanho de nascimento.
5. Fêmeas a termo: grávidas com embriões que estejam aparentemente desenvolvidos e prontos para o nascimento, com LD dentro da amplitude do tamanho de nascimento.
6. Fêmeas *post partum*: úteros alargados, flácidos e repletos de trofonemata (indícios de parto recente).

O tamanho de nascimento foi estimado pelo tamanho do maior embrião a termo e o menor indivíduo livre-nadante observado. Para estudar a relação trófica entre a mãe e o embrião e o papel do útero materno no desenvolvimento embrionário, foi calculado o balanço químico de desenvolvimento (BQD), baseado no peso seco dos ovócitos maduros e embriões a termo: $BQD = \text{peso médio dos embriões a termo} / \text{peso médio dos ovos uterinos ou ovócitos maduros}$ (CAPAPÉ et al., 1992). Um conteúdo de 50 % de água nos ovócitos e 75 % de água nos embriões a termo foi considerado (MELLINGER & WRISEZ, 1989).

O fator de condição alométrico foi calculado como uma medida do estado de bem estar do peixe e utilizado para estimar em qual época do ano os jovens encontram melhores condições para o desenvolvimento. O fator de condição foi calculado pela seguinte fórmula: $k = 100(P/LD^b)$; sendo b o coeficiente angular da relação peso-comprimento obtida para os

machos e fêmeas agrupados (BRAGA, 1986; LIMA-JUNIOR et al. 2002).

Algumas observações reprodutivas também foram obtidas de indivíduos amostrados em setembro e outubro de 2004 e abril e maio de 2005. Quando conveniente os dados obtidos por Yokota & Lessa (2007) foram vinculados às análises.

Os testes estatísticos aplicados são mencionados ao longo do texto, sendo o nível de significância considerado o de 5%.

4.2 RESULTADOS

Entre agosto de 2007 e julho de 2008 foram amostrados 905 exemplares de *Gymnura micrura* (tabela 4.1), dos quais 279 espécimes foram coletados para um estudo mais detalhado. Indivíduos amostrados nos meses de setembro e outubro de 2004 e março e abril de 2005 estão representados na tabela 4.2, totalizando 133 exemplares.

CPUE e Abundância Relativa

Indivíduos jovens perfizeram 75% das capturas, contudo todos os estádios de vida foram presentes na área de estudo. A figura 4.1 representa a relação do esforço de pesca com o número de raias capturadas por mês. A CPUE mensal de cada estágio de maturação (separada por sexo e com os sexos agrupados) é apresentada na figura 4.2. Jovens apresentaram dois picos de captura ao longo do ano: um maior em novembro-dezembro e outro menor em abril, subadultos e adultos foram capturados em menor número e apresentaram variações de menor escala na abundância relativa.

Analisando-se a CPUE dos três estádios de vida relacionados à arte de pesca utilizada, considerando somente os meses nos quais as duas artes de pesca atuaram simultaneamente, observa-se que o arrasto de praia (que atua em águas mais rasas) tende a capturar mais jovens, enquanto o arrasto de portas, que atua em águas ligeiramente mais profundas, embora tenha capturado mais jovens que adultos, tende a capturar mais adultos que o arrasto de praia (figura 4.3). Essa observação pode indicar que os diferentes estádios de vida ocupam a costa de forma diferenciada, com indivíduos maiores tendendo a ocorrer em águas mais profundas.

Tabela 4.1. Captura mensal por estágio maturacional e sexo de *Gymnura micrura* capturada na região de Caiçara do Norte (RN) entre agosto de 2007 e julho de 2008. J = Jovem, SA = Subadulto, A = Adulto, M = Macho e F = Fêmea.

Estádios	Mês												Total
	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	
JM	5	8	19	52	20	23	16	9	35	34	33	10	264
JF	13	8	22	63	41	13	18	16	54	73	68	22	411
SAM	2	2	3	0	0	0	0	0	9	24	24	7	71
SAF	10	6	1	1	0	0	1	0	2	12	23	7	63
AM	6	5	0	0	0	2	1	0	2	34	17	4	71
AF	2	4	5	2	0	2	1	2	1	3	3	0	25
Total	38	33	50	118	61	40	37	27	103	180	168	50	905

Tabela 4.2. Captura mensal por estágio maturacional e sexo de *Gymnura micrura* capturada na região de Caiçara do Norte (RN) nos meses de setembro e outubro de 2004 e março e abril de 2005.

Estádios	Mês				Total
	Set/04	Out/04	Abr/05	Mai/05	
Jovens machos	21	7	10	0	38
Jovens fêmeas	33	18	9	1	61
Subadultos machos	10	0	2	0	12
Subadultos fêmeas	4	1	0	0	5
Adultos machos	7	0	0	0	7
Adultos fêmeas	8	1	0	1	10
Total	83	27	21	2	133

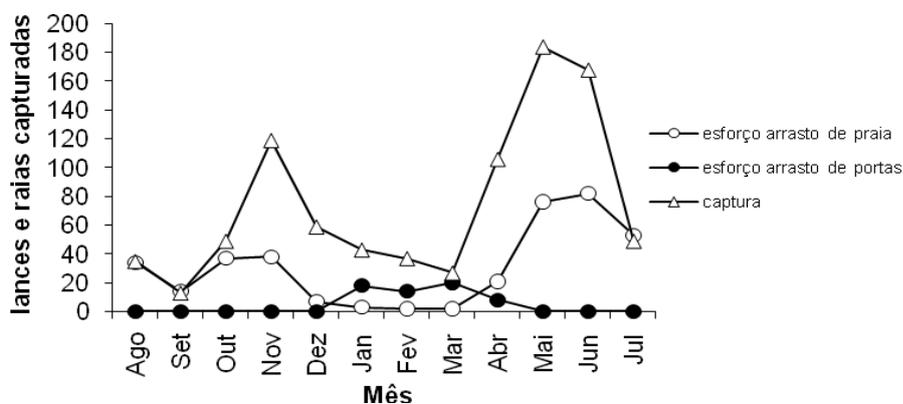


Figura 4.1. Relação do esforço de pesca (número de lances de arrasto) com o número de raias (*Gymnura micrura*) capturadas por mês na região de Caiçara do Norte (RN) entre agosto de 2007 e julho de 2008.

Proporções Sexuais

A tabela 4.3 apresenta as proporções sexuais para os embriões, jovens, subadultos e adultos. O teste de Qui-quadrado de Pearson foi utilizado para examinar a hipótese de uma proporção sexual de 1:1. Fêmeas jovens foram significativamente mais numerosas que os machos ($p < 0,001$), o que conduziu à uma proporção sexual significativamente diferente de 1:1 (a favor das fêmeas) quando considerada a amostra total, já que os jovens perfizeram a maior parte dos exemplares amostrados. Não foram observadas diferenças significativas nas proporções sexuais dos embriões e subadultos, porém, machos adultos foram significativamente mais numerosos que fêmeas adultas ($p < 0,001$). Indivíduos com tamanho dentro da amplitude de nascimento também não apresentaram diferença significativa na proporção sexual (1: 1,06; $n = 97$; $p = 0,76$).

Em relação à profundidade (tabela 4.4), raias capturadas em águas mais rasas, pelo arrasto de praia, apresentaram proporções sexuais similares às observadas acima, mesmo porque esta foi a arte de pesca com maior esforço amostral. O arrasto de portas, que atua em águas ligeiramente mais profundas, no canal ou adjacente ao mesmo, capturou um número menor de raias, conseqüência do seu menor esforço amostral. As proporções sexuais observadas no arrasto de portas foram homogêneas, não sendo detectadas diferenças significativas.

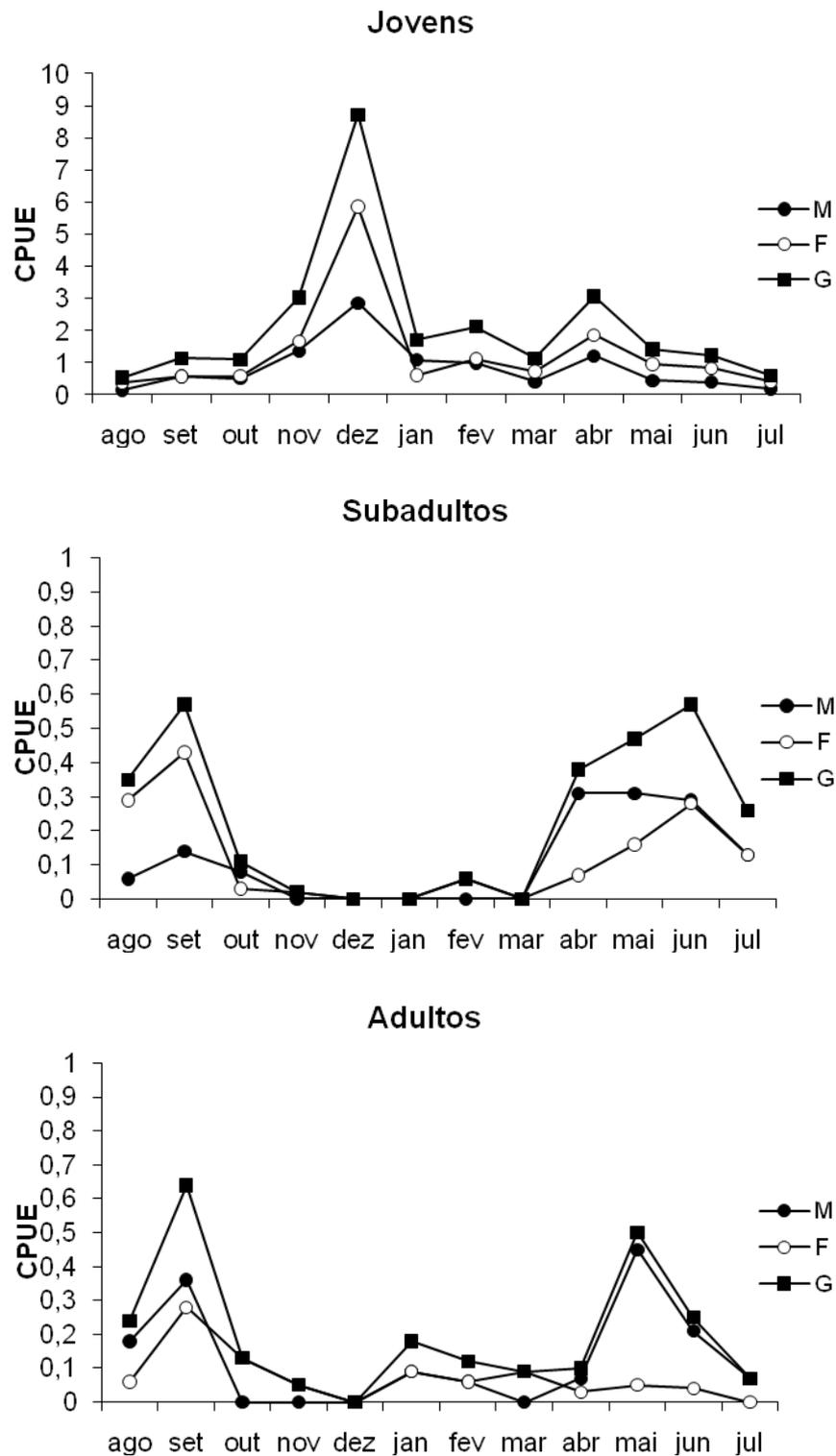


Figura 4.2. CPUE mensal de cada estágio de maturação separada por sexo e com os sexos agrupados de *Gymnura micrura* capturada na região de Caiçara do Norte (RN) entre agosto de 2007 e julho de 2008. Note a diferença de escala no eixo das ordenadas entre jovens e os outros dois estágios de maturação. M = macho, F = fêmea, G = sexos agrupados.

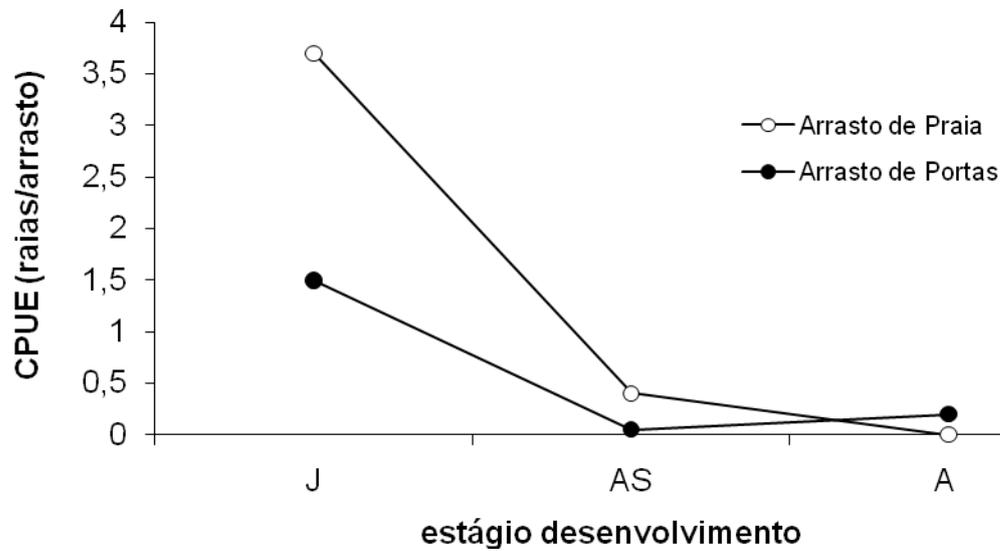


Figura 4.3. CPUE dos três estádios de vida de *Gymnura micrura* capturada na região de Caiçara do Norte (RN) entre agosto de 2007 e julho de 2008 relacionada à arte de pesca utilizada (considerando somente os meses nos quais as duas artes de pesca atuaram simultaneamente). J = Jovens, AS = Subadultos, A = Adultos.

Tabela 4.3. Proporções sexuais para os estádios de maturação e embriões de *Gymnura micrura* capturada na região de Caiçara do Norte (RN) entre agosto de 2007 e julho de 2008. O teste de Qui-quadrado de Pearson foi utilizado para examinar a hipótese de uma proporção sexual de 1:1. Os asteriscos indicam as proporções significativamente diferentes de 1:1 ($p > 0,05$).

Estádio de Maturação	M	F	Razão M/F	p
Jovens	264	411	1,0 : 1,5	<0,001***
Subadultos	71	63	1,1 : 1,0	0,49
Adultos	71	25	2,8 : 1,0	<0,001***
Total	406	499	1,0 : 1,2	<0,01**
Embriões	12	11	1,1 : 1,0	0,83

Tabela 4.4. Proporções sexuais separadas por arte de pesca e por estágio de maturação de *Gymnura micrura* capturada na região de Caiçara do Norte (RN) entre agosto de 2007 e julho de 2008. O teste de Qui-quadrado de Pearson foi utilizado para examinar a hipótese de uma proporção sexual de 1:1. Quando o número amostral foi inferior a 20 o teste não foi aplicado. Os asteriscos indicam as proporções significativamente diferentes de 1:1 ($p > 0,05$).

Arrasto de Praia				
Estádio Maturação	M	F	Razão M/F	p
Jovens	223	368	1,0 : 1,6	<0,001***
Subadultos	70	61	1,1 : 1,0	0,43
Adultos	66	19	3,4 : 1,0	0,001***
Total	359	448	1,0 : 1,2	<0,01**
Arrasto de Portas				
Estádio Maturação	M	F	Razão M/F	p
Jovens	41	43	1,0 : 1,01	0,83
Subadultos	1	2	-	-
Adultos	5	6	-	-
Total	47	51	1,0 : 1,1	0,69

Maturidade

A tabela 4.5 fornece o número amostral e amplitude de tamanho de cada estágio maturacional separado por sexo.

A figura 4.4 representa a relação do comprimento com a largura do disco dos machos. A faixa da LD correspondente a um rápido aumento no comprimento do cláspere, indicativo do começo da maturidade, é similar ao tamanho de maturação estimado (227 – 277 mm). O tamanho de primeira maturação foi estimado em 275 mm (tabela 4.6). A tabela 4.7 apresenta algumas observações relacionadas ao processo de maturação nos machos listadas com o respectivo tamanho do exemplar onde as mesmas foram observadas pela primeira vez.

O tamanho de primeira maturação das fêmeas foi estimado em 410 mm LD (tabela 4.6). Da mesma forma que para os machos, a tabela 4.8 apresenta algumas observações relacionadas ao processo de maturação. As características estão listadas com o respectivo tamanho do exemplar onde as mesmas foram observadas pela primeira vez.

Tabela 4.5. Número amostral e amplitude de tamanho de cada estágio maturacional separado por sexo para os exemplares de *Gymnura micrura* capturada na região de Caiçara do Norte (RN) entre agosto de 2007 e julho de 2008.

Estádios	Machos		Fêmeas	
	n	Amplitude LD	n	Amplitude LD
Jovens	304	146 – 257 mm	478	135 – 330 mm
Subadultos	73	227 – 277 mm	68	305 – 407 mm
Adultos	73	252 – 318 mm	31	406 – 629 mm

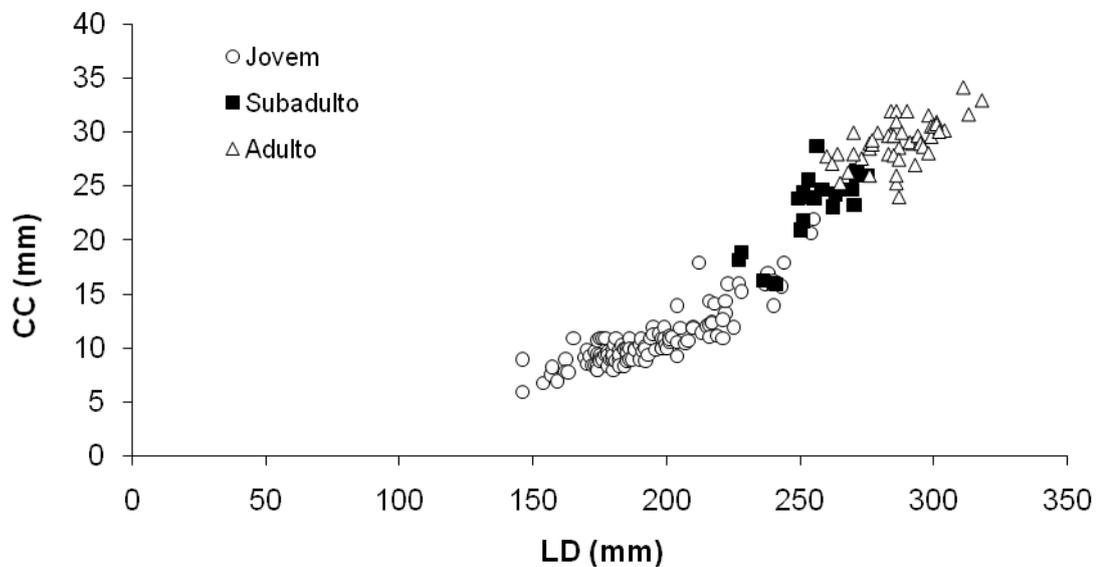


Figura 4.4. Relação do comprimento do cláspere (CC) com a largura do disco (LD) dos machos de *Gymnura micrura* capturados na região de Caiçara do Norte (RN) entre agosto de 2007 e julho de 2008.

Tabela 4.6. Porcentagem de indivíduos maduros por classes de comprimento. O tamanho de primeira maturação foi estimado como sendo a largura do disco na qual 50% dos indivíduos foram considerados maduros. O número entre parênteses indica o número de exemplares maduros.

Machos		
Classes LD (mm)	n	% indivíduos maduros
140 – 250	320 (0)	0 %
250 – 260	32 (3)	9 %
260 – 270	28 (7)	25 %
270 – 280	22 (13)	59 %
280 – 320	56 (56)	100 %
Fêmeas		
Classes LD (mm)	n	% indivíduos maduros
130 – 400	542 (0)	0 %
400 – 410	5 (1)	20 %
410 – 630	30 (30)	100 %

Tabela 4.7. Observações relacionadas ao processo de maturação nos machos de *Gymnura micrura* listadas com o respectivo tamanho do exemplar onde a mesmas foram observadas pela primeira vez. *Obs. Os lóbulos dos testículos são observados a partir dos menores exemplares na forma de pequenas vesículas transparentes na região ventral destes órgãos.*

LD (mm)	Observação
208	Comprimento do cláster excedendo margem posterior da nadadeira pélvica.
221	Cláster em calcificação.
222	Vesícula seminal ainda fina, mas já identificável.
227	Glande tornando-se estruturada; testículos com lóbulos mais visíveis.
240	Vesícula seminal diferenciada.
252	Cláster calcificado; glande estruturada; testículos com lóbulos proeminentes.
262	Vesícula seminal com esperma.
277	Glande inchada e avermelhada

Tabela 4.8. Observações relacionadas ao processo de maturação nas fêmeas de *Gymnura micrura* listadas com o respectivo tamanho do exemplar onde estas características foram observadas pela primeira vez.

LD (mm)	Observação
192	Útero ligeiramente mais largo que o oviduto.
250	Folículos ovarianos visíveis macroscopicamente.
302	Glândula oviducal evidente.
305	Folículos ovarianos amarelo-esbranquiçados; útero diferenciado.
344	Folículos ovarianos amarelos.
362	Folículos ovarianos >5 mm.
379	Folículos ovarianos >10 mm.
406	Fêmea ativa (folículos ovarianos maduros > ou = 14 mm)
422	Fêmea grávida

Tamanho de Nascimento

O menor exemplar livre-natante capturado foi uma fêmea de 135 mm LD, enquanto o maior embrião amostrado (também fêmea) mediu 175 mm LD, estava completamente desenvolvido e sem resquício do saco vitelínico externo. Desta forma, o tamanho de nascimento foi estimado entre 135 e 175 mm LD, que representa uma porcentagem média de 22,3% do tamanho assintótico estimado (tamanho máximo observado / 0,95).

Relação Peso-Comprimento

As figuras 4.5 e 4.6 representam a relação peso-comprimento para machos e fêmeas respectivamente, sendo as relações expressas pelas seguintes equações:

$$P_M = 2^{-6} \cdot LD^{3,3173} \quad r^2 = 0,98 \quad n = 173$$

$$P_F = 4^{-6} \cdot LD^{3,1548} \quad r^2 = 0,99 \quad n = 215$$

Fecundidade

A fecundidade ovariana e uterina foi estimada em $4,5 \pm 1,5$ ovócitos ($n = 23$; amplitude: 2 - 7) e $3,8 \pm 1,3$ embriões por fêmea ($n = 14$; amplitude: 1 - 6) respectivamente. Eventualmente foram observados abortos durante as amostragens, de forma que a fecundidade uterina pode estar subestimada, em função de abortos que possam ter ocorrido sem terem sido observados. Ambas as fecundidades foram significativamente correlacionadas com a LD da fêmea (teste de significância de correlação de Pearson: ovariana, $r = 0,68$; $p < 0,01$; figura 4.7 e uterina, $r = 0,65$; $p < 0,05$; figura 4.8). Estimou-se a fecundidade individual média do útero esquerdo ($1,37 \pm 0,92$) e direito ($1,25 \pm 1,03$), não sendo verificada diferença significativa entre as mesmas (Mann-Whitney; $U = 34,5$; $p = 0,8$).

Balanço Químico de Desenvolvimento (BQD)

O peso médio úmido dos folículos maduros e ovos foram $1,3 \pm 0,3$ g ($n = 13$, amplitude: 0,5 - 1,7 g), enquanto o peso médio úmido dos embriões a termo foi $49,2 \pm 4$ g ($n = 11$, amplitude: 40,5 - 55,0g). O balanço químico de desenvolvimento (BQD) foi calculado em 18,92. A porcentagem do ganho em peso seco do embrião perante a nascer em relação ao ovo (ou folículo ovariano maduro) foi estimada em 1792 %.

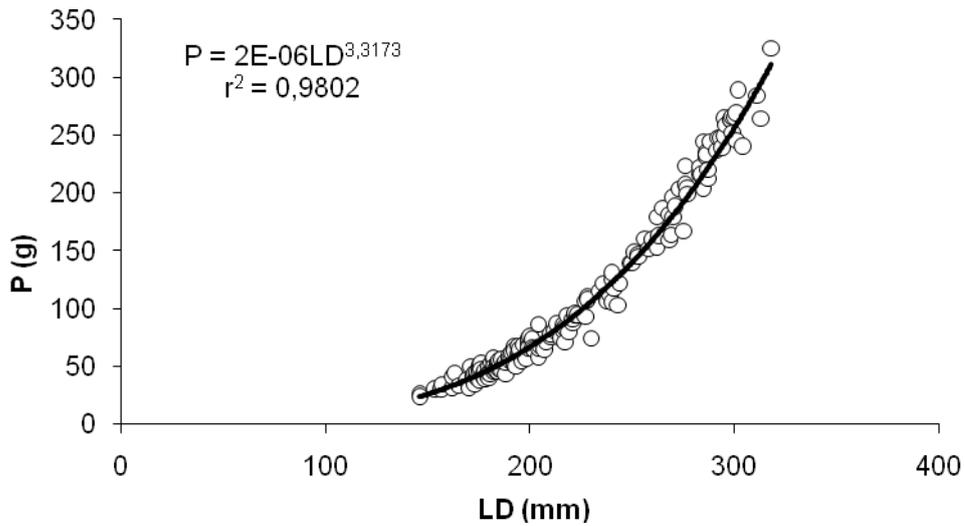


Figura 4.5. Relação peso-comprimento de machos de *Gymnura micrura* capturados na região de Caiçara do Norte (RN) entre agosto de 2007 e julho de 2008.

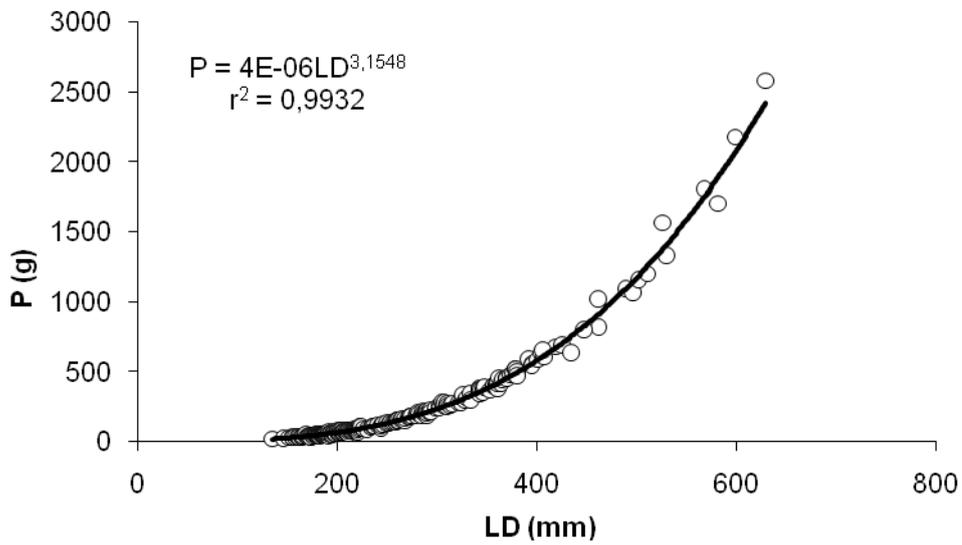


Figura 4.6. Relação peso-comprimento de fêmeas de *Gymnura micrura* capturadas na região de Caiçara do Norte (RN) entre agosto de 2007 e julho de 2008.

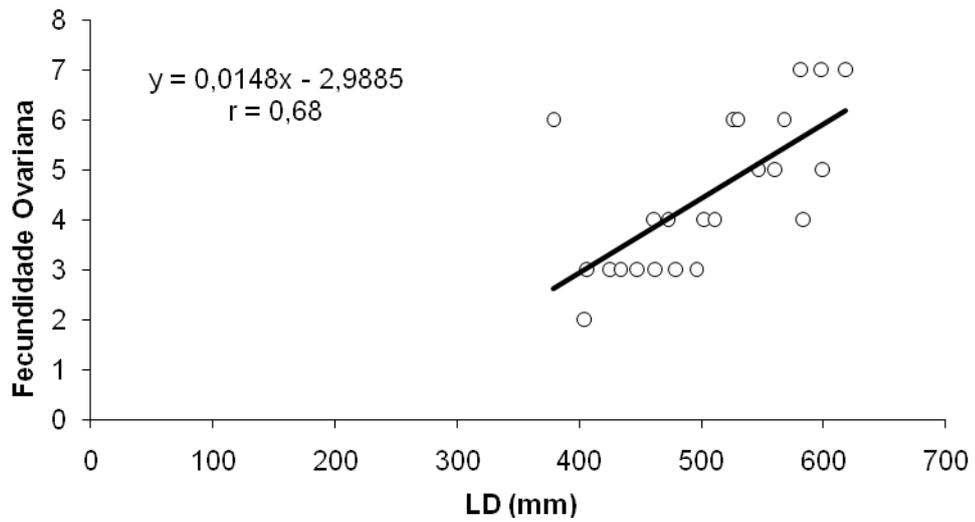


Figura 4.7. Relação entre a largura do disco (LD) e a fecundidade ovariana de *Gymnura micrura* capturada na região de Caiçara do Norte (RN) entre agosto de 2007 e julho de 2008.

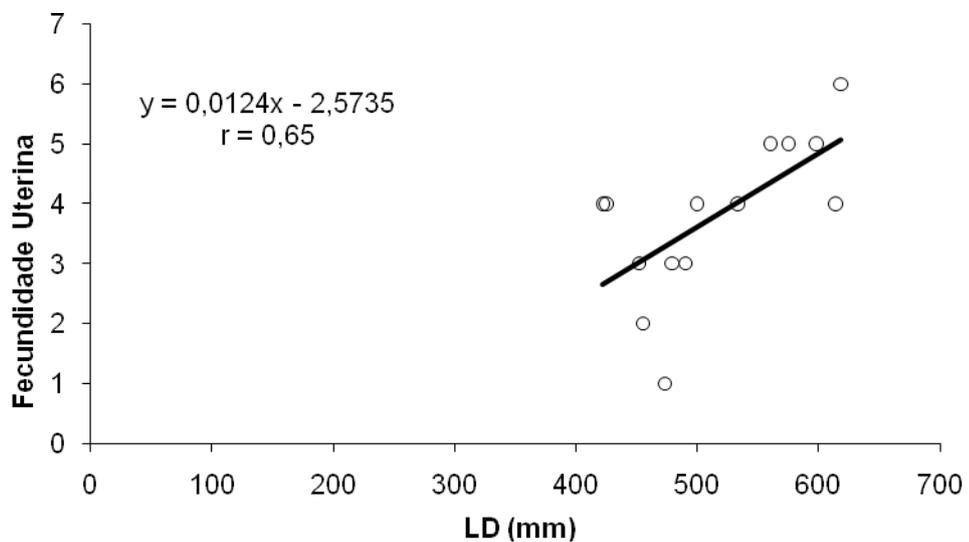


Figura 4.8. Relação entre a largura do disco (LD) e a fecundidade uterina de *Gymnura micrura* capturada na região de Caiçara do Norte (RN) entre agosto de 2007 e julho de 2008.

Fator de Condição dos Jovens

Analisando-se os valores médios mensais do fator de condição alométrico obtido para os jovens juntamente as respectivas CPUEs mensais, parece existir uma relação inversa entre estas duas variáveis (figura 4.9). Para se verificar essa possibilidade construiu-se um diagrama de dispersão envolvendo as mesmas (figura 4.10) e o teste de significância de correlação de Pearson foi aplicado. O coeficiente de correlação obtido foi altamente significativo ($r = 0,92$; $p < 0,01$), evidenciando a correlação negativa entre o fator de condição dos jovens e a abundância dos mesmos (CPUE). Não foi encontrada diferença significativa quando comparado o fator de condição entre machos e fêmeas jovens (Mann-Whitney; $U = 98$; $p = 0,41$).

Armazenamento de esperma

Foram preparados e analisados esfregaços da glândula oviducal de vinte e cinco fêmeas maduras, sendo que em nenhum deles foram encontrados espermatozóides. Três esfregaços da vesícula seminal de machos ativos foram preparados e analisados. A morfologia dos espermatozóides pode ser visualizada na figura 4.11.

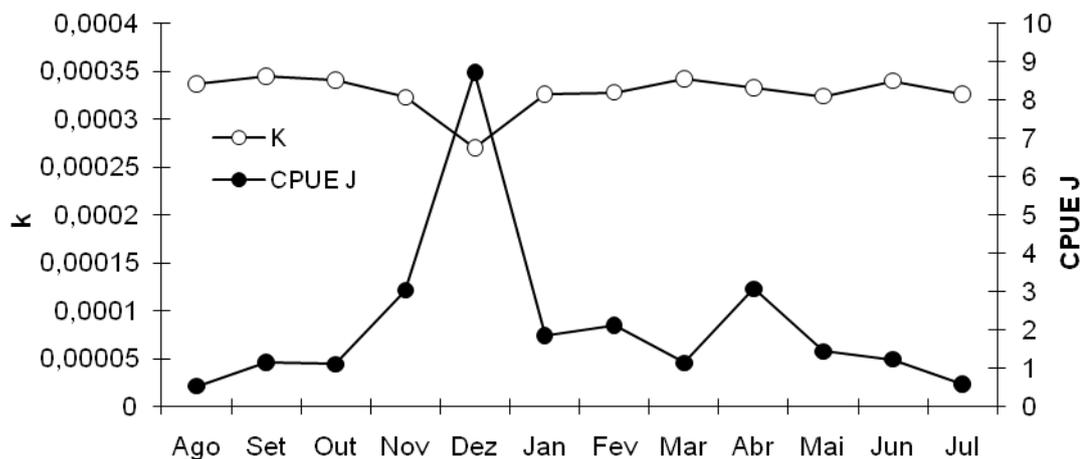


Figura 4.9. Valores médios mensais do fator de condição alométrico obtido para os jovens de *Gymnura micrura* capturada na região de Caiçara do Norte (RN) entre agosto de 2007 e julho de 2008 e as respectivas CPUEs mensais.

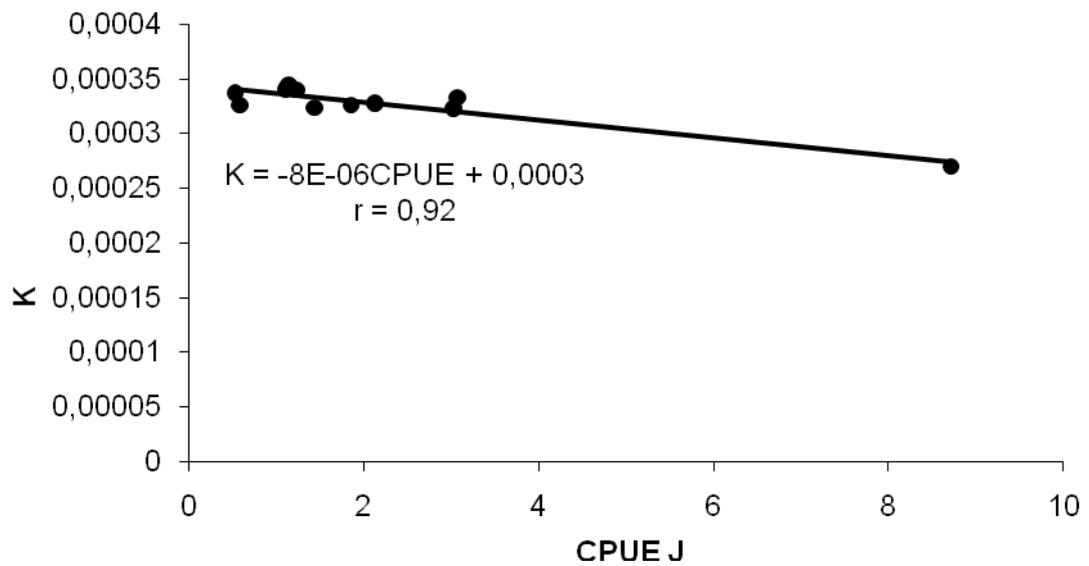


Figura 4.10. Diagrama de dispersão entre o fator de condição mensal dos jovens de *Gymnura micrura* capturada na região de Caiçara do Norte (RN) entre agosto de 2007 e julho de 2008 e a respectiva abundância relativa (CPUE).



Figura 4.11. Espermatozóide de *Gymnura micrura*.

Ciclo reprodutivo

Os machos apresentam os dois testículos funcionais, contudo o testículo esquerdo é maior e apresenta um maior número de lóbulos. Embora as fêmeas apresentem os dois ovários, ovócitos foram observados somente na gônada esquerda; à exceção de ovários com folículos com diâmetro menor que 2,5 mm, os ovários apresentaram dois a quatro grupos de ovócitos diferenciados pelo diâmetro. Os dois úteros são presentes e funcionais, cada um terminando em uma vagina que desemboca na cloaca.

A tabela 4.9 apresenta informações reprodutivas referentes às fêmeas adultas e às fêmeas que estão próximas da primeira ovulação (subadultas com atividade vitelogênica nos ovários). Dados obtidos por Yokota & Lessa (2007) na mesma região também foram incluídos nesta tabela. Uma parte das fêmeas adultas (grupo 1 - 52 %) apresentou a vitelogênese concomitante à gestação, com os folículos crescendo conforme o desenvolvimento dos embriões (teste de significância de correlação; $r = 0,89$; $p < 0,01$) (figura 4.12) e formando um grupo de folículos maduros prontos para serem ovulados logo após o parto. Outra parte das fêmeas (grupo 2 - 48 %), contudo, não apresentou a vitelogênese concomitante à gestação, apresentando somente uma das atividades (ovariana ou uterina) ou nenhuma das atividades (descanso).

Para ilustrar as informações apresentadas na tabela 8 foram construídas as figuras 4.13 e 4.14. A figura 4.13 representa a ocorrência mensal das categorias de fêmeas adultas (incluiu-se também subadultas vitelogênicas) relacionadas ao diâmetro do maior folículo ovariano (DMO), enquanto a figura 4.14 relaciona a ocorrência mensal das fêmeas adultas ao tamanho médio do conteúdo uterino (ovos e embriões). Para retirar um possível efeito da variação interanual, foram construídas as figuras 4.13b e 4.14b, considerando apenas os dados obtidos sequencialmente no período de agosto de 2007 a julho de 2008. Estas figuras apresentaram o mesmo padrão observado quando se agregaram à análise dados obtidos em setembro e outubro de 2004, abril e maio de 2005 e dados publicados por Yokota & Lessa (2007) (Figuras 4.13a e 4.14a), ou seja, não é observada nenhuma tendência no crescimento sazonal dos folículos vitelogênicos e embriões ao longo do ano, além de ser observada uma grande variabilidade destas variáveis dentro dos meses.

Tabela 4.9. Condições reprodutivas de fêmeas subadultas vitelogênicas e fêmeas adultas de *Gymnura micrura* capturada na região de Caiçara do Norte (RN). vitel. = vitelogênica; PE = presente estudo; YL = Yokota & Lessa 2007. O número entre parênteses indica o grupo (atividade vitelogênica concomitante à gestação ou não – ver texto) que a fêmea pertence (só para adultas). As medidas estão em milímetros.

M	Data	LD F	Atividade Ovariana	DMO	Conteúdo Uterino	Amplitude Tamanho	Categoria Fêmea	Fonte
F15	2/8/07	361	vitelogênese	4	vazio	-	subadulta vitel.	PE
11	6/8/03	360	vitelogênese	5	vazio	-	subadulta vitel.	YL
12	20/8/04	455	vitelogênese	4	embrião	12 - 16	grávida vitel.	YL(1)
13	20/8/04	394	vitelogênese	13	embrião	23	grávida vitel.	YL(1)
14	20/8/04	533	vitelogênese	7	embrião	53 - 63	grávida vitel.	YL(1)
15	20/8/04	490	vitelogênese	9	embrião	75 - 79	grávida vitel.	YL(1)
16	20/8/04	596	vitelogênese	10	embrião	83	grávida vitel.	YL(1)
17	20/8/04	500	vitelogênese	12	embrião	108 - 112	grávida vitel.	YL(1)
18	20/8/04	610	vitelogênese	4	vazio	-	post partum vitel.	YL(2)
F1	21/8/07	364	vitelogênese	7	vazio	-	subadulta vitel.	PE
F3	22/8/07	461	vitelogênese	16,4	vazio	-	ativa	PE(2)
F5	22/8/07	357	vitelogênese	2,6	vazio	-	subadulta vitel.	PE
F7	23/8/07	401	vitelogênese	9,5	vazio	-	subadulta vitel.	PE
F9	24/8/07	406	vitelogênese	14,6	vazio	-	ativa	PE(2)
F10	24/8/07	379	vitelogênese	11,2	vazio	-	subadulta vitel.	PE
F21	3/9/07	359	vitelogênese	3,8	vazio	-	subadulta vitel.	PE
F22	7/9/07	419	vitelogênese	6,4	vazio	-	adulta vitel.	PE(2)
F23	8/9/07	447	vitelogênese	15,6	vazio	-	ativa	PE(2)
F24	8/9/07	407	vitelogênese	6,3	vazio	-	subadulta vitel.	PE
R16	10/9/04	425	vitelogênese	14	vazio	-	ativa	PE(2)
R19	10/9/04	422	vitelogênese	4	ovo/embrião	20	grávida vitel.	PE(1)
R22	10/9/04	347	vitelogênese	4	vazio	-	subadulta vitel.	PE
R41	10/9/04	404	vitelogênese	13	vazio	-	subadulta vitel.	PE
F25	11/9/07	344	vitelogênese	4,8	vazio	-	subadulta vitel.	PE
F26	12/9/07	452	vitelogênese	5	ovo/embrião	20,2 – 26,1	grávida vitelogênica	PE(1)
F29	13/9/07	560	vitelogênese	13	embrião	112 - 118	grávida vitelogênica	PE(1)
F30	13/9/07	362	vitelogênese	8,2	vazio	-	subadulta vitel.	PE
19	26/9/03	528	vitelogênese	6	vazio	-	adulta vitel.	YL(2)
20	14/10/04	467	vitelogênese	17	ovo	17	grávida ativa	YL(1)
R34	14/10/04	434	vitelogênese	17	vazio	-	ativa	PE(2)
F39	24/10/07	425	vitelogênese	4,9	ovo	20,9	grávida vitel.	PE(1)
F41	25/10/07	598	vitelogênese	14,4	embrião	157 - 171	grávida termo ativa	PE(1)
F42	26/10/07	489	vitelogênese	4	vazio	-	adulta vitel.	PE(2)
F45	31/10/07	599	vitelogênese	15	vazio	-	post partum ativa	PE(1)
F47	6/11/07	376	vitelogênese	3,5	vazio	-	subadulta vitel.	PE
F53	19/11/07	526	vitelogênese	14,2	vazio	-	post partum ativa	PE(1)
F55	22/11/07	629	vitelogênese	4,3	vazio	-	post partum descanso	PE(2)
F65	26/1/08	568	vitelogênese	15	vazio	-	post partum ativa	PE(1)
F66	27/1/08	618	vitelogênese	15,5	embrião	158 -170	grávida termo ativa	PE(1)
F73	14/2/08	502	vitelogênese	13,1	vazio	-	adulta vitel.	PE(2)

Cont. Tabela 4.9. Condições reprodutivas de fêmeas subadultas vitelogênicas e fêmeas adultas de *Gymnura micrura* capturada na região de Caiçara do Norte (RN). vitel. = vitelogênica; PE = presente estudo; YL = Yokota & Lessa 2007. O número entre parênteses indica o grupo (atividade vitelogênica concomitante à gestação ou não – ver texto) que a fêmea pertence (só para adultas). As medidas estão em milímetros.

M	Data	LD F	Atividade Ovariana	DMO	Conteúdo Uterino	Amplitude Tamanho	Categoria Fêmea	Fonte
F78	19/3/08	583	vitelogênese	15,5	embrião	168 - 175	grávida termo ativa	PE(1)
F79	19/3/08	547	vitelogênese	14,4	embrião	168 - 172	grávida termo ativa	PE(1)
F91	15/4/08	479	vitelogênese	12,8	embrião	141 - 145	grávida termo vitel.	PE(1)
F94	17/4/08	365	vitelogênese	5,9	vazio	-	subadulta vitel.	PE
1	22/4/04	550	descanso	-	vazio	-	descanso	YL(2)
2	30/4/04	575	vitelogênese	15	embrião	157 - 174	grávida termo ativa	YL(1)
R89	4/5/05	530	vitelogênese	17	vazio	-	ativa	PE(2)
F98	21/5/08	581	vitelogênese	13,1	vazio	-	adulta vitel.	PE(2)
F106	22/5/08	462	vitelogênese	13	vazio	-	adulta vitel.	PE(2)
F105	22/5/08	496	vitelogênese	11,7	vazio	-	adulta vitel.	PE(2)
3	29/5/04	500	vitelogênese	7	vazio	-	adulta vitel.	YL(2)
F110	29/5/08	392	vitelogênese	5,2	vazio	-	subadulta vitel.	PE
F111	29/5/08	369	vitelogênese	4	vazio	-	subadulta vitel.	PE
FM268	1/6/08	382	vitelogênese	4	vazio	-	subadulta vitel.	PE
F112	2/6/08	516	vitelogênese	3	ovo	30	grávida vitel.	PE(1)
F114	10/6/08	374	vitelogênese	6,4	vazio	-	subadulta vitel.	PE
F123	13/6/08	473	vitelogênese	14	embriões	158	grávida termo ativa	PE(1)
4	18/6/04	545	vitelogênese	4	vazio	-	adulta vitel.	YL(2)
5	18/6/04	660	vitelogênese	5	vazio	-	adulta vitel.	YL(2)
F124	19/6/08	395	vitelogênese	5,6	vazio	-	subadulta vitel.	PE
F125	20/6/08	511	vitelogênese	16	vazio	-	ativa	PE(2)
FM356	3/7/08	380	vitelogênese	6	vazio	-	subadulta vitel.	PE
FM353	4/7/08	353	vitelogênese	3	vazio	-	subadulta vitel.	PE
FM354	4/7/08	370	vitelogênese	6	vazio	-	subadulta vitel.	PE
10	13/7/04	614	descanso	-	embrião	107 - 110	grávida em descanso	YL(2)
7	16/7/04	410	vitelogênese	9	vazio	-	subadulta vitel.	YL
9	16/7/04	624	vitelogênese	7	ovo	-	grávida vitelogênia	YL(1)
6	17/7/04	375	vitelogênese	2,5	vazio	-	subadulta vitel.	YL
8	17/7/05	405	vitelogênese	13	vazio	-	subadulta vitel.	YL

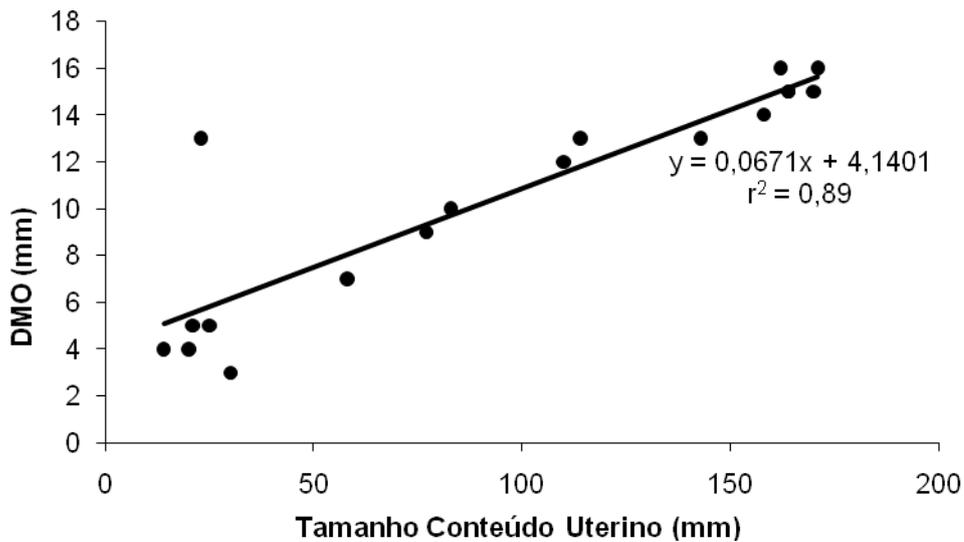


Figura 4.12. Relação entre o tamanho médio do conteúdo uterino e o diâmetro do maior folículo ovariano (DMO) de *Gymnura micrura* capturada na região de Caiçara do Norte (RN).

Indivíduos dentro da amplitude de tamanho de nascimento estimada (135 – 175 mm) ocorreram praticamente em todos os meses, sendo a única exceção o mês de julho (tabela 4.10). Quatro indivíduos com tamanhos superiores a esta amplitude de largura (176, 182, 192 e 194 mm) apresentaram o intestino com vitelo, sendo também incluídos nesta análise. Considerando-se apenas exemplares que foram analisados de forma mais cuidadosa e comprovadamente foram neonatos, por apresentaram características diagnósticas, como a presença de vitelo no intestino ou resquícios do saco viteliníco externo, contabilizou-se 23 indivíduos distribuídos em nove meses do ano: janeiro (1), fevereiro (4), março (2), abril (1), maio (2), junho (3), setembro (3), outubro (3) e novembro (4).

A tabela 4.11 mostra a frequência dos machos adultos amostrados. Nesta tabela foram considerados somente os machos nos quais se realizou a análise da vesícula seminal para verificar a presença ou ausência de esperma. Machos ativos não ocorreram somente nos meses de outubro, novembro, dezembro e março. O índice gonadossomático (IGS) calculado para os machos adultos não apresentou nenhum padrão ou tendência ao longo do ano (figura 4.15).

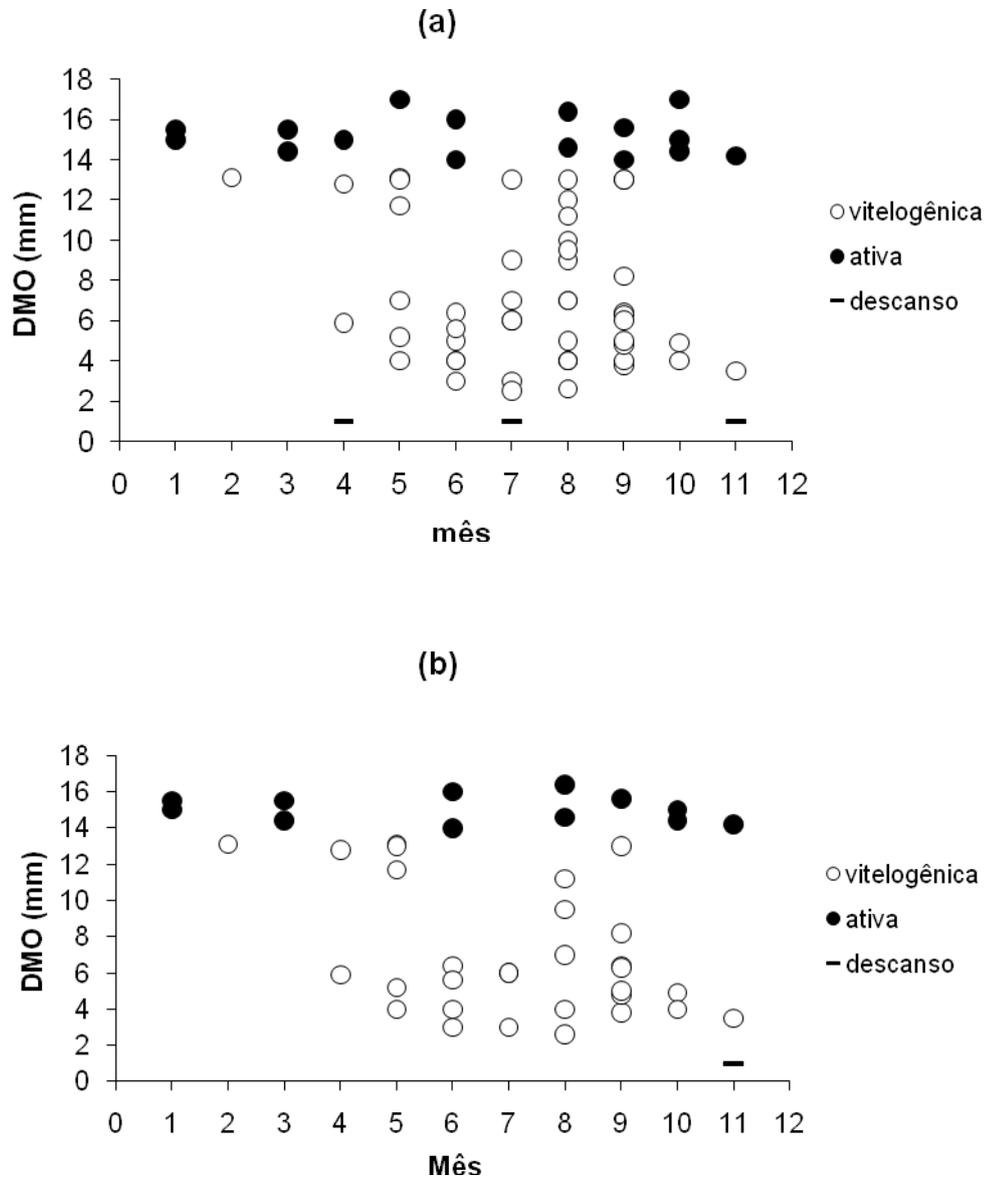


Figura 4.13. Ocorrência mensal das categorias de fêmeas adultas (incluiu-se também subadultas vitelogênicas) de *Gymnura micrura* relacionadas ao diâmetro do maior folículo ovariano (DMO). (a) agregando dados obtidos entre agosto de 2007 e julho de 2008, setembro e outubro de 2004, abril e maio de 2005 e dados publicados por Yokota & Lessa (2007); (b) considerando apenas os dados obtidos entre agosto de 2007 e julho de 2008.

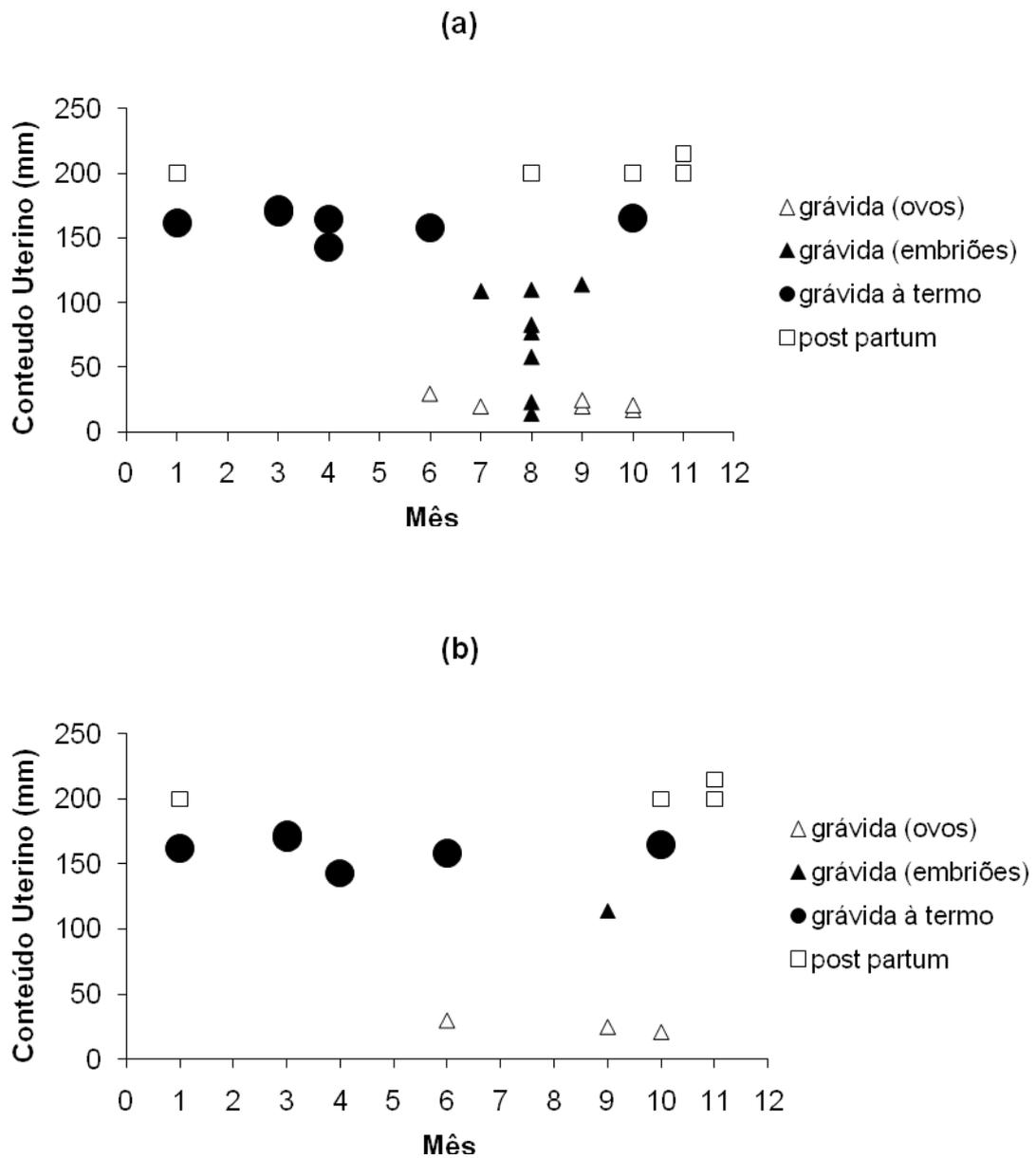


Figura 4.14. Ocorrência mensal das categorias de fêmeas adultas de *Gymnura micrura* relacionadas ao tamanho médio de seu conteúdo uterino (ovos e embriões). (a) agregando dados obtidos entre agosto de 2007 e julho de 2008, setembro e outubro de 2004, abril e maio de 2005 e dados publicados por Yokota & Lessa (2007); (b) considerando apenas os dados obtidos entre agosto de 2007 e julho de 2008.

Tabela 4.10. Ocorrência mensal de indivíduos dentro da amplitude de tamanho de nascimento estimada (135 - 175 mm LD) de *Gymnura micrura* capturada na região de Caiçara do Norte (RN) entre agosto de 2007 e julho de 2008. Incluídos quatro exemplares que, embora maiores que o tamanho de nascimento estimado, apresentaram características de neonatos.

Mês	n	Tamanho médio (LD; mm)
ago	1	174
set	7	162 ± 13,2
out	8	169 ± 10,9
nov	29	168 ± 7,6
dez	13	170 ± 4,5
jan	7	170 ± 4,6
fev	7	162 ± 8,8
mar	6	174 ± 11,7
abr	7	172 ± 2,9
mai	5	162 ± 12,3
jun	7	173 ± 10,8
jul	0	-

Tabela 4.11. Ocorrência mensal das categorias de macho adulto de *Gymnura micrura* capturada na região de Caiçara do Norte (RN) no período de agosto de 2007 a julho de 2008. Foram considerados apenas os machos nos quais se realizou a análise da vesícula seminal para verificar a presença ou ausência de esperma.

Mês	Machos não ativos	Machos ativos	Total
ago	1	5	6
set	1	4	5
out	0	0	0
nov	0	0	0
dez	0	0	0
jan	0	2	2
fev	0	1	1
mar	0	0	0
abr	1	1	2
mai	7	9	16
jun	2	2	4
jul	0	2	2
Total	12	26	38

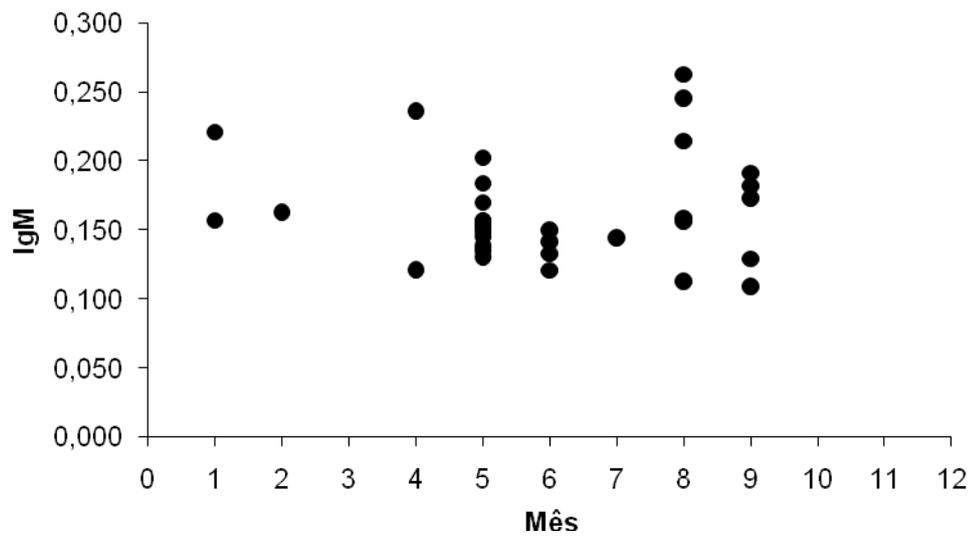


Figura 4.15. Variação do índice gonadossomático dos machos adultos (IgM) de *Gymnura micrura*, capturada na região de Caiçara do Norte (RN) entre agosto de 2007 e julho de 2008, ao longo do ano. Cada ponto representa um valor individual.

4.3 DISCUSSÃO

Variações sutis de maré, temperatura da água, disponibilidade de alimentos, entre outros, podem ter sido responsáveis pelas flutuações de CPUE observadas no período amostral, ainda mais pela área de atuação da pesca ser restrita (até 10 m de profundidade). De qualquer forma, todos os estádios de vida foram presentes na área de estudo ao longo do ano, o que nos leva a crer que a população não realize grandes deslocamentos. Migrações são comumente observadas em populações de raias, sendo a temperatura da água sugerida como um dos principais fatores governando esses deslocamentos (e.g. SNELSON et al. 1988; GRAY et al. 1997; BABEL, 1967; HOPKINS & CECH, 2003). Caiçara do Norte, por estar localizada na zona tropical (5°S), apresenta variações interanuais de temperatura mínimas, o que permitiria a permanência das raias na região o ano todo. Além do mais, a espécie em questão, trata-se de uma raia bentônica de natação pouco ativa, e, portanto, com baixo poder de dispersão.

A grande abundância de indivíduos jovens amostrados relaciona-se ao fato da região se tratar de uma importante área de berçário para várias espécies de elasmobrânquios (YOKOTA & LESSA, 2006). A menor participação relativa de subadultos e adultos nas capturas provavelmente está relacionada a uma ocupação diferenciada da área, com os indivíduos maiores tendendo a ocupar águas mais profundas (figura 6). Como as pescarias acompanhadas atuam em águas rasas (até 10 m de profundidade) há uma menor captura relativa de indivíduos adultos, que ocorreriam mais abundantemente em maiores profundidades. Entre os elasmobrânquios existe uma tendência geral à segregação por tamanho e sexo (SPRINGER, 1967).

Fêmeas jovens foram significativamente mais numerosas que machos jovens. A igualdade na proporção sexual dos embriões e de indivíduos com LD dentro da amplitude de tamanho de nascimento praticamente descarta a possibilidade de nascerem mais fêmeas que machos. Babel (1967) e Capapé et al. (1992) estudando *Urolophus halleri* e *Gymnura altavela*, respectivamente, também encontraram proporções sexuais a favor das fêmeas entre os jovens e sugeriram que essas diferenças seriam em função de uma maior mortalidade entre os machos jovens. Essa hipótese não pode ser descartada, porém, o fator de condição, que mede o estado de bem estar do peixe, não diferiu significativamente entre machos e fêmeas jovens, quando teoricamente seria esperado que as fêmeas apresentassem uma condição melhor, caso esta hipótese fosse verdadeira. Além do mais, houve uma igualdade na

proporção sexual de subadultos, quando se esperaria que esta se mantivesse a favor das fêmeas, já que os machos apresentariam uma maior taxa de mortalidade.

Outra possibilidade seria uma leve tendência à segregação sexual entre os jovens por profundidade. Raias capturadas pelo arrasto de praia em águas mais rasas apresentaram proporções sexuais similares à da amostra total, com fêmeas jovens mais numerosas que machos jovens, enquanto o arrasto de portas não apresentou diferenças na proporção sexual dos jovens, o que poderia ser considerado um indício de distribuição desigual por profundidade entre os jovens. É claro que essa distribuição seria em menor escala que a distribuição desigual por profundidade entre jovens e adultos, sendo que os adultos estariam em águas mais profundas que machos jovens. Os autores acham que essa última hipótese seria a verdadeira, a tendência à ocupação diferencial da área pelos jovens poderia reduzir os níveis de competição por recursos.

Machos adultos foram mais numerosos que fêmeas adultas, porém, essa desigualdade na proporção sexual deve-se principalmente à grande captura de machos adultos pelo arrasto de praia nos meses de maio e junho, que foi acompanhada também de uma grande captura de subadultos de ambos os sexos (tabela 4.1, figura 4.2). Esse aumento na captura de subadultos e machos adultos deve estar relacionado à alimentação, já que nestes meses foi observado um substancial aumento na captura de peixes e invertebrados (observação pessoal), que pode ter atraído as raias. Mas por que não foi observado também um aumento na captura de fêmeas adultas?

Arrastos tendem a subestimar a abundância de estádios de vida maiores (YOKLAVICH et al. 1991). As fêmeas adultas, por serem relativamente grandes, talvez escapem com maior facilidade da rede, em função da relação positiva entre tamanho do corpo e velocidade de natação (MARSHALL, 1971 apud WOURMS, 1977, WEBB & KEYES, 1982). Outra suposição seria uma possível diferença em relação aos hábitos alimentares entre os sexos nesta fase de vida, contudo essa hipótese é descartada visto que a dieta não apresentou diferenças entre os sexos (ver capítulo de dieta).

No estudo da maturidade utilizou-se um critério diferente do utilizado por Yokota & Lessa (2007), o que explica as diferenças nos tamanhos de primeira maturação e maturação observadas entre os dois estudos. Acredita-se que o presente estudo foi mais criterioso e preciso na estimativa destes parâmetros. O tamanho de maturação dos machos foi estimado entre 227 – 277 mm LD e o tamanho de primeira maturação estimado em 275 mm LD, enquanto que para as fêmeas o tamanho de maturação foi estimado entre 305 mm – 407 mm

LD e o tamanho de primeira maturação estimado em 410 mm LD. O tamanho de nascimento foi estimado entre 135 – 175 mm LD.

As notáveis diferenças em relação aos parâmetros reprodutivos estimados para os indivíduos do Brasil e indivíduos do Atlântico Norte se mantêm (ver introdução), porém, a comparação taxonômica entre os exemplares das duas regiões indicou se tratar da mesma espécie. Os parâmetros reprodutivos (como tamanho máximo, de maturação e de nascimento) podem variar intra-especificamente em função de diferenças latitudinais e conseqüentes diferenças nas condições ambientais, sendo que indivíduos de latitudes maiores tendem a serem maiores (PARSONS, 1993; ATKINSON, 1994). As diferenças em relação a estes parâmetros são notáveis principalmente quando comparadas aos exemplares capturados próximos ao limite norte de sua distribuição, sendo observada, portanto uma grande diferença latitudinal em relação à área de estudo, o que justificaria as diferenças de tamanho observadas.

Fêmeas atingem maiores larguras, bem como maturam com tamanhos superiores aos machos, o que provavelmente se relaciona às estratégias reprodutivas empregadas pelos elasmobrânquios vivíparos (CORTÉS, 2000). Teoricamente, quanto maior a fêmea, maior o número de embriões e/ou maiores os embriões que a mesma pode acomodar, enquanto os machos investiriam no crescimento para atingir a maturidade com tamanhos menores. De fato a fecundidade uterina apresentou uma correlação positiva altamente significativa com o tamanho das fêmeas, porém o número de fêmeas a termo não foi alto o suficiente para se verificar de forma confiável a existência de uma correlação entre o tamanho dos embriões e o tamanho da fêmea. O fato dos embriões permanecerem no útero ‘enrolados’ uns sobre os outros, com as nadadeiras peitorais envolvendo o corpo (BIGELOW & SCHROEDER, 1953; observação pessoal) ajuda na otimização da utilização do espaço intra-uterino (GUDGER, 1951).

Machos e fêmeas alcançaram o tamanho de primeira maturação com 79 e 59 % do tamanho máximo estimado (LD máximo observado / 0,95), o que está de acordo com a suposição de Holden (1974), que diz que os elasmobrânquios maturam com 60 a 90 % do seu tamanho máximo. Essa grande diferença entre os sexos, com os machos atingindo a maturidade com uma porcentagem bem maior do tamanho máximo, pode indicar que após a maturação, os machos diminuem o crescimento de forma razoável, redirecionando a energia principalmente para as atividades reprodutivas como produção de gametas e sucesso na atividade sexual (SPRINGER, 1967; PRATT & CARRIER, 2001), enquanto que para as

fêmeas continua sendo interessante investir uma parte da energia no crescimento, vista a relação positiva entre o tamanho e a fecundidade.

Em elasmobrânquios, embora os ovários e ovidutos comecem a se desenvolver como estruturas pareadas, eles freqüentemente se tornam assimétricos nos adultos. Entre as raias vivíparas o ovário e útero direito sofrem vários graus de redução ou perda (WOURMS, 1977). *Gymnura micrura* é caracterizada por um ovário funcional (o esquerdo) e dois úteros funcionais, como tem sido observado nesta espécie e em outras espécies do gênero (BIGELOW & SCHROEDER, 1953; DAIBER & BOOTH, 1960; CAPAPÉ et al., 1992; VILLAVICENCIO-GARAYZAR, 1993).

Os valores do BQD e do ganho em peso do embrião durante seu desenvolvimento foram extremamente superiores aos calculados para espécies ovíparas e vivíparas vitelínicas, chegando ainda a superar o ganho calculado para espécies vivíparas placentárias (tabela 4.12). Esses altos valores são característicos de espécies vivíparas histotróficas lipídicas, sendo conseqüência da liberação de substâncias altamente nutritivas (o 'leite uterino') por estruturas especializadas da mucosa uterina (trofonemas) que auxiliam na nutrição dos embriões (WOOD-MASON & ALCOCK, 1891; MUSICK & ELLIS, 2005). Em relação às outras raias vivíparas histotróficas lipídicas, *Gymnura micrura* apresentou valores compatíveis. O ganho em peso do embrião de *Charcharias taurus* foi o maior observado, evidenciando a adelfofagia como o modo de nutrição mais eficiente (WOURMS, 1981).

Informações sobre ciclos reprodutivos de *Gymnura* são poucas na literatura. Segundo Bigelow & Schroeder (1953), a população de *G. micrura* que visita a costa norte oriental dos Estados Unidos é conhecida por produzir jovens a partir do fim de maio até o começo de agosto. A duração da gestação seria desconhecida. Os autores ainda comentam que nas regiões tropicais, onde a temperatura da água varia pouco entre as estações do ano, neonatos poderiam ser esperados durante o ano todo. Daiber & Booth (1960), também trabalhando na costa leste americana, sugerem que o parto de *G. micrura* ocorreria no fim do verão e a gestação seria de poucos meses, enquanto *G. altavela* apresentaria um parto no final do inverno e outro no começo do verão; essas sugestões, porém, não são conclusivas, já que a amostragem ficou restrita a poucos meses do ano e o número amostral foi baixo. Capapé et al. (1992) propuseram uma gestação em torno de quatro meses para *G. altavela* da costa da Tunísia, com o parto ocorrendo no final do verão. Villavicencio-Garayzar (1993), trabalhando com *G. marmorata* da Baixa Califórnia, concluiu que as fêmeas se aproximam da costa no verão para o parto, cópula e fecundação, desaparecendo da área de estudo em seguida,

Tabela 4.12. Valores do BQD e da porcentagem do ganho em peso seco do embrião preste a nascer em relação ao ovo (ou folículo ovariano maduro) para espécies de elasmobrânquios apresentando diferentes modos de desenvolvimento embrionário. Valores em negrito foram calculados pelo próprio autor utilizando-se dados fornecidos na literatura consultada. A classificação dos modos de reprodução segue Musick & Ellis (2005). Viviparidade vitelínica = ‘yolk-sac viviparity’.

Espécie	BQD	Ganho em peso (%)	Modo de reprodução	Referência
<i>Scyliorhinus</i>	0,8	-21	oviparidade	Ranzi 1932
<i>Squatina</i>	0,5	-	viviparidade vitelínica	Capapé et al 1990
<i>Centrophorus</i>	0,5	-54	viviparidade vitelínica	Needham 1942, Ranzi 1932
<i>Torpedo</i>	0,8	-34	viviparidade vitelínica	Amoroso 1960, Ranzi 1932
<i>Squalus acanthias</i>	0,6	-40	viviparidade vitelínica	Ranzi 1934
<i>Dasyatis centroura</i>	15	1483	viviparidade histotrófica lipídica	Capapé 1993
<i>Gymnura micrura</i>	18,9	1792	viviparidade histotrófica lipídica	Presente Estudo
<i>Gymnura micrura</i>	50	5000	viviparidade histotrófica lipídica	Ranzi 1934
<i>Dasyatis marmorata</i>	25,6	2463	viviparidade histotrófica lipídica	Capapé & Zaouali 1995
<i>Gymnura altavela</i>	30,6	2960	viviparidade histotrófica lipídica	Capapé et al 1992
<i>Pteromylaeus bovinus</i>	31,1	3120	viviparidade histotrófica lipídica	Seck et al 2002, Ranzi 1934
<i>Dasyatis violacea</i>	17,8	1680	viviparidade histotrófica lipídica	Ranzi 1934
<i>Prionace glauca</i>	9,4	840	viviparidade placentária	Ranzi 1934
<i>Mustelus laevis</i>	11,4	1000	viviparidade placentária	Ranzi 1934
<i>Carcharias taurus</i>	11808	1200000	adelfofagia	Stribling et al 1980

permanecendo apenas os jovens e machos adultos. Todos estes trabalhos foram realizados em regiões de clima subtropical ou temperado.

Dentro da Zona Tropical, James (1965) propõe que a população de *G. poecilura* da Índia (Golfo de Mannar e Palk Bay) parece se reproduzir o ano inteiro, enquanto Raje (2003) faz a mesma observação para a *G. micrura* (provavelmente trata-se de outra espécie) de Mumbai (Índia), após observar a presença de neonatos, fêmeas maduras, grávidas e pós-parto durante a maior parte do ano. Yokota & Lessa (2007), trabalhando na mesma região do presente estudo, levantaram alguns aspectos da reprodução de *Gymnura micrura*, propondo que o ciclo reprodutivo mais provável seria uma reprodução ocorrendo o ano inteiro. Embora o ciclo reprodutivo possa ser elucidado de forma indubitável somente após uma análise de dados oriundos de dois ou mais anos consecutivos de amostragem, as seguintes observações reforçam a idéia de que na região estudada a espécie se reproduz durante o ano inteiro sem qualquer sincronismo em nível populacional:

1. Ausência de um padrão de crescimento sazonal dos folículos vitelogênicos, embriões e IGS dos machos adultos ao longo do ano.
2. Grande variabilidade do tamanho dos folículos vitelogênicos e embriões dentro dos meses.
3. Ausência de um padrão de ocorrência de machos ativos e fêmeas ativas, a termo e *post partum* ao longo do ano.
4. Captura de indivíduos dentro da amplitude de nascimento e indivíduos comprovadamente neonatos durante praticamente o ano todo.

O fator de condição, que mede o estado de bem estar do peixe, foi inversamente proporcional à abundância relativa (estimada pela CPUE), indicando que nos meses de maior abundância a competição por alimentos aumentou, o que significa que o aumento da abundância de jovens não está relacionada a uma melhora das condições para o desenvolvimento dos mesmos. A princípio, esta relação inversa entre abundância de raias e fator de condição sugere que as condições para o desenvolvimento dos jovens foram similares no período amostrado, sendo assim uma distribuição mais ampla de nascimentos ao longo do

ano reduziria a competição entre os mesmos, tornando o ciclo reprodutivo proposto uma estratégia reprodutiva ainda mais vantajosa para a espécie.

A ocorrência de um grupo de fêmeas adultas com atividade vitelogênica concomitante à gestação e outro grupo apresentando somente atividade ovariana ou uterina, indica a existência de um período de descanso reprodutivo para as fêmeas, permitindo a reconstituição das reservas energéticas. A não observação de esperma na glândula oviducal das fêmeas adultas indica que não ocorre armazenamento de esperma nesta espécie, o que é coerente ao ciclo reprodutivo proposto. Pode-se concluir também que a fecundação dos ovócitos não ocorre na glândula oviducal, devendo ocorrer provavelmente no oviduto superior (PRATT & CARRIER, 2001). Já a ocorrência de machos não ativos, pode ser também um indicativo da existência de um período de descanso para os machos, ou simplesmente serem machos que acabaram de copular e, portanto, esgotaram suas reservas de esperma.

Populações de peixes que habitam a Zona Tropical tendem a exibir estações reprodutivas prolongadas, mais que uma estação reprodutiva por ano ou mesmo reprodução durante o ano inteiro (NIKOLSKII, 1969). Isso ocorre devido principalmente às menores variações sazonais nas condições ambientais ao longo do ano, sendo a temperatura da água um dos principais fatores. Esta maior estabilidade nas condições ambientais reflete uma maior regularidade na disponibilidade de recursos alimentares para os jovens ao longo do ano (NIKOLSKII, 1969). Caiçara do Norte (5°S) localizada bem próxima à Linha do Equador, apresenta águas relativamente quentes o ano todo - temperatura anual média na superfície de 27°C, variando entre 26°C no inverno e 28°C no verão (WORLD OCEAN ATLAS, 2005) – o que permite uma reprodução contínua não sincronizada em nível populacional ao longo do ano.

A maior parte dos estudos envolvendo raias vivíparas foi realizada em regiões de clima subtropical ou temperado, onde as condições ambientais apresentam uma notável variação entre as estações do ano, sendo observados ciclos reprodutivos definidos, com estações de parto, cópula e fecundação definidas sazonalmente (e. g. DAIBER & BOOTH, 1960; BABEL, 1967; STRUHSACKER, 1969; LESSA, 1982; ROSSOUW, 1983; SMITH & MERRINER, 1986; MARTIN & CAILLIET, 1988; SNELSON et al., 1988; CAPAPÉ et al. 1992; VILLAVICENCIO-GARAYZAR 1993; ABDEL-AZIZ et al., 1993; CAPAPÉ, 1993; CAPAPÉ & ZAOUALI, 1994; FAHY et al., 2007; PIERCE et al. 2009)

Estudos envolvendo a biologia reprodutiva de espécies de raias de regiões tropicais são escassos. Thorson et al. (1983) e Charvet-Almeida et al. (2005) estudaram espécies de água

doce da região amazônica (família Potamotrygonidae), contudo essas raias apresentam o ciclo reprodutivo diretamente relacionado ao ciclo hidrológico da região. Seck et al. (2002) sugerem um ciclo reprodutivo definido para *Pteromylaeus bovinus* na costa do Senegal (14°N – 16°N), com o parto ocorrendo em setembro-outubro. Por outro lado, Raje (2003) propõe que *Pastinachus sephen* (como *Dasyatis sephen*) e *Himantura walga* poderiam reproduzir o ano inteiro na costa de Mumbai (Índia), enquanto Neer & Thompson (2005) encontraram estações de parto e cópula mais prolongadas para *Rhinoptera bonasus* do Golfo de México, relacionando-as às águas relativamente mais quentes da região. Yokota & Lessa (2007) trabalhando na mesma região do presente estudo, propõem ciclos reprodutivos envolvendo dois partos por ano para as raias *Dasyatis guttata* e *D. marianae*. Recentemente, White & Dharmadi (2007), trabalhando na Indonésia (que se situa na mesma faixa latitudinal da região de estudo) encontraram ciclos reprodutivos não definidos sazonalmente para *Dasyatis* cf. *kuhlii* (forma de Java), *D. zugei* e *H. walga*. Ciclos reprodutivos envolvendo reprodução durante o ano inteiro, estações reprodutivas prolongadas ou mais que uma estação reprodutiva por ano não devem ser incomuns entre os batóideos habitantes das regiões tropicais, sendo que uma intensificação dos estudos deve comprovar esta observação.

Entre as raias ovíparas ('skates') habitantes das Zonas Temperadas, espécies costeiras tendem a apresentar ciclos reprodutivos sazonais, enquanto espécies que habitam maiores profundidades podem depositar ovos o ano inteiro (HAMLETT & KOOB, 1999). Essa diferença no ciclo reprodutivo em função do habitat também vem sendo relacionada à maior estabilidade nas condições ambientais das águas mais fundas, que permitiria a deposição de ovos o todo ano (MABRAGAÑA et al. 2002; RUOCCO et al. 2006; COLLONELO et al. 2007).

A ausência de um padrão distinto de crescimento dos embriões ao longo do ano impede qualquer conclusão acerca do período de gestação e número de partos por ano. Embora períodos gestacionais entre 9 e 12 meses têm sido sugeridos para algumas espécies de raias vivíparas matrotóxicas (e. g. MARTIN & CAILLIET, 1988; STRUHSAKER, 1969; NEER & THOMPSON, 2005), períodos de gestação relativamente curtos, da ordem de 2 à 6 meses, parecem ser mais característicos destas (e. g. RANZI, 1932 e 1934; BABEL, 1967; WOURMS, 1977; THORSON et al. 1983; SMITH & MERRINER, 1986; SNELSON et al. 1988; CAPAPÉ, 1993; CAPAPÉ & ZAOUALI, 1995; SECK et al. 2002; FAHY et al. 2007; YOKOTA & LESSA, 2007). Ainda, tratando-se de uma região tropical, não seria de se esperar uma gestação muito longa, em função da relação positiva entre a temperatura da água

e o desenvolvimento embrionário (HARRIS, 1952; COLLENOT, 1966; ver também WALLMAN & BENNETT, 2006).

Assumindo um período gestacional relativamente curto (entre 2 e 6 meses) e a observação de fêmeas formando um grupo de folículos maduros prontos para serem ovulados e fecundados logo após o parto, acredita-se que possa ocorrer no mínimo dois partos ao longo do ano para as fêmeas que não estejam no período de descanso ovariano ou uterino, ou até mesmo mais, em função da observação de até quatro grupos de folículos vitelogênicos nos ovários.

5. PARTE III: DIETA

5.1 MATERIAL E MÉTODOS

Os estômagos foram abertos através de um corte longitudinal e o conteúdo alimentar pesado em balança eletrônica (pressão 0,01 g). O Índice de Repleção dos estômagos foi calculado como: (peso do conteúdo estomacal / peso total do indivíduo) x 100. O grau de digestão dos itens alimentares foi determinado segundo escala de Vaske et al. (2004): Não Digerido (ND); Começo Digestão (SD): perda de parte da pele e escamas; Digestão Avançada (AD): perda de nadadeiras e partes musculares; e Digestão Completa (CD): somente restos de músculos, otólitos, cristalinos, ossos.

Os itens alimentares foram identificados até o menor nível taxonômico possível com o auxílio de um microscópio estereoscópico. As referências utilizadas na identificação dos itens foram: Figueiredo & Menezes (1978, 1980, 2000), Menezes & Figueiredo (1980, 1985), Froese & Pauly (2008), Holthuis (1980) e Costa et al. (2003). Como muitos itens se encontravam em avançado estado de digestão, impedindo a identificação dos mesmos, uma pequena coleção de referência de otólitos *sagitta* foi organizada para auxiliar na identificação dos peixes. Esta coleção foi montada a partir dos otólitos provenientes dos itens que estavam em bom estado de conservação, e que, portanto, permitiram uma identificação taxonômica confiável.

Para a estimativa da importância dos itens alimentares na dieta de *Gymnura micrura* utilizou-se o Índice Alimentar (KAWAKAMI & VAZZOLER, 1980) modificado:

$$IA_1 = ((\% F_1 * \% N_1) / \Sigma (\% F_{1...n} * \% N_{1...n})) * 100.$$

Em que IA_1 representa o Índice Alimentar do item 1, $\% F_1$ (frequência de ocorrência do item alimentar 1) = número de estômagos contendo o item alimentar 1 / número total de estômagos contendo alimento, $\% N_1$ (frequência numérica do item alimentar 1 na dieta) = número do item alimentar 1 / número total de itens alimentares encontrados nos estômagos e n = número de itens alimentares.

Para o estudo da estratégia alimentar utilizada por *Gymnura micrura* (generalista ou especialista), estimativa da largura de nicho em nível individual e populacional e avaliação da importância das presas na dieta (dominante ou rara) os dados foram interpretados ecologicamente através do método gráfico de Costello (1990) modificado por Amundsen et al. (1996), que incorporaram à análise a Abundância Específica dos itens alimentares:

$$\%P_1 = (\sum N_1 / \sum N_{t1}) 100$$

Em que $\%P_1$ = abundância específica do item 1, N_1 = número do item 1 encontrado nos estômagos e N_{t1} = número total de itens alimentares encontrados somente nos estômagos que continham o item 1.

A abundância específica da presa é então plotada contra a frequência de ocorrência para a construção do gráfico utilizado na análise. A porcentagem de abundância, aumentando ao longo da diagonal do canto inferior esquerdo para o canto superior direito, fornece uma medida da importância da presa, com as presas dominantes no canto superior e as presas raras ou não importantes no canto inferior. O eixo vertical representa a estratégia alimentar do predador em termos de especialização ou generalização. Presas localizadas no canto superior esquerdo do diagrama seriam indicativas da especialização de predadores individuais, e aquelas no canto superior direito representariam a especialização da população de predadores, sendo representadas necessariamente por um ou poucos pontos, refletindo uma população com uma largura do nicho estreita. Para maiores detalhes sobre a interpretação do gráfico ver Amundsen et al. (1996).

Uma comparação da dieta entre estações do ano, sexo, estádios de vida e profundidade (arrasto de praia x arrasto de portas) foi realizada. Para tanto, o item 'restos não identificáveis' foi excluído das análises. Em função da dieta ser similar entre as estações primavera e verão, e devido ao menor volume de dados obtido neste período, optou-se por juntar essas duas estações nas análises. Para a análise do tamanho da presa em relação ao tamanho da raia (LD) foi considerado apenas o item (peixes) onde foi possível a obtenção do comprimento total (CT).

Os testes estatísticos utilizados são mencionados conforme sua aplicação. Quando as premissas de normalidade dos dados e/ou homogeneidade das variâncias não foram satisfeitas, optou-se pela aplicação dos testes não paramétricos correspondentes. O nível de significância considerado foi o de 5%.

5.2. RESULTADOS

Foram amostrados 286 estômagos de *Gymnura micrura*, dos quais 110 (38,5%) estavam completamente vazios e 176 (61,5%) apresentaram pelo menos algum resquício de alimento. Porém, se somarmos os estômagos completamente vazios àqueles que continham apenas presas em estágio final de digestão (digestão completa) obteremos um total de 191 estômagos (66,8%). Entre os estômagos contendo alimento, a maioria apresentou um ou dois itens alimentares (71% e 20% dos estômagos respectivamente), porém, estômagos contendo três (6,8%), quatro (1,1%) e cinco (1,1%) itens também foram observados. Nos estômagos o peixe sempre foi encontrado inteiro (no caso de presas não digeridas ou em começo de digestão) e com uma orientação inversa ao corpo da raia, ou seja, com a cabeça do peixe apontando para a cauda da raia.

O Índice de Repleção atingiu um valor máximo de 3,58%, porém valores compreendidos entre o intervalo 0% e 0,5% representaram 83,8% dos estômagos analisados (figura 5.1). O menor número amostral apresentado na figura 5.1 deve-se ao fato de que para alguns indivíduos não foi possível a obtenção do peso total ou peso do conteúdo, impedindo desta forma o cálculo do Índice de Repleção. A porcentagem do tamanho da presa em relação ao tamanho da raia variou de 11,1% a 29,6% (média \pm desvio padrão = $19,1 \pm 5,3$; $n = 15$). Não foi observada uma correlação significativa entre as duas variáveis (teste de significância de correlação de Pearson: $r = 0,21$) (figura 5.2). O menor exemplar apresentando item alimentar no estômago foi um neonato fêmea de 158 mm LD.

O Índice de Repleção não diferiu significativamente entre os estádios de vida (média \pm desvio padrão: jovem = $0,22 \pm 0,5$; subadulto = $0,21 \pm 0,55$; adulto = $0,32 \pm 0,51$) (Kruskal-Wallis: $H = 5,85$; $p = 0,054$) e sexo (média \pm desvio padrão: macho = $0,24 \pm 0,21$; fêmea = $0,23 \pm 0,3$) (Mann-Whitney: $U=7,7$; $p=0,56$), porém, diferiu significativamente entre as estações do ano (média \pm desvio padrão: primavera-verão = $0,17 \pm 0,45$; outono = $0,29 \pm 0,55$; inverno = $0,27 \pm 0,54$) (Kruskal-Wallis: $H=14,4$; $p=0,001$) (figura 5.3), com o período 'primavera-verão' apresentando um Índice de Repleção significativamente menor (primavera-verão / inverno: $p = 0,01$ e primavera-verão / outono: $p = 0,009$).

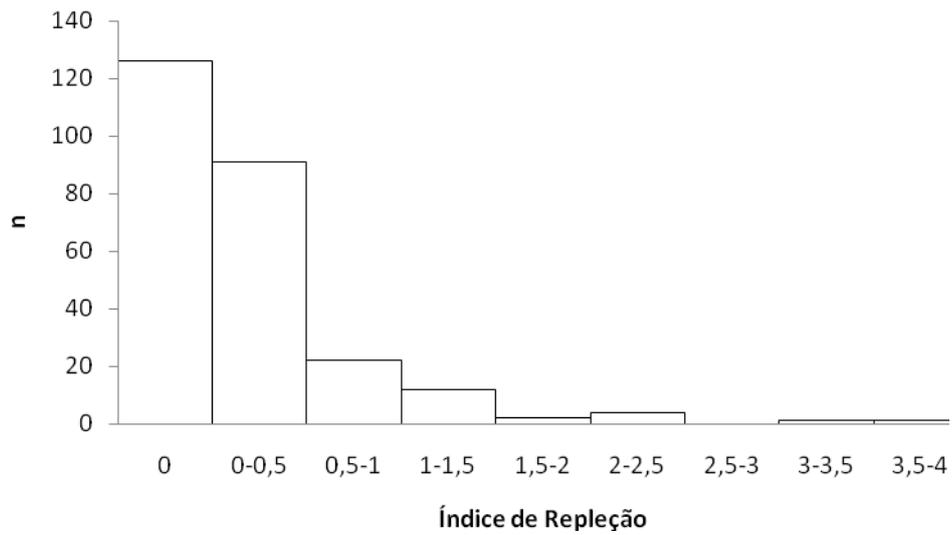


Figura 5.1. Frequência de ocorrência do Índice de Repleção calculado para os estômagos de *Gymnura micrura* capturada na região de Caiçara do Norte (RN) entre agosto de 2007 e julho de 2008.

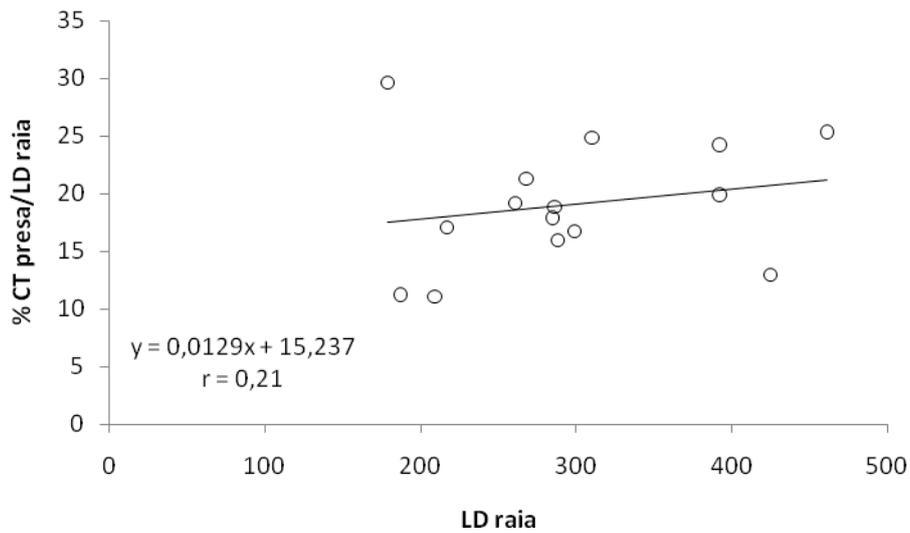


Figura 5.2. Porcentagem do tamanho da presa em relação ao tamanho de *Gymnura micrura* capturada na região de Caiçara do Norte (RN) entre agosto de 2007 e julho de 2008.

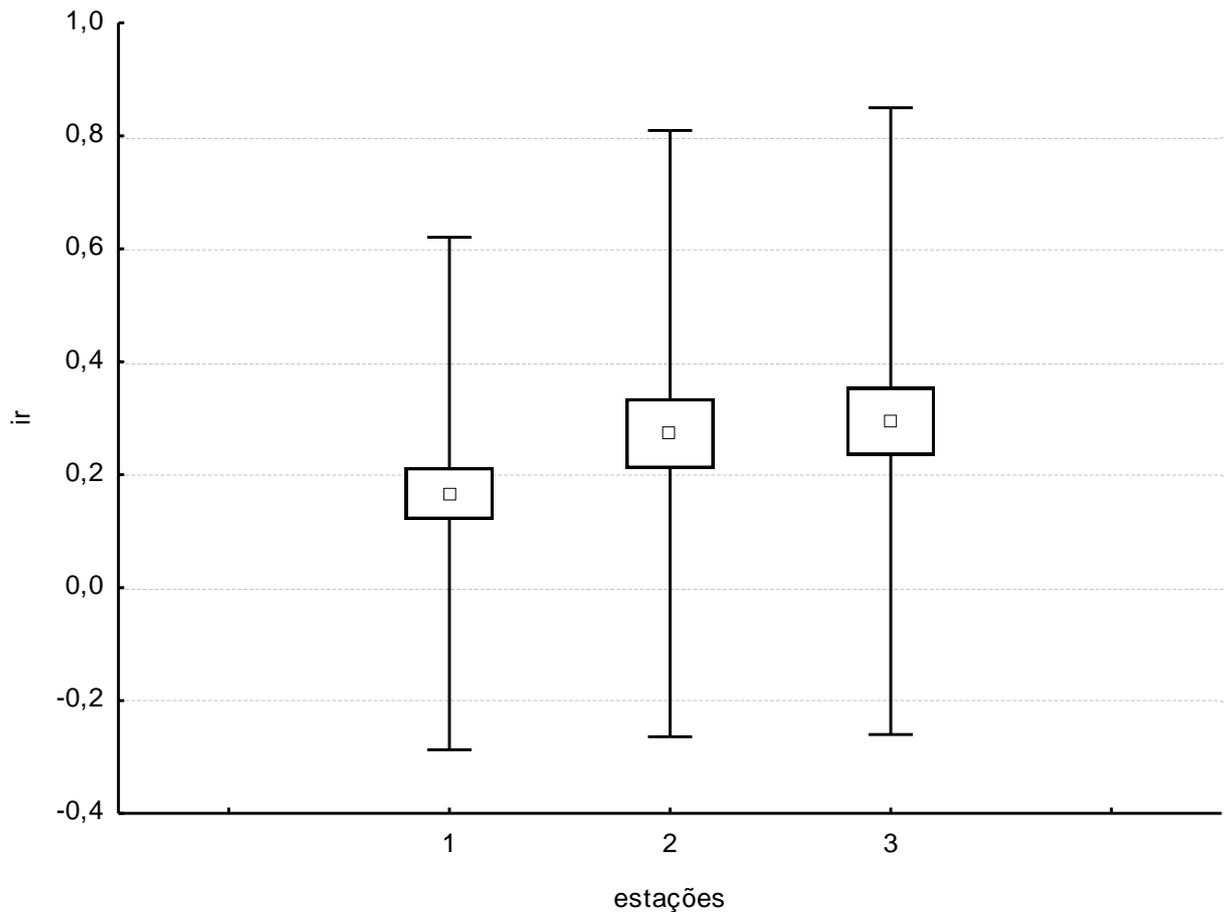


Figura 5.3. Valores do Índice de Repleção por estação do ano (média, média±erro padrão e média±desvio padrão) para *Gymnura micrura* capturada na região de Caiçara do Norte (RN) entre agosto de 2007 e julho de 2008. 1. Primavera-verão, 2. Inverno e 3. Outono.

Uma baixa diversidade de itens alimentares foi observada na dieta de *Gymnura micrura*, que apresentou uma predominância absoluta de teleósteos (IA=99,5%) e uma parcela insignificante de camarões (Caridea e Penaeidae) (IA=0,09%) (tabela 5.1). Entre os teleósteos observa-se o domínio absoluto de *Pomadasys corvinaeformis* (Perciformes/Haemulidae) (figura 5.4) e do item ‘Peixes Não Identificados’, que juntos totalizam um Índice Alimentar de 98,5%. Outros teleósteos observados na dieta foram: *Conodon nobilis* (Perciformes/Haemulidae), *Lutjanus synagris* (Perciformes/Lutjanidae), Engraulidae (Clupeiformes) e *Dactylopterus volitans* (Scorpaeniformes/Dactylopteridae), todos com Índice Alimentar menor que 1%. Embora o grau de digestão avançado dos itens alimentares pertencentes à categoria ‘peixes não identificados’ tenha impedido a identificação dos mesmos, acredita-se que uma fração considerável destes seja *P. corvinaeformis* em função de algumas características observadas nos restos encontrados como forma do corpo, espinhos, pedaços de nadadeiras, pré-opérculos e mandíbulas.

Tabela 5.1. Itens alimentares encontrados nos estômagos de *Gymnura micrura* capturada na região de Caiçara do Norte (RN) entre agosto de 2007 e julho de 2008. (%F) = Frequência de Ocorrência, (%N) = Frequência Numérica, (%IA) = Índice Alimentar. Foram analisados 176 estômagos contendo alimento, sendo encontrados 249 itens alimentares.

Item Alimentar	% F	% N	% IA
Peixes	93,2	95	99,5
<i>Pomadasys corvinaeformis</i>	45	45,4	48,4
<i>Conodon nobilis</i>	7,4	5,2	0,91
<i>Lutjanus synagris</i>	1,8	1,2	0,05
Engraulidae	0,6	0,8	0,01
<i>Dactylopterus volitans</i>	0,6	0,4	0,006
Peixes não identificáveis	50,6	41,8	50,1
Camarões (Caridea/Penaeidae)	2,3	1,6	0,09
Restos não identificáveis	5,1	3,6	0,43

A análise ecológica gráfica dos dados evidencia *P. corvinaeformis* como a presa dominante na dieta de *G. micrura*, bem como caracteriza uma população com predadores especialistas nesta presa e com uma largura de nicho estreita (presa localizada no canto superior direito do diagrama) (figura 5.5). As outras presas foram posicionadas no canto superior esquerdo do diagrama (alta abundância específica e baixa frequência de ocorrência) sugerindo que ocorre a especialização de alguns poucos indivíduos da população sobre essas presas.



Figura 5.4. Exemplo de *Pomadasys corvinaeformis*.

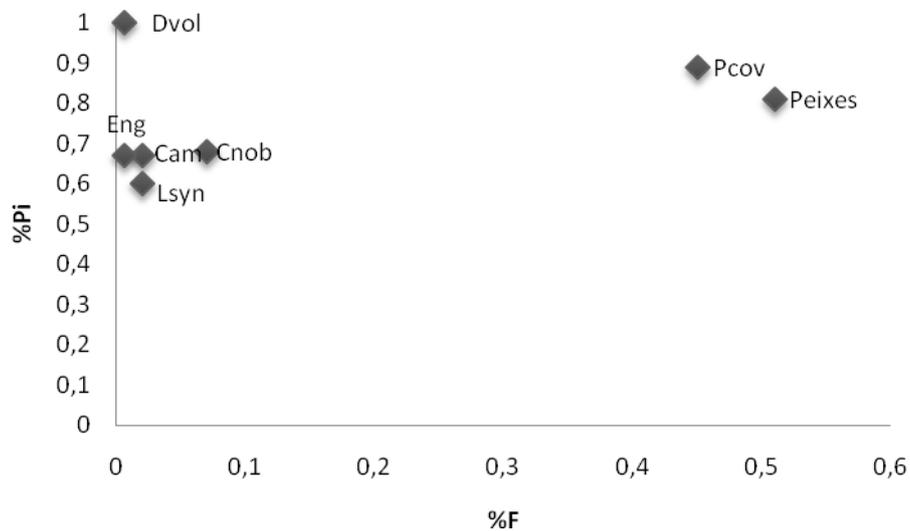


Figura 5.5. Análise ecológica gráfica (Costello 1990 modificado por Amundsen et al. 1996) dos dados alimentares de *Gymnura micrura* capturada na região de Caiçara do Norte (RN) entre agosto de 2007 e julho de 2008. Pcov (*P. corvinaeformis*), Peixes (peixes não identificados), Cnob (*C. nobilis*), Cam (Camarões), Lsyn (*L. synagris*), Eng (Engraulidae), Dvol (*D. volitans*).

A dieta de *G. micrura* não variou entre os sexos, estádios de vida, estações do ano e profundidade, a não ser pela alternância entre os itens *Pomadasys corvinaeformis* e ‘peixes não identificados’ (grau de digestão avançada ou completa) como o item mais importante (tabelas 5.2, 5.3, 5.4 e 5.5). Porém, algumas observações são válidas: *L. synagris* e Engraulidae só foram observados em indivíduos maiores que 390 mm LD, o item *P. corvinaeformis* apresentou um Índice Alimentar relativamente alto no outono quando comparado às outras estações (significativamente mais alto; teste qui-quadrado, $p < 0,01$) (tabela 5.4), na primavera-verão só foram encontrados nos estômagos os itens *P. corvinaeformis* e ‘peixes não identificados’, ficando todas as outras presas restritas às estações de outono e/ou inverno (a única exceção foi a observação de dois *C. nobilis* no começo da primavera), sendo o outono a estação que apresentou a maior diversidade de itens alimentares (ver tabela 5.4).

Tabela 5.2. Índice Alimentar (IA%) em função do sexo para as presas observadas na dieta de *Gymnura micrura* capturada na região de Caiçara do Norte (RN) entre agosto de 2007 e julho de 2008. O teste de qui-quadrado de Pearson foi utilizado para examinar a hipótese da igualdade de proporções (0,5:0,5). Os asteriscos indicam as proporções significativamente diferentes de 0,5:0,5 ($p < 0,05$).

Presa	IA%		p
	M	F	
Peixes	34,4	61,1	<0,01*
<i>P. corvinaeformis</i>	64,5	37,7	<0,01*
<i>C. nobilis</i>	0,80	1,00	0,88
Camarões	0,30	0,01	0,60
<i>L. synagris</i>	0,00	0,10	0,75
Engraulidae	0,00	0,03	0,86
<i>D. volitans</i>	0,03	0,00	0,86

Tabela 5.3. Índice Alimentar (IA%) em função do estágio de vida para as presas observadas na dieta de *Gymnura micrura* capturada na região de Caiçara do Norte (RN) entre agosto de 2007 e julho de 2008. O teste de qui-quadrado de Pearson foi utilizado para examinar a hipótese da igualdade de proporções (0,5:0,5). Os asteriscos indicam as proporções significativamente diferentes de 0,5:0,5 ($p < 0,05$). J = Jovens, SA = Subadultos e A = Adultos.

Presa	IA%			p		
	J	SA	A	J/SA	J/A	SA/A
Peixes	56,7	54,9	32,4	0,86	<0,01*	<0,05*
<i>P. corvinaeformis</i>	42,4	42,8	66,7	0,96	<0,05*	<0,05*
<i>C. nobilis</i>	0,9	1,9	0,3	0,55	0,58	0,28
Camarões	0,02	0,3	0,09	0,62	0,83	0,74
<i>L. synagris</i>	0,0	0,08	0,3	0,78	0,58	0,72
Engraulidae	0,0	0,0	0,09	1,00	0,76	0,76
<i>D. volitans</i>	0,0	0,0	0,09	1,00	0,76	0,76

Tabela 5.4. Índice Alimentar (IA%) em função da estação do ano para as presas observadas na dieta de *Gymnura micrura* capturada na região de Caiçara do Norte (RN) entre agosto de 2007 e julho de 2008. O teste de qui-quadrado de Pearson foi utilizado para examinar a hipótese da igualdade de proporções (0,5:0,5). Os asteriscos indicam as proporções significativamente diferentes de 0,5:0,5 ($p < 0,05$). PV = primavera-verão, O = outono e I = inverno.

Presas	IA%			p		
	PV	O	I	PV/O	PV/I	O/I
Peixes	66,4	20,2	78,5	<0,01*	0,31	<0,01*
<i>P. corvinaeformis</i>	33,2	79,3	17,4	<0,01*	<0,05*	<0,01*
<i>C. nobilis</i>	0,3	0,2	3,5	0,89	0,10	0,09
Camarões	0,0	0,03	0,5	0,86	0,48	0,52
<i>L. synagris</i>	0,0	0,1	0,05	0,75	0,82	0,90
Engraulidae	0,0	0,05	0,0	0,82	1,00	0,82
<i>D. volitans</i>	0,0	0,03	0,0	0,86	1,00	0,86

Tabela 5.5. Índice Alimentar (IA%) em função do aparelho de pesca (profundidade) para as presas observadas na dieta de *Gymnura micrura* capturada na região de Caiçara do Norte (RN) entre agosto de 2007 e julho de 2008. O teste de qui-quadrado de Pearson foi utilizado para examinar a hipótese da igualdade de proporções (0,5:0,5). Os asteriscos indicam as proporções significativamente diferentes de 0,5:0,5 ($p < 0,05$). APr = arrasto de praia e APo = arrasto de portas.

Presas	IA%		p
	APr	APo	
Peixes	49,6	46,4	0,74
<i>P. corvinaeformis</i>	49,0	53,0	0,69
<i>C. nobilis</i>	1,1	0,3	0,50
Camarões	0,1	0,0	0,75
<i>L. synagris</i>	0,07	0,0	0,79
Engraulidae	0,01	0,0	0,92
<i>D. volitans</i>	0	0,3	0,58

5.3 DISCUSSÃO

Pescarias que são realizadas com a utilização de iscas tendem a capturar uma grande proporção de peixes com estômagos vazios, os quais são atraídos pelas iscas, mas o mesmo é improvável de acontecer na pesca de arrasto (WETHERBEE & CORTÉS, 2004). Sendo assim, a grande ocorrência de estômagos vazios ou com presas em estágio final de digestão é inerente à população estudada, o que, combinada à observação de poucos itens alimentares por estômago, indica que *G. micrura* se alimenta intermitentemente, com a ingestão de presas relativamente grandes, seguido de períodos de digestão com pouca ou nenhuma alimentação, do contrário seriam observados poucos estômagos vazios e estômagos com várias presas em diferentes estágios de digestão (WETHERBEE & CORTÉS, 2004).

Um padrão intermitente de alimentação é mais comum em tubarões (ver WETHERBEE et al. 1990) do que em raias (BRADLEY, 1996; PLATELL et al. 1998; ISMEN, 2003). Segundo Jacobsen et al. (2009) esse padrão alimentar seria característico da família Gymnuridae, já que uma frequência relativamente alta de estômagos vazios foi observada em seu estudo com a raia-borboleta australiana (66.8%), bem como em outros trabalhos envolvendo as raias desta família (DAIBER & BOOTH, 1960; JAMES, 1965; RAJE, 2003).

As raias-borboleta são predadoras que perseguem ativamente as suas presas (MICHAEL, 1993) ou as surpreendem com um rápido ataque (HENNINGSEN, 1996; SCHREIBER, 1997; SMALE et al. 2001). A nadadeira peitoral seria utilizada para golpear e atordoar a presa, e em seguida a mesma seria esmagada ou presa contra o substrato (utilizando as nadadeiras peitorais) e então consumida (HENNINGSEN, 1996; SCHREIBER, 1997). Segundo McEachran (1990) as raias-borboleta são raias ativas e que possuem uma alta porcentagem de músculo vermelho em suas nadadeiras peitorais. Essa musculatura permitiria às raias atacar e capturar suas presas rapidamente.

O valor máximo do Índice de Repleção observado no presente estudo (3,58%) pode ser considerado relativamente alto, já que a taxa de alimentação diária de elasmobrânquios, mesmo com a inclusão de tubarões que se alimentaram até a saciedade em cativeiro, raramente superou o valor de 3% do seu peso corporal (WETHERBEE & CORTÉS, 2004; ver tabela 8.1). Ainda mais surpreendente foi o valor encontrado por Jacobsen et al. (2009) para *Gymnura australis* – 6,7% (peso presa/peso raia). Considerando o tamanho da presa (comprimento total), *G. australis* chegou a pregar um peixe que representou 41.3% de sua largura do disco, enquanto que no presente estudo a maior presa representou 29,6% da LD. O fato do tamanho da raia (LD) não ter uma correlação significativa com a porcentagem do

tamanho da presa em relação ao tamanho da raia indica que as raias maiores não tendem a preda presas proporcionalmente maiores.

O valor significativamente menor do Índice de Repleção observado na ‘primavera-verão’ deve estar diretamente relacionado ao baixo valor do fator de condição (k) observado neste período, o qual por sua vez é conseqüência da maior abundância relativa de jovens observada na primavera (ver capítulo sobre Biologia Reprodutiva).

Na região estudada *Gymnura micrura* é uma espécie ictiófaga, com uma população que parece ser especializada na predação de uma espécie de teleósteo, o coró (roughneck grunt) *Pomadasys corvinaeformis*, e que, portanto apresentaria uma largura de nicho extremamente estreita. Embora *P. corvinaeformis* domine a dieta em nível populacional, a análise gráfica indica um alto componente entre fenótipo (BPC) (AMUNDSEN et al. 1996) para outras presas, ou seja, alguns poucos indivíduos da população seriam especialistas nestas presas. Contudo essa observação deve ser considerada com certa cautela, pois *G. micrura* trata-se de uma espécie piscívora que preda presas relativamente grandes, sendo que conseqüentemente o número de presas por estômago é baixo (geralmente um peixe por estômago), de forma que não dá para saber ao certo se essas presas seriam ocasionais ou se existe mesmo a especialização de alguns indivíduos da população sobre as mesmas. No geral as presas encontradas na dieta de *G. micrura* foram espécies costeiras de hábitos demersais ou bentônicos (CARPENTER, 2002), o que indica que a raia forrageia associada ao substrato marinho.

Bigelow & Schroeder (1953), nos poucos estômagos de *G. micrura* que tiveram oportunidade de analisar, encontraram fragmentos de peixes, caranguejos, camarões e vários bivalves, bem como animais minúsculos como copépodos e larvas de caranguejos, porém não citam quais foram os itens mais freqüentes ou importantes. Daiber & Booth (1960) e Schmid et al. (1988) analisaram dois estômagos de *G. micrura* cada, nos quais só observaram teleósteos, entre estes foram identificados um *Orthopristis chrysoptera* (Haemulidae/Perciformes) e um *Sphoeroides* sp. (Tetraodontidae/Tetraodontiformes).

Daiber & Booth (1960) analisaram o estômago de três exemplares de *Gymnura altavela* do Atlântico Norte Oeste (os outros 22 estavam vazios) e observaram um *Leiostomus xanthurus* (Sciaenidae/Perciformes), a coluna vertebral de um peixe, cristalinos (peixe ou lula) e a mandíbula de um pequeno tubarão, indicando a predação de uma raia sobre outros elasmobrânquios. *Gymnura altavela* é a maior espécie da família, chegando a atingir 4000 mm LD (McEACHRAN & CAPAPÉ, 1984). Observações da predação desta espécie sobre

elasmobrânquios também foram realizadas em cativeiro, envolvendo um neonato de tubarão martelo (*Sphyrna tiburo*) e uma raia manteiga (*Dasyatis americana*) (BIZARRO, 2005) e um *Rhizoprionodon lalandii* (LARGACHA, 2009; informação verbal)³. Capapé (1986) analisou o estômago de 147 *G. altavela* da costa da Tunísia (Mar Mediterrâneo) e observou crustáceos, teleósteos, cefalópodes, bivalves e gastrópodes, em ordem decrescente de importância. Entretanto, o estudo foi baseado somente na frequência de ocorrência (%F) dos itens alimentares, sendo que a importância de pequenos e numerosos crustáceos na dieta pode ter sido superestimada. Teleostei foi o item mais importante para os adultos.

James (1965) examinou o estômago de 29 ‘indian butterfly rays’ (*Gymnura poecilura*) e nos poucos estômagos que não estavam vazios, encontrou restos de peixes (*Leiognathus* sp. - Leiognathidae/Perciformes), pedaços de conchas de moluscos e apêndices de crustáceos. Os dois mais importantes itens na dieta de *G. cf. micrura* da Índia (que provavelmente trata-se de exemplares de *G. poecilura* identificados erroneamente pela ausência de espinho) foram teleósteos (Sciaenidae e Engraulidae) (RAJE, 2003). Linguados, sardinhas, coiós (Dactylopteridae), crustáceos, poliquetas e lulas foram reportados na dieta de *Gymnura natalensis* (south african butterfly ray) (COMPAGNO et al. 1989; SMALE et al. 2001). Teleósteos constituíram mais de 90% dos itens alimentares registrados na dieta de *G. marmorata* (rat-tail ray), incluindo representantes das famílias Paralichthyidae, Sciaenidae, Sparidae e Haemulidae (BIZARRO, 2005). Recentemente Jacobsen et al. (2009) realizaram um estudo mais completo sobre a dieta de *G. australis* (Australian butterfly ray), onde analisaram 187 estômagos dos quais 62 continham itens alimentares. Teleósteos dominaram a dieta constituindo 99,8% do Índice de Importância, enquanto poliquetas, moluscos, isópodes, camarões (Penaeidae e Caridea) e hemichordata, embora consumidos, tiveram uma representatividade insignificante na dieta. Entre os teleósteos representantes das famílias Haemulidae, Mugilidae, Leiognathidae, Sparidae, Platycephalidae, Synodontidae, Sillaginidae, Nemipteridae, Polynemidae e Terapontidae foram registrados, com *Pomadasy trifasciatus* (Haemulidae) sendo a espécie mais abundante (7,5% dos teleósteos).

Baseado no presente estudo e nos estudos citados acima, conclui-se que as raias-borboleta (família Gymnuridae) são primariamente piscívoras predando no geral peixes de

³ LARGACHA, A. A. Núcleo de Pesquisa e Estudo em Chondrichthyes. Rua Ana Pimentel, 12, Ponta da Praia, 11030-050, Santos – SP.

hábitos costeiros e demersais, embora possam complementar sua dieta com invertebrados

como crustáceos, moluscos e poliquetas. Apesar de a família ser caracterizada pela piscivoria e da freqüente ocorrência de representantes das famílias Haemulidae e Sciaenidae na dieta, nenhum estudo detectou um grau de especialização alimentar tão alto como o encontrado no presente estudo para a população de *G. micrura* de Caiçara do Norte.

Existem dois extremos nos hábitos alimentares que maximizam a eficiência de forrageamento: alimentação indiscriminada em um ambiente com baixa abundância de alimento e alimentação seletiva sobre uma presa que deveria maximizar o ganho energético com o mínimo gasto energético possível, em um ambiente onde o alimento é abundante, de forma que predadores deveriam ser generalistas em ambientes com baixa produtividade e especialistas em ambientes com alta produtividade (MacARTHUR & PIANKA, 1966; PYKE, 1984; KNIGHTS, 1985). A respectiva área de estudo parece suportar uma abundante e variada fauna de peixes, crustáceos e moluscos que se torna explícita nas capturas dos arrastos (ver também YOKOTA & LESSA, 2006), sendo *P. corvinaeformis* um dos itens mais abundantes nas capturas (observação pessoal).

Quando o item alimentar mais comum na dieta de um predador é justamente uma das presas mais abundantes no meio, a diferença entre oportunismo e especialização pode ser difícil de ser detectada. Contudo, como citado acima, nos arrastos foi observada uma abundante e diversa fauna, sendo que seria esperada uma maior diversidade de itens na dieta de *G. micrura* na região caso esta fosse um predador oportunista. Ainda, predadores que comem com pouca freqüência (como sugerido para a espécie em questão) podem se alimentar quando a presa preferida é encontrada, ao invés de consumir presas menos preferidas mais freqüentemente (WETHERBEE et al. 1990). Sendo assim, *P. corvinaeformis* provavelmente seria a presa de melhor custo benefício em termos energéticos. Entretanto, como estudos sobre a abundância de presas (tanto em termos de biomassa como em termos de abundância específica) não foram realizados, apenas podemos sugerir que na região de estudo *G. micrura* seja um predador especialista.

A especialização alimentar poderia ainda diminuir uma eventual competição por recursos com outras espécies simpátricas através da diferenciação de nicho (ou divisão de recursos), facilitando a coexistência de espécies ocupando o mesmo hábitat (MacARTHUR & PIANKA, 1966; SCHOENER, 1974; WILSON & RICHARDS, 2000). Várias espécies de raias ocorrem simpatricamente com *Gymnura micrura* na área de estudo, entre estas *Dasyatis*

guttata, *Rhinobatos percellens*, *Narcine brasiliensis*, *Aetobatus narinari* e *Rhinoptera bonasus* poderiam ser consideradas potenciais competidores por alimento de *G. micrura* por ocuparem o mesmo habitat, inclusive sendo capturadas simultaneamente nos mesmos lances de arrasto (YOKOTA & LESSA, 2006).

Enquanto a dieta de *G. micrura* é fundamentada em peixes, jovens de *Dasyatis guttata* apresentaram preferência por camarões (Caridea, IRI=91%) e os adultos por moluscos bivalves (IRI=27%) e caranguejos (Brachyura, IRI=15%), sendo teleósteos apenas o quarto item mais importante (IRI=11%) (GIANETI, 2010; informação verbal)⁴. A dieta de *Rhinobatos percellens* parece ser constituída principalmente de crustáceos (Decápoda), enquanto *N. brasiliensis* se alimentaria principalmente de anelídeos (observação pessoal). *Aetobatus narinari* e *Rhinoptera bonasus* são reconhecidamente espécies durofágicas (BIGELOW & SCHROEDER, 1953; SMITH & MERRINER, 1985; SUMMERS, 2000). Portanto, sugere-se que na região ocorra uma divisão de recursos alimentares que poderia diminuir uma eventual competição entre as espécies de raias, o que seria de fundamental importância, já que estas mesmas espécies utilizam a área como um berçário (YOKOTA & LESSA, 2006). Evidentemente a divisão de recursos também deve passar por predadores de outros grupos ocorrentes na área.

A observação das presas *L. synagris* e Engraulidae somente em exemplares relativamente maiores deve relacionar-se à maior 'home range' dos indivíduos adultos e conseqüentemente maior diversidade de habitat e presas encontradas, enquanto os mais jovens ficam mais restritos a um habitat em particular (ver WETHERBEE et al. 1990), ainda mais se levarmos em consideração que *L. synagris* costuma viver associado a fundos recifais ou rochosos e membros da família Engraulidae no geral são peixes de hábitos pelágicos (CARPENTER, 2002).

Costa et al. (1995) observaram que em Fortaleza (Ceará) a população de *P. corvinaeformis* é mais abundante na estação chuvosa que vai de março a junho (outono). Fortaleza encontra-se à apenas 350 km de Caiçara do Norte, inclusive o período da estação chuvosa é exatamente o mesmo (RIO GRANDE DO NORTE, 2004; BRASIL, 2010), sendo que o mesmo fenômeno deve ocorrer na região, o qual provavelmente estaria relacionado ao significativo aumento da importância deste item na dieta de *G. micrura* no outono. O outono

⁴ GIANETI, M. D. Laboratório de Ecologia Reprodutiva e do Recrutamento de Organismos Marinhos, Instituto Oceanográfico, Universidade de São Paulo. Praça do Oceanográfico, 191, Cidade Universitária, 05508-120, São Paulo – SP.

foi uma estação peculiar, onde se observou um substancial aumento na captura e diversidade de peixes e invertebrados no geral, o que deve ter propiciado a maior diversidade de presas observada na dieta de *G. micrura*. Sugere-se que essa maior abundância e diversidade faunística tenham relação a uma queda na salinidade da água decorrente da maior precipitação pluviométrica da estação.

6. CONCLUSÕES

6.1 Taxonomia

- A espécie abordada no presente estudo trata-se realmente da *Gymnura micrura* (BLOCH & SCHNEIDER, 1801), que por sua vez é a mesma espécie observada na costa leste dos Estados Unidos, distribuindo-se, portanto da costa norte dos Estados Unidos ao Sul do Brasil (Paraná).
- No Brasil é registrada a ocorrência de duas espécies da família Gymnuridae: *Gymnura micrura* e *Gymnura altavela*. A terceira espécie que ocorreria em nossas águas, *Gymnura hirundo*, é proposta como um sinônimo júnior de *Gymnura altavela*.
- *G. micrura* distingue-se da congênera *G. altavela* pela ausência de ambas as características: espinho(s) na cauda e uma estrutura tentacular na margem posterior interna do espiráculo.
- Enquanto *G. altavela* teria a sua ocorrência restrita às regiões Sudeste e Sul, *G. micrura* distribui-se da costa norte do Brasil até o Paraná.
- O gênero *Aetoplatea* provavelmente se trata de um sinônimo junior do gênero *Gymnura*, de forma que a família Gymnuridae seria representada por apenas um gênero.

6.2 Estrutura Populacional e Biologia Reprodutiva

- Na área de estudo a população não realiza grandes deslocamentos, sendo encontrada durante o ano todo.
- Os indivíduos maiores tendem a ocupar águas mais profundas.
- Parece existir uma leve tendência à segregação sexual entre os jovens por profundidade, com os machos ocupando águas ligeiramente mais profundas, o que poderia reduzir os níveis de competição por recursos.
- Em função da relação positiva entre tamanho do corpo e velocidade de natação, as fêmeas adultas podem ser menos susceptíveis às pescarias de arrasto.
- *Gymnura micrura* é caracterizada por um ovário funcional (o esquerdo) e dois úteros funcionais. Os machos apresentam os dois testículos funcionais.

- O tamanho de maturação dos machos foi estimado entre 227 – 277 mm LD e o tamanho de primeira maturação estimado em 275 mm LD, enquanto que para as fêmeas o tamanho de maturação foi estimado entre 305 mm – 407 mm LD e o tamanho de primeira maturação estimado em 410 mm LD. O tamanho de nascimento foi estimado entre 135 – 175 mm LD.
- As diferenças em relação aos parâmetros reprodutivos entre indivíduos do Brasil e do Atlântico Norte seriam consequência de diferenças latitudinais e decorrentes variações nas condições ambientais entre as duas regiões.
- Fêmeas atingem maiores larguras, bem como maturam com tamanhos superiores aos machos, o que provavelmente se relaciona às estratégias reprodutivas empregadas pelos elasmobrânquios vivíparos.
- O fato dos machos atingirem a maturidade com uma porcentagem bem maior do tamanho máximo pode indicar que após a maturação, os machos diminuem de forma razoável o crescimento, redirecionando a energia principalmente para as atividades reprodutivas como produção de gametas e sucesso na atividade sexual, enquanto que para as fêmeas continua sendo interessante investir uma parte da energia no crescimento, vista a relação positiva entre o tamanho e a fecundidade.
- O balanço químico de desenvolvimento (BQD) foi calculado em 18,92. A porcentagem do ganho em peso seco do embrião prestes a nascer em relação ao ovo (ou folículo ovariano maduro) foi estimada em 1792 %. Esses valores são relativamente altos e consequência de um modo de nutrição embrionária extremamente eficiente.
- Provavelmente na região estudada a espécie se reproduz durante o ano inteiro sem qualquer sincronismo em nível populacional, o que seria consequência da estabilidade das condições abióticas e bióticas encontradas na região ao longo do ano.
- A relação inversa entre abundância de raias e fator de condição sugere que as condições para o desenvolvimento dos jovens são similares ao longo do ano, sendo assim, um período de nascimento distribuído durante todo o ano reduziria a competição entre os mesmos, tornando o ciclo reprodutivo proposto uma estratégia reprodutiva ainda mais vantajosa para a espécie.
- A ocorrência de um grupo de fêmeas adultas com atividade vitelogênica concomitante à gestação e outro grupo apresentando somente atividade ovariana ou

uterina, indica a existência de um período de descanso reprodutivo para as fêmeas, permitindo a reconstituição das reservas energéticas.

- As fêmeas não armazenam esperma e a fecundação dos ovócitos não ocorre na glândula oviducal, devendo ocorrer provavelmente no oviduto superior.
- Ciclos reprodutivos envolvendo reprodução durante o ano inteiro, estações reprodutivas prolongadas ou mais que uma estação reprodutiva por ano não devem ser incomuns entre os batóideos habitantes das regiões tropicais, sendo que uma intensificação dos estudos deve comprovar esta observação.

6.3 Dieta

- *Gymnura micrura* é uma espécie predadora ictiófaga (o que parece ser inerente à família Gymnuridae) que se alimenta intermitentemente, com a ingestão de presas relativamente grandes, seguido de períodos de digestão com pouca ou nenhuma alimentação.
- Na região estudada sugere-se que *Gymnura micrura* apresente uma largura de nicho estreita e um alto grau de especialização alimentar, sendo a principal presa o ‘coró’ (roughneck grunt) *Pomadasys corvinaeformis*.
- A provável especialização alimentar poderia diminuir uma eventual competição por recursos com outras espécies simpátricas através da diferenciação de nicho (ou divisão de recursos), facilitando a coexistência de espécies ocupando o mesmo hábitat.
- A dieta de não variou entre os sexos, estádios de vida, estações do ano e profundidade.

6.4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

As raias da família Gymnuridae são altamente vulneráveis às pescarias costeiras. A IUCN tem mostrado especial preocupação com as populações de *Gymnura micrura* nas Américas do Sul e Central, devido à total falta de informação biológica e de capturas, além das intensas pescarias artesanais locais. Sendo assim, o presente estudo levanta importantes informações sobre a espécie em uma região extremamente carente neste sentido. Não se sabe o impacto que uma atividade pesqueira agressiva e predatória, que ocorre sem nenhum controle ou acompanhamento, pode estar causando a estas populações. No Golfo do México, Shepherd & Myers (2005) detectaram um declínio maior que 99 % na população desta espécie entre os anos de 1972 a 2002 em função das pescarias de arrasto na região. Períodos de defeso não gerenciados por órgãos competentes são comuns nesta atividade pesqueira, já que a mesma não atua (ou atua com esforço relativo menor) em determinados períodos do ano, o que poderia ajudar na recuperação da população. Uma medida que com certeza seria benéfica para as populações de raias capturadas seria a realização de trabalhos de educação ambiental junto aos pescadores e comunidade local, para que os mesmos liberassem os exemplares capturados, já que neste tipo de pesca os animais chegam vivos e possuem um baixo valor comercial.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABDEL-AZIZ, S. H.; KHALIL, A. N. & ABDEL-MAGUID, S. A. Reproductive cycle of the common guitarfish, *Rhinobatos rhinobatos*, in Alexandria waters, Mediterranean Sea. **Australian Journal of Marine and Freshwater Research**, v. 44, p. 507-517, 1993.

ALCOCK, A. Some observations on the embryonic history of *Pteroplatea micrura*. **The Annals and Magazine of Natural History**, v. 55, n. 6, p. 1-8, 1892.

AMOROSO, E. C. Viviparity in Fishes. **Symposia of the Zoological Society of London**, v. 1, p. 153-181, 1960.

AMUNDSEN, P. A.; GABLER, H. M. & STALDVICK, F. J. A new approach to graphical analysis of feeding strategy from stomach contents – modification of the Costello (1990) method. **Journal of Fish Biology**, v. 48, p. 607-614, 1996.

ATKINSON, D. Temperature and organism size – a biological law for ectotherms? **Advances in Ecological Research**, v. 25, p. 1-58. 1994.

BABEL, J. S. Reproduction, life history, and ecology of the round stingray, *Urolophus halleri* Cooper. **California Department of Fish and Game Fish Bulletin**, v. 137, p.1-104, 1967.

BAUM, J. K.; MYERS, R. A.; KEHLER, D. G.; WORM, B. HARLEY, S. J. & DOHERTY, P. A. Collapse and Conservation of shark populations in the northwest Atlantic. **Science**, 299, p. 389-392, 2003.

BIANCHI, G. **Fichas FAO de Identificação de Espécies para Propósitos Comerciais. Guia de Campo para as Espécies Comerciais Marinhas e de Águas Salobras.** Roma: Preparado com o apoio de NORAD a da FAO (FIRM) Programa Regular, FAO. 184 p. 1986.

BIGELOW, H. B. & SCHROEDER, W. C. Fishes of the Western North Atlantic: Sawfishes, Guitarfishes, Skates and Rays. **Memoirs Sears Foundation for Marine Research**, v. 1, n. 2, p. 1 – 514

BIZARRO, J. J. **Fishery Biology and Feeding Ecology of Rays in Bahia Almejas, Mexico.** 2005. Dissertação - California State University, San Francisco, CA, 2005.

BORNATOWSKI, H.; ABILHOA, V. & CHARVET-ALMEIDA, P. Elasmobranchs of the Paraná coast, southern Brazil, south-western Atlantic. *Marine Biodiversity Records*, v. 2, n. 158, p. 1 – 6, 2009.

BRADLEY, J. L. **Prey Energy Content and Selection, Habitat Use and Daily Ration of the Atlantic Stingray, *Dasyatis sabina*.** 1996. Dissertation (Master Degree) - Florida Institute of Technology, Melbourne, 2006.

BRAGA, F. M. de S. Estudo entre fator de condição e relação peso/comprimento para alguns peixes marinhos. **Revista Brasileira de Biologia**, v. 46, n. 2, p. 339 – 346, 1986.

BRASIL. Instituto Nacional de Meteorologia (INMET). Disponível em <<http://www.inmet.gov.br>>. Acesso em 03 abr. 2010.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente, dos Recursos Hídricos e da Amazônia Legal. **Macrodiagnóstico da Zona Costeira do Brasil na Escala da União**. Brasília: UFRJ, FUJB, LEGET – Programa Nacional do Meio Ambiente. 1996. 280 p. (ATLAS).

CAPAPÉ, C. Données generale sur le regime alimentaire des Gymnuridae des Mobulidae (Pisces, Selachii). **Archives de l'Institute Pasteur de Tunis**, v. 63, p. 241–246, 1986.

CAPAPÉ, C. New data on the reproductive biology of the thorny stingray, *Dasyatis centroura* (Pisces: Dasyatidae) from off the Tunisian coasts. **Environmental Biology of Fishes**, v. 38, p. 73-80, 1993.

CAPAPÉ, C. & ZAOUALI, J. Distribution and reproductive biology of the blackchin guitarfish, *Rhinobatos cemiculus*, in Tunisian waters (Central Mediterranean). **Australian Journal of Marine and Freshwater Research**, v. 45, p. 551-561, 1994.

CAPAPÉ, C. & ZAOUALI, J. Reproductive biology of the marbled stingray, *Dasyatis marmorata* (Steindachner, 1892) (Pisces: Dasyatidae) in Tunisian waters (Central Mediterranean). **Journal of Aquaculture and Aquatic Sciences**, v. 7, p. 108-119, 1995.

CAPAPÉ, C.; QUIGNARD, J. P. & MELLINGER, J. Reproduction and development of two angel sharks, *Squatina squatina* and *Squatina oculata* (Pisces: Squatinidae), off Tunisian coasts: semi-delayed vitellogenesis, lack of egg capsules, and lecithotrophy. **Journal of Fish Biology**, v. 37, p. 347-356, 1990.

CAPAPÉ, C.; ZAOUALI, J.; TOMASINI, J. A. & BOUCHEREAU, J. L. Reproductive biology of the spiny butterfly ray, *Gymnura altavela* (Linnaeus, 1758) (Pisces: Gymnuridae) from off the Tunisian coasts. **Scientia Marina**, v. 56, n. 4, p. 347-355, 1992.

CARPENTER, K. E. **The living marine resources of the Western Central Atlantic**. Rome: FAO Species Identification Guide for Fishery Purposes and American Society of Ichthyologists and Herpetologists, Special Publication No. 5, 2002.

CHARVET-ALMEIDA, P.; ARAÚJO, M. L. G. de & ALMEIDA, M. P. Reproductive aspects of freshwater stingrays in the Brazilian Amazon Basin. **Journal of Northwest Atlantic Fishery Science**, v. 35, p. 165-171, 2005. Disponível em: <<http://journal.nafo.int/35/charvet-almeida/22-charvet-almeida.pdf>>. Acesso em: 26 jan 2008.

CLARK, R.S. Rays and Skates, part 1. **Journal of the Marine Biological Association UK**, 12, p. 577-643, 1922.

COLLENOT, G. Observations relatives au developement au laboratoire d'embryons et d'individus juveniles de *Scyliorhinus canicula*. **Cahiers de Biologie Marine**, 7, p. 319-330, 1966.

COLLONELO, J. H.; GARCÍA, M. L. & LASTA, C. A. Reproductive biology of *Rioraja agassizi* from the coastal Southwestern Atlantic ecosystem between northern Uruguay (34°S) and northern Argentina (42°S). **Environmental Biology of Fishes**, v. 80, p. 277-284, 2007.

COMPAGNO, L. J. V. **Sharks of the world. An Anoted and Illustrated Catalogue of Shark Species Know to Date**. FAO Species Catalogue, Vol. 4, Parts 1 and 2. FAO Fisheries

Synopsis 125, 1984. 665 p.

COMPAGNO, L. J. V. Checklist of living elasmobranches. In: HAMLETT, W. C. (Ed.). **Sharks, skates, and rays: the biology of elasmobranch fishes**. Maryland: John Hopkins University Press, 1999. p. 471-498.

COMPAGNO, L. J. V. Checklist of Living Chondrichthyes. In: HAMLETT, W. (Ed.) **Reproductive Biology and Phylogeny of Chondrichthyes (Sharks, Batoids and Chimaeras)**. United Kingdom: Science Publishers, 2005. Cap. 16, p. 503–548.

COMPAGNO, L. J. V. & LAST, P. R. Gymnuridae: Butterfly Rays. In: CARPENTER, K. E. & NIEM, V. H. (Eds.). **FAO Species Identification Guide for Fishery Purposes: The Living Marine Resources of the Western Central Pacific: Batoid Fishes, Chimaeras and Bony Fishes**. 1999, v. 3, Part 1, p. 1506 – 1510.

COMPAGNO, L. V. J.; EBERT, D. A. & SMALE, M. J. **Guide to the Sharks and Rays of Southern Africa**. London: New Holland, 1989.

CONRATH, C. L. Reproductive Biology. In: MUSICK, J. A. & BONFIL, R. (Eds.). **Elasmobranch Fisheries Management Techniques**. APEC Secretariat, chapter 7, 2004, 370 p.

CORTÉS, E. Life history patterns and correlations in sharks. **Reviews in Fisheries Science**, v. 8, n. 4, p. 299-344, 2000.

COSTA, L. & CHAVES, P. T. C. Elasmobrânquios capturados pela pesca artesanal na costa sul do Paraná e norte de Santa Catarina, Brasil. **Biota Neotropica**, v. 6, n. 3, 2006. Disponível em: <<http://www.biotaneotropica.org.br/v6n3/pt/abstract?article+bn02706032006>>.

COSTA, P. S. R.; SANTOS, M. A. M.; ESPÍNOLA, M. F. A. & MONTEIRO-NETO, C. Biologia e biometria do coró, *Pomadasys corvinaeformis* (Steindachner) (Teleostei: Pomadasyidae), em Fortaleza, Ceará, Brasil. **Arquivos de Ciências do Mar**, v. 29, n.1-2, p. 20-27, 1995.

COSTA, R. C. da; FRANSOZO, A.; MELO, G. A. S. & FREIRE, F. A. M. Chave ilustrada para identificação dos camarões Dendrobranchiata do litoral norte do estado de São Paulo, Brasil. **Biota Neotropica**, v. 3, n. 1, 2003. Disponível em: <www.biotaneotropica.org.br/v3n1/pt/abstract?identification-key+BN01503012003>.

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

DAIBER, F. C. & BOOTH, R. A. Notes on the biology of the butterfly rays, *Gymnura altavela* and *Gymnura micrura*. **Copeia**, p. 137-139, 1960.

ESCHMEYER, W. N. (Ed.). Catalog of Fishes electronic version (12 July 2010). San Francisco: California Academy of Sciences. Disponível em <<http://research.calacademy.org/ichthyology/catalog/fishcatmain.asp>>. Acesso em: 05 ago. 2010.

FAHY, D. P.; SPIELER, R. E. & HAMLETT, W. C. Preliminary observations on the reproductive cycle and the uterine fecundity of the yellow stingray, *Urobatis jamaicensis*, in southeast Florida, U. S. A. **The Raffles Bulletin of Zoology**, 14, p. 131-139, 2007.

FENNESSY, S. T. Incidental Capture of Elasmobranchs by Commercial Prawn Trawlers on the Tugela Bank, Natal, South Africa. **South African Journal of Marine Science**, 14, p. 287-296, 1994.

FIGUEIREDO, J. L. **Manual de Peixes Marinhos do Sudeste do Brasil. I. Introdução. Cações, Raias e Quimeras.** São Paulo: Museu de Zoologia da Universidade de São Paulo, 1977.

FIGUEIREDO, J. L. & MENEZES, N. A. **Manual de Peixes Marinhos do Sudeste do Brasil. II. Teleostei (1).** São Paulo: Museu de Zoologia da Universidade de São Paulo, 1978, 110 p.

FIGUEIREDO, J. L. & MENEZES, N. A. **Manual de Peixes Marinhos do Sudeste do Brasil. III. Teleostei (2).** São Paulo: Museu de Zoologia da Universidade de São Paulo, 1980, 90 p.

FIGUEIREDO, J. L. & MENEZES, N. A. **Manual de Peixes Marinhos do Sudeste do Brasil. VI. Teleostei (5).** São Paulo: Museu de Zoologia da Universidade de São Paulo, 2000.

FISCHER, W.; BIANCHI, G. & SCOTT, W. B. **FAO species identification sheets for fishery purposes. Eastern Central Atlantic; fishing areas 34, 47 (in part).** Canada Funds-

in-Trust. Ottawa: Department of Fisheries and Oceans Canada, by arrangement with FAO, vols 1-7. 1981.

FROESE, R. & PAULY, D. **Fishbase**. World Wide Web Electronic Publication, version (10/2008). 2008. Disponível em < www.fishbase.org>.

GARMAN, S. On the lateral canal system of the Selachia and Holocephala. **Bulletin of the Museum of Comparative Zoology**, v. XVII, n. 2, p. 57-117, 1888.

GONZÁLEZ-ISÁIS, M. Anatomical Comparison of the Cephalic Musculature of Some Members of the Superfamily Myliobatoidea (Chondrichthyes): Implications for Evolutionary Understanding. **The Anatomical Record Part A**, v. 271A, p. 259-272, 2003.

GRAY, A. E.; MULLIGAN, T. J. & HANNAH, R. W. Food habits, occurrence, and population structure of the bat ray, *Myliobatis californica*, in Humboldt bay, California. **Environmental Biology of Fishes**, 49, p. 227-238, 1997.

GRUBBS, R. D. & HA, D. S. *Gymnura micrura*. In: IUCN 2010. **IUCN Red List of Threatened Species**. Version 2010.3. 2006. Disponível em: <www.iucnredlist.org>. Acesso em: 09 set. 2010.

GUDGER, E. W. How difficult parturition in certain viviparous sharks and rays is overcome. **Journal of the Elisha Mitchell Scientific Society**, 67, p. 56-86, 1951.

HAMLETT, W. C. & KOOB, T. J. Female reproductive system. In: HAMLETT, W. C. (Ed.). **Sharks, Skates and Rays: The Biology of Elasmobranch Fishes**. Baltimore: John Hopkins University Press, p. 398-443, 1999.

HARRIS, J. E. A note on the breeding season, sex ratio and embryonic development of the dogfish *Scyliorhinus canicula*. **Journal of Marine Biological Association of United Kingdom**, 31, p. 269-275, 1952.

HENNINGSSEN, A. D. Captive Husbandry and Bioenergetics of the Spiny Butterfly Ray, *Gymnura altavela* (Linnaeus). **Zoo Biology**, v. 15, p. 135-142, 1996.

HOENIG, J. M & GRUBER, S. H. Life-history patterns in the elasmobranchs: implications for fisheries management. **NOAA Technical Report NMFS**, 90, p. 1-16, 1990.

HOESE, H. D. Sharks and Rays of Virginia's Seaside Bays. **Chesapeake Science**, v. 3, n. 3, p. 166-172, 1962.

HOLDEN, M. J. Problems in the rational exploitation of elasmobranch populations and some suggested solutions. In: HARDEN JONES, F. R. (Ed.). **Sea Fisheries Research**. New York: John Wiley & Sons, 1974. p. 117-137.

HOLTHUS, L. B. **Shrimps and Prawns of the World: An annotated catalogue of species of interest to fisheries**. FAO Species Catalogue, FAO Fish. Synop. 1 (125), 1980, 271 p.

HOPKINS, T. E. & CECH, J. J. Jr. The influence of environmental variables on the distribution and abundance of three elasmobranchs in Tomales Bay, California. **Environmental Biology of Fishes**, 66, p. 279-291, 2003.

HOWELL, W. M. & BLACK, D. A. Controlled silver-staining of nucleolus organizer regions with a protective colloidal developer: a 1-step method. **Experientia**, 36, p. 1014-1015, 1980.

HUREAU, J. C. & MONOD, T. **Check-list of the fishes of the north-eastern Atlantic and of the Mediterranean (Clofnam)**. Paris: v. 1, UNESCO, 1973, 683 p.

ISMEN, A. Age, growth, reproduction and food of common stingray (*Dasyatis pastinaca* L., 1758) in Iskenderun Bay, the eastern Mediterranean. **Fisheries Research**, v. 60, p. 169–176, 2003.

JACOBSEN, I. P. & BENNETT, M. B. A Taxonomic Review of the Australian Butterfly Ray *Gymnura australis* (Ramsay & Ogilby, 1886) and Other Members of the family Gymnuridae (Order Rajiformes) from the Indo-West Pacific. **Zootaxa**, 2228, p. 1 – 28, 2009.

JAMES, P. S. B. R. Notes on the Biology and Fishery of the Butterfly Ray, *Gymnura poecilura* (Shaw) from the Palk Bay and Gulf of Mannar. **Indian Journal of Fisheries**, v. XIII, p. 150-157, 1965.

JOSEPH, E. B. & YERGER, R. W. The Fishes of Alligator Harbor, Florida, with Notes on their Natural History. **Papers from the Oceanographic Institute, Florida State University Study**, 22, p. 111-156, 1956.

KAWAKAMI, E. & VAZZOLER, G. Método gráfico e estimativa do índice alimentar aplicado no estudo de alimentação de peixes. **Boletim do Instituto Oceanográfico**, v. 29, p. 205-207, 1980.

KNIGHTS, B. Energetics and fish farming. In: TYLER, P & CALOW, P. (Eds.). *Fish energetics: new perspectives*. Baltimore: John Hopkins Univ. Press, p. 309-340, 1985

KOLBELKOWSKY, A. El sistema excretor de la raya mariposa *Gymnura micrura* (Pisces: Rajiformes). **Anales del Instituto de Biología, Universidad Nacional Autónoma de México, Serie Zoología**, v. 75, n. 1, p. 185-192, 2004.

KOWSMANN, R. O. & COSTA, M. A. **Sedimentação quartenária da margem continental brasileira e das áreas oceânicas adjacentes**. Rio de Janeiro: PETROBRÁS, CENPES, DINTEP, Série Projeto REMAC, n. 8, 1979, 55 p.

LEÃO, Z. M. A. N & DOMINGUES, J. M. L. Tropical Coast of Brazil. **Marine Pollution Bulletin**, v. 41, n. 1 – 6, p. 112 – 122, 2000.

LESSA, R. P. T. **Biologie et dynamique des populations de *Rhinobatos horkelii* du plateau continental du Rio Grande do Sul**. 1982. 250 f. These de Doctorat - Faculté des Sciences de Brest, Université de Bretagne Occidentale, 1982.

LESSA, R. P.; SANTANA, F. M.; RÍNCON, G. GADIG, O. B. F. & EL-DEIR, A. C. A. **Biodiversidade de Elasmobrânquios do Brasil**. Recife: Ministério do Meio Ambiente (MMA), 1999. (Relatório para o Programa Nacional de Diversidade Biológica (PRONABIO) – Necton – Elasmobrânquios).

LIMA-JUNIOR, S. E.; CARDONE, I. B. & GOITEIN, R. Determination of a method of allometric condition factor of fish. **Acta Scientiarum**, v. 24, n. 2, p. 397 – 400, 2002.

MABRAGAÑA, E.; LUCIFORA, L. O. & MASSA, A. M. The reproductive ecology and abundance of *Sympterygia bonapartii* endemic to the south-west Atlantic. **Journal of Fish Biology**, 60, p. 951-967, 2002.

MacARTHUR, R. H. & PIANKA, E. R. On the optimal use of a patchy environment.

American Naturalist, v. 100, p. 603-609, 1966.

MARTIN, L. K. & CAILLIET, G. M. Aspects of the reproduction of the bar ray, *Myliobatis californica*, in Central California. **Copeia**, n. 3, p. 754-762, 1988.

McEACHRAN, J. D. Diversity in rays: Why are there so many species? **Chondros**, v. 2, p. 1-6, 1990.

McEACHRAN, J. D. & CAPAPÉ, C. Gymnuridae. In: WHITEHEAD, P. J. P.; BAUCHOT, M. L.; HUREAU, J. C.; NIELSEN, J. & TORTONESE, E. (Eds). *Fishes of the north-eastern Atlantic and Mediterranean*. Paris: UNESCO, v. 1, 1984.

McEACHRAN, J. D. & CARVALHO, M. R. de. Gymnuridae – Butterfly Rays. In: CARPENTER, K. E. (Ed.). **The living marine resources of the Western Central Atlantic. Volume 1: Introduction, molluscs, crustaceans, hagfishes, sharks, batoid fishes, and chimaeras**. Rome: FAO, 2002, p. 575-577.

McEACHRAN, J. D. & SÉRET, B. Gymnuridae. In: QUERO, J. C.; HUREAU, J. C.; KARRER, C.; POST, A. & SALDANHA, L. (Eds). **Check-list of the fishes of the eastern tropical Atlantic (CLOFETA)**. JNICT, Lisbon; SEI, Paris; and UNESCO, Paris. v. 1. p. 64-66, 1990.

MELLINGER, J. & WRIZEZ, F. Biologie et physiologie comparée du développement de deux Sélaciens, les roussettes *Scyliorhinus canicula* et *Scyliorhinus stellaris*. Évolution de la matière sèche, de l'eau et des ions (Cl⁻, Na⁺, K⁺) dans Le vitellus de *S. canicula* au cours Du développement. **Bolletín de la Societe Zoologique de France**, v. 114, p. 51 – 62, 1989.

MELO, E. **The Sea Sentinel Project: Watching Waves in Brazil**. 1994.

MENEZES, N. A. & FIGUEIREDO, J. L. **Manual de Peixes Marinhos do Sudeste do Brasil. IV. Teleostei (3)**. São Paulo: Museu de Zoologia da Universidade de São Paulo, 1980, 96 p.

MENEZES, N. A. & FIGUEIREDO, J. L. **Manual de Peixes Marinhos do Sudeste do Brasil. V. Teleostei (4)**. São Paulo: Museu de Zoologia da Universidade de São Paulo, 1985, 105 p.

MENESES, P. & PAESCH, L. **Guía de campo para la identificación de peces cartilaginosos em el Río de La Plata y su frente oceánico**. Montevideo: Dirección Nacional de Recursos Acuáticos, 2003. 55 p.

MENNI, R. C & STEHMANN, F. W. Distribution, environment and biology of Batoids fishes off Argentina, Uruguay and Brazil. A review. **Revista del Museo Argentino de Ciencias Naturales**, v. 2, n.1, p. 69-109, 2000.

MICHAEL, S.W. **Reef Sharks and Rays of the World**. Monterey, CA: Sea Challengers Press, 1993.

MUSICK, J. A. & ELLIS, J. K. Reproductive Evolution of Chondrichthyes. In: HAMLETT, W. C. (Ed). **Reproductive Biology and Phylogeny of Chondrichthyes: Sharks, Batoids and Chimaeras**. UK, Science Publishers, Inc. Plymouth, 2005, p. 45-79.

MYERS, R. A. & WORM, B. Rapid worldwide depletion of predatory fish communities. **Nature**, 423, p. 280-283, 2003.

NEEDHAM, J. **Biochemistry and morphogenesis**. Cambridge: Cambridge Univ. Press, 1942.

NEER, J. A. & THOMPSON, B. A. Life history of the cownose ray, *Rhinoptera bonasus*, with comments on the geographic variability in the life history traits. **Environmental Biology of Fishes**, v. 73, p. 321-331, 2005.

NIKOLSKII, G. V. **Theory of Fish Population Dynamics**. Edinburgh: English Translation Oliver & Boyd, 1969. 323 p.

NUNES, J. L. S. & PIORSKI, N. M. A Dorsal fold in *Gymnura micrura* (Bloch and Schneider, 1801) (Chondrichthyes: Gymnuridae). **Brazilian Archives of Biology and Technology**, v. 52, n. 2, p. 479-482, 2009.

ORSKA, J. The influence of temperature on the development of meristic characters of skeleton in Salmonidae. Part I. Temperature-controlled variations of the number of vertebrae in *Salmo irideus*. **Zoologica Poloniae**, v. 12, n. 3, p. 309-339, 1962.

PALMA, J. J. C. Geomorfologia da Plataforma Continental Brasileira. In: PETROBRÁS, CENPES, DINTEP (Eds.). **Geomorfologia da Margem Continental Brasileira e das Áreas Oceânicas**. Rio de Janeiro: Série Projeto REMAC, n. 7, 1979, 177 p.

PARSONS, G. R. Geographic variation in reproduction between two populations of the bonnethead shark. **Environmental Biology of Fishes**, 38, p. 25-35, 1993.

PETERSON, R. G. & STRANNA, L. Upper level circulation in South Atlantic Ocean. **Progress in Oceanography**, v. 26, p. 1 – 73, 1991.

PIERCE, S. J.; PARDO, S. A. & BENNETT, M. B. Reproduction of the blue-spotted maskray *Neotrygon kuhlii* (Myliobatoidei: Dasyatidae) in south-east Queensland, Australia. **Journal of Fish Biology**, v. 74, p. 1291-1308, 2009.

PLATELL, M. E.; POTTER, I. C. & CLARKE, K. R. Resource partitioning by four species of elasmobranchs (Batoidea: Urolophidae) in coastal waters of temperate Australia. **Marine Biology**, v. 131, p. 719–734, 1998.

PRATT, H. L. Jr. Reproduction in the blue shark, *Prionace glauca*. **Fishery Bulletin**, v. 77, n. 2, p. 445-470, 1979.

PRATT, H. L. The storage of spermatozoa in the oviducal glands of western North Atlantic sharks. **Environmental Biology of Fishes**, v. 38, p. 139-149, 1993.

PRATT, H. L. & CARRIER, J. C. A review of elasmobranch reproductive behavior with a case study on the nurse shark, *Ginglymostoma cirratum*. **Environmental Biology of Fishes**, v. 60, p. 157-188, 2001.

PYKE, G. H. Optimal Foraging Theory: A critical Review. **Annual Review of Ecology and Systematics**, v. 15, p. 523-575, 1984.

RAJE, S. G. Some aspects of biology of four species of rays off Mumbai water. **Indian Journal of Fisheries**, v. 50, n.1, p. 89-96, 2003.

RANZI, S. Le basi fisio-morfologiche dello sviluppo embrionale dei Selaci – Parti I. **Pubblicazioni della Stazioni Zoológica di Napoli**, v. 13, p. 209-290, 1932.

RANZI, S. Le basi fisio-morfologiche dell sviluppo embrionale dei Selaci. **Pubblicazioni della Stazioni Zoologica di Napoli**, Parti II & III, v. 13, p. 331-347, 1934.

RIBEIRO, A. de M. Fauna Brasiliense – Peixes. **Archivos do Museu Nacional**, v. 14, p. 181-182, 1907.

RIO GRANDE DO NORTE. Instituto de Desenvolvimento Sustentável e Meio Ambiente do Rio Grande do Norte (IDEMA). **Caracterização da pesca artesanal do Estado do Rio Grande do Norte**. 2004. 235 p.

ROSSOUW, G. J. **The biology of the sand shark *Rhinobatos annulatus*, in Algoa Bay with notes on other elasmobranchs**. 1983. Thesis - University of Port Elizabeth, 1983.

RUOCCO, N. L.; LUCIFORA, L. O.; ARTARLOA, J. M. D. de & WÖHLER, O. Reproductive biology and abundance of the white-dotted skate, *Bathyraja albomaculata*, in the Southwest Atlantic. **ICES Journal of Marine Science**, 63, p. 105–116, 2006.

SCHMID, T. H.; EHRHART, L. M. & SNELSON, F. F. Notes on the occurrence of rays (Elasmobranchii, Batoidea) in the Indian River Lagoon System, Florida. **Florida Scientist**, v. 51, n. 2, p. 121-128, 1988.

SCHOENER, T. W. Resource partitioning in ecological communities. **Science**, v. 185, p. 27-39, 1974.

SCHREIBER, C. M. Captive husbandry of smooth butterfly rays (*Gymnura micrura*). **American Zoo and Aquarium Association Regional Conference Proceedings**, 1997, p. 122–126, 1997.

SECK, A. A.; DIATTA, Y.; GUEYE-NDIAYE, A. & CAPAPÉ, C. Observations on the reproductive biology of the bull ray, *Pteromylaeus bovinus* (E. Geoffroy Saint-Hilaire 1817) (Chondrichthyes: Myliobatidae) from the coast of Senegal (Eastern tropical Atlantic). **Acta Adriatica**, v. 43, n. 1, p. 87-96, 2002.

SÉRET, B & LAST, P. Description of four new stingarees of the genus *Urolophus* (Batoidea: Urolophidae) from the Coral sea, south-west Pacific. **Cybium**, v. 27, n. 4, p. 307-320, 2003.

SHEPHERD, G. J. FITOPAC Versão 2.0.0.17. Campinas: UNICAMP, 2007.

SHEPHERD, T. D. & MYERS, R. A. Direct and indirect fishery effects on small coastal elasmobranchs in the northern Gulf of Mexico. **Ecology Letters**, 8, p.1095-1104, 2005.

SMALE, M. J.; SAUER, W. H. H. & ROBERTS, M. J. Behavioural interactions of predators and spawning chokka squid off South Africa: towards quantification. **Marine Biology**, v. 139, p. 1095–1105, 2001.

SMITH, J. W. & MERRINER, J. V. Food habits and feeding behavior of the cownose ray, *Rhinoptera bonasus*, in Lower Chesapeake Bay. **Estuaries**, v. 8, n. 3, p. 305-310, 1985.

SMITH, J. W. & MERRINER, J. V. Observations on the reproductive biology of the cownose ray, *Rhinoptera bonasus*, in Chesapeake Bay. **Fishery Bulletin**, v. 84, n. 4, p. 871-877, 1986.

SMITH, W. D.; BIZARRO, J. J.; RICHARDS, V. P.; NIELSEN, J.; MÁRQUEZ-FARÍAS, F. & SHIVJI, M. S. Morphometric convergence and molecular divergence: the taxonomic status and evolutionary history of *Gymnura crebripunctata* and *Gymnura marmorata* in the eastern Pacific Ocean. **Journal of Fish Biology**, v. 75, p. 761–783, 2009.

SNELSON, F. F. Jr. & WILLIAMS, S. E. Notes on the Occurrence, Distribution, and Biology of Elasmobranch Fishes in the River Indian Lagoon System, Florida. **Estuaries**, v. 4, n. 2, p. 110-120, 1981.

SNELSON, F. F.; WILLIAMS-HOOPER, S. E. & SCHMID, T. H. Reproduction and ecology of the stingray, *Dasyatis Sabina*, in Florida Coastal Lagoons. **Copeia**, 3, p. 729-739, 1988.

SPRINGER, S. Social organization of shark populations. In: GILBERT, P. W.; MATHESON, R. F. & RALL, D. P. (Eds.). **Sharks, Skates and Rays**. Baltimore: John Hopkins Press, 1967. p. 149-174.

STEVENS, J.D.; BONFIL, R.; DULVY, N. K.; e WALKER, P. A. The effects of fishing on sharks, rays, and chimaeras (Chondrichthyes), and the implications for marine ecosystems. **ICES Journal of Marine Science**, 57, p. 476-494, 2000.

STOBUTZKI, I. C.; MILLER, M. J.; HEALES, D. S. & BREWER, D. T. Sustainability of Elasmobranchs Caught as Bycatch in a Tropical Prawn (Shrimp) Trawl Fishery. **Fishery Bulletin**, v. 100, n. 4, p. 800-821, 2002.

STRIBLING, M. C. ; HAMLETT, W. C. & WOURMS, J. P. Developmental efficiency of oophagy, a method of viviparous embryonic nutrition displayed by the Sand Tiger Shark (*Eugomphodus taurus*). **Bulletin of the South Carolina Academy of Science**, v. 42, p. 111, 1980.

STRUHSAKER, P. Observations on the biology and distribution of the thorny stingray, *Dasyatis centroura* (Pisces: Dasyatidae). **Bulletin of Marine Science**, v. 19, p. 456-481, 1969.

SUMMERS, A. P. Stiffening the stingray skeleton – An investigation of durophagy in myliobatidae stingrays (Chondrichthyes, Batoidea, Myliobatidae). **Journal of Morphology**, v. 243, p. 113-126, 2000.

TANING, A. V. Experiments on meristic and other characters in fishes. I. On the influence of temperature on some meristic characters in sea-trout and the fixation-period of these characters. **Meddelelser fra Kommissionen for Danmarks Fiskeri og Havundersogelser . Serie fiskeri**, v. 11, n. 3, p. 1-66, 1944.

THORSON, T. B.; LANGHAMMER, J. K. & OETINGER, M. I. Reproduction and development of the South American freshwater stingrays, *Potamotrygon circularis* and *P. motoro*. **Environmental Biology of Fishes**, v. 9, n. 1, p. 3-24, 1983.

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

VILLAVICENCIO-GARAYZAR, C. Notas sobre *Gymnura marmorata* (Cooper) (Pisces: Dasyatidae) en Bahía Almejas, B. C. S., Mexico. **Rev. Inv. Cient.**, v. 4, n. 1, p. 91-94, 1993.

WALKER, T. I. Can shark resources be harvest sustainably? A question revisited with a review of shark fisheries. **Marine and Freshwater Research**, 49, p. 553-572, 1998.

WALLMAN, H. L. & BENNETT, W. A. Effects of parturition and feeding on thermal preference of Atlantic Stingray, *Dasyatis sabina*. **Environmental Biology of Fishes**, 75, p. 259-267, 2006.

WARD, J. H. Hierarchical Grouping to Optimize an Objective Function. **Journal of the American Statistical Association**, v. 58, p. 236-244, 1963.

WEBB, P. W. & KEYES, R. S. Swimming kinematics in sharks. **Fishery Bulletin**, v. 80, p. 803-812, 1982.

WETHERBEE, B. M.; GRUBER, S. H. & CORTÉS, E. Diet, feeding habits, digestion, and consumption in sharks, with special reference to the lemon shark, *Negaprion brevirostris*. In: PRATT, H. L.; GRUBER, S. H. & TANIUCH, T. (Eds.). **Elasmobranchs as Living Resources: Advances in the Biology, Ecology, Systematics, and the Status of the Fisheries**. Seattle: Department of Commerce, U.S, NOAA Tech. Rep. NMFS 90, 1990, p. 29–47.

WETHERBEE, B. M. & CORTÉS, E. Food consumption and feeding habits. In: MUSICK, J. A.; CARRIER, J.C. & HEITHAUS, M (Eds.). **Biology of sharks and their relatives**. Florida: CRC Press, 2004. p. 223-244.

WHITE, W. T. & DHARMADI. Species and size compositions and reproductive biology of rays (Chondrichthyes, Batoidea) caught in target and non-target fisheries in eastern Indonesia. **Journal of Fish Biology**, v. 70, p. 1809-1837, 2007.

WHITE, W. T.; PLATELL, M. E. & POTTER, I. C. Relationship between reproductive biology and age composition and growth in *Urolophus lobatus* (Batoidea: Urolophidae). **Marine Biology**, 138, p. 135-147, 2001.

WIGLEY, S. E.; McBRIDE, H. M. & McHUGH, N. J. **Length-Weight Relationships for 74 Fish Species Collected during NEFSC Research Vessel Bottom Trawl Surveys, 1992-99.** Woods Hole: U. S. Department of Commerce, 2003. (NOAA Technical Memorandum NMFS-NE-171).

WILSON, W. G. & RICHARDS, S. A. Evolutionarily stable strategies for consuming a structured resource. **American Naturalist**, v. 155, p. 83–100, 2000.

WIRTZ, P.; FRICKE, R. & BISCOITO, M. J. The coastal fishes of Madeira Island—new records and an annotated check-list. **Zootaxa**, 1715, p. 1-26, 2008.

WOOD-MASON, J. & ALCOCK, A. On the uterine villiform papillae of *Pteroplatea micrura* and their relation to their embryo. **Proceedings of the Royal Society of London**, v.49, p. 359-367, 1891.

WORLD Ocean Atlas. **National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA) & National Oceanographic Data Center (NODC)**. 2005. Disponível em <<http://www.nodc.noaa.gov/oc5/woao1f/prwoa01f.html>>. Acesso em 25 ago. 2008.

WOURMS, J. P. Reproduction and development in chondrichthyes. **American Zoology**, v. 17, p. 379-410, 1977.

WOURMS, J. P. Viviparity: The maternal-fetal Relationship in fishes. **American Zoology**, v. 21, n. 2, p. 473 – 515, 1981.

YOKLAVICH, M. M.; CAILLIET, G. M.; BARRY, J. P.; AMBROSE, D. A. & ANTRIM, B. S. Temporal and spatial patterns in abundance and diversity of fish assemblages in Elkhorn Slough, California. **Estuaries**, v. 14, p. 465–480, 1991.

YOKOTA, L. & LESSA, R. P. A nursery area for sharks and rays in Northeastern Brazil. **Environmental Biology of Fishes**, v. 75, n. 3, p. 349-360, 2006.

YOKOTA, L. & LESSA, R. P. Reproductive biology of three ray species: *Gymnura micrura* (Bloch & Schneider, 1801), *Dasyatis guttata* (Bloch & Schneider, 1801) and *Dasyatis mariana* Gomes, Rosa & Gadig, 2000, caught by artisanal fisheries in Northeastern Brazil. **Cahiers de Biologie Marine**, 48, p. 249-257, 2007.