Michel Donato Gianeti

**Reprodução, alimentação, idade e crescimento de *Dasyatis guttata*
(Bloch & Schneider, 1801) (Elasmobranchii; Dasyatidae) na
região de Caiçara do Norte - RN**

Tese apresentada ao Instituto Oceanográfico
da Universidade de São Paulo, como parte dos
requisitos para a obtenção do Título de Doutor
em Ciências, área de Oceanografia Biológica.

Orientadora:

Prof^a. Dr^a. **June Ferraz Dias**

Co-orientadora:

Prof^a. Dr^a. **Rosangela Paula Teixeira Lessa**

São Paulo
2011

Universidade de São Paulo

Instituto Oceanográfico

**Reprodução, alimentação, idade e crescimento de *Dasyatis guttata*
(Bloch & Schneider, 1801) (Elasmobranchii; Dasyatidae) na região de
Caiçara do Norte - RN**

Michel Donato Gianeti

Tese apresentada ao Instituto Oceanográfico da Universidade de São Paulo, como parte
dos requisitos para a obtenção do Título de Doutor em Ciências, área de Oceanografia
Biológica.

Julgada em ____/____/____, por

Prof. Dr

conceito

Prof. Dr.

conceito

Prof. Dr.

conceito

Prof. Dr.

conceito

Prof. Dr.

conceito

Para Fernanda

Agradecimentos

- Agradeço à minha família, minha mãe Judite Aparecida Voltarelli Donato Gianeti e meu pai Djalma Batista Gianeti, pela base, confiança, incentivo, amor... em tudo... sempre. Pela vida. Os amo muito.

- À minha Orientadora, June Ferraz Dias, por me aceitar como aluno e por acreditar que o trabalho poderia ser possível mesmo com coleta tão distante; pela ótima e real orientação; por ser uma grande amiga; por fornecer ótimas condições de trabalho e convivência no laboratório; por transformar simples conceitos em ótimas idéias, e por nunca anular opiniões de seus alunos; pelos ensinamentos e por todas as conversas e discussões sobre coisas do trabalho e da vida.

- Agradeço muito a Rosangela Paula Teixeira Lessa pela co-orientação; por apoiar a vontade de trabalhar com os elasmobrânquios e de coletar em Caiçara do Norte; por me receber em seu laboratório durante a preparação do trabalho de campo e depois, para processar o material, dispondo de seu tempo e espaço; por permitir que usasse as dependências e equipamentos do laboratório; pela amizade; pelo exemplo.

- À Fernanda Imperatrice Colabuono, minha menina, meu amor, minha vida; por ser a responsável pela realização desse trabalho de doutorado; pela ajuda infinita e por não me deixar desistir; pela paciência quando à distância durante os longos meses de coleta; pelo exemplo de pesquisadora; por dividir tudo nessa vida e pelos ótimos momentos e aventuras nesses anos de morada em São Paulo; tem sido bom demais viver ao lado dessa menina que sempre me emociona (“a lua... um trilhão de estrelas”).

- Ao meu grande irmão Leandro Yokota, pelo exemplo de dedicação e disciplina; por compartilhar o amor por esse trabalho; por permitir que esse trabalho fosse possível; pelas excelentes discussões, opiniões cruciais, pelo apoio nas coletas, triagem e por me mostrar Caiçara do Norte; pela imensa ajuda e parceria em todos os momentos... foi uma aventura possante; pela amizade eterna e por estar sempre pronto pra qualquer coisa; ABNF.

- À minha querida irmã Mirela Donato Gianeti, por sempre acreditar em mim.

- Ao meu irmão Mateus Donato Gianeti, pelo incentivo a sua maneira.

- À família da Fernanda, que tenho muito carinho e considero minha; à Maria Teresa Imperatrice; em especial a Célia Colabuono de Almeida e ao Arnaldo Augusto de Almeida, pela amizade e a quem fico sem palavras pra agradecer por tanto que têm feito para o nosso bem estar nessa vida em São Paulo; também ao Pedro Colabuono.

- Aos meus grandes amigos de coração, aos ‘Cururas’, Leandro, Douglas, Carlos, Alexandre, Cristiano... por estarem sempre presentes, “mesmo longe”; ao grande ‘Luigui’, Luiz Alexandre Simões e a Miriam Gonçalves de Chaves; também à Roberta Barros Lovaglio.

- Aos amigos de Riberião Preto, irmãos de longa data, Rafael Kube, Reges Vasconcelos Júnior e Flávio Vilela Komatsu; também à Fábria e a Juliana Sanches.

- Aos companheiros de laboratório e de pós-graduação Carla, Isa Flaquer, Wellington, Thassya, Riguel, à Jana, pela ajuda em vários momentos e pela amizade; também à Carla; e ao grande Rodrigo “tome-tome” pela hospedagem em Natal em viagem de coleta e pela ginga na tapioca; a todos estagiários do laboratório.

- Ao Riguel Feltrin Contente, pelo auxílio na identificação dos itens alimentares; e à Helcy Silbiger, pela ajuda na preparação e análise das lâminas com cortes histológicos; também à Maria de Lourdes; à Mônica Petti e à Sandra Bromberg.
- A todos do LabQom do Instituto Oceanográfico; e aos funcionários da Biblioteca “Prof. Dr. Gelso Vazzoler”; ao Acácio Tomás, pelos pareceres dos relatórios.
- A Amélia e ao Guilherme Gondolo pela hospedagem no primeiro momento em Recife.
- Ao amigo Rodrigo ‘Pandão’ Barreto, pela ajuda e hospedagem no segundo momento de trabalhos em Recife; e por compartilhar a paixão pelos elasmobrânquios; “Marauê”.
- A todos os pesquisadores que contribuíram durante estadia no DIMAR; a Andressa, Railma, Maria Lúcia, Jonas; ao Rafael pela ajuda na emblocagem das vértebras.
- A todos moradores de Caiçara do Norte, pela hospitalidade, em especial a Dona Nêga e família, por nos receber em sua casa, pelo carinho e pelas incríveis refeições; e também a Neidinha e Larissa; ao Rivaldo, Enos, Rédison.; e a todos pescadores que contribuíram na amostragem, companheiros durante as pesadas pescarias ao sol.
- Ao Gustavo Cordeiro, pela ajuda em vários momentos em Caiçara; pelo apoio logístico e hospedagem nos primeiros meses de amostragem.
- Ao Santiago Montealegre Quijano, pela amizade; também por compartilhar a paixão pelos tubarões e raias; pelas dicas ensinamentos e longas conversas construtivas.
- Ao José Lima de Figueiredo, pelos ótimos conselhos e conversas inspiradoras sobre o tema do trabalho; e ao Osvaldo Takeshi Oyakawa pela amizade nesses meses de MZUSP e por permitir que usasse o tempo no Museu para terminar de escrever.
- À CAPES, pela bolsa concedida; e a todos que por acaso tenha esquecido de citar.

Sumário

	Página
1. INTRODUÇÃO GERAL.....	1
1.1. Objetivos específicos.....	7
1.2. Área de Estudo.....	8
1.3. Material e Métodos de coleta e tomada de dados biológicos gerais.....	13
2. REPRODUÇÃO.....	15
2.1. Material e Métodos.....	16
2.2. Resultados.....	18
2.3. Discussão.....	35
3. ALIMENTAÇÃO.....	46
3.1. Material e Métodos.....	47
3.1.1 Dieta	47
3.1.2 Estratégia alimentar	49
3.2 Resultados	50
3.2.1 Dieta	50
3.2.1.1 Composição da dieta	51
3.2.1.2 Comparação das dietas.....	52
3.2.2 Estratégia alimentar.....	55
3.3 Discussão.....	58
4. IDADE e CRESCIMENTO.....	65
4.1. Material e Métodos.....	66
4.2. Resultados.....	69
4.3. Discussão.....	78
5. CONCLUSÕES.....	85
6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	87

Lista de Figuras

- Figura 1.1:** Espécime macho jovem de *Dasyatis guttata* capturado na região costeira de Caiçara do Norte- RN. _____ 3
- Figura 1.2:** Mapa com a localização da região de Caiçara do Norte – RN (modificado de Brasil em Relevo - EMBRAPA; <http://www.relevobr.cnpm.embrapa.br>). _____ 8
- Figura 1.3:** Vista a oeste (a) e a leste (b) da praia de Caiçara do Norte – RN. _____ 9
- Figura 1.4:** Variação mensal da salinidade média ($\pm$ d.p) entre a superfície e 10 m de profundidade nas águas da costa de Caiçara do Norte – RN (World Ocean Atlas, 2009). _____ 11
- Figura 1.5:** Relação entre os meses de ano e a duração do dia em número de horas, a fração de luz que realmente atinge a região em porcentagem e o número de horas de luz do sol que atinge a região de Caiçara do Norte-RN. Fonte: New LocClim, FAO 2006. _____ 12
- Figura 2.1:** Distribuição de frequência de ocorrência dos espécimes de *Dasyatis guttata* por classe de largura de disco (LD), nos meses de agosto de 2007 a julho de 2008, na região costeira de Caiçara do Norte - RN. _____ 20
- Figura 2.2:** Relação entre a largura do disco e o comprimento do cláspes em machos imaturos (com cláspes flexível) e maduros (com cláspes rígido) de *Dasyatis guttata* da região costeira de Caiçara do Norte -RN. _____ 21
- Figura 2.3:** Esfregaço do esperma do epidídimo (a) e da vesícula seminal (b) de machos adultos de *Dasyatis guttata* da região costeira de Caiçara do Norte – RN (aumento 1000x). Coloração: Hematoxilina-eosina. _____ 22
- Figura 2.4.** Relação entre a proporção de indivíduos maduros e a largura do disco (cm) em machos de *Dasyatis guttata* da região costeira de Caiçara do Norte - RN. _____ 23

- Figura 2.5.** Relação entre a largura do disco e o peso do ovário de *Dasyatis guttata* da região costeira de Caiçara do Norte - RN. _____ 24
- Figura 2.6.** Relação entre a proporção de indivíduos maduros e a largura do disco (cm) em espécimes fêmeas de *Dasyatis guttata* da região costeira de Caiçara do Norte - RN. _____ 25
- Figura 2.7.** Espécime de *Dasyatis guttata* neonato, com detalhe do vitelo interno (seta). _____ 26
- Figura 2.8.** Distribuição de largura do disco de neonatos de *Dasyatis guttata* por mês de coleta na região costeira de Caiçara do Norte - RN (ep= erro padrão; dp= desvio padrão). _____ 27
- Figura 2.9.** Distribuição de largura do disco de embriões de *Dasyatis guttata* por mês de coleta (ep= erro padrão; dp= desvio padrão) na região costeira de Caiçara do Norte - RN. _____ 28
- Figura 2.10.** Relação gonadossomática (RGS) mensal de machos (a) e fêmeas (b) de *Dasyatis guttata* na região costeira de Caiçara do Norte - RN (ep = erro padrão; dp = desvio padrão). Números indicam quantidade de indivíduos analisados por mês. _____ 29
- Figura 2.11.** Relação hepatossomática (RHS) mensal de machos (a) e fêmeas (b) de *Dasyatis guttata* em Caiçara do Norte - RN (ep= erro padrão; dp= desvio padrão). Números indicam quantidade de indivíduos analisados por mês. _____ 30
- Figura 2.12.** Relação entre o diâmetro do maior folículo ovariano das fêmeas adultas de *Dasyatis guttata* e os meses do ano na região costeira de Caiçara do Norte - RN (ep = erro padrão; dp = desvio padrão). Valores acima dos pontos correspondem ao número de espécimes utilizados na presente análise. _____ 31

- Figura 2.13.** Útero de uma fêmea de *Dasyatis guttata*, capturada na região costeira de Caiçara do Norte – RN, em estágio inicial de gravidez (**a**) com trofonemas curtos e pouco “leite uterino” e presença ovos (setas); e outra fêmea em estágio avançado de gravidez (**b** e **c**) com trofonemas longos e abundante “leite uterino”. _____ 32
- Figura 2.14.** Espermatozóides nos esfregaços de glândula oviducal de fêmeas de *Dasyatis guttata* da região costeira de Caiçara do Norte – RN, nos meses de junho (**a**) e julho de 2008 (aumento 1000x). Coloração: Hematoxilina-eosina. _____ 33
- Figura 2.15.** Marcas de abrasões em fêmea de *Dasyatis guttata*, da região costeira de Caiçara do Norte - RN, causadas por mordidas de machos durante a cópula. _____ 34
- Figura 2.16.** Detalhes das maxilas inferiores das arcadas dentárias de uma fêmea adulta reprodutiva (**a**) e de um macho adulto reprodutivo (**b**) de *Dasyatis guttata* da região costeira de Caiçara do Norte - RN. _____ 34
- Figura 3.1.** Variação mensal, entre agosto de 2007 e julho de 2008, do índice de vacuidade de *Dasyatis guttata* da região costeira de Caiçara do Norte – RN (n = número de espécimes analisados por mês). _____ 51
- Figura 3.2.** Composição da dieta por itens alimentares mais importantes na comparação entre jovens (**a**) e adultos (**b**) de *Dasyatis guttata* na região costeira de Caiçara do Norte, por meses de coleta. _____ 54
- Figura 3.3.** Representação gráfica do padrão da dieta de *D. guttata*, com utilização de todos os itens identificados dos conteúdos estomacais para jovens (**a**), adultos (**b**), e diagrama explicativo para a interpretação da estratégia alimentar, importância das presas e contribuição para a amplitude do nicho (**c**) (adaptado de Amundsen *et al.* 1996). _____ 57

Figura 4.1. Distribuição de frequência de ocorrência dos espécimes de *Dasyatis guttata* (n = 565) por classe de Largura de Disco (LD) nos meses de agosto de 2007 a julho de 2008 em Caiçara do Norte - RN. _____ 69

Figura 4.2. Seção da vértebra de fêmea (largura de disco = 67,6 cm) de *Dasyatis guttata* de 8 anos (a) e de um macho (largura de disco = 51,5 cm) de *Dasyatis guttata* de idade estimada em 5 anos incompletos (b). R1, R2...Ri = raio de cada marca de crescimento, medida do foco da vértebra até a margem externa de cada marca; Rv = raio da vértebra; MN = marca de nascimento. _____ 70

Figura 4.3. Relação entre a largura do disco (LD) em centímetros e o raio da vértebra (RV) em milímetros para machos e fêmeas de *Dasyatis guttata* da região costeira de Caiçara do Norte - RN. As setas indicam a largura de disco e o raio da vértebra de nascimento (LD_{nasc} e RV_{nasc}, respectivamente). _____ 71

Figura 4.4. Comparação das leituras independentes (Leitura 1 e Leitura 2) dos cortes das vértebras de *Dasyatis guttata* da região costeira de Caiçara do Norte - RN. Os pontos e as barras representam a média $\pm$ o desvio padrão do número de marcas identificadas na segunda leitura para todos os exemplares pertencentes ao mesmo grupo de número de marcas lidas no primeiro momento. A bissetriz é utilizada como medida da discrepância entre as duas leituras. O número acima de cada ponto é o total de indivíduos de cada faixa de idade analisados nas leituras. _____ 72

Figura 4.5. Variação sazonal do incremento marginal (IM) para sexos grupados da raia *Dasyatis guttata* da região costeira de Caiçara do Norte – RN. (1=primavera; 2=verão; 3=outono; 4=inverno). _____ 74

Figura 4.6. Variação mensal do número de zonas translúcidas na borda das vértebras de machos e fêmeas de *Dasyatis guttata* da região costeira de Caiçara do Norte – RN. Valores acima dos pontos indicam número total de bordas translúcidas por mês.____ 75

Figura 4.7. Curvas de crescimento para Fêmeas (**a**) e Machos (**b**) de *Dasyatis guttata*, da região costeira de Caiçara do Norte – RN, segundo modelo de von Bertalanffy (1938). _____ 76

Lista de Tabelas

- Tabela 1.1:** Número de lances de arrasto acompanhados, número de lances de pesca com espinhel e número de desembarque de pesca com linha de mão acompanhados por mês de coleta na região costeira de Caiçara do Norte – RN. _____ 14
- Tabela 2.1:** Número de espécimes machos e fêmeas, adultos e jovens de *Dasyatis guttata* capturados por mês de coleta e pelo tipo de aparato de pesca, na região costeira de Caiçara do Norte – RN. _____ 19
- Tabela 2.2.** Ocorrência de fêmeas de *Dasyatis guttata* grávidas, paridas ou abortadas, com embriões a termo e com ovos uterinos por meses do ano, na região costeira de Caiçara do Norte – RN, entre agosto de 2007 e julho de 2008. _____ 26
- Tabela 1.4:** Recuperação dos padrões internos (PI) e dos 25 pesticidas organoclorados analisados para o branco fortificado e a amostra no controle de qualidade. _____ 29
- Tabela 3.1.** Composição da dieta de *D. guttata* em termos de frequência de ocorrência (FO%), massa percentual (M%), frequência numérica (N%) e índice de importância relativa (IRI%) (n.i.=não identificado). _____ 52
- Tabela 3.2.** Contribuição percentual das categorias de presa mais comuns na composição da dieta para os grupos dos Jovens e Adultos, e mais discriminantes entre os grupos de Jovens e Adultos de *D. guttata* em Caiçara do Norte - RN. _____ 55
- Tabela 4.1.** Índices de precisão das leituras das marcas de crescimento para cada grupo de idade e para a amostra total de *Dasyatis guttata*. *IAPE* = índice de erro percentual

médio; CV = coeficiente de variação; D = índice de precisão; n = número de espécimes. _____ 73

Tabela 4.2. Parâmetros de crescimento estimados para a espécie *Dasyatis guttata* na região costeira de Caiçara do Norte – RN. _____ 75

Tabela 4.3. Amplitude e média de largura do disco (LD) para cada grupo de idade de machos e fêmeas de *Dasyatis guttata* da região costeira de Caiçara do Norte – RN. ____ 77

Resumo

A costa do município Caiçara do Norte – RN, na região Nordeste do Brasil, é uma reconhecida área de berçário para a raia *Dasyatis guttata*, onde são capturados indivíduos de ambos os sexos e de diferentes tamanhos. Como as informações biológicas sobre a espécie são escassas, o presente trabalho teve como objetivo investigar a biologia reprodutiva, a dieta, e os padrões de crescimento e idade de *D. guttata* nesta área. Indivíduos jovens, incluindo neonatos, foram mais frequentes nas capturas. *Dasyatis guttata* se reproduz durante o ano todo, mas com maior atividade reprodutiva na época mais seca. As fêmeas apresentam $LD_{50} = 51,3$ cm e os machos $LD_{50} = 43,5$ cm. Com relação à dieta, os resultados caracterizam *D. guttata* como uma predadora generalista, que se alimenta de presas com maior disponibilidade no ambiente, e indicam que não houve diferença significativa na composição da dieta entre machos e fêmeas e nem entre épocas do ano. Porém, foi encontrada variação ontogenética, com jovens alimentando-se preferencialmente de crustáceos carídeos e os adultos preferencialmente de moluscos bivalves. A espécie também apresenta taxas de crescimento lento e sugere-se que deposição das marcas periódicas de crescimento ocorrem uma vez ao ano. Foi construída a curva de crescimento e os parâmetros estimados foram: para machos $L_{\infty} = 100,76$ cm; $k = 0,07$; $t_0 = -2,18$; e para fêmeas $L_{\infty} = 137,57$ cm; $k = 0,06$; $t_0 = -1,86$. Machos e fêmeas atingem a maturidade com cerca de cinco anos de idade.

Palavras-chave: ciclo de vida, estratégia alimentar, idade de primeira maturação, Dasyatidae, Nordeste do Brasil.

Abstract

The coast of Caiçara do Norte – RN is a known elasmobranchs nursery area, where the stingray *Dasyatis guttata* females and males of different sizes are captured. Since the species biological informations are scarce, the present study aimed to investigate the reproductive biology, the diet and the age and growth patterns of *D. guttata* in this area. Juvenile stingrays, including newborns, were more frequent in the catches. *Dasyatis guttata* reproduces throughout the year, but showed higher reproductive activity in the dry season. The LD₅₀ estimated for females was 51.3 cm and for males was 43.5 cm. Regarding the diet, results characterized *D. guttata* as a generalist predator, that feeds upon the prey more available in the environment, and indicated that there are no significant differences between the diet composition of males and females, and between seasons of the year. However, an ontogenetic change was found, with the young feeding preferentially on crustaceans and the adults on bivalve molluscs. The species presented also a slow growth rate for both genders and it is suggested that the deposition of periodic growth marks occur once a year. The growth curve was fitted and the estimated growth parameters were: $L_{\infty} = 100.76$ cm; $k = 0.07$; $t_0 = -2.18$ for males; and $L_{\infty} = 137.57$ cm; $k = 0.06$; $t_0 = -1.86$ for females. Males and females achieve the maturity at about five years old.

Keywords: life cycle, feeding strategy, age at maturity, Dasyatidae, Northeastern Brazil.

1. INTRODUÇÃO GERAL

Dasyatidae é uma família com mais de sessenta espécies atuais e com o maior número de espécies costeiras tropicais (CARPENTER & NIEM, 1999). As raias dessa família, pertencentes à ordem Myliobatiformes (COMPAGNO & HAMLETT, 1999), são de médio a grande porte (com largura de disco de 30,0 a 200,0 cm), têm ampla distribuição em quase todos os oceanos e geralmente habitam águas rasas e costeiras (BIGELOW & SCHROEDER, 1953; MCEACHRAN & CARVALHO, 2002). As espécies desse grupo ocupam preferencialmente ambientes marinhos, mas podem freqüentar ambientes de baixa salinidade, como em regiões de estuário (MCEACHRAN & CARVALHO, 2002). São conhecidos seis gêneros no mundo (COMPAGNO, 1999), porém, no Brasil, os dasiatídeos são representados por apenas três: *Dasyatis*, *Himantura* e *Pteroplatytrygon* (SANTOS *et al.*, 2004; SANTOS & CARVALHO, 2004).

Dasyatis é o gênero com maior número de espécies não só dentro da família Dasyatidae, mas também dentre os Myliobatiformes, e são reconhecidas 39 espécies válidas na literatura (SANTOS & CARVALHO, 2004; LAST & WHITE, 2008). Desse gênero são encontradas informações publicadas sobre suas relações filogenéticas (ROSENBERGER, 2001); sobre a distribuição, habitat e aspectos da biologia da espécie *D. marmorata* (CAPAPÉ & ZAOUALI, 1995) e *D. pastinaca* (YELDAN *et al.*, 2008); biologia e ecologia de *D. sabina*, *D. sayi* e *D. longus* (SAGE *et al.*, 1972; SCHWARTZ & DAHLBERG, 1978; SNELSON *et al.*, 1989; VILLAVICENCIO-GARAYZAR, 1994; JOHNSON & SNELSON, 1996); alimentação, reprodução, distribuição e estrutura populacional de *D. americana* e *D. pastinaca* (GILLIAM E SULIVAN, 1993; HENNINGSEN, 2000; AGUIAR *et al.*, 2009; SAGLAM *et al.*, 2010), e idade e crescimento de *D. chrysonota* e *D. pastinaca* e *D. pastinaca* (COWLEY, 1997; ISMEN, 2003).

Têm-se indícios de que *Dasyatis* é um gênero polifilético e que *Dasyatis guttata* é mais intimamente relacionada, numa classificação cladística, a *Dasyatis geijskesi*, compartilhando ambientes em suas amplitudes de distribuição e algumas características externas como rostros relativamente longos e côncavos, corpos finos e longas caudas com morfologia da membrana semelhante (ROSENBERGER, 2001).

A raia *D. guttata* (Fig. 1.1) é uma espécie demersal, habitante comum de águas costeiras sul-americanas e de regiões de estuário (THORSON, 1983). Ocorre desde o Golfo do México até a região sul do Brasil (BIGELOW & SCHROEDER, 1953; FIGUEIREDO, 1977; MENNI & LESSA, 1998).

Figura 1.1. Espécime macho jovem de *Dasyatis guttata* capturado na região costeira de Caiçara do Norte- RN.

Não há pesca dirigida para essa espécie, mas há algum interesse comercial pelos espécimes capturados incidentalmente desde a Costa Rica até a Venezuela (THORSON,

1983). No Brasil também ocorre captura freqüente como fauna acompanhante da pesca de arrasto de portas para captura de camarão no Ceará, Maranhão e Rio Grande do Norte (MENNI & LESSA, 1998; GADIG *et al.* 2000; YOKOTA & LESSA, 2006; YOKOTA & LESSA, 2007). No litoral de Caiçara do Norte (RN), indivíduos de ambos os sexos e de diferentes classes de comprimento de *D. guttata*, incluindo jovens recém nascidos e fêmeas grávidas, são capturados ao longo do ano como pesca acompanhante no arrasto de portas, para captura de camarão (YOKOTA & LESSA, 2006).

Apesar de estar disponível um volume considerável de informações sobre taxonomia, biologia, ecologia e zoogeografia dos Batoidea (MENNI & STEHMANN, 2000), a biologia das raias ao longo da costa atlântica da América do Sul é pouco conhecida em comparação à dos tubarões (MENNI, 1986; MENNI & STEHMANN, 2000). Além disso, o conhecimento do papel trófico dos elasmobrânquios, em relação aos actinoptérígios e outros vertebrados marinhos, ainda é restrito (WETHERBEE & CORTÉS, 2004).

A respeito de *D. guttata*, estimativas do comprimento de maturidade gonadal e de nascimento, aspectos da distribuição e dados sobre a alimentação são descritos por THORSON (1983) para águas da Venezuela. No Brasil, são encontradas apenas citações sobre áreas de ocorrência (ROSA, 1987; GADIG & ROSA, 1993; QUEIROZ *et al.*, 1993; BRITTO & LESSA, 2000; entre outros), bem como dados preliminares sobre a dieta (QUEIROZ *et al.*, 1993), dados sobre composição de tamanhos e características reprodutivas no litoral do Maranhão (MENNI & LESSA, 1998) e sobre identificação de área de berçário em águas do Ceará (FURTADO-NETO & PINTO, 2002). YOKOTA & LESSA (2007) descrevem alguns aspectos sobre a biologia reprodutiva de *D. guttata* em Caiçara do Norte (RN), onde foi identificada uma área de berçário para esta espécie (YOKOTA & LESSA, 2006).

Diversos trabalhos descrevem a importância de peixes batóideos para comunidades bentônicas, seja por predação ou por distúrbios ao substrato (REIDENAUER & THISTLE, 1981; GRAY *et al.*, 1997; CROSS & CURRAN, 2000 e 2004; EBERT & COWLEY, 2003). Entretanto, o conhecimento sobre a biologia, parâmetros populacionais, ecologia e relações tróficas de *D. guttata* é ainda muito limitado, apesar de ser uma espécie freqüente nas capturas como fauna acompanhante em pescarias costeiras no Brasil, principalmente na região Nordeste.

O conhecimento adequado dos sistemas reprodutores e do processo reprodutivo em detalhe é um importante fator para auxiliar iniciativas de conservação e manejo em elasmobrânquios (PRATT & CASEY, 1990), sendo que a maioria dos modelos de manejo pesqueiro se baseia em parâmetros reprodutivos. Por outro lado, o estudo da alimentação é parte essencial no processo de identificação do nicho de uma espécie, e de fundamental importância para a compreensão das relações tróficas no ambiente em que vive (MUTO *et al.*, 2001).

Além disso, a idade e o crescimento são componentes importantes no estudo da dinâmica populacional e da biologia dos peixes de interesse comercial (CAMPANA, 2001). Todos os métodos de avaliação de mananciais trabalham essencialmente com dados de composição de idades (SPARRE & VENEMA, 1997) e a incorporação destes parâmetros nos modelos analíticos para a avaliação dos estoques, permite analisar os níveis de exploração e desta forma proporcionar pautas de administração e controle para um aproveitamento sustentável do recurso (CORTÉS, 1998; CORTÉS, 2000).

A exploração pesqueira constitui-se a maior ameaça à biodiversidade de elasmobrânquios, com o agravante de que na perspectiva mundial o manejo é complicado pela falta de informações básicas de grande número de espécies. *Dasyatis guttata* se enquadra nesse contexto, pois, apesar de ser uma raia freqüente nas capturas

como fauna acompanhante em pescarias costeiras no Brasil, principalmente na região Nordeste, não há estudos sobre idade e crescimento, nem quanto à alimentação e mudanças na dieta decorrentes do crescimento ou das variações sazonais. Tais estimativas proporcionam a base para a previsão da resiliência das espécies à exploração (HOENIG & GRUBER, 1990).

Além da depleção pela pesca incidental e, nos últimos anos, dirigida, as espécies também são ameaçadas por fatores tais como a degradação dos ambientes costeiros utilizados como áreas de berçário e pela estratégia de vida da maioria das espécies de elasmobrânquios, que as tornam muito frágeis à pesca (CAMHI *et al.*, 1998; STEVENS *et al.*, 2000; DULVY *et al.* 2008).

Existem numerosos exemplos na literatura a respeito de sobre-exploração ou até mesmo eliminação de populações de condríctios pela falta de conhecimento de seus parâmetros de história de vida ou por esses parâmetros não serem levados em consideração em cenários de manejo (DULVY & FORREST, 2010). A exploração indiscriminada de elasmobrânquios no Brasil é agravada pela falta de informações básicas sobre as espécies, o que dificulta o desenvolvimento de uma prática de conservação e manejo e está contribuindo para o declínio de várias espécies (LESSA *et al.*, 1999; SBEEL, 2005).

Ao se considerar a fragilidade do estoque de elasmobrânquios perante a pesca e o atual declínio de diversas populações (STEVENS *et al.*, 2000; BAUM *et al.*, 2003; MYERS & WORM, 2003), faz-se necessário o estudo da biologia das espécies, pois somente com base em informações biológicas mais detalhadas será possível estimar parâmetros populacionais mais robustos e confiáveis a serem utilizados em modelos de conservação e manejo de estoques (CORTÉS, 2004). Dentre os dados das espécies necessários para um modelo de manejo está incluída também a identificação dos

habitats críticos em diferentes estágios de vida, incluindo áreas de berçário, de reprodução e de alimentação (CARRIER & PRATT, 1998; CAMHI *et al.*, 1998)

Dasyatis guttata está citada na lista vermelha de espécies ameaçadas como uma espécie que apresenta dados deficientes para que seja avaliado, com precisão, seu estado de conservação (ROSA & FURTADO, 2004). Para tal avaliação, é necessário o monitoramento da pesca artesanal e a proteção de áreas de reprodução e berçário, além de estudos sobre biologia, ecologia e dinâmica populacional.

A região de Caiçara do Norte se trata de uma área de berçário (YOKOTA & LESSA, 2006), e existem evidências de que o ciclo reprodutivo de *D. guttata* é supra-anual (YOKOTA & LESSA, 2007) e, portanto, a região costeira de Caiçara do Norte pode ser uma área onde a espécie passaria todo seu ciclo de vida. Sendo assim, o conhecimento dos parâmetros biológicos básicos da espécie se torna relevante e confirmaria a hipótese aqui levantada.

A partir do conhecimento acumulado sobre a espécie, nota-se que ainda há lacunas a serem preenchidas. Deste modo, o objetivo do presente estudo é investigar a biologia reprodutiva, a dieta e a estratégia alimentar, a estrutura etária da população e os padrões de crescimento de *D. guttata* na região de Caiçara do Norte.

A principal hipótese a ser testada refere-se à região costeira de Caiçara do Norte: seria esta uma área ocupada pela espécie *D. guttata*, durante todo seu ciclo de vida?

1.1 Objetivos específicos

- Fornecer informações sobre o ciclo de vida e em especial o ciclo reprodutivo de *Dasyatis guttata*, estimando os parâmetros das variáveis: tamanho de maturidade gonadal para ambos os sexos, tamanho de nascimento, fecundidade, e proporções sexuais nas diferentes idades;

- Caracterizar a dieta, a partir da análise dos conteúdos estomacais e identificar variações na alimentação em relação ao tamanho, sexo e época do ano, com a finalidade de produzir conhecimento sobre a ecologia trófica de *D. guttata*;
- Estimar a idade dos espécimes, os parâmetros de crescimento para avaliar o ciclo de vida, e a idade de maturidade para a espécie.

1.2 Área de Estudo

Caiçara do Norte está localizada a 150 km a noroeste de Natal, situando-se a oeste do Cabo do Calcanhar, nas coordenadas de 5° 04' S e 36° 03' N (Fig. 1.2). A média de precipitação anual é de 1200 a 1500 mm (INMET, 2010), com um período mais seco que dura geralmente de 6 a 7 meses (setembro a fevereiro), e um período chuvoso (março a agosto) (RAO *et al.* 1993; INMET, 2010).

Figura 1.2. Mapa com a localização da região de Caiçara do Norte – RN (modificado de Brasil em Relevo - EMBRAPA; <http://www.relevobr.cnpm.embrapa.br>).

O litoral se caracteriza por uma zona de praia aberta, de águas rasas e túrbidas (Fig. 1.3). A cerca de 1 km da costa existe um canal com sedimento areno-argiloso, com média de 6 metros de profundidade, e a 2 km do litoral localizam-se bancos de areia com profundidade variando entre 3 e 5 m.

Figura 1.3. Vista a oeste (a) e a leste (b) da praia de Caiçara do Norte – RN.

A região apresenta planícies costeiras muito estreitas e está sob influência da Corrente Norte do Brasil, que se desloca no sentido leste-oeste (PETERSON & STRAMMA, 1991). Ventos alísios de sudeste são dominantes e ocorrem praticamente durante o ano todo, com velocidades de 5,5 a 8,5 m.s⁻¹ (Leão & Domingues, 2000). Correntes, ondas e sedimentos se deslocam de leste para oeste (MELO, 1993). Além disso, como o rio mais próximo é o Rio Açu, localizado 70 km a oeste, sua vazante não influi nas condições ambientais marinhas de Caiçara do Norte.

As médias de temperatura da água na área não variam muito de 26 a 27°C da superfície até 75 m de profundidade (WORLD OCEAN ATLAS, 2009), porém, a salinidade apresenta valores ligeiramente menores nos períodos chamados de outono e inverno (Fig. 1.4)(WORLD OCEAN ATLAS, 2009), que coincidem com a época de pluviosidade mais intensa na região (INMET, 2010). Já nos períodos denominados de primavera e verão, a média de salinidade apresenta maiores valores (Fig. 1.4), coincidindo com a época seca ou de baixa pluviosidade na região (INMET, 2010). Além disso, sabe-se que variações na salinidade são pequenas nas proximidades da quebra da plataforma dessa região, com valores típicos de 36 a 37 (CASTRO & MIRANDA, 1998).

Figura 1.4. Variação mensal da salinidade média ($\pm$ d.p) entre a superfície e 10 m de profundidade nas águas da costa de Caiçara do Norte – RN (World Ocean Atlas, 2009).

O padrão de incidência de luz solar na costa de Caiçara do Norte, em média mensal do número de horas diárias, também está diretamente relacionado aos períodos de seca e chuva. Apesar da duração do dia, em número de horas, não variar muito durante o ano, ocorre uma maior incidência de luz de setembro a fevereiro que é a época de baixa pluviosidade (INMET, 2010), e o período de menor incidência de luz ocorre na estação de mais chuvosa entre março e agosto (Fig. 1.5)(NEW LOCCLIM, FAO, 2006; SUN TIMES, 2008; INMET, 2010). Desta forma, a fração de luz, que realmente atinge as águas costeiras da região de Caiçara do Norte, é menor no período chuvoso, o que pode estar relacionado à maior quantidade de nuvens que se mantêm por mais tempo na área estudada durante esse período, e conseqüentemente impedem a total penetração dos raios solares.

Figura 1.5. Relação entre os meses de ano e a duração do dia em número de horas, a fração de luz que realmente atinge a região em porcentagem e o número de horas de luz do sol que atinge a região de Caiçara do Norte-RN. Fonte: New LocClim, FAO 2006.

No litoral norte do Rio Grande do Norte, onde está localizada a cidade de Caiçara do Norte, a largura da plataforma continental alcança um máximo de 43 km, com variação de profundidades de 40 a 60 m na altura da quebra da plataforma continental (GOMES & VITAL, 2010). A plataforma pode ser dividida em plataforma interna (até a isóbata de 15m de profundidade), média (entre isóbatas de 15 e 25 m) e externa (entre isóbatas de 25 e 40 m), onde se encontram feições submarinas como dunas subaquáticas e campos de dunas longitudinais na plataforma interna, dunas transversais na plataforma média, rochas praias e corpo arenoso marinho raso isolado (GOMES & VITAL, 2010).

O sedimento que recobre o fundo é composto por areia e argila na plataforma interna, areia com material biogênico, como carapaças e conchas, na plataforma média e cascalhos com material biogênico na plataforma externa (TABOSA, 2006).

Caiçara do Norte é tradicional na atividade pesqueira do estado do Rio Grande do Norte, e está entre os cinco maiores municípios, dos 25 produtores de pescado marinho e estuarino. O bom rendimento pesqueiro é reflexo não só da frota artesanal,

considerada a maior do nordeste, mas também da alta produtividade biológica da região (IBAMA, 2002).

A frota pesqueira de Caiçara do Norte é composta por cerca de 240 embarcações, incluindo botes a motor e a vela (6 a 12 m), paquetes (4,5 m), jangadas e canoas, que empregam diferentes tipos de arte de pesca e operam em uma larga amplitude de profundidade. Os elasmobrânquios capturados por essa frota são considerados fauna acompanhante das redes de arrasto, de espera e linhas de mão, e espécies alvo da pesca com espinhel.

1.3 Material e Métodos de coleta e tomada de dados biológicos gerais

A amostragem foi realizada em Caiçara do Norte - RN, do mês de agosto de 2007 a julho de 2008, com periodicidade mensal. A coleta consistiu do acompanhamento dos lances de arrasto de praia e de portas, pelo desembarque dos pescadores de linha de mão, e através da pesca realizada com pequenos espinhéis com cerca de 20 anzóis. A partir de junho de 2008, também foi acompanhada a pesca feita com espinhel de fundo de 100 anzóis (Tabela 1.1).

O arrasto de praia ocorreu em todos os meses do ano e foi realizado a uma profundidade de 2 a 3 metros. A pesca com linha de mão ocorreu principalmente em áreas próximas ao canal de fundo de lama a mais de 1 km da costa, a uma profundidade de 6 a 10 metros. A pesca com espinhel menor, de 20 anzóis, foi realizada durante todos os meses do ano a uma profundidade de 3 a 4 metros. A partir de julho de 2008 também foi acompanhada a pesca que utilizava espinhel de cerca de 100 anzóis, a uma profundidade semelhante de 3 a 4 metros.

Tabela 1.1. Número de lances de arrasto acompanhados, número de lances de pesca com espinhel e número de desembarque de pesca com linha de mão acompanhados por mês de coleta na região costeira de Caiçara do Norte – RN.

Aparato de Pesca	Mês												total
	jan	fev	mar	abr	mai	jun	jul	ago	set	out	nov	dez	
Arrasto de praia	3	2	2	20	70	80	50	35	10	40	40	5	357
Arrasto de portas	20	10	25	5	0	0	1	0	0	0	0	0	61
Espinhel 20 anzóis	2	1	0	0	0	2	0	3	0	4	0	2	14
Espinhel 100 anzóis	0	0	0	0	0	0	8	0	0	0	0	0	8
Linha de mão	0	0	0	0	1	2	0	0	1	2	2	1	9

Dos machos capturados, foram registrados o peso total (PT, g), a largura do disco (LD, cm), o peso do fígado (PF, g), o peso da gônada (PG, g), o estado de mineralização (flexível ou rígido) e o comprimento do clássper (ptorigopódio) (cm) desde sua inserção até a extremidade distal. Das fêmeas foram registrados o peso total (PT, g), a largura do disco (cm), o peso da gônada (PG, g), a largura da glândula oviducal (cm), largura do útero (cm), diâmetro (cm) e cor do maior folículo ovariano, e a presença ou ausência de ovos e/ou embriões nos úteros. O teste *Chi Quadrado* foi usado para verificar se havia diferença significativa entre as proporções de machos e fêmeas nas amostras.

Foram coletados exemplares testemunho (“vouchers”) dos dois sexos de *D. guttata*, que foram depositados na coleção ictiológica do Museu de Zoologia da Universidade de São Paulo (MZUSP) com os seguintes números de registro: MZUSP 109187, ♂ LD = 15,8 cm (neonato); MZUSP 109188, ♂ LD = 26,5 cm; MZUSP 109189, ♂ LD = 22,5 cm; MZUSP 109190, ♀ LD = 12,7 cm (neonato); MZUSP 109191, ♂ LD = 29,5 cm; MZUSP 109192, ♂ LD = 38,0 cm; MZUSP 109193, ♀ LD = 18,5 cm e MZUSP 109194, ♂ LD = 19,5 cm.

2. REPRODUÇÃO

2.1 Material e métodos

Para identificação da maturidade gonadal nos machos foi considerado o tamanho e a rigidez do clássper, o grau de desenvolvimento dos testículos e ductos espermáticos, e a presença de conteúdo nas vesículas seminais. O teste *t* de Student foi utilizado para testar diferenças entre o peso dos testículos direito e esquerdo, e verificar sua paridade funcional (STATSOFT, 2007¹). As fêmeas foram consideradas adultas pela presença de ovos ou embriões nos úteros, além da presença de folículos ovarianos vitelogênicos, a morfologia dos úteros, a presença de trofonemas, ou seja, modificações da mucosa uterina para produção de substância nutritiva, o “leite uterino” e a largura e desenvolvimento da glândula oviducal.

Os espécimes foram separados por estágios de maturidade segundo critérios modificados de SNELSON *et al.* (1988), como: neonatos; jovens imaturos; indivíduos em maturação e indivíduos adultos. Foram considerados neonatos os espécimes com cicatriz umbilical ventral, referente ao local onde o cordão do saco vitelínico se liga o ventre, e com resquício de vitelo interno.

Para o propósito de estimar o tamanho de primeira maturação (largura do disco) (LD₅₀), ou mais especificamente, a largura do disco em que 50% dos indivíduos estão maduros, os espécimes foram agrupados em imaturos e maduros e foi utilizada a equação da curva logística para cada um dos sexos separadamente para o ajuste dos dados. A partir dos parâmetros da equação do modelo, LD₅₀ é dado por $-a/b$ (MOLLET *et al.*, 2000).

As fecundidades ovarianas e uterinas foram estimadas pelo número de folículos maduros vitelogênicos no ovário e o número de ovos ou embriões nos úteros,

¹ A menção da marca não significa indicação ou recomendação de uso.

respectivamente. Dos embriões encontrados foi observado o grau de desenvolvimento e registrados sexo, peso total (PT em g) e largura do disco (LD em cm).

As relações gonadossomática (RGS) e hepatossomática (RHS) dos indivíduos adultos foram calculadas através das fórmulas:

$$RGS = (PG/PT) \times 100 \text{ e } RHS = (PF/PT) \times 100,$$

sendo PG o peso gonadal, PT o peso total dos indivíduos e PF o peso dos fígados.

Comparações de RHS, RGS e diâmetro do maior folículo ovariano ao longo dos meses do ano foram feitas usando o teste Kruskal-Wallis e teste *a posteriori* Bonferroni (STATSOFT, 2007). Como alternativa não paramétrica para o teste *t* foi utilizado o teste Wald-Wolfowitz *runs* para verificar possíveis diferenças entre as larguras de disco de embriões e neonatos (STATSOFT, 2007).

Variações sazonais da RGS e RHS, juntamente com a condição dos folículos ovarianos, presença ou ausência de ovos e embriões nos úteros e ocorrência de neonatos, foram utilizadas para caracterizar o período reprodutivo de *D. guttata* na área estudada.

Além disso, foram feitos dezessete esfregaços e preparações permanentes com cortes de nove glândulas oviducais de fêmeas adultas, durante o período de amostragem, para verificar a presença de espermatozóides armazenados nas mesmas. Para os cortes, foi utilizada a rotina de preparo descrita em VAZZOLER (1996). A presença de espermatozóides pode ser entendida como indício de cópula recente das raias no período amostrado ou como local para a estocagem de espermatozóides na glândula. As lâminas, com os esfregaços e com dos cortes, foram coradas com o método de Hematoxilina-Eosina.

Para a estimativa da relação trófica entre mãe e embrião, foi calculado o balanço químico de desenvolvimento (BQD) (CAPAPÉ & ZAOUALI, 1995), sendo:

$$\text{BQD} = \text{PTMem} / \text{PTMov},$$

em que PTMem é o peso total médio dos embriões a termo e PTMov o peso médio dos ovos uterinos ou folículos maduros.

Para que se pudesse utilizar testes estatísticos paramétricos ou não-paramétricos, a normalidade e homogeneidade da variância das variáveis foram testadas, respectivamente, pelos testes Kolmogorov-Smirnov & Lilliefors e de Levene (SATATSOFT, 2007). O nível de significância considerado em todos os casos foi 0,05.

2.2 Resultados

A arte de pesca que mais capturou *D. guttata* nos meses de setembro de 2007 a julho de 2008 foi o arrasto de praia (Tabela 2.1). Espécimes adultos foram capturados com espinhel de fundo, esporadicamente com o arrasto de praia ou com linha de mão e no arrasto de portas (em janeiro, fevereiro março e abril de 2008).

A Figura 2.1 mostra a distribuição mensal de frequência de ocorrência de *D. guttata* por classe de comprimento. A amplitude de largura de disco (LD), de janeiro a dezembro, variou de 12,7 a 88,5 cm entre as fêmeas e de 12,7 a 57 cm para machos. O peso variou de 62,2 g a 22.000 g nas fêmeas e de 23,11 g a 5.750 g nos machos. Em todos os meses a predominância foi de indivíduos jovens (Fig. 2.1), com capturas por arte de pesca agrupadas, mas adultos reprodutivos ocorreram durante todo ano na área amostrada.

Tabela 2.1. Número de espécimes machos e fêmeas, adultos e jovens de *Dasyatis guttata* capturados por mês de coleta e pelo tipo de aparato de pesca, na região costeira de Caiçara do Norte – RN.

Mês	Aparatos de Pesca																			
	Arrasto de praia				Arrasto de portas				Espinhel 20 anzóis				Espinhel 100 anzóis				Linha de mão			
	♂	-	♀		♂	-	♀		♂	-	♀		♂	-	♀		♂	-	♀	
	A	J	A	J	A	J	A	J	A	J	A	J	A	J	A	J	A	J	A	J
jan	0	1	0	0	0	15	0	12	1	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0
fev	0	0	0	1	2	7	0	9	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
mar	1	2	1	3	0	15	0	7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
abr	1	6	0	5	0	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
mai	0	65	0	39	2	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0
jun	2	46	0	50	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	1	0	3	0
jul	5	19	3	17	0	0	0	0	0	0	0	0	11	0	11	0	0	0	0	0
ago	0	34	0	47	0	0	0	0	0	0	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0
set	0	17	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0
out	0	19	0	8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5	0
nov	0	13	0	14	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	3	0
dez	0	3	0	5	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0
total	9	225	4	192	4	41	3	28	1	0	11	0	11	0	11	0	4	0	13	0

J = indivíduos jovens; A = indivíduos adultos.

Figura 2.1. Distribuição de freqüência de ocorrência dos espécimes de *Dasyatis guttata* por classe de largura de disco (LD), nos meses de agosto de 2007 a julho de 2008, na região costeira de Caiçara do Norte - RN.

Um total de 278 machos foi analisado. Cláspes flexíveis foram encontrados em indivíduos com largura de disco (LD) de até 40 cm, e foram classificados como imaturos (Fig. 2.2). Indivíduos com comprimento do cláster de 2,9 cm (LD = 37 cm) até 4 cm (LD = 40) apresentavam apenas início de enrijecimento. O menor indivíduo com cláster rígido tinha largura de disco de 46,5 cm e a partir desse comprimento todos os indivíduos eram adultos com cláster rígido (Fig. 2.2).

Figura 2.2. Relação entre a largura do disco e o comprimento do cláster em machos imaturos (com cláster flexível) e maduros (com cláster rígido) de *Dasyatis guttata* da região costeira de Caiçara do Norte -RN.

Ambos os testículos são funcionais e não houve diferença significativa entre os pesos do esquerdo e direito ($t=-0,9$; $gl=43$; $p=0,37$). Todos os espécimes machos adultos tinham testículos com lóbulos visíveis e produção de esperma. Os machos adultos só não ocorreram nos meses de agosto, outubro e dezembro, e também se caracterizavam por apresentar esperma armazenado na vesícula seminal. Através dos esfregaços feitos de material colhido na região anterior do ducto seminífero (epidídimo) (Fig. 2.3 a) e da vesícula seminal (Fig. 2.3 b), foi possível caracterizar a morfologia e conformação dos

espermatozoides, com intuito de poder identificá-los nas glândulas oviducais das fêmeas como indício de cópula recente. Com o uso de um microscópio de luz, pôde-se observar que os espermatozoides de *D. guttata* têm uma cabeça helicoidal tão longa quanto seu flagelo na porção distal da célula, e aparentemente apresentam um alargamento na região do acrosso (Fig. 2.3 a e b).

Figura 2.3. Esfregaço do espermatozoides do epidídimo (a) e da vesícula seminal (b) de machos adultos de *Dasyatis guttata* da região costeira de Caiçara do Norte – RN (aumento 1000x). Coloração: Hematoxilina-eosina.

No epidídimo os espermatozoides se encontram isolados e dispersos e na vesícula seminal encontram-se em massas não encapsuladas (espermatozeugmata).

Através do ajuste da curva logística, que relacionou a proporção de indivíduos maduros e a largura de disco (Fig. 2.4), foi estimado para os machos de *D. guttata* um LD_{50} de 43,5 cm, o que corresponde a 75,8% da máxima largura de disco (LD) observada.

Figura 2.4. Relação entre a proporção de indivíduos maduros e a largura do disco (cm) em machos de *Dasyatis guttata* da região costeira de Caiçara do Norte - RN.

Um total de 255 fêmeas foi analisado e não houve diferença significativa entre o número de machos e fêmeas na amostra ($\chi^2 = 0,992$; $p=0,32$).

Fêmeas de *D. guttata* apresentaram apenas o ovário esquerdo como funcional, e essas gônadas cresceram em duas fases (Fig. 2.5). No primeiro momento, o peso do ovário cresceu lentamente em relação à largura do disco (LD), com valores entre 0,05 e 7,9 g, com folículos pequenos e esbranquiçados em fêmeas imaturas, com largura de disco (LD) de 15,5 a 42 cm (média=1,6 cm; dp=2,2). A partir da largura de disco de 56,2 cm, observa-se uma fase de crescimento abrupto, com folículos amarelos vitelogênicos em ovários de 11,8 a 77,8 g (média=20,8 g; dp=13,6).

A glândula oviducal só foi visível em espécimes maiores que 37 cm de largura de disco (LD), sendo que até esse tamanho as glândulas eram indiferenciadas. A largura das glândulas oviducais variou de 0,26 a 1,96 cm (média=1,3; dp=0,37), e parece permanecer com tamanho constante nas fêmeas adultas reprodutivas (média=1,4; dp=0,2).

Figura 2.5. Relação entre a largura do disco e o peso do ovário de *Dasyatis guttata* da região costeira de Caiçara do Norte - RN.

Através dos parâmetros da equação da curva logística ajustada à relação entre a proporção de indivíduos maduros e a largura do disco das fêmeas de *D. guttata* (Fig. 2.6), foi obtido um LD₅₀ de 51,3 cm, o que corresponde a 58% da máxima largura de disco (LD) encontrada.

Figura 2.6. Relação entre a proporção de indivíduos maduros e a largura do disco (cm) em espécimes fêmeas de *Dasyatis guttata* da região costeira de Caiçara do Norte - RN.

Fêmeas grávidas com embriões em estágios intermediários de desenvolvimento ocorreram ao longo do ano de coleta, exceto nos meses de setembro e outubro de 2007, e fevereiro e abril de 2008. Entretanto, no mês de outubro de 2007 e também novembro de 2007 e junho de 2008, foram capturadas fêmeas recém paridas ou abortadas. Fêmeas grávidas com embriões a termo e fêmeas com ovos uterinos ocorreram nos meses de julho e agosto de 2007 (Tabela 2.2).

Ao longo de todo o ano de coleta também foram capturadas fêmeas adultas reprodutivas, com exceção dos meses de setembro de 2007 e abril de 2008 (Tabela 2.2).

Tabela 2.2. Ocorrência de fêmeas de *Dasyatis guttata* grávidas, paridas ou abortadas, com embriões a termo e com ovos uterinos por meses do ano, na região costeira de Caiçara do Norte – RN, entre agosto de 2007 e julho de 2008.

Fêmeas	Mês											
	jan	fev	mar	abr	mai	jun	jul	ago	set	out	nov	dez
adultas reprodutivas	X	X	X		X	X	X	X		X	X	X
grávidas	X		X		X	X	X	X			X	X
paridas / abortadas										X	X	
com embriões a termo							X	X				
com ovos uterinos							X	X				

Espécimes neonatos, com cicatriz no ventre e resquício de vitelo interno (Fig. 2.7), ocorreram durante todo o ano com exceção dos meses de setembro, outubro e dezembro. O tamanho dos neonatos variou de 12,7 a 17 cm de largura de disco, e essa amplitude de largura de disco corrobora os resultados de amplitude de largura do disco de embriões a termo que variou de 11,9 a 16,8 cm.

Figura 2.7. Espécime de *Dasyatis guttata* neonato, com detalhe do vitelo interno (seta).

Não houve diferença significativa entre as médias de largura de disco de neonatos e embriões a termo ($Z=-1,13$; $p=0,26$). Também não houve diferença significativa na largura de disco dos neonatos capturados durante o ano ($H_{(8,39)}=15,06$, $p=0,51$) (Fig. 2.8). Embriões considerados a termo ocorreram apenas nos meses de agosto de 2007 e janeiro e julho de 2008 (Fig. 2.9). Os menores embriões ocorreram no mês de junho e os maiores no mês de agosto (Fig. 2.9).

Figura 2.8. Distribuição de largura do disco de neonatos de *Dasyatis guttata* por mês de coleta na região costeira de Caiçara do Norte - RN (ep= erro padrão; dp= desvio padrão).

Figura 2.9. Distribuição de largura do disco de embriões de *Dasyatis guttata* por mês de coleta (ep= erro padrão; dp= desvio padrão) na região costeira de Caiçara do Norte-RN.

Os valores da relação gonadossomática (RGS), tanto dos machos quanto das fêmeas, não apresentaram diferença significativa entre os meses de coleta (Machos: $H_{(9,26)}=16,91$; $p=0,5$; Fêmeas: $H_{(9,46)}=7,28$; $p=0,61$) (Fig. 2.10a,b). Porém observa-se maiores valores de RGS de julho a fevereiro e menores valores de março a junho para os machos. Nas fêmeas, os maiores valores médios de RGS ocorreram nos meses de julho-agosto de 2007 e fevereiro de 2008.

Considerando-se os machos, a relação hepatossomática (RHS) não apresentou diferença significativa entre os meses do ano (Machos: $H_{(9,30)}=17,03$; $p=0,05$), mas com maiores valores de dezembro a fevereiro (Fig. 2.11a). Mas nas fêmeas essa diferença foi observada (Fêmeas: $H_{(9,39)}=18,24$; $p=0,03$) e comparações *a posteriori* indicaram significância nas diferenças entre os meses de outubro e novembro ($p=0,04$). Os maiores valores de RHS para as fêmeas foram observados de novembro a março, com diminuição de abril até outubro (Fig. 11b).

Figura 2.10. Relação gonadosomática (RGS) mensal de machos (a) e fêmeas (b) de *Dasyatis guttata* na região costeira de Caiçara do Norte - RN (ep = erro padrão; dp = desvio padrão). Números indicam quantidade de indivíduos analisados por mês.

Figura 2.11. Relação hepatossomática (RHS) mensal de machos (a) e fêmeas (b) de *Dasyatis guttata* em Caiçara do Norte - RN (ep= erro padrão; dp= desvio padrão). Números indicam quantidade de indivíduos analisados por mês.

Fêmeas adultas com folículos ovarianos vitelogênicos ocorreram durante todo o ano de coleta e o diâmetro do maior folículo (média=1,50 cm; dp=0,72) variou significativamente entre os meses ($H_{(10,56)}=20,71$; $p=0,02$). Os maiores folículos registrados ocorreram entre os meses de outubro de 2007 e julho de 2008, e o menor diâmetro de folículo ovariano foi registrado no mês de abril (Fig. 2.12). Através de comparações *a posteriori*, foi observada diferença significativa no diâmetro do maior folículo entre os meses de abril e julho de 2008 ($p = 0,01$) e entre os meses de abril de 2008 e outubro de 2007 ($p = 0,03$).

Figura 2.12. Relação entre o diâmetro do maior folículo ovariano das fêmeas adultas de *Dasyatis guttata* e os meses do ano na região costeira de Caiçara do Norte - RN (ep = erro padrão; dp = desvio padrão). Valores acima dos pontos correspondem ao número de espécimes utilizados na presente análise.

A fecundidade uterina teve média de 2 embriões ($n=19$; $dp=0,5$). O fato das fêmeas com embriões a termo apresentarem folículos vitelogênicos maduros sugere que

a fecundação ocorre subsequentemente ao parto. A média da fecundidade ovariana nas fêmeas adultas reprodutivas e nas grávidas, com folículos maduros vitelogênicos, foi 4 ($n=30$, $dp=1,8$).

Foi observado que os trofonemas nos úteros de fêmeas grávidas aumentam de tamanho nos estágios mais avançados de gravidez, e a produção de “leite-uterino” também aumenta com o decorrer do desenvolvimento dos embriões (Fig. 2.13).

Figura 2.13. Útero de uma fêmea de *Dasyatis guttata*, capturada na região costeira de Caiçara do Norte – RN, em estágio inicial de gravidez (a) com trofonemas curtos e pouco “leite uterino” e presença ovos (setas); e outra fêmea em estágio avançado de gravidez (b e c) com trofonemas longos e abundante “leite uterino”.

Em duas fêmeas, uma no mês de junho de 2008 com largura de disco (LD) de 75 cm (Fig. 2.14a) e outra no mês de julho com largura de disco de 61 cm (Fig. 2.14b), foram encontrados espermatozóides no esfregaço das glândulas oviducais. Essas fêmeas tinham ovário com 2 folículos maiores e maduros com aproximadamente 3,5 cm de diâmetro, e na fêmea de junho foram observadas marcas de abrasão na lateral inferior do disco, que indicam possíveis marcas de mordidas que os machos realizam para se prenderem às fêmeas durante a cópula (Fig. 2.15).

Nenhum espermatozóide foi encontrado nos cortes histológicos das glândulas oviducais de fêmeas adultas reprodutivas. O diâmetro de ovos uterinos, encontrados em 4 fêmeas grávidas, variou de 2,5 a 3 cm e o peso de 2,6 a 4,0 g. O balanço químico do desenvolvimento (BQD) foi 15,5.

Figura 2.14. Espermatozóides nos esfregaços de glândula oviducal de fêmeas de *Dasyatis guttata* da região costeira de Caiçara do Norte – RN, nos meses de junho (a) e julho de 2008 (aumento 1000x). Coloração: Hematoxilina-eosina.

Figura 2.15. Marcas de abrasões em fêmea de *Dasyatis guttata*, da região costeira de Caiçara do Norte - RN, causadas por mordidas de machos durante a cópula.

As raias adultas apresentaram dimorfismo sexual na dentição, com dentes pontiagudos caniniformes nos machos, utilizados provavelmente durante a cópula para se prenderem às fêmeas que apresentam, por outro lado, apenas dentes molariformes (Fig. 2.16). Os machos adultos apresentaram esse tipo de dentição durante todo o período amostrado.

Figura 2.16. Detalhes das maxilas inferiores das arcadas dentárias de uma fêmea adulta reprodutiva (a) e de um macho adulto reprodutivo (b) de *Dasyatis guttata* da região costeira de Caiçara do Norte - RN.

2. 3 Discussão

Espécimes menores e jovens dominaram a distribuição de frequência de largura de disco de *Dasyatis guttata* nas amostras, e isso porque a maior parte das capturas foi proveniente do arrasto de praia que capturou preferencialmente indivíduos jovens.

A abundante presença de indivíduos jovens e neonatos na área estudada corrobora, inclusive, o fato de que a espécie *D. guttata* utiliza a área estudada como berçário (YOKOTA & LESSA, 2006). A pesar de terem sido capturados em menor número, os indivíduos adultos ocorreram durante grande parte do ano e utilizam as áreas mais rasas da costa para outros fins além da reprodução, como a busca por alimento nas proximidades da costa.

Indivíduos em fase de maturação gonadal não foram comuns nas capturas, mas isso se deve provavelmente às diferenças na seletividade dos aparatos de pesca utilizados na área de ocorrência da espécie. Exemplares maiores e adultos raramente foram capturados pelo arrasto de praia que capturou preferencialmente jovens, indivíduos menores, que parecem ser mais vulneráveis a esta modalidade de pesca. Com a pesca de espinhel de fundo, pesca que mais capturou adultos, os jovens e subadultos foram ausentes. Essa diferença na razão das capturas foi observada para a espécie *Rhynchobatus djiddensis* na região norte da Austrália (STOBUTZKI *et al.* 2002) e para as espécies *Dasyatis zugei* e *Pteroplatytrygon violacea* no leste da Indonésia (WHITE & DHARMADI, 2007) onde os espinhéis e redes de deriva utilizados como aparato de pesca na captura de *P. violacea* era impróprio para capturar indivíduos pequenos. Como no presente estudo, seria improvável capturar raias jovens menores e as subadultas com o espinhel de fundo. Isso, provavelmente, por causa do tamanho do anzol e da isca.

Em *D. guttata*, foi observado o dimorfismo sexual no tamanho dos indivíduos adultos, com as fêmeas atingindo maior tamanho do que os machos, o que já foi descrito

para a espécie (THORSON, 1983; YOKOTA & LESSA, 2007) e parece ser comum para outros elasmobrânquios (LAST & STEVENS, 1994), em especial os da família Dasyatidae como *Dasyatis sayi* (Snelson *et al.*, 1989), *Dasyatis centroura* (CAPAPÉ, 1993), *Dasyatis (Pastinachus) sephen* e *Dasyatis uarnack* (RAJE, 2003), *Dasyatis marianae* (YOKOTA & LESSA, 2007), *Dasyatis zugei* (WHITE & DHARMADI, 2007), *Dasyatis dipterura* (SMITH *et al.* 2007), *Dasyatis chrysonota* (EBERT & COWLEY, 2009), mas também raias de outras famílias como *Gymnura micrura* (YOKOTA & LESSA, 2007), *Gymnura australis* (JACOBSEN *et al.*, 2009), *Rhinoptera bonasus* (NEER & THOMPSON, 2005).

Além de ficarem maiores, as fêmeas de *D. guttata* também atingem a maturidade gonadal com tamanhos superiores aos machos, mas com idade semelhante, de cerca de cinco anos (dados de idade e crescimento no presente estudo). Para *D. chrysonota*, em águas ao sul da África, o comprimento de primeira maturidade gonadal é alcançado pelas fêmeas com uma diferença de idade que correspondeu a aproximadamente três anos em relação aos machos (EBERT & COWLEY, 2009). Essa diferença de três anos entre machos e fêmeas também foi descrita para *D. dipterura* na costa do Pacífico no México (SMITH *et al.* 2007). São descritos para Caiçara do Norte, dados sobre a reprodução de *D. guttata* (YOKOTA & LESSA, 2007) onde também é sugerido o mesmo tipo de diferença de tamanho entre machos e fêmeas.

A estimativa da primeira maturação gonadal para machos e fêmeas, que foi respectivamente 75,8% e 58% da máxima largura de disco (LD) encontrada, é similar à descrita para outras espécies de raias e tubarões (FRISK, *et al.* 2001). A raia *D. chrysonota* alcança a maturidade com 73,4% da máxima largura de disco para machos e 70,3% da máxima largura de disco para fêmeas (EBERT & COWLEY, 2009). Da mesma forma, para *Myliobatis californica* na costa da Califórnia machos atingem

primeira maturidade com 70% do máximo valor de largura de disco (LD) encontrado e com 2-3 anos de idade, e as fêmeas com 56% da máxima largura de disco e 5-6 anos de idade (MARTIN, & CAILLIET, 1988).

Em águas da Costa Rica, Colômbia e Venezuela é descrito que os machos de *D. guttata* atingem maturidade com largura de disco (LD) maior que 45 cm e as fêmeas com largura de disco maior do que 55 cm (THORSON, 1983), estimativas estas, semelhantes às encontradas no presente estudo. MENNI & LESSA (1998) citam tamanho aproximado de maturação como 51,5 cm de largura de disco apenas para machos, no litoral do Maranhão.

A diferença nos tamanhos entre os sexos de *D. guttata*, com fêmeas apresentando maiores larguras de disco do que os machos, se reflete no tamanho da maturidade para essa espécie, ao passo que em raias da família Rajidae, que não têm essa discrepância no tamanho entre machos e fêmeas, atingem a maturidade com tamanhos equivalentes e com porcentagem do maior comprimento mais próximo ao encontrado para as fêmeas de *D. guttata* (entre 70 e 80% do maior comprimento) (EBERT, 2005; ODDONE *et al.* 2007; ESTALLES *et al.*, 2008).

Os resultados obtidos de largura de disco na maturação para *D. sayi* em lagunas da Flórida estimados em 50-54 cm para fêmeas e 30-36 cm para machos assim como a máxima largura de disco (LD) encontrada de 73 cm e 52 cm para fêmeas e machos, respectivamente (SNELSON *et al.*, 1989), foram semelhantes aos encontrados para *D. guttata* em Caiçara do Norte. Outras semelhanças aos dados de *D. guttata*, é que *D. sayi* apresenta tamanhos de nascimento entre 15 e 17 cm de largura de disco e ciclo reprodutivo anual com prole por fêmea de 1 a 6 neonatos que nascem em meados de maio na primavera (SNELSON *et al.*, 1989). Porém, nesse estudo citado, as condições climáticas foram diferentes às da região de Caiçara do Norte, com amplitude de

temperatura e salinidade muito maiores (SNELSON *et al.*, 1989), apesar da produtividade ser provavelmente alta na área por se tratar de uma área de estuário, o que se assemelharia a uma região de clima tropical como Caiçara do Norte.

A vitelogênese em *D. guttata* é simultânea à gravidez, pois fêmeas grávidas a termo apresentaram folículos vitelogênicos e com os maiores diâmetros foliculares simultaneamente, e isso reforça o fenômeno já descrito da ovulação seguinte ao parto (THORSON, 1983; YOKOTA & LESSA, 2007).

Informações sobre a reprodução de *D. guttata* na costa do Caribe mostram o período de pico reprodutivo, com parto e possivelmente cópula, entre os meses de agosto e setembro (THORSON, 1983), além de tamanho de nascimento de 16 a 17,5 cm de largura de disco (LD). No presente estudo, as medidas de LD₅₀ de 43,5 cm para machos e 51,3 para fêmeas não foi muito diferente do que o encontrado por THORSON (1983), e o pico de reprodução citado, próximo de agosto e setembro, também coincide com o encontrado no presente estudo.

Como foram encontrados neonatos durante o ano todo e também fêmeas grávidas ou maduras, além de machos reprodutivos frequentes, estima-se que a reprodução de *D. guttata* ocorre ao longo do ano, sem um período mais restrito. Porém é possível observar uma tendência para pico reprodutivo no período iniciado aproximadamente em julho, fim de estação chuvosa, que se estende durante os meses de seca.

A distribuição da amplitude de largura de disco (LD) de neonatos ao longo do ano de amostragem não apresentou variação significativa, porém também foi observada uma tendência dos neonatos de maior largura de disco ocorrer em março e os menores neonatos nos meses de julho a janeiro. Isso corrobora a tendência de que o período de julho a janeiro seguinte (fim da estação chuvosa e meses de estação seca) é a época de

maior atividade reprodutiva, enquanto que nos outros meses como março, os indivíduos considerados neonatos são na verdade jovens do ano, ou seja, que nasceram a poucos meses, provavelmente da linhagem do período de julho/agosto, por isso são maiores, mas ainda não perderam as características de neonato.

Ao considerar a presença de embriões a termo, também se tem a evidência de que a época de maior atividade reprodutiva, com mais nascimentos e provavelmente de cópula, se estende do fim da estação chuvosa e durante a estação seca. Como a espécie tem gravidez concomitante à vitelogênese, provavelmente com ovulação e fecundação após o parto, a variação nos diâmetros dos maiores folículos ovarianos vitelogênicos nas fêmeas adultas reforça a evidência de um período de maior atividade reprodutiva, que coincidiria com os meses de julho a janeiro, período que abrange os dois únicos meses que se observou embriões a termo (agosto e janeiro). Além disso, observa-se possível diminuição nos nascimentos nas proximidades do mês de abril o que coincidiria com o início da estação chuvosa.

Os machos de *D. guttata* apresentaram espermatozóides na vesícula seminal o ano todo, mas os maiores valores de relação gonadossomática (RGS) de julho a fevereiro coincidem com a maior parte da estação seca, em que a quantidade de penetração de luz é maior na região costeira. Com os valores de relação hepatossomática (RHS) não foi possível inferir nada conclusivo. A partir dos padrões obtidos dos valores de RGS e RHS das fêmeas é mostrado que os meses de estação chuvosa (março a agosto) é um período de maior armazenamento de vitelo nos folículos, o que eleva os valores de RGS e cuja consequência é a preparação das fêmeas para o período de pico reprodutivo, com número mais elevado de nascimentos seguidos de cópula, que aconteceriam na estação seca subsequente. Nesse período, por outro lado, os valores de RHS são menores, pois mais matéria proveniente do fígado é

transferida para a produção de vitelo e da substância nutritiva no útero para os embriões em desenvolvimento (HAMLETT *et al.*, 1985; HAMLETT & HYSELL, 1998).

A temperatura da água não varia consideravelmente entre os meses, porém, os padrões das estações seca e chuvosa estão relacionados com a variação da incidência e penetração de luz solar na região costeira de Caiçara do Norte, onde na estação seca há maior média de luminosidade em horas de luz do sol por dia que realmente incide na superfície da água nessa área, ao contrário da estação chuvosa em que a cobertura de nuvens devido às chuvas mais frequentes torna a penetração de luz muito menor. (NEW LOCCLIM, FAO, 2006; SUN TIMES, 2008; INMET, 2010). Isso sugere uma influência dos fatores ambientais nos ciclos endógenos da espécie.

O controle fotoperiódico de ciclos anuais, como eventos reprodutivos, é demonstrado em grande número de organismos (SCHWASSMAN, 1971). No geral, estímulo físico da luz do sol serve como um gatilho que age através do eixo cérebro-pituitária-gônada para garantir que o peixe desencadeie os processos fisiológicos que culminarão com a reprodução no tempo e local mais favorável para a produção de ovos ou jovens (LILEY, 1969). O eixo cérebro-pituitária-gônada é o principal sistema endócrino que regula a reprodução possivelmente em todos os peixes cartilaginosos (GELSLEICHTER, 2004). Além disso, a glândula pineal age como precursora de ritmos circadianos e atua como um transdutor foto- e termo-endócrino que sincroniza ciclos internos com o ciclo do ambiente (UNDERWOOD, 1989; FILADELFI & CASTRUCCI, 1996). Como em uma variedade de outras espécies, os hormônios também fundamentam as mudanças integradas no comportamento sexual e que facilitam a reprodução em épocas quando as condições ambientais externas e fisiológicas internas são mais favoráveis (ALCOCK, 2005), como foi demonstrado para *D. sabina* de águas do Atlântico nos Estados Unidos (TRICAS *et al.*, 2000).

Em estudo prévio, com coletas também realizadas em Caiçara do Norte, foi descrita a época de parto como sendo próxima aos meses de março e de novembro (YOKOTA & LESSA, 2007). Desta forma, os resultados do presente estudo reforçam que o padrão de maior atividade reprodutiva ocorre durante a estação seca com maior incidência de luz na área, que engloba os períodos chamados de primavera e verão.

Em águas da Flórida, a espécie *D. sabina*, também apresenta de cópula estendido, talvez o mais longo já descrito para elasmobrânquios, que dura desde agosto até março, o que foi estimado pela condição dos machos que apresentaram espermatozóides na vesícula seminal apenas nesse período, porém a ovulação nas fêmeas ocorre em meados de março e abril, o que caracterizaria um ciclo reprodutivo por ano, com nascimentos de julho a agosto (SNELSON *et al.*, 1988; JOHNSON & SNELSON, 1996).

Apesar de habitarem regiões com clima de estações mais bem definidas e ter provavelmente a temperatura como fator predominante no estímulo da reprodução, o período de maior atividade reprodutiva para outras espécies de raias também ocorre nos meses que provavelmente o fotoperíodo, ou a penetração de luz, é maior (NEW LOCCLIM, FAO, 2006; SUN TIMES, 2008) como a primavera e o verão nas regiões estudadas (SNELSON *et al.*, 1988; SNELSON *et al.*, 1989; CAPAPÉ, 1993; JOHNSON & SNELSON, 1996; KAJIURA *et al.* 2000; ISMEN, 2003; WHITE & POTTER, 2005; EBERT & COWLEY, 2009).

Para machos da raia *Urobatis halleri*, sugere-se que a temperatura e o fotoperíodo têm um papel importante na reprodução uma vez que afetam sazonalmente a RGS e a produção de testosterona (MULL *et al.*, 2008). Em estudo com duas populações de latitudes diferentes da espécie costeira de tubarão-martelo, *Sphyrna tiburo*, foi mostrado que ocorrem diferenças em alguns parâmetros reprodutivos entre

essas populações, e que essa variação pode ser devida a diferenças sazonais na temperatura e no fotoperíodo (PARSONS, 1993).

Experimentos também concluem que elasmobrânquios podem apresentar nítido padrão de ritmo circadiano desde o nascimento, com padrão de atividade diferente em relação à hora do dia, como o tubarão de recife *Triaenodon obesus* (WHITNEY *et al.*, 2007) e a raia costeira *Rhinobatos annulatus* (DU PREEZ *et al.*, 1988). Por outro lado, respostas do organismo ao ambiente podem independender da variação do fotoperíodo e ser influenciadas apenas pela temperatura como em *Scyliorhinus canicula* (DOBSON & DODD, 1977) ou pelos ritmos circamarés, como no caso de *Myliobatis aquila*, outra raia costeira (DU PREEZ *et al.*, 1988).

A variação da salinidade, apesar de ser pequena na região, também teve valores menores durante os meses da estação chuvosa. Mudanças acentuadas na salinidade entre estações seca e chuvosa também foram observadas para a costa do Maranhão (MENNI & LESSA, 1998).

A fecundidade estimada para *D. guttata* foi baixa, sendo que o mesmo é descrito para outras raia desse grupo como *Dasyatis longus* e *D. dipterura* em águas do México (VILLAVICENCIO-GARAYZAR *et al.*, 1994; SMITH *et al.*, 2007), *D. sabina* em lagunas costeiras da Flórida (SNELSON, *et al.*, 1988), *D. sephen* na Índia (RAJE, 2003), *Dasyatis* cf. *kuhlii*, *D. zugei* e *Himantura walga* de águas ao leste da Indonésia (WHITE & DHARMADI, 2007) e *D. chrysonota* no sul da África (EBERT & COWLEY, 2009).

Alguns autores explicam que a fecundidade pode ser subestimada na maioria das vezes por causa dos abortos que ocorrem no ato da pesca (SNELSON *et al.*, 1988; VILLAVICENCIO-GARAYZAR, 1994; SMITH *et al.*, 2007), porém a fecundidade média, de dois embriões por útero, verificada para *D. guttata* no presente estudo parece

estar próxima da correta, porque não foram observadas muitas fêmeas adultas com características de possível aborto. Além disso, a média do número de folículos ovarianos maduros, que teoricamente serão liberados na ovulação seguinte (fecundidade ovariana), e o número de ovos uterinos encontrados em quatro indivíduos, tiveram média próxima de dois. Com os dados de fecundidade de *D. guttata*, poder-se-ia supor que o sucesso reprodutivo da espécie é baixo, mas isso provavelmente é compensado pela procriação durante o ano todo na área estudada.

Fêmeas grávidas ocorreram durante todo o ano, mas os menores embriões foram observados em junho e os maiores no mês de agosto, o que poderia indicar que a gestação para essa espécie dura aproximadamente três meses. Para as raias vivíparas matotróficas o tempo de gestação tem sido descrito como menor do que em outros elasmobrânquios vivíparos, e com duração de dois a quatro meses (HAMLETT, 1999). Gestação com tempo aproximado a esse também foi estimado para *D. Sabina* (SNELSON *et al.*, 1988; JOHNSON & SNELSON, 1996), *D. centroura* (CAPAPÉ, 1993) e *D. marmorata* (Capapé & Zaouali, 1995). Em cativeiro, *D. americana* teve um período de gestação médio aproximado de cinco meses e meio (HENNINGSEN, 2000).

Todos os machos adultos de *D. guttata* apresentaram dentes pontiagudos caniniformes durante todo o período de coleta. Esse tipo de dentição facilitaria a preensão das fêmeas durante a cópula, como foi observado pelas marcas de abrasão na parte inferior do disco de algumas raias. Tal fato também confirma a ocorrência de cópula recente nos meses de junho e julho. Ao contrário dos machos, as fêmeas apresentam dentes molariformes, sem cúspide pronunciada.

Além da ocorrência de marcas de abrasão nas fêmeas, o fato de todos os machos adultos apresentarem dentição diferenciada ao longo de todo o ano e a presença de líquido espermático na vesícula seminal, são mais evidências de que o comportamento

reprodutivo da espécie é contínuo, diferente das raia da espécie *D. sabina*, que apresentam machos com mudança no tipo de dentição para dentes pontiagudos caniniformes somente em um período restrito, que está de acordo com o ciclo reprodutivo, enquanto dentes molariformes, semelhantes aos das fêmeas, ocorrem no restante do ano (KAJIURA & TRICAS, 1996; KAJIURA *et al.*, 2000). As fêmeas de *D. sabina* também apresentam marcas características de abrasões causadas por mordidas de machos para prendê-las durante a cópula, e essas marcas são mais evidentes durante o período reprodutivo (KAJIURA *et al.*, 2000).

A ocorrência de machos com fluido na vesícula seminal durante todo o período de coleta pode caracterizar produção contínua de líquido espermático ou significar apenas armazenagem do líquido na vesícula seminal após a diminuição dos valores de RGS nos meses de março a julho. Esse padrão já foi observado para a espécie *D. sabina* na região de estuário na costa da Florida (SNELSON *et al.*, 1988; JOHNSON & SNELSON, 1996), em que apesar do longo período de manifestação de comportamentos reprodutivos, as fêmeas parecem não acumular líquido espermático dos machos em suas glândulas oviducais, após a cópula. Como não foram encontrados espermatozóides nas preparações permanentes com cortes das glândulas oviducais de *D. guttata*, mas sim nos esfregaços, esse fato reforça as evidências de que a espécie aqui estudada também não acumula espermatozóides nas glândulas oviducais, o que sugere um padrão mais geral para o gênero.

A característica observada para a espécie *D. guttata* no presente estudo, de aumento do comprimento dos trofonemas no útero de fêmeas grávidas nas fases mais avançadas da gravidez, já foi descrita para a espécie *D. sabina* (SNELSON, *et al.*, 1988).

O valor estimado do Balanço Químico do Desenvolvimento (BQD) em 15,5 foi extremamente alto em relação às espécies vivíparas lecitotróficas como tubarões do gênero *Squatina* com BQD de 0,5 (CAPAPÉ *et al.* 1990) e do tubarão *Oxynotus centrina* (BQD igual a 1,36) (CAPAPÉ *et al.*, 1999), e às espécies ovíparas como *Scyliorhinus canicula* com BQD estimado em 0,8 (RANZI, 1932). Além disso, a transferência de nutrientes é muito mais eficiente em espécies com trofonemas do que em espécies placentárias (WOURMS, 1981). O que mostra a importância da nutrição proporcionada pelos trofonemas do útero das fêmeas aos embriões, além do vitelo contido inicialmente nos folículos ovarianos, para o sucesso dos mesmos após o nascimento.

Em resumo, a espécie se reproduz durante todo o ano, com neonatos e fêmeas grávidas presentes nas capturas durante todo o período amostrado. Machos adultos reprodutivos também foram comuns nas capturas. A maior frequência de atividade reprodutiva, porém, foi registrada no período de seca. As fêmeas atingem a maturidade com tamanho maior do que os machos e alcançam maiores tamanhos máximos registrados.

3. ALIMENTAÇÃO

3.1 Material e Métodos

Como o tipo de isca utilizado na captura por espinhel poderia influenciar a análise do conteúdo estomacal, vale ressaltar que iscas usadas nos espinhéis consistiam, na maioria das vezes, de postas de “peixe-voador” (*Hirundichthys affinis*) e também de “coró” (*Pomadasys corvaeniformis*). Essas iscas eram facilmente identificadas, quando nos estômagos das raia capturadas, e separadas do restante do conteúdo alimentar.

3.1.1 Dieta

Após o desembarque, de cada exemplar foi registrado o sexo, a largura do disco (LD) (cm) e o peso total (PT) (g). O estômago de cada raia foi removido, etiquetado e preservado em solução aquosa de formol a 4% tamponada e posteriormente armazenado em etanol a 70%, até o processamento em laboratório. Foi calculada a porcentagem de estômagos vazios (índice de vacuidade), excluindo-se os neonatos, e registrado o peso úmido do conteúdo estomacal de cada espécime. Todas as presas foram identificadas até o menor nível taxonômico possível.

Foi calculada a frequência de ocorrência relativa (FO%), a frequência numérica (N%) e a massa percentual (M%) de cada item alimentar, segundo HYSLOP (1980), como método quantitativo de avaliação da dieta. Com o objetivo de se identificar as presas mais importantes na dieta da espécie, foi calculado o índice de importância relativa (IRI) (PINKAS *et al.*, 1971), pela fórmula:

$$\text{IRI} = \text{FO \%} \times (\text{N \%} + \text{M \%}).$$

Todos os itens identificados foram designados para a análise da variação ontogenética e da variação sazonal da alimentação de *D. guttata*. A variação ontogenética foi testada considerando-se os grupos de jovens (LD < 36 cm) e adultos

(LD > 36 cm), levando-se em conta o comprimento de primeira maturação gonadal da espécie (dados gerados nessa tese) e agrupando-se os espécimes em maturação no grupo dos adultos. Como a região de Caiçara do Norte não apresenta estações do ano claramente definidas, para a análise de variação sazonal foram utilizados apenas dois períodos: uma estação considerada estação seca que se estende geralmente de 6 a 7, de setembro a fevereiro (RAO *et al.* 1993; INMET, 2010), e uma estação chuvosa de março a agosto.

Similaridades na composição da dieta (em função da M%) entre os grupos definidos como estações do ano (seca e chuvosa) e fases de maturação (jovens e adultos) foram avaliadas utilizando-se análise estatística multivariada (CLARKE & WARWICK, 2001). Matrizes de similaridade foram obtidas usando o coeficiente de similaridade de Bray-Curtis após transformação dos dados para raiz quadrada. Análises de similaridade de uma via (“one way” ANOSIM, teste *R*), tendo as épocas do ano como fatores, foram utilizadas para avaliar se a composição da dieta foi significativamente influenciada pelas estações do ano, para indivíduos jovens e adultos. Para verificar se houve diferenças significativas na composição da dieta entre jovens e adultos, foi utilizada a mesma análise ANOSIM, tendo como fator a fase do ciclo de vida em que se encontravam os indivíduos. Por fim, foram realizadas análises da rotina estatística SIMPER (similaridade de porcentagens) para identificar as categorias de presas mais comuns que contribuíram para as similaridades e presas exclusivas ou mais discriminantes que contribuíram para as dissimilaridades encontradas entre os grupos definidos. O teste *Chi Quadrado* foi usado para verificar diferença nos valores percentuais de massa (M %) de cada item consumido entre machos e fêmeas na amostra (STATSOFT, 2007).

3.1.2 Estratégia alimentar

Para inferir sobre a estratégia alimentar de *D. guttata*, foi utilizado o método gráfico proposto por AMUNDSEN *et al.* (1996), que consiste em montar um gráfico com a abundância presa-específica ($P_i\%$), definida como a frequência calculada de um táxon-presa levando em conta apenas os estômagos dos predadores em que a presa ocorre, em relação à frequência de ocorrência ($FO\%$) dos itens alimentares. As posições dos tipos de presas em um gráfico bi-dimensional podem fornecer informações a importância das presas, da estratégia alimentar e da contribuição para a amplitude do nicho da espécie (AMUNDSEN *et al.*, 1996). Todas as categorias de presas identificadas foram utilizadas para a aplicação do método.

O Índice de Levins (B_p) foi usado como medida da amplitude do nicho de jovens e adultos de *D. guttata*, segundo a equação de KREBS (1989):

$$B_p = (B - 1)/(n - 1);$$

no qual B_p é o índice de Levins padronizado pelo número de itens (n) e B é igual a $1/\sum p_i^2$, com p_i igual a massa percentual de cada item i na amostra. A amplitude do nicho foi expressa na escala de 0 (um nicho estreito) a 1 (um nicho amplo).

Tanto para o cálculo da abundância presa-específica ($P_i\%$) e do índice de Levins (B_p) quanto para os cálculos de similaridade da dieta, foi utilizada a massa percentual ($M\%$) de cada táxon, pela dificuldade de contar o número exato de certos itens nos estômagos, como moluscos bivalves que são encontrados triturados, apêndices de crustáceos ou partes de organismos, por exemplo, para os quais só é possível medir a massa.

3.2 Resultados

A amplitude de largura de disco (LD) de *D. guttata*, de janeiro a dezembro, variou de 12,7 a 88,5 cm para fêmeas (n=255) e de 12,7 a 57 cm para machos (n=278). O peso variou de 62,2 g a 22.000 g nas fêmeas e de 23,1 g a 5.750 g nos machos. Em todos os meses a predominância foi de indivíduos jovens (85 %), mas adultos em estágio reprodutivo ocorreram durante todo ano na área amostrada (15 %).

3.2.1 Dieta

Para a análise do conteúdo estomacal, 258 espécimes de *D. guttata* foram estudados, dos quais 127 eram fêmeas e 131 machos. Dos estômagos estudados 49 estavam vazios (19 %). O índice de vacuidade variou significativamente ao longo dos meses ($\chi^2 = 207,48$; $p < 0,05$), com o maior valor no mês de julho de 2008. Nos meses de setembro, outubro e dezembro de 2007 e no mês de abril de 2008, nenhum estômago analisado estava vazio (Fig. 3.1). Não houve diferença significativa entre machos e fêmeas quanto à porcentagem de estômagos vazios ($\chi^2 = 2,47$; $p = 0,12$). Também não foi encontrada diferença significativa no número de estômagos vazios entre jovens e adultos ($\chi^2 = 1,65$; $p = 0,20$). Porém, nos meses em que os valores estimados de índice de vacuidade foram maiores, também ocorreu o maior número de adultos reprodutivos e fêmeas grávidas com estômagos vazios (maio de 2008 e julho de 2008).

Figura 3.1. Variação mensal, entre agosto de 2007 e julho de 2008, do índice de vacuidade de *Dasyatis guttata* da região costeira de Caiçara do Norte – RN (n = número de espécimes analisados por mês).

3.2.1.1 Composição da dieta

Setenta e duas categorias de presas, pertencentes a cinco grandes grupos (Polychaeta, Crustacea, Mollusca, Sipuncula e Teleostei) foram identificadas (Tabela 3.1). O crustáceo carídeo *Ogyrides alphaerostris* foi o item alimentar dominante em termos de frequência de ocorrência, número, massa e importância relativa. Os moluscos, representados principalmente por bivalves Tellinidae, formaram o segundo grupo de itens mais importantes na dieta de *D. guttata*, seguidos em ordem de importância pelo carídeo *Leptochela serratorbita*, pelo misidáceo *Bowmaniella sp.*, Sipuncula, teleósteos não identificados e crustáceos Brachyura. Poliquetas formaram o quarto grupo mais frequente nos conteúdos estomacais, mas com baixa massa percentual e numérica.

Tabela 3.1. Composição da dieta de *D. guttata* em termos de frequência de ocorrência (FO%), massa percentual (M%), frequência numérica (N%) e índice de importância relativa (IRI%) (n.i.=não identificado).

Itens Alimentares	FO%	M%	N%	IRI%	contin.				
Polychaeta									
Polychaeta n.i.	15,17	1,56	0,27	0,28	<i>Albunea sp.</i>	0,47	0,06	0,03	<0,01
Goniadidae	3,79	0,31	0,58	0,03	<i>Albunea paretii</i>	0,47	0,15	0,03	<0,01
Gliceridae	3,79	0,46	0,30	0,03	Hippidae				
Onuphidae	0,95	0,37	0,05	<0,01	<i>Emerita sp.</i>	0,47	0,01	0,03	<0,01
Sabellidae	0,47	0,01	0,05	<0,01	Thalassinidea				
Crustacea					Thalassinidae	0,47	0,00	0,03	<0,01
Crustacea n.i.	9,00	3,16	0,52	0,33	Callianassidae	0,47	0,01	0,03	<0,01
Decapoda n.i.	2,37	0,42	0,14	0,01	Upogebidae				
Dendrobranchiata n.i.	0,95	0,26	0,05	<0,01	Upogebia sp.	1,90	0,74	0,38	0,02
Penaeoidea	0,47	0,10	0,03	<0,01	Mysidacea n.i.	3,79	13,47	0,47	0,53
Penaeidae	3,79	0,91	0,25	0,04	<i>Bowmaniella sp.</i>	14,22	3,75	15,18	2,69
<i>Litopenaeus schmitti</i>	0,47	0,08	0,03	<0,01	Palinura				
<i>Metapenaeopsis sp.</i>	0,47	0,04	0,19	<0,01	Palinuridae				
<i>Trachypenaeus constrictus</i>	4,74	1,36	0,41	0,08	<i>Panulirus sp.</i>	1,90	0,22	0,11	0,01
<i>Xiphopenaeus kroyeri</i>	1,42	0,11	0,08	<0,01	Amphipoda n.i.	0,47	0,00	0,03	<0,01
Sergestidae	0,95	0,05	0,05	<0,01	Gammaridea n.i.	0,47	0,01	0,05	<0,01
<i>Sergestes sp.</i>	0,47	0,09	0,03	<0,01	<i>Ampelisca sp.</i>	0,47	0,01	0,03	<0,01
<i>Acetes americanus</i>	3,79	0,41	8,37	0,33	Cumacea n.i.	2,84	0,06	0,58	0,02
Pleocyemata					Isopoda n.i.	0,47	0,02	0,05	<0,01
Caridea n.i.	2,84	0,31	0,52	0,02	Flabellifera n.i.	1,42	0,24	0,11	<0,01
Ogyrididae	1,42	0,06	0,08	<0,01	Stomatopoda				
<i>Ogyrides alphaerostris</i>	36,97	32,25	55,70	32,51	<i>Squilla sp.</i>	0,47	0,05	0,16	<0,01
Processidae	0,47	0,01	0,03	<0,01	Mollusca				
<i>Processa hemphilli</i>	0,47	0,02	0,05	<0,01	Mollusca n.i.	0,47	0,03	0,03	<0,01
Palaemonidae					Bivalvia n.i.	11,85	4,66	0,22	0,58
Palaemonine	0,47	0,05	0,03	<0,01	Tellinidae	26,07	16,05	1,95	4,69
<i>Periclemenes sp.</i>	2,84	0,12	0,36	0,01	<i>Tellina sp.</i>	0,47	0,34	0,00	<0,01
<i>Periclemenes longicaudatus</i>	5,21	0,23	1,15	0,07	Gastropoda n.i.	0,47	0,01	0,03	<0,01
Disciidae					Rissoidae	0,47	0,01	0,03	<0,01
<i>Discias sp.</i>	0,95	0,01	0,05	<0,01	Sipuncula n.i.	8,53	2,23	2,11	0,37
Pasiphaeidae	0,47	0,03	0,03	<0,01	Teleostei				
<i>Leptocheila sp.</i>	1,90	0,10	0,22	0,01	Teleostei n.i.	6,64	2,42	0,38	0,19
<i>Leptocheila serratorbita</i>	24,64	3,48	5,68	2,26	<i>Dactylopterus volitans</i>	1,90	0,34	0,19	0,01
Brachyura n.i.	6,64	0,91	0,36	0,08	<i>Menticirrhus americanus</i>	0,47	0,04	0,03	<0,01
Portunidae	3,79	1,20	0,25	0,05	<i>Trichiurus lepturus</i>	0,95	0,90	0,05	0,01
<i>Callinectes sp.</i>	4,74	1,28	0,33	0,08	<i>Symphurus sp.</i>	0,47	0,10	0,03	<0,01
Calappidae	2,37	0,15	0,22	0,01	Engraulidae	1,90	1,11	0,14	0,02
Pinnotheridae	2,37	0,04	0,14	<0,01	Haemulidae	2,37	0,74	0,19	0,02
Parthenopidae	0,47	0,05	0,03	<0,01	<i>Pomadasys corvaeniformis</i>	1,42	0,31	0,11	0,01
Anomura					Clupeidae	0,47	0,16	0,05	<0,01
Albuneidae					Ariidae	1,90	0,84	0,47	0,02
					Anguilliformes	0,47	0,02	0,05	<0,01

3.2.1.2 Comparação das dietas

Como não houve diferença significativa na massa percentual (M %) dos itens identificados entre machos e fêmeas ($\chi^2=0,34$; $p=1$), os sexos foram agrupados para testar diferenças sazonais e ontogenéticas na composição da dieta.

A partir da análise de similaridade, foi mostrado que não houve diferença significativa na composição da dieta, categorizada pela porcentagem em massa (M%), entre os meses do ano que compuseram as estações seca e chuvosa tanto para jovens (ANOSIM M%: R global = -0,004; $p=0,49$), quanto para adultos (ANOSIM M%: R global = 0,095; $p=0,097$). Porém, observa-se que os itens mais consumidos pelos jovens de agosto até dezembro de 2007 foram crustáceos, principalmente os carídeos *O. alphaerostris*, e a partir de janeiro de 2008, os itens mais consumidos passaram a ser bivalves Tellinidae e o carídeo *L. serratorbita* (Fig. 3.2a). Em abril de 2008, aumenta a porcentagem dos misidáceos *Bowmaniella sp.* nos estômagos de *D. guttata* até junho de 2008 quando a presença marcante de *O. alphaerostris* na alimentação das raias jovens se evidencia novamente (Fig. 3.2a). Bivalves não identificados e os Tellinidae foram os itens mais consumidos pelos adultos nos meses amostrados, exceto em setembro de 2007 e março de 2008, quando Sipuncula foi o grupo mais consumido. Ainda no caso dos adultos, em agosto de 2007 teleósteos e poliquetas foram mais frequentes e em outubro de 2007 aumentou a presença dos braquiúros *Callinectes sp.* juntamente com sipunculídeos e teleósteos (Fig. 3.2b).

Diferença significativa foi observada na composição da dieta entre jovens e adultos (ANOSIM M%: R global = 0,427; $p=0,001$), mas foi encontrada sobreposição para algumas categorias de presas consumidas pelos dois grupos (Fig. 3.2a; b).

A média de dissimilaridade na composição da dieta entre jovens e adultos foi 89,4 % (Tabela 3.2). Os itens *Ogyrides alphaerostris*, Bivalvia, Sipuncula, *Leptochela serratorbita*, Teleostei *n.i.* e Brachyura, foram os que mais contribuíram para a dissimilaridade entre esses dois grupos. O carídeo *O. alphaerostris* foi o item mais importante para os jovens de *D. guttata*, enquanto que bivalves, principalmente Tellinidae, foram os itens que mais contribuíram para a dieta dos adultos (Tabela 3.2;

Fig. 3.2a, b). Os itens das categorias Sipuncula, Teleostei *n.i.*, Brachyura e Polychaeta não foram representativos da composição alimentar dos jovens, porém foram importantes na dieta dos adultos, e contribuíram desta forma para a dissimilaridade entre esses dois grupos (Tabela 3.2; Fig. 3.2a, b).

Figura 3.2. Composição da dieta por itens alimentares mais importantes na comparação entre jovens (**a**) e adultos (**b**) de *Dasyatis guttata* na região costeira de Caiçara do Norte, por meses de coleta.

Tabela 3.2. Contribuição percentual das categorias de presa mais comuns na composição da dieta para os grupos dos Jovens e Adultos, e mais discriminantes entre os grupos de Jovens e Adultos de *D. guttata* em Caiçara do Norte - RN.

Jovens		Adultos	
Similaridade média = 27,02%		Similaridade média = 22,24%	
Categoria de presas	Contrib.%	Categoria de presas	Contrib.%
<i>Ogyrides alphaerostris</i>	58,88	Bivalvia n.i	29,29
Tellinidae	12,08	Tellinidae	17,68
<i>Leptochela serratorbita</i>	9,47	Sipuncula	14,06
<i>Bowmaniella sp</i>	5,20	Teleostei	8,94
Crustacea n.i	5,19	Brachyura	8,12
		<i>Leptochela serratorbita</i>	5,59
		Polychaeta n.i	3,60
		<i>Callinectes sp</i>	3,28
Jovens x Adultos			
Dissimilaridade média = 89,35%			
Categoria de presas	Contrib.%		
<i>Ogyrides alphaerostris</i>	11,83		
Bivalvia n.i	8,66		
Tellinidae	7,91		
Sipuncula	5,57		
<i>Leptochela serratorbita</i>	4,81		
Teleostei n.i	4,67		
Brachyura	4,38		
Polychaeta n.i	4,30		
Crustacea n.i	3,57		
<i>Bowmaniella sp</i>	3,42		
<i>Callinectes sp</i>	3,00		

Contrib.% = contribuição percentual

3.2.2 Estratégia Alimentar

Como foi observada diferença significativa na composição da dieta entre jovens e adultos, o método gráfico para o entendimento da estratégia alimentar foi aplicado separadamente para esses dois grupos (Fig. 3.3a, b). A maioria dos pontos, que representam os itens alimentares consumidos, tanto para jovens quanto para adultos, estão localizados no canto inferior esquerdo do diagrama, numa região de baixa importância das presas. A julgar pela baixa frequência de ocorrência (FO%), esses itens foram raros ou não importantes na alimentação de *D. guttata*, consumidos apenas por

uma pequena parcela de indivíduos. Por outro lado, o crustáceo carídeo *O. alphaerostris* pode ser considerada a presa dominante na composição da dieta dos indivíduos jovens, seguido por birlvaves Tellinidae, ou seja, a maioria dos indivíduos jovens consumiu o crustáceo *O. alphaerostis* e birlvaves Tellinidae, mas também, pequenas proporções de outros tipos de presa foram incluídas ocasionalmente na dieta de alguns indivíduos (Fig. 3.2a; 3.3a). Para os jovens não houve uma contribuição para se avaliar o tipo de amplitude do nicho, pois os pontos estão localizados no canto inferior esquerdo, o que indica uma pequena amplitude (Fig. 3.3c). Este resultado é reforçado pelo baixo valor estimado do índice de Levins para o grupo dos jovens ($B_p=0,02$).

O grupo dos adultos também apresentou uma dieta diversificada, mas com uma tendência de preferência por moluscos birlvaves (Fig. 3.2b; 3.3b). Peixes teleósteos, crustáceos Brachyura e Sipuncula também foram itens importantes na dieta dos adultos. Assim como para os jovens, os adultos apresentaram pequena amplitude de nicho ($B_p=0,02$).

Figura 3.3. Representação gráfica do padrão da dieta de *D. guttata*, com utilização de todos os itens identificados dos conteúdos estomacais para jovens (a), adultos (b), e diagrama explicativo para a interpretação da estratégia alimentar, importância das presas e contribuição para a amplitude do nicho (c) (adaptado de Amundsen *et al.* 1996). Oa=*Ogyrides alphaerostris*; Te=Tellinidae; Cr=Crustacea; Ls=*Leptochela serratorbita*; Bi=Bivalvia; To=Teleostei; Si=Sipuncula; Br=Brachyura; Ca=*Callinectes* sp.

3.3 Discussão

Hábitos alimentares e estudos sobre dieta foram realizados com diversas espécies de organismos, sendo que várias revisões e metodologias novas para analisar a alimentação e a posição nas cadeias tróficas não baseadas em análise taxonômica ou de composição foram propostas. Tais métodos apresentam vantagens e desvantagens, mas necessitam de estudos complementares sobre a dieta, principalmente para as espécies tropicais. Tais fatos justificam a realização de trabalhos sobre alimentação.

A julgar pela análise qualitativa e quantitativa dos conteúdos estomacais, a raia *D. guttata* apresentou uma dieta com ampla variedade de organismos bentônicos e bentopelágicos, o que parece ser comum para as raias da família *Dasyatidae* (GILLIAN & SULLIVAN, 1993; EBERT & COWLEY, 2003; ISMEN, 2003; YELDAN *et al.*, 2008) e caracteriza *D. guttata* como uma predadora generalista. Isso é evidenciado pelo padrão mensal de presas nos estômagos analisados, apesar da diferença sazonal não ter sido estatisticamente significativa, o que indica que a espécie provavelmente se aproveita das presas com maior disponibilidade no ambiente. Testes em cativeiro também mostraram que *Dasyatis kuhlii* não teve preferência entre os variados itens alimentares oferecidos (JANSE & SCHRAMA, 2010), o que reforça observações em campo do comportamento oportunista de raias desse grupo.

As categorias de presas encontradas, principalmente as dos grupos Bivalvia, Teleostei, Caridea, Brachyura, Polychaeta e Sipuncula, também parecem ser frequentes nas espécies de raias do mesmo gênero, tais como *Dasyatis say* (SNELSON & WILLIAMS, 1981), *D. kuhlii* (COMPAGNO *et al.* 1989), *Dasyatis marmorata* (CAPAPE & ZAOUALI, 1992), *Dasyatis americana* (GILLIAN & SULLIVAN, 1993), *Dasyatis akajei* (TANIUCHI & SHIMIZU, 1993), *Dasyatis chrysonota* (EBERT &

COWLEY, 2003), *Dasyatis pastinaca* (ISMEN, 2003; YELDAN *et al.*, 2008; SAGLAM *et al.*, 2010), *Dasyatis uarnak* e *Dasyatis (Pastinachus) sephen* (RAJE, 2003).

Não foi encontrada diferença entre a alimentação de machos e fêmeas, muito embora a dentição de machos adultos seja diferente da das fêmeas (resultado desta tese). Tal característica se deve, provavelmente, ao fato de ambos os sexos terem acesso ao mesmo tipo de presa, por ocuparem o mesmo habitat o ano todo. Tal resultado concorda com aqueles obtidos para *D. guttata* na costa do Maranhão (CARVALHO-NETA & ALMEIDA, 2001), e em espécies de Urolophidae na costa da Austrália (PLATELL *et al.*, 1998). Para a raia *Myliobatis californica*, que apresenta segregação de habitat por sexo em períodos não reprodutivos, a diferença na composição alimentar entre machos e fêmeas é evidente (GRAY *et al.*, 1997).

O tipo de substrato em que *D. guttata* foi capturada, composto principalmente de lama e areia, é o típico fundo mole de águas rasas costeiras e tropicais, e onde comumente se encontram os bivalves Tellinidae (SIMONE & WILKINSON, 2008). Esses bivalves são animais cavadores e depositívoros que podem se enterrar até 5 cm de profundidade e capturam partículas do substrato (AMARAL *et al.*, 2005; SIMONE & WILKINSON, 2008), mas as raias tem a característica de escavar fundos de sedimento mole em busca de presas, e com as nadadeiras peitorais afastam o sedimento para alargar buracos de tocas (GRAY *et al.* 1997; HOWARD *et al.*, 1977).

Juntamente com os bivalves telinídeos, os crustáceos foram itens importantes da dieta de *D. guttata*. Estudos também mostraram que crustáceos, principalmente decápodes e carídeos, dominam a biomassa de macroinvertebrados bentônicos nesse tipo de substrato (ABELE, 1974; VIRNSTEIN, 1987). Essas características, aliadas à

habilidade das raias de detectar o alimento em fundos de lama e areia, contribuem para a conformação do padrão geral da alimentação desse grupo.

Foi demonstrado que *Dasyatis kuhlii* é capaz de discriminar presas por espécie e por tamanho, e que a profundidade de enterramento da presa não influencia sua localização pela raia (TILLET *et al.*, 2008). Outras raias Myliobatiformes, com o hábito de se alimentar de pequenos crustáceos e bivalves que se enterram no substrato, contam fortemente com a sensibilidade a campos elétricos e com a habilidade de promover fluxos de jatos de água quando procuram por alimento, além de discriminar as presas com muita eficiência (JORDAN *et al.*, 2009a; b).

Dasyatis guttata apresentou mudança significativa na composição alimentar como um todo ao longo de sua ontogênese. Em estudos com a espécie *D. pastinaca* em águas do Mediterrâneo, também é citada variação ontogenética na alimentação, em que a preferência por crustáceos carídeos diminui, sendo que teleósteos e braquiúros se tornam dominantes na dieta (CAPAPE, 1975; ISMEN, 2003; YELDAN *et al.*, 2008), padrão que é semelhante ao de *D. guttata*. Mesmo padrão é observado para *Dasyatis marmorata* em águas da Tunísia (CAPAPE & ZAOUALI, 1992), para *Dasyatis chrysonota* na África do Sul (EBERT & COWLEY, 2003), e para diversos outros elasmobrânquios (LOWE *et al.*, 1996; GRAY *et al.*, 1997; PLATELL *et al.* 1998; EBERT, 2002).

Por outro lado, a maior importância de crustáceos bentônicos na dieta de jovens mostra que esses indivíduos se alimentam preferencialmente de presas da epifauna, ao contrário dos adultos que tiveram como presas mais importantes os moluscos bivalves da infauna. Isso pode ser um indício de que os adultos aumentam sua capacidade de cavar o sedimento e conseqüentemente de capturar bivalves enterrados no sedimento, mas carece de mais argumentos.

Como não houve diferença significativa na dieta em relação às estações seca e chuvosa, as presas mais importantes na alimentação de *D. guttata* parecem ocorrer em abundância durante todo o ano. Regiões costeiras tropicais permitem esse fato pelo padrão típico de riqueza de espécies e estabilidade das condições ambientais (ROHDE, 1992; WILLING *et al*, 2003). Essa estabilidade dos ambientes tropicais, aliadas a outras observações, também sugere que *D. guttata* se alimenta continuamente ao longo do ano.

Em alguns meses da amostragem, quando foi calculado maior índice de vacuidade, adultos sem conteúdos estomacais também foram mais abundantes, e isso pode ser explicado por esses espécimes estarem em possível período de cópula e parto, quando se sabe é um momento de baixa procura por alimento para algumas espécies (SPRINGER, 1960, CAPAPÉ, 1975; OLSEN, 1984). Porém, tais resultados dependem de estudos sobre a composição e a variação da macrofauna local, para os quais não há referências.

Por outro lado, a ausência de variação sazonal na alimentação da espécie, pode ser evidência de que *D. guttata* não se locomove por uma ampla extensão de ambientes e explora mais as proximidades da região estudada, característica que também foi descrita para *Urolophus paucimaculatus* em águas da Austrália (PLATELL *et al.*, 1998).

Esse resultado também pode explicar a estreita amplitude do nicho alimentar estimada tanto para jovens quanto para adultos no presente estudo. A sobreposição encontrada em alguns itens importantes na composição da dieta das raias nas duas fases do ciclo de vida consideradas é um dos possíveis efeitos da pequena amplitude de nicho, e também uma indicação de que *D. guttata* não realiza grandes deslocamentos no decorrer do crescimento.

Mudança de habitat entre estágios de ciclo de vida tem sido reportada para espécies de elasmobrânquios, incluindo espécies de *Dasyatidae*, que apresentam segregação dos habitats explorados por indivíduos de maturidade e tamanho diferentes para alimentação (GRAY *et al.*, 1997; PLATELL *et al.*, 1998; EBERT & COWLEY, 2003). Apesar disso, os adultos de *D. guttata* continuam a utilizar a zona intermareal, que é uma área de berçário (YOKOTA & LESSA, 2006) e provavelmente de cópula, para a procura de alimento. A utilização da zona intermareal, durante as marés altas, permite que a raia explore maior área em busca de alimento, o que aumentaria a disponibilidade de presas (GILLIAN & SULLIVAN, 1993).

Uma forma de evitar a divisão de recursos alimentares limitados de uma mesma área, seria a utilização diferencial do nicho (SCHAFER *et al.*, 2002), como por exemplo, explorar diferentes perfis de profundidade e micro-habitats (MARSHALL *et al.*, 2008), ou expressar diferentes estratégias de forrageamento (WETHERBEE & CORTÉS, 2004). MARSHALL *et al.* (2008) compararam a dieta de raia *Myliobatiformes* simpátricas para tentar identificar possível partição de recursos e descrevem que houve sobreposição de algumas presas, mas a composição alimentar no geral foi diferente. Amplitude pequena do nicho alimentar para alguns elasmobrânquios na costa do Pacífico na Colômbia também foi encontrada, mas com pouca sobreposição na dieta dessas espécies (NAVIA *et al.*, 2007).

A sobreposição na dieta também ocorre na espécie *D. chrysonota* na costa da África do Sul (EBERT & COWLEY, 2003). Essa característica poderia evidenciar uma competição intraespecífica por recursos na área, se os recursos alimentares forem limitados, o que em outras espécies é evitado com adultos e jovens ocupando áreas diferentes, havendo mudança na alimentação acompanhada da saída dos adultos da área de berçário (WETHERBEE *et al.*, 1990; LOWE *et al.* 1996). Diferenças espaciais e

temporais entre os tipos de presas capturadas também foi descrita para raias da família Urolophidae (PLATELL *et al.*, 1998). Porém, a escassez de recursos alimentares não parece ser o caso da região estudada, onde a sobreposição na dieta entre jovens e adultos provavelmente ocorre por causa da abundância de presas disponíveis.

Este estudo corrobora outros trabalhos com *D. guttata*, em que foi verificada ampla variedade de itens alimentares consumidos e o comportamento generalista (THORSON *et al.* 1983; CARQUEIJA *et al.*, 1995; CARVALHO-NETA & ALMEIDA, 2001; SILVA *et al.*, 2001), apesar de ter sido observada uma preferência no consumo de presas por parte dessa espécie em Caiçara do Norte, principalmente para indivíduos jovens em relação ao crustáceo carídeo *O. alphaerostris*, e adultos em relação aos moluscos bivalves Tellinidae.

Apesar da sobreposição de itens alimentares entre jovens e adultos, a tendência de uma especialização da alimentação, com presas dominantes diferentes em cada grupo, pode ser considerada como uma possível estratégia para evitar a competição intraespecífica pelos recursos, já que as raias em diferentes estágios de desenvolvimento ocupam a mesma área. Por outro lado, se não há limitação, ocorre a partição dos recursos, como o observado para raias de águas interiores (SILVA & UIEDA, 2007). A especialização em determinados tipos de presa também pode ser uma vantagem na relação interespecífica e poderia ser um fator importante para que raias de outras espécies simpátricas a *D. guttata*, coexistam. A raia *Gymnura micrura*, por exemplo, que é uma das espécies de raia mais abundantes em Caiçara do Norte (YOKOTA & LESSA, 2006), se alimenta quase que exclusivamente de peixes teleósteos demersais (YOKOTA, 2010) que não é o item dominante nem de jovens e nem de adultos de *D. guttata*. Outra raia freqüente na região é *Rhinobatos lentiginosus (percellens)*, e esta espécie parece se alimentar preferencialmente de crustáceos peneídeos e peixes (obs.

peçoal), diferente dos crustáceos importantes na composição da dieta de *D. guttata*, que são os crustáceos carídeos e braquiúros. Porém na região costeira da Paraíba, também no nordeste brasileiro, a raia *Rhinobatos percellens* também têm preferência na alimentação por crustáceos incluindo Caridae, Penaeidae, Portunidae e Isopoda (SHIBUYA *et al.*, 2005).

Pelo padrão alimentar encontrado para *D. guttata*, conclui-se que esta espécie apresenta um papel importante como consumidora da cadeia trófica local, com capacidade de controlar as comunidades bentônicas durante todo ano por permanecerem na área sem grandes deslocamentos aparentes.

Como sugestão para estudo futuro, seria importante uma análise detalhada da composição e variação sazonal da macrofauna bentônica da região de Caiçara do Norte. Também, como estudo complementar à análise dos conteúdos estomacais, seria ideal uma abordagem utilizando-se isótopos estáveis das relações entre carbono ($^{13}\text{C}/^{12}\text{C}$) e nitrogênio ($^{15}\text{N}/^{14}\text{N}$) em diferentes tecidos de *D. guttata*, para a estimativa das fontes de carbono e avaliar o nível trófico da espécie, respectivamente (MACNEIL *et al.*, 2005), pois apesar deste estudo ter utilizado metodologia tradicional, seria adequado comparar os resultados obtidos com outros que utilizariam ferramentas úteis para o estudo os ciclos de matéria e energia no ambiente.

4. IDADE e CRESCIMENTO

4.1 Material e Métodos

De cada indivíduo de *D. guttata* foram coletadas cinco vértebras da parte anterior da coluna vertebral, através da incisão da cavidade abdominal e remoção das vísceras. As vértebras foram imersas em solução aquosa de formol a 4% tamponada por 24 horas, e posteriormente preservadas em etanol a 70%. De cada indivíduo foram tomados os dados de largura do disco (LD, cm) e o peso total (g). Para testar diferenças nas medidas de largura de disco entre machos e fêmeas foi utilizado o teste Kruskal-Wallis e teste à *posteriori* Bonferroni (STATSOFT, 2007).

Depois de limpas, cada uma das vértebras foi incluída em resina de poliéster para realização dos cortes em cortadora com serra metalográfica. A terminologia adotada para o processamento das mesmas segue os critérios de WHITE & POTTER (2005). Os cortes foram sagitais, tirando uma fatia de cerca de 2 milímetros que incluía o foco da vértebra.

Foi feita uma leitura prévia dos cortes das vértebras e, a partir das observações, conveniou-se, para a identificação das marcas periódicas de crescimento, utilizar os cortes das vértebras sem coloração, uma vez que as marcas eram suficientemente conspícuas. O processamento das vértebras, corte e leitura prévia, foram realizados no Laboratório de Dinâmica de Populações Marinhas (DIMAR), da Universidade Federal Rural de Pernambuco (UFRPE).

Por fim, foram feitas duas leituras independentes das marcas de crescimento pelo mesmo leitor, com a utilização de um microscópio estereoscópico com luz incidente, sob aumento final de 20 vezes. Somente foram chamadas de marcas de crescimento completas (*annulus*), as marcas que consistiram de uma zona clara (opaca, mais mineralizada) e uma zona translúcida (menos mineralizada), que muitas vezes

apresentava “incrementos menores” opacos (ou “falsos anéis”), como descrito por COWLEY (1997) e CAILLIET *et al.* (2006).

Todas as contagens foram feitas sem se conhecer o tamanho dos indivíduos, a data de coleta, e o diagnóstico feito nas leituras prévias. Os espécimes com o mesmo número de marcas de crescimento nas vértebras foram considerados do mesmo grupo de idade.

Para medir a precisão das leituras das marcas de crescimento, foi construído o gráfico de vícios nas leituras para comparação visual proposto por CAMPANA *et al.* (1995). Além disso, para avaliar erro entre as leituras, foi calculado o índice de erro percentual médio (IAPE) segundo BEAMISH e FOURNIER (1981), pela equação:

$$IAPE_j = \frac{1}{R} \times \sum_{i=1}^R \left(\frac{|X_{ij} - X_j|}{X_j} \right) \times 100;$$

em que N = número de vértebras analisadas; R_j = número de leituras do indivíduo j; X_{ij} = a idade i estimada para o indivíduo j; e X_j = idade média calculada para o indivíduo j.

Também foram calculados, respectivamente, o coeficiente de variação (CV) e o índice de precisão (D) modificado por CHANG (1982):

$$CV_j = \frac{\sqrt{\sum_{i=1}^R \frac{(X_{ij} - X_j)^2}{R-1}}}{X_j} \times 100;$$

$$D_j = \frac{CV_j}{\sqrt{R}}$$

As distâncias do foco da vértebra até a margem externa de cada banda translúcida (R_i) e o raio da vértebra (RV), que consiste da distância do foco até a borda, foram tomadas. A proporcionalidade entre o raio da vértebra e o corpo foi avaliada pela relação entre o raio da vértebra (RV) e a largura do disco (LD), para sexos separados,

através do ajuste do modelo linear. Os parâmetros de regressão foram comparados pela análise da covariância (ANCOVA) (STATSOFT, 2007).

As amostras mensais foram agrupadas em períodos os quais se convencionou chamar de estações do ano, apesar da homogeneidade do clima da região, considerando os seguintes meses: “primavera” (outubro, novembro e dezembro de 2007), “verão” (janeiro, fevereiro e março de 2008); “outono” (abril, maio e junho de 2008); “inverno” (julho de 2008, agosto e setembro de 2007).

Para se verificar a periodicidade de formação das marcas de crescimento, foram realizadas duas análises: a do incremento marginal (*IM*) periódico, definida como a diferença entre o raio da vértebra e o raio da última marca de crescimento completamente formada (LESSA *et al.*, 2004), e a análise da borda, que consiste da frequência de ocorrência mensal em número de zonas translúcidas na borda da vértebra (van der WALT & BECKLEY, 1997; LABROPOULOU & PAPACONSTANTINOU, 2000). A diferença entre os valores médios por estações do ano foi avaliada pelo teste Kruskal Wallis para amostras independentes (STATSOFT, 2007), com a alternativa não paramétrica para a análise de variância.

O crescimento corporal foi descrito através o ajuste do modelo de von Bertalanffy (von BERTALANFFY, 1938) aos dados de idade e largura de disco (LD) observados:

$$LD_t = LD_{\infty} \left[1 - e^{-k(t-t_0)} \right]$$

em que LD_t é a largura de disco na idade t ; LD_{∞} é a largura de disco máxima teórica ou assintótica; k é a taxa de crescimento; t_0 é a idade teórica quando a largura de disco (LD) é zero. Os parâmetros do modelo foram estimados com uso do método Simplex e quasi-Newton numa rotina para ajuste de modelos não lineares (STATSOFT, 2007).

4.2 Resultados

A Figura 4.1 mostra a distribuição de frequência de classes de comprimento de 565 espécimes de *D. guttata* amostrados entre 2007 e 2008. Dos exemplares coletados, 196 (34,7%) foram utilizados para os cortes de vértebras, e desses, 95 eram machos e 101 fêmeas. A largura de disco (LD) dos machos que tiveram as vértebras estudadas variou de 12,7 a 57,0 cm e a largura de disco das fêmeas variou de 13,0 a 88,5 cm. Na amostra total, a média de largura de disco das fêmeas foi significativamente maior do que nos machos ($H_{(1;196)} = 6,67$, $p=0,009$).

Figura 4.1. Distribuição de frequência de ocorrência dos espécimes de *Dasyatis guttata* ($n = 565$) por classe de Largura de Disco (LD) nos meses de agosto de 2007 a julho de 2008 em Caiçara do Norte - RN.

O tratamento das vértebras, sem utilização de corantes, se mostrou suficiente para a visualização das marcas de crescimento (Fig. 4.2). A partir das leituras evidenciou-se entre 0 a 14 marcas de crescimento para fêmeas de *D. guttata* e de 0 a 9

anos para machos. A média dos raios da vértebra (RV) dos indivíduos neonatos foi 0,9 mm (d.p. = 0,2) e a média da largura de disco (LD) de 16,0 cm (d.p. = 1,7). As vértebras desses neonatos apresentavam borda opaca, ou seja, sem formação de marca completa de crescimento, o que foi evidência de que as marcas de nascimento foram formadas depois do nascimento.

Figura 4.2. Seção da vértebra de fêmea (largura de disco = 67,6 cm) de *Dasyatis guttata* de 8 anos (a) e de um macho (largura de disco = 51,5 cm) de *Dasyatis guttata* de idade estimada em 5 anos incompletos (b). R1, R2...Ri = raio de cada marca de crescimento, medida do foco da vértebra até a margem externa de cada marca; Rv = raio da vértebra; MN = marca de nascimento.

A relação entre o raio da vértebra (RV) e a largura do disco (LD) dos machos e das fêmeas não apresentou diferença significativa (ANCOVA: elevação $t = -2,02$ gl=192; intercepto $t = -0,76$ gl=193; $p = 0,44$), porém optou-se por descrever a relação pelo modelo linear para os sexos separados (Fig. 4.3).

Figura 4.3. Relação entre a largura do disco (LD) em centímetros e o raio da vértebra (RV) em milímetros para machos e fêmeas de *Dasyatis guttata* da região costeira de Caiçara do Norte - RN. As setas indicam a largura de disco e o raio da vértebra de nascimento (LD_{nasc} e RV_{nasc} , respectivamente).

Todas as vértebras analisadas foram utilizadas para avaliar a precisão das leituras. Com o gráfico de comparação visual de vícios nas leituras ficou evidente que não houve diferença significativa entre as contagens independentes do número de marcas de crescimento nos cortes das vértebras (Fig. 4.4). Os índices de precisão das leituras (o índice de erro percentual médio, o coeficiente de variação e o índice de precisão) estimados para toda a amostra foram: $IAPE = 10,56$; $CV = 15,87$; $D = 11,22$. Esses resultados, juntamente com os índices estimados para os grupos de idade, estão descritos na Tabela 4.1.

Figura 4.4. Comparação das leituras independentes (Leitura 1 e Leitura 2) dos cortes das vértebras de *Dasyatis guttata* da região costeira de Caiçara do Norte - RN. Os pontos e as barras representam a média $\pm$ o desvio padrão do número de marcas identificadas na segunda leitura para todos os exemplares pertencentes ao mesmo grupo de número de marcas lidas no primeiro momento. A bissetriz é utilizada como medida da discrepância entre as duas leituras. O número acima de cada ponto é o total de indivíduos de cada faixa de idade analisados nas leituras.

Tabela 4.1. Índices de precisão das leituras das marcas de crescimento para cada grupo de idade e para a amostra total de *Dasyatis guttata*. *IAPE* = índice de erro percentual médio; *CV* = coeficiente de variação; *D* = índice de precisão; *n* = número de espécimes.

<i>Idade</i>	<i>IAPE</i>	<i>CV</i>	<i>D</i>	<i>n</i>
0	16,98	26,68	18,87	53
1	15,38	21,76	15,38	26
2	5,60	7,92	5,60	25
3	4,49	6,35	4,49	14
4	0,00	0,00	0,00	10
5	5,22	7,38	5,22	6
6	5,49	7,77	5,49	8
7	3,65	5,17	3,65	11
8	4,35	6,16	4,35	16
9	8,67	12,26	8,67	6
10	5,27	7,45	5,27	10
11	3,82	5,41	3,82	7
12	2,17	3,07	2,17	2
13	1,85	2,62	1,85	1
14	3,70	5,24	3,70	1
Amostra total	10,56	15,87	11,22	196

Não houve diferença significativa para o IM entre machos e fêmeas ($H_{(1;196)}=0,04$; $p=0,84$), portanto as análises de variação periódica desse parâmetro foram feitas com os sexos grupados. O incremento marginal variou de 0,05 a 0,55 mm e não foi significativamente diferente entre as “estações do ano” ($H_{(3;196)}=2,14$; $p=0,54$), porém os menores valores médios de IM ocorreram no período de fim do “inverno”/começo da “primavera” (Fig. 4.5).

Figura 4.5. Variação sazonal do incremento marginal (IM) para sexos grupados da raia *Dasyatis guttata* da região costeira de Caiçara do Norte – RN. (1=primavera; 2=verão; 3=outono; 4=inverno).

A frequência de ocorrência mensal de zonas translúcidas mostra que sua formação dessa zona ocorre preferencialmente entre os meses de junho e outubro (Fig. 4.6), que coincide com o período denominado final de inverno e começo da “primavera”. As zonas opacas predominam no restante do período.

Os parâmetros de crescimento estimados para *D. guttata* aparecem na Tabela 4.2, e mostram que as fêmeas têm o crescimento mais lento que os machos (menor taxa de crescimento) e atingem maiores tamanhos. Foram obtidas, dessa forma, as curvas de crescimento para machos e fêmeas em separadamente (Fig. 4.7).

Figura 4.6. Variação mensal do número de zonas translúcidas na borda das vértebras de machos e fêmeas de *Dasyatis guttata* da região costeira de Caiçara do Norte – RN. Valores acima dos pontos indicam número total de bordas translúcidas por mês.

Tabela 4.2. Parâmetros de crescimento estimados para a espécie *Dasyatis guttata* na região costeira de Caiçara do Norte – RN.

	LD_{∞}	K	t_0	Variância explicada	r
Machos	100,76 cm	0,07	-2,18	91,47%	0,96
Fêmeas	137,57 cm	0,06	-1,86	94,54%	0,97

Figura 4.7. Curvas de crescimento para Fêmeas (a) e Machos (b) de *Dasyatis guttata*, da região costeira de Caiçara do Norte – RN, segundo modelo de von Bertalanffy (1938).

O número de indivíduos e os dados de amplitude de largura do disco para cada idade compõem uma chave idade-largura de disco para a espécie, mostrada na Tabela 4.3. O crescimento de machos e fêmeas parece ser similar até a idade de quatro a cinco

anos, mas as fêmeas passam a alcançar maiores tamanhos que os machos da mesma idade a partir dos seis anos, aproximadamente.

Resultados obtidos sobre a largura de disco (LD) de primeira maturação gonadal para machos e fêmeas da espécie, estimada em 43,5 cm para machos e 51,3 cm para fêmeas (parte sobre a reprodução da espécie nesta tese), associados às estimativas de idade aqui realizadas, indicam que machos e fêmeas de *D. guttata* se tornam maduros a partir dos 5 anos de idade.

Tabela 4.3. Amplitude e média de largura do disco (LD) para cada grupo de idade de machos e fêmeas de *Dasyatis guttata* da região costeira de Caiçara do Norte – RN.

FÊMEAS	Idade	N	Amplitude de LD (cm)	LD médio (cm)	d.p.
	0	24	13,0 - 19,9	16,25	2,03
	1	11	17,3 - 23,3	20,79	2,19
	2	11	19,0 - 30,5	23,98	3,26
	3	7	22,3 - 35,9	30,56	4,21
	4	8	30,5 - 42,0	37,73	3,98
	5	0	-	-	-
	6	1	67,8	67,80	0,00
	7	2	62,8 - 75,4	68,00	6,58
	8	7	56,2 - 67,7	63,36	4,22
	9	10	59,5 - 84	68,22	7,05
	10	5	62,9 - 84,9	71,72	8,95
	11	9	63,4 - 88,5	69,14	7,86
	12	2	70,0 - 77,0	73,50	4,95
	13	2	75,0 - 85,1	80,05	7,14
	14	2	79,0 - 80,0	79,50	0,71
MACHOS	Idade	N	Amplitude de LD (cm)	LD médio (cm)	d.p.
	0	21	12,7 - 19,4	16,21	1,93
	1	13	16,3 - 23,8	19,23	2,51
	2	18	16,0 - 35,0	25,36	5,03
	3	10	27,2 - 38,8	30,97	3,35
	4	6	33,5 - 37,0	35,40	1,40
	5	4	35,4 - 51,5	43,73	7,35
	6	5	47,0 - 54,0	51,22	3,26
	7	10	46,5 - 57,0	51,47	3,07
	8	6	47,1 - 49,7	48,50	1,05
	9	2	52,3 - 54,8	53,55	1,77

4.3 Discussão

O uso dos cortes das vértebras sem utilização de técnicas de coloração se mostrou eficiente para a leitura das marcas de crescimento. Estudos demonstram que o sucesso na utilização de determinada técnica geralmente é espécie-específica (CAILLIET & GOLDMAN, 2004). Portanto, as vértebras da espécie estudada foram apropriadas como estrutura rígida para a leitura das marcas de crescimento, pois existiu uma relação positiva entre o seu diâmetro e o tamanho das raias, indicando que as vértebras cresceram proporcionalmente ao tamanho dos indivíduos para todas as classes de largura de disco (LD).

O modelo de von Bertalanffy é um dos modelos mais freqüentemente utilizados para descrever o crescimento em peixes (CAILLIET & GOLDMAN, 2004) e as estimativas dos parâmetros de crescimento para *D. guttata* juntamente com a da idade, são compatíveis com os dados descritos para outras espécies de elasmobrânquios (CAILLIET & GOLDMAN, 2004). Os maiores indivíduos estudados no presente estudo não tinham tamanho próximo à largura de disco (LD) máxima teórica estimada, porém tamanhos maiores de largura de disco como de 63 cm para machos e 102 cm para fêmeas, já foram descritos (THORSON, 1983).

Os erros entre as leituras não foram considerados sistemáticos, o que indicou que as diferenças entre as leituras foram devidas a erros aleatórios, e os índices de precisão das leituras estimados foram considerados resultados aceitáveis em comparação ao encontrado para outras espécies de elasmobrânquios (CAMPANA *et al.*, 1995; CAMPANA, 2001; NATANSON, 2002; CAILLIET *et al.*, 2006; HARRY *et al.* 2010). Parece improvável que as magnitudes dos erros encontrados tenham afetado

indevidamente o ajuste das curvas de crescimento ou as estimativas de idade de maturidade (FRANCIS *et al.*, 2001).

A deposição anual e única das marcas de crescimento é característica padrão para os batoídeos (CAILLIET & GOLDMAN, 2004; JACOBSEN & BENNETT, 2010), e aparentemente mantida para espécies do gênero *Dasyatis* (COWLEY, 1997; SMITH *et al.*, 2007; PIERCE & BENNETT, 2010). A variação anual na deposição do material na borda da vértebra pode ser influenciada por uma série de fatores, tais como fenômenos oceanográficos sazonais que alteram as características do ambiente, mudanças na dieta, época de reprodução e ainda processos endógenos de absorção de cálcio (JONES & GEEN, 1977; FERREIRA & VOOREN, 1991; LALLI & PARSONS, 1997). Segundo LIU *et al.* (1998), para os elasmobrânquios as mudanças de temperatura seriam fator importante na formação das marcas de crescimento. Além da variação na temperatura ambiente, outros fatores podem afetar as taxas de crescimento, como a mudança do comprimento do dia (fotoperíodo), a dieta e a atividade alimentar (BRANSTETTER, 1987, COWLEY, 1997).

É sugerido que a estimativa do momento de deposição de marcas de crescimento pode ser afetada pela reduzida sazonalidade no ambiente e pelo vício na amostragem (JACOBSEN & BENNETT, 2010), o que pode ser o caso do presente estudo. Porém, foi observada uma tendência de menores valores de incremento marginal no período chamado de primavera, o que indicaria que as marcas de crescimento são mesmo depositadas anualmente.

Além disso, através da análise da borda dos cortes, observou-se que a formação de zonas translúcidas na vértebra ocorre preferencialmente no período de transição da estação seca para a chuvosa na região. Pelo que se observa o padrão de formação das vértebras é influenciado pelo ritmo circadiano da espécie que é ditado pelo ciclo de luz

que atinge a área e que provavelmente modifica processos endógenos das raias e as características do ambiente. No processo de crescimento, a zona translúcida da marca de crescimento da vértebra seria depositada durante o período de chuvas com menor número de horas de luz incidida na região, e conseqüentemente na água do mar, durante os dias e a zona opaca seria depositada no período de seca com alta incidência de sol na costa de Caiçara do Norte. Esse padrão coincide com o ciclo reprodutivo da espécie, que tem um aparente pico na atividade de cópula e parto no período chamado de primavera, que seria a estação após o período mais chuvoso. Além disso, a frequência com que a espécie se alimenta na região também tem uma tendência a acompanhar esse padrão, pois a partir do fim da época chuvosa e durante a época seca foi o período em que a quantidade analisada de estômagos vazios foi menor.

Fotoperíodo e temperatura podem ser considerados os maiores reguladores ambientais dos mecanismos neuroendócrinos que acionam o comportamento e o desenvolvimento sexual de elasmobrânquios (DODD, 1983; PRATT & CARRIER, 2001). Dessa forma, a diminuição da porcentagem de luz que realmente chega até a água na região de Caiçara do Norte no período de muitas chuvas pode agir como um contraponto à estabilidade ambiental em regiões tropicais, e desencadear o aumento na atividade reprodutiva e no crescimento dos peixes. De fato, a periodicidade natural da luz atua como um fator estimulante das respostas cérebro-pituitária, induzindo a produção do hormônio de crescimento em peixes (BRETT, 1979). Essa característica aliada à ação precursora de ritmos circadianos da glândula pineal, que atua como um transdutor foto- e termo-endócrino que sincroniza ciclos internos com o ciclo do ambiente (UNDERWOOD, 1989; FILADELFI & CASTRUCCI, 1996), pode explicar o padrão de crescimento de *D. guttata* na região.

Existem evidências que permitem assumir a generalização de que praticamente todos os organismos exibem oscilações circadianas nas funções fisiológicas endógenas, e tanto os peixes de águas interiores quanto marinhos apresentam padrão cíclico de atividade diária influenciado pela variação de temperatura e intensidade de luz (SCHWASSMANN, 1971). Na região costeira de Caiçara do Norte, não é observada grande variação na temperatura da água do mar, porém no período do ano de maior pluviosidade, as médias de fração de luz que realmente atingem a costa são menores do que no período de seca e essa variação anual da luz incidente pode ter influência significativa nos processos biológicos da espécie *D. guttata* como reprodução, alimentação e crescimento.

Foi descrito que a periodicidade anual de deposição de marca de crescimento em elasmobrânquios não está necessariamente relacionada apenas à temperatura e pode ter forte influência de outros fatores como o fotoperíodo (NATANSON, 1993).

Trabalhos experimentais demonstram padrão de atividade com ritmo circadiano para espécies de elasmobrânquios como as raias costeiras *Rhinobatos annulatus* e *Myliobatis aquila* (DU PREEZ *et al.*, 1988) e para o tubarão recifal *Triaenodon obesus* (WHITNEY *et al.*, 2007).

Apesar da espécie *D. guttata* tolerar alta amplitude de salinidade, pois habita também regiões de estuário (BIGELOW & SCHROEDER, 1953; THORSON, 1983), a variação da salinidade observada para a área pode ter influência nos sistemas endógenos da raia como o crescimento, pois o padrão de salinidade acompanha o ciclo de pluviosidade e a fração de luz solar que penetra na área. Para a espécie *D. guttata*, em águas da Venezuela, é descrita a mudança na distribuição influenciada pela salinidade, com jovens ocupando preferencialmente áreas de maior salinidade e os adultos as menos salinas (THORSON, 1983). Para outras espécies, como o teleósteo *Fundulus*

grandis, também é mostrado que o fotoperíodo afeta a preferência por salinidades diferentes na distribuição (SPIELER *et al.*, 1976).

Em *D. fluviorum* a deposição de marcas de crescimento também ocorre em meados da primavera (PIERCE & BENNETT, 2010). Estudos com a espécie *N. kuhlii* mostraram que as marcas de crescimento terminam de ser depositadas durante a primavera e verão para a maioria dos indivíduos coletados no verão austral (PIERCE & BENNETT, 2009).

Para oferecer estimativas mais acuradas e consistentes de idade e crescimento, é recomendada a realização de análises de validação da contagem de marcas de crescimento por marcação e recaptura (ou de indivíduos em cativeiro), com confirmação por injeção prévia de marcadores químicos como o antibiótico oxitetraciclina.

Os valores das taxas de crescimento k estimados para machos e fêmeas de *D. guttata* foram menores que 0,1 e caracterizam a espécie como de crescimento relativamente lento, e desta forma particularmente suscetíveis ao declínio populacional (MUSICK, 1999; FRISK *et al.*, 2001). Taxas de crescimento dessa magnitude também foram estimadas para as espécies *D. chrysonota* na África do Sul ($k = 0,175$ para fêmeas e $k = 0,07$ para machos) (COWLEY, 1997), *D. dipterura* ($k = 0,05$ para fêmeas e $k = 0,1$ para machos) (SMITH *et al.*, 2007), *D. pastinaca* ($k = 0,089$ para sexos agrupados) (ISMEN, 2003) e *D. fluviorum* no sudeste da Austrália ($k = 0,09$ para fêmeas e $k = 0,1$ para machos) (PIERCE & BENNETT, 2010). Para *D. pastinaca* da costa da Cilícia a constante de crescimento foi bem menor ($k = 0,04$ para fêmeas e $k = 0,04$ para machos), indicando um crescimento mais lento (YELDAN *et al.*, 2008).

O padrão de crescimento dessas outras espécies do gênero parecer ser o mesmo do que o de *D. guttata*, especialmente o de *D. pastinaca* (ISMEN, 2003) e o de *D. fluviorum* (PIERCE & BENNETT, 2010) que são raiaes que alcançam faixas de tamanho

e idade semelhantes às de *D. guttata* de Caiçara do Norte. Em *Neotrygon kuhlii*, outra espécie da família Dasyatidae, machos alcançam menores tamanhos, mas provavelmente em menor intervalo de tempo, pois a taxa de crescimento estimada foi maior que a das fêmeas (PIERCE & BENNETT, 2009). Nessa mesma espécie as fêmeas crescem mais lentamente que os machos e atingem maiores tamanhos (PIERCE & BENNETT, 2009).

O crescimento distinto entre machos e fêmeas também foi notado para a espécie *D. chrysonota* no sudeste da África do Sul (COWLEY, 1997), e essa diferença provavelmente se deve à maior taxa de crescimento, que aceleraria a chegada à assíntota da curva do modelo sigmóide nos machos. O mesmo pode ser observado para *D. dipterura* em águas do México (SMITH *et al.*, 2007), para *D. pastinaca* na costa da Cilícia (YELDAN *et al.*, 2008), para *N. kuhlii* na Austrália (PIERCE & BENNETT, 2009) e para *D. fluviorum* da costa leste da Austrália (PIERCE & BENNETT, 2010). Isso é devido provavelmente ao fato das fêmeas gastarem mais energia com a reprodução, o que favorece os maiores tamanhos e o atraso na maturação gonadal (CORTÉS, 2000; 2004). Apesar da pouca diferença no menor valor da constante de crescimento dos machos em relação às fêmeas, no presente estudo essa premissa também foi verdadeira.

Pode haver uma diferença entre a idade de maturação de machos e fêmeas, mas no geral a primeira maturidade parece ocorrer entre os quatro e sete anos de idade. O valor estimado de idade de primeira maturação de cinco anos para a espécie *D. guttata*, corresponde a esse padrão. Para *D. kuhlii* em cativeiro, foi estimado que a idade de primeira maturação de machos e fêmeas é de cerca de 3,5 anos (JANSE & SCHRAMA, 2010) mas há pouca variação na idade de maturação, apesar da diferença de tamanho entre os sexos. A espécie *D. chrysonota* teve sua idade de maturação estimada como

cinco anos para machos e sete anos para fêmeas (COWLEY, 1997), e em *D. pastinaca* se vê maturidade distinta no tamanho, com machos alcançando a maturidade em tamanhos menores que as fêmeas, mas ambos com idade de 4 a 5 anos (ISMEN, 2003). No estudo de *D. fluviorum*, foi estimada a idade de maturação para machos aos sete anos, mas para fêmeas esse valor foi mais elevado, com maturidade alcançada aos treze anos (Pierce & Bennett, 2010). A espécie *N. kuhlii* do leste subtropical da Austrália, também teve sua idade de maturação estimada em seis anos para fêmeas e quatro anos para machos (PIERCE & BENNETT, 2009).

Raias que alcançam grandes tamanhos com a idade, como *D. guttata*, são altamente vulneráveis a pressão exercida pela pesca (FRISK *et al.*, 2001; STOBUTSKI *et al.*, 2002; SMITH *et al.*, 2008). A sobrevivência de indivíduos na fase juvenil é um fator que contribui para o sucesso no crescimento de espécies de vida longa e esse fato é comprovado em estudos que analisam a taxa e crescimento e sobrevivência de populações dessas espécies (FRISK *et al.*, 2001).

Foi descrito para águas tropicais da Austrália, onde ocorre pescaria de arrasto para captura de camarão, como a realizada em Caiçara do Norte, que espécies da família Dasyatidae incluindo congêneres de *D. guttata* estão entre as espécies de menor capacidade de recuperação à depleção pela pesca e com alta mortalidade de indivíduos jovens (STOBUTSKI *et al.*, 2002). Da mesma forma, para a espécie *D. dipterura*, habitante do complexo lagunar Bahia Magdalena no México, o colapso da população devido à pesca é provável, pois a espécie apresentou um potencial de crescimento lento e limitada plasticidade à pressão pesqueira (SMITH *et al.*, 2008).

A maioria dos indivíduos capturados no presente estudo era jovem e tal fato se deve à captura por arrasto de praia, arte de pesca que mais contribuiu na amostragem e teve por efeito capturar mais raias menores. Se a malha é usada normalmente nas

pescarias locais, as características encontradas para *D. guttata*, de crescimento lento, maturidade tardia e baixa fecundidade associadas às características da pescaria, mesmo que não dirigida às raias, pode impedir sua sustentabilidade e dificultar possibilidades de recuperação.

5. CONCLUSÕES

A partir dos resultados obtidos neste trabalho, sobre a reprodução, a dieta e o crescimento de *Dasyatis guttata*, conclui-se que:

- *Dasyatis guttata* permanece na região costeira de Caiçara do Norte ao longo de todo o ano e passa todo seu ciclo de vida nesta região, portanto é passível de impactos pelas pescarias, que capturam desde indivíduos neonatos até fêmeas grávidas;
- Os padrões de reprodução, alimentação e crescimento de *Dasyatis guttata* aparentemente acompanham o ciclo de incidência de luz, que varia entre as épocas de seca e chuva na plataforma interna da região;
- Apesar de ter apresentado um período de maior atividade reprodutiva, *D. guttata* se reproduz durante todo o ano, mas é passível de cuidados por sua baixa fecundidade, maturidade tardia e baixa taxa de crescimento, características comuns em elasmobrânquios;
- A espécie apresenta importante papel na cadeia trófica da região, como predadora de topo, pois tem comportamento generalista, consumindo uma ampla variedade de presas, sendo que as diferenças encontradas entre jovens e adultos podem estar relacionadas com a maior capacidade de cavar o sedimento pelos adultos para captura de alimento;
- A idade de machos e fêmeas na maturidade é semelhante, porém a largura de disco em que as fêmeas atingem a maturidade é maior que a dos machos; portanto, isso deve ser considerado em planos de avaliação de estoques da espécie.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABELE, G. L. Species diversity of decapod crustaceans marine habitats. **Ecology**, v. 55, p. 156-161, 1974.
- AGUIAR, A. A.; VALENTIN, J. L.; ROSA, R. S. Habitat use by *Dasyatis americana* in a south-western Atlantic oceanic island. **J. Mar. Biol. Assoc. U. K.**, v. 89, p. 1147-1152, 2009.
- ALCOCK, J. 2005. The organization of behavior: neurons and hormones. P. 144-175. *In*: J. Alcock, ed.. **Animal Behavior: An Evolutionary Approach**. Sinauer Associates. Sunderland, Massachusetts. 2005, 556 p.
- AMARAL, A. C. Z.; RIZZO, A. E.; ARRUDA, E. P. **Manual de identificação dos invertebrados marinhos da região Sudeste-Sul do Brasil**. EDUSP, São Paulo, 2005, 287 p.
- AMUNDSEN, P. -A. A new approach to graphical analysis of feeding strategy from stomach contents data – modification of the Costello (1990) method. **J. Fish Biol.**, v. 48, p. 607-614, 1996.
- BEAMISH, R. J.; FOURNIER, D. A. A method for comparing the precision of a set of age determinations. **Can. J. Fish. Aquatic Sci.**, v. 38, p. 982-983, 1981.
- BIGELOW, H. B.; SCHROEDER W. C. **Fishes of the Western North Atlantic. Sawfishes, Guitarfishes, Skates and Rays**. Memoirs Sears Foundation for Marine Research. New Haven, v. 1, 1953, 588 p.

- BRANSTETTER, S. Age and growth validation of newborn sharks held in laboratory aquaria, with comments on the life history of the Atlantic sharpnose shark, *Rhizoprionodon terraenovae*. **Copeia**, v. 1987, p.291–300, 1987.
- BRETT, J. R. Environmental factors and growth. *In*: Hoar, W. S.; Randall, D. J. and Brett, J. R. eds. **Fish Physiology**. v. VIII- Bioenergetics and Growth. Academic Press, Inc. Orlando, Florida, 1979, 786 p.
- BRITTO, E. N.; LESSA, R. P. **Arraias de Camocim – Litoral do Ceará**. II Reunião da Sociedade Brasileira para o Estudo de Elasmobrânquios – SBEEL. Santos, SP. p. 12. 2000.
- CAILLIET, G. M.; GOLDMAN, K. J. **Age determination and validation in chondrichthyan fishes**. *In*: **Biology of Sharks and their Relatives**. Carrier, J. C., Musick, J. A., Heithaus. ed. CRC Press – Florida, US. p. 399-447, 2004.
- CAILLIET, G. M.; SMITH, W. D.; MOLLET, H. F.; GOLDMAN, K. J. Age and growth studies of chondrichthyan fishes: the need for consistency in terminology, verification, validation, and growth function fitting. **Environ. Biol. Fish.**, v. **77**, 211–228. 2006.
- CAMHI, M.; FOWLER, S.; MUSICK, J.; BRAUTIGAM, A.; FORDHAM, F. S. **Sharks and their relatives**. Occasional Paper of the IUCN Species Survival Commission 20. 39 p., 1998.

- CAMPANA, S. E. Accuracy precision and quality control in age determination, including a review of the use and abuse of age validation methods. **J. Fish Biol.**, v. 59, p. 197-242, 2001.
- CAMPANA, S.E.; ANNAND, M.C.; MCMILLAN, J.I. Graphical and statistical methods for determining the consistency of age determinations. **Trans. Am. Fish. Soc.**, v. 124, p. 131-138, 1995.
- CAPAPÉ, C., Contribution a la biologie des Dasyatidae des cotes Tunisiennes. II. *Dasyatis pastinaca* (Linne, 1758): regime alimentaire. **Ann. Inst. Michel Pacha**, v. 8, p. 1-15, 1975.
- CAPAPÉ, C. New data on the reproductive biology of the thorny stingray, *Dasyatis centroura* (Pisces: Dasyatidae) from off the Tunisian coasts. **Environ. Biol. Fish.**, v. 38, p. 73-80, 1993.
- CAPAPÉ, C.; ZAOUALI, J., 1992. Le regime alimenntaire de al pastenague marbree, *Dasyatis marmorata* (Pisces, Dasyatidae), des eaux Tunisiennes. **Vie Millieu**, v. 42 n.3-4, p. 269–276.
- CAPAPÉ, C.; ZAOUALI, J. Reproductive biology of the marbled stingray, *Dasyatis marmorata* (Steindachner, 1892) (Pisces: Dasyatidae) in Tunisian waters (Central Mediterranean). **J. Aquaric. Aquat. Sci.**, 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. **J. Fish Biol.**, v. 37, p. 347-356, 1990.
- CAPAPÉ, C.; SECK, A. A.; QUIGNARD, J. P. Observations on the reproductive biology of the angular rough shark, *Oxynotus centrina* (Oxynotidae). **Cybium**, v. 23, n. 3, 259-271, 1999.
- CARPENTER, K. E; NIEM, V. H. ed. **FAO Species identification guide for fishery purposes. The living marine resources of the Western Central Pacific.**, FAO, Roma, v. 3, p. 1397-2068. 1999.
- CARQUEIJA, C. R. G.; SOUZA-FILHO, J. J.; GOUVÊA E. P.; QUEIROZ, E. L. Decápodos (Crustácea) utilizados na alimentação de *Dasyatis guttata* (Bloch & Schneider) (Elasmobranchii, Dasyatidae) na área de influência da Estação Ecológica Ilha do Medo, Baía de Todos os Santos, Bahia, Brasil. **Rev. Brasil. Zool.**, v. 12, p. 833-838, 1995.
- CARVALHO-NETA, R. N. F.; ALMEIDA, Z. S. Aspectos da alimentação de *Dasyatis guttata* (Elasmobranchii, Dasyatidae) na costa maranhense. **Bol. Lab. Hidrobiol.**, v. 14/15, p. 77-98, 2001.

- CASTRO, B. M.; MIRANDA, L. B. Physical oceanography of the western Atlantic Continental shelf located between 4°N and 34°S coastal segment (4,W). **The Sea**, v. 11, p. 209-251, 1998.
- CHANG, W.Y.B. A statistical method for evaluation of the reproducibility of age determination. **Can. J. Fish. Aquat. Sci.**, v. 39, p. 1208-1210, 1982.
- CLARKE, K. R.; WARWICK, R. M. **Changes in marine communities: an approach to statistical analysis and interpretation**, 2nd. edition. PRIMER-E: Plymouth. 2001.
- CORTÉS, E. Life history patterns and correlations in sharks. **Rev. Fish. Sci.**, v. 8, n.4, p. 299-344, 2000.
- CORTÉS, E. Life history patterns, demography, and population dynamics. In: **Biology of Sharks and their Relatives**. Carrier, J. C.; Musick, J. A.; Heithaus, ed. CRC Press – Florida, US. p. 449-469, 2004.
- COWLEY, P. D. Age and growth of the bluenose stingray *Dasyatis chrysonota* from the south-eastern Cape Coast of South Africa. **S. Afr. J. Mar. Sci.**, v. 18, p. 31-38, 1997.
- COMPAGNO, L. J. V. Checklist of living elasmobranchs. In: Hamlett, W.C. ed. **Sharks, Skates and Rays. The Biology of Elasmobranch Fishes**. John Hopkins University Press. Baltimore, EUA. p. 471-498, 1999.
- COMPAGNO, L. J. V.; HAMLETT, W. C., ed. **Checklist of Living Elasmobranchs. Sharks, Skates, and Rays: The Biology of Elasmobranch Fishes**. Johns Hopkins University Press . Baltimore, Mariland, U.S.A. p. 471-498, 1999.

COMPAGNO, L. J. V.; EBERT, D. A.; SMALE, M. J. **Guide to the sharks and rays of Southern Africa.** **Stuik Publishers**, Cape Town. 158 p. 1989.

CROSS, R. E.; CURRAN, M. C. Effects of feeding pit formation by rays on an intertidal meiobenthic community. **Estuar. Coast. Shelf Sci.**, v. 51, p. 293-298, 2000.

CROSS, R. E.; CURRAN, M. C. Recovery of Meiofauna in intertidal feeding pits created by rays. **Southeast. Natur.**, 3, p. 219-230, 2004.

DOBSON, S.; DODD, J. M. The roles of temperature and photoperiod in the response of the testis of the dogfish, *Scyliorhinus canicula* L. to partial hypophysectomy (ventral lobectomy). **Gen. Comp. Endocr.**, v. 32, n. 1, p. 114-115, 1977.

DODD, J. M. Reproduction in cartilaginous fishes. In: Hoar, W. S.; Randall, D. J.; Donaldson, E. M. eds. **Fish Physiology. v. IX. Reproduction. Part A. Endocrine Tissues and Hormones.** Academic Press, Inc. Orlando, Florida. p. 31-96, 1983.

DULVY, N. K.; FORREST, R. E. Life histories, population dynamics and extinction risks in chondrichthyans. In: Carrier, J.; Musick, J.; Heithaus, M., eds. **Sharks and their Relatives II. Biodiversity, Adaptive Physiology and Conservation.** CRC Press, Boca Raton, p. 639-679, 2010.

DULVY, N. K.; BAUM J. K.; CLARKE, S.; COMPAGNO, L. J. V.; CORTÉS, E.; DOMINGO, A.; FORDHAM, S.; FOWLER, S.; FRANCIS, M. P.; GIBSON, C.,

MARTÍNEZ, J.; MUSICK, J. A.; SOLDÓ, A.; STEVENS, J. D.; VALENTI, S. You can swim but you can't hide: the global status and conservation of oceanic pelagic sharks and rays. *Aquatic Conservation: Mar. Freshwater Ecosist.*, v. 18, n. 5, p. 459-482, 2008.

Du PREEZ, H. H., MACLACHLAN, A. AND MARAIS, J. F. K. Oxygen consumption of two nearshore marine elasmobranchs, *Rhinobatos annulatus* (Müller & Henle, 1841) and *Myliobatis aquila* (Linnaeus, 1758). *Comp. Bioch. Phys.*, Part A: Physiology. v. 89, n. 2, p. 283-294, 1988.

EBERT, D. A. Ontogenetic changes in the diet of sevengill shark (*Notorynchus cepedianus*). *Mar. Freshwater Res.*, v. 53, p. 517-523, 2002.

EBERT, D. A. Reproductive biology of skates, *Bathyraja* (Ishiyama), along the eastern Bering Sea continental slope. *J. Fish Biol.*, v. 66, n.3, p. 618-649, 2005.

EBERT, D. A.; COWLEY, P. D. Diet, feeding and habitat utilization of the blue stingray *Dasyatis chrysonota* (Smith, 1828) in South African waters. *Mar. Freshwater Res.*, v. 54, p. 957-965, 2003.

EBERT, D. A.; COWLEY, P. D. Reproduction and embryonic development of the blue stingray, *Dasyatis chrysonota*, in southern African waters. *J. Mar. Biol. Assoc. U. K.*, v. 89, n. 4, 809-815, 2009.

ESTALLES M.; PEREZ COMESAÑA, J. E.; TAMINI, L. L.; CHIARAMONTE, G. E.

Reproductive biology of the skate, *Rioraja agassizii* (Müller and Henle, 1841), off Puerto Quequén, Argentina. **J. Appl. Ichthyol.**, v. 25 n. s1, p. 60-65, 2008.

FERREIRA, B. P.; VOOREN, C. M. Age, growth and structure of vertebrae in the school shark *Galeorhinus galeus* (Linnaeus, 1758) from southern Brazil. **Fish. Bull.**, v. 89, p. 19-31, 1991.

FIGUEIREDO, J. L. **Manual de peixes marinhos do sudeste sul do Brasil. I. Introdução.**

Cações, Raias e Quimeras. Museu de Zoologia, Universidade de São Paulo, São Paulo - SP, 104 p., 1977.

FILADELFI, A. M. C.; CASTRUCCI, A. M. L. Comparative aspects of the pineal/melatonin system of poikilothermic vertebrates. **J. Pineal Res.**, v. 20, n. 4, p. 175-186, 1996.

FRANCIS, M. P.; MAOLAGÁIN, C. O.; STEVENS, D. W. Age, growth, and sexual maturity of two New Zealand endemic skates, *Dipturus nasutus* and *D. innominatus*. **N. Z. J. Mar. Freshwater Res.**, v. 35, p. 831-842, 2001.

FRISK, M. G.; MILLER, T. J.; FOGARTY, M. J. Estimation and analysis on biological parameters in elasmobranchs fishes: a comparative life history study. **Can. J. Fish. Aquat. Sci.**, v. 58, p. 969-981, 2001.

- FURTADO-NETO, M. A.; PINTO, L. J. B. Identificação de áreas de berçário da raia *Dasyatis guttata* (Dasyatidae; Elasmobranchii), em poças de maré do litoral do Ceará. In: **Reumos da III Reunião da Sociedade Brasileira para o Estudo de Elasmobrânquios (SBEEL)**. João Pessoa. p. 40-41, 2002.
- GADIG, O. B. F.; ROSA, R. S. Elasmobrânquios da costa da Paraíba (Brasil). In: **Resumos do X Encontro Brasileiro de Ictiologia**, São Paulo, Universidade de São Paulo. p. 113, 1993.
- GADIG, O. B. F.; BEZERRA, M. A.; FEITOSA, R. D.; FURTADO-NETO, M. A. Ictiofauna marinha do Ceará, Brasil: I. Elasmobranchii. **Arq. Ciênc. Mar**, v. 33, p. 127-132, 2000.
- GELSLEICHTER, J. Hormonal regulation of elasmobranch physiology. In: **Biology of Sharks and Their Relatives**. Carrier, J. C.; Musick, J. A.; Heithaus, M. R. eds. CRC Pres. Boca Raton, Florida. p. 287-32, 2004.
- GILLIAN, D.; SULLIVAN, K. M. Diet and feeding habits of the southern stingray *Dasyatis americana* in the Central Bahamas. **Bull. Mar. Sci.**, v. 52, n. 3, p. 1007-1013, 1993.
- GOMES, M. P.; VITAL, H. Revisão da compartimentação geomorfológica da Plataforma Continental Norte do Rio Grande do Norte, Brasil. **Rev. Brasil. Geoc.**, v. 40, n. 3, p. 321-329, 2010.

- GRAY, A. E.; MULLIGAN, T. J.; HANNA, W. Food habits, occurrence, and population structure of the bat ray, *Myliobatis californica*, in Humboldt Bay, California. **Environ. Biol. Fish.**, v. 49, p.227-238, 1997.
- HAMLETT, W. C. **Sharks, skates, and rays: The biology of Elasmobranch fishes.** The John Hopkins Univ. Press. Baltimore and London 516 p., 1999.
- HAMLETT, W.C.; HYSELL, M.K. Uterine specializations in elasmobranchs. **J. Exp. Zool.**, v. 282, p. 43- 459, 1998.
- HAMLETT, W. C.; WOURMS, J. P.; SMITH, J. W. Stingray placental analogues: structure of trophonemata in *Rhinoptera bonasus*. **J. Submicrosc. Cytol.**, v. 17, n.4, p. 541-550, 1985.
- HARRY, A. V.; SIMPFENDORFER, C. A.; TOBIN, A. J. Improving age, growth, and maturity estimates for aseasonably reproducing chondrichthyans. **Fish. Res.**, v. 106, p.393-403, 2010.
- HENNINGSSEN, A. D. Notes on reproduction on the southern stingray, *Dasyatis americana* (Chondrichthyes; Dasyatidae). **Copeia**, v. 3, p. 826-828, 2000.
- HOENIG, J. M.; GRUBER, S. H. Life-history patterns in the elasmobranchs: implications for fisheries management. In: **Elasmobranchs as living resources: advances in the biology, ecology, systematics, and the status of the fisheries.** Pratt, Jr. H.L., Gruber,

S.H. and Taniuchi, T. eds. U.S. Dept. of Commerce, NOAA Technical Report NMFS, p. 1-16, 1990.

HOWARD, J. D.; MAYOU, T. V.; HEARD, R. W. Biogenic sedimentary structures formed by rays. **J. Sediment. Petrol.**, v. 47, p. 339-346, 1977.

HYSLOP, E. J. Stomach content analysis: a review of methods and their applications. **J. Fish Biol.**, v. 17, n. 4, p. 411-429, 1980.

INMET. Instituto Nacional de Meteorologia. **Ministério da Agricultura pecuária e abastecimento**. < <http://www.inmet.gov.br/>>. Acesso em dezembro de 2010.

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

JACOBSEN, I. P.; BENNETT, M. B. Age and growth of *Neotrygon picta*, *Neotrygon annulate* and *Neotrygon kuhlii* from north-east Australia, with notes on their reproductive biology. **J. Fish Biol.**, v. 77, p. 2405-2422, 2010.

JACOBSEN, I. P.; JOHNSON, J. W.; BENNETT, M. B. Diet and reproduction in the Australian butterfly ray *Gymnura australis* from northern and north-eastern Australia. **J. Fish Biol.**, v. 75, n. 10, p. 2475-2489, 2009.

JANSE, M.; SCHRAMA, J. W. Reproductive cycle, nutrition and growth of captive blue spotted stingray, *Dasyatis kuhlii* (Dasyatidae). **J. Mar. Biol. Assoc. U. K.**, v. 90, n. 2, p. 353–360, 2010.

JOHNSON, M. R. & SNELSON, F. F. Jr. Reproductive life history of the Atlantic stingray, *Dasyatis sabina* (Pisces, Dasyatidae), in the freshwater St. Johns River, Florida. **Bull. Mar. Sci.**, v. 59, p. 74–88, 1996.

JONES, B. C.; GEEN, G. H. Age determination of an elasmobranch (*Squalus acanthias*) by X-ray spectrometry. **J. Fish. Res. Bd. Can.**, v. 34, p. 44-48, 1977.

JORDAN, L. K.; KAJIURA, S. M.; GORDON, M. S. Functional consequences of structural differences in stingray sensory systems - Part 1 mechanosensory lateral line canals. **J. Exp. Biol.**, v. 212, p. 3037-3043, 2009 a.

JORDAN, L. K.; KAJIURA, S. M.; GORDON, M. S. Functional consequences of structural differences in stingray sensory systems - Part 2 electrosensory system. **J. Exp. Biol.**, v. 212, p. 3044-3050, 2009 b.

KAJIURA, S. M.; TRICAS, T. C. Seasonal dynamics of dental sexual dimorphism in the Atlantic stingray *Dasyatis sabina*. **J. Exp. Biol.**, v. 199, n. 10, p. 2297-2306, 1996.

KAJIURA, S.M.; SEBASTIÁN, A.P.; TRICAS, T.C. Dermal bite wounds as indicators of reproductive seasonality and behavior in the Atlantic stingray, *Dasyatis sabina*. **Environ. Biol. Fish.**, v. 58, p. 23–31, 2000.

KREBS, C. J. **Ecological Methodology**. Harper Collins, New York 654p. 1989.

LABROPOULOU, M.; PAPACONSTANTINO, C. Comparison of otolith growth and somatic growth in two macrourid fishes. **Fish. Res.**, v. 46, n. 1-3, p.177-188, 2000.

LAST, P. R.; STEVENS, J. D. **Sharks and rays of Australia**. CSIRO, Australia. 513p., 1994.

LAST, P. R.; WHITE, W. T. *Dasyatis parvonigra* sp. nov., a new species of stingray (Myliobatoidei: Dasyatidae) from the tropical eastern Indian Ocean. In: Last, P.R.; White, W.T.; Pogonoski, J. J. ed. **Descriptions of New Australian Chondrichthyans**. CSIRO Marine and Atmospheric Research. p. 275-282, 2008.

LEÃO, Z. M. A. N.; DOMINGUES, J. M. L. Tropical coast of Brazil. **Mar. Poll. Bull.**, v. 41, n. 1-6, p. 112-122, 2000.

LESSA, R. P; SANTANA, F. M.; RINCON, G; GADIG, O. B. F. **Diagnóstico da biodiversidade de elasmobrânquios no Brasil**. MMA, Relatório para o Programa Nacional de Diversidade Biológica (PRONABIO) – Necton – Elasmobrânquios. 1999.

LESSA, R.; SANTANA, F. M.; HAZIN, F. H. Age and growth of the blue shark *Prionace glauca* (Linnaeus, 1758) off northeastern Brazil. **Fish. Res.**, v. 66, p. 19-30, 2004.

LILEY, N. R. Hormones and reproductive behavior of fishes. In: Hoar, W. S.; Randall, D. J. eds. **Fish Physiology. Volume III. Reproduction and Growth, Bioluminescence, Pigments, and Poisons**. Academic Press, Inc. New York, New York. p. 73-116, 1969.

LIU, K. M.; CHIANG, P. J.; CHEN, C. T. Age and growth estimates of the bigeye tresher shark, *Alopias superciliosus*, in northwestern Taiwan waters. **Fish. Bull.**, v. 96, p. 482-491, 1998.

LOWE, C. G.; WETHERBEE, B. M.; CROW, G. L.; TESTER, A. L. Ontogenetic dietary shifts and feeding behaviour of the tiger shark *Galeocerdo cuvier*, in Hawaiian waters. **Environ. Biol. Fish.**, v. 47, p. 203-211, 1996.

MacNEIL, M. A.; SKOMAL, G. B.; FISK, A. T. Stable isotopes from multiple tissues reveal diet switching in sharks. **Mar. Ecol. Prog. Ser.**, v. 302, p. 199-206, 2005.

MARTIN, L. K. ; CAILLIET, G. M. Aspects of the reproduction of the bat ray, *Myliobatis californica*, in Central California. **Copeia**, v. 1988, p. 754-762, 1988.

MARSHALL, A. D.; KYNE, P. M.; BENNETT, M. B. Comparing the diet of two sympatric urolophid elasmobranchs (*Trygonoptera testacea* Müller & Henle and *Urolophus kapalensis* Yearsley & Last): evidence of ontogenetic shifts and possible resource partitioning. **J. Fish Biol.**, v. 72, p. 883–898, 2008.

McEACHRAN, J. D.; CARVALHO, M. R. xDasyatidae. In: Carpenter K. ed. **The Living Marine Resources of Western Central Atlantic. Volume 1: Introduction, Molluscs,**

Crustaceans, Hagfishes, Sharks, Batoid Fishes and Chimaeras. FAO. Roma, Italia, p. 562-571, 2008.

MELO, E. **The Sea Sentinel Project: watching waves in Brazil.** 8th Symposium on Coastal and Ocean Management, 19 p, 1993.

MENNI, R. C. Shark biology in Argentina: a review. In: **Indo-Pacific Fish Biology.** Ichthyology Society of Japan, Tokio. p. 425-436, 1986.

MENNI, R. C.; LESSA, R. P. The chondrichthyan community off Maranhão (northeastern Brazil). II Biology of species. **Acta Zool. Lillo.**, v. 44, n. 1 p. 69-89, 1998.

MENNI, R. C.; STEHMANN, M. F. W. Distribution, environment and biology of batoid fishes off Argentina, Uruguai and Brazil. A review. **Rev. Mus. Argent. Cienc. Nat.** n.s., v. 2, n. 1, p. 69-109, 2000.

MOLLET, H. F. ; CLIFF, G. ; PRATT, H. L. JR. ; STEVENS, J. Reproductive biology of the female shortfin mako, *Isurus oxyrinchus* Rafinesque, 1819, whit comments on the embrionic development of lamnoids. **Fish. Bull.**, v. 98, p. 299-318, 2000.

MULL, C. G.; LOWE, C.G.; YOUNG, K. A. Photoperiod and water temperature regulation of seasonal reproduction in male round stingrays (*Urobatis halleri*). **Comp. Bioch. Phys.** – Part A: Molecular & Integrative Physiology, v. 151, n. 4, p. 717-725, 2008.

- MUSICK, J. A. Ecology and conservation of long-lived marine animals. In: Musick J. A. ed. **American Fisheries Society Symposium 23: life in the slow lane: ecology and conservation of long-live marine animals**. Bethesda, MD: American Fisheries Society, p. 1-10, 1999.
- MYERS, R. A.; WORM, B. Rapid worldwide depletion of predatory fish communities. **Nature**, v. 423, p. 280-283, 2003.
- NATANSON, L. J. Effect of temperature on band deposition in the little skate, *Rajia erinacea*, **Copeia**, v. 1993, p. 199-206, 1993.
- NATANSON, L. J.; MELLO, J. J.; CAMPANA, S. E. Validated age and growth of the porbeagle shark (*Lamna nasus*) in the western North Atlantic Ocean. **Fish. Bull.**, v. 100, p. 266-278. 2002.
- NAVIA, A. F.; MEJÍA-FALLA P. A.; GIRALDO A. Feeding ecology of elasmobranch fishes in coastal waters of the Colombian Eastern Tropical Pacific. **BMC Ecology**, 7: 8, 2007.
- 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. **Environ. Biol. Fish.**, v. 73, p. 321-331, 2005.
- NEW LOCCLIM 1.10. **Local climate estimator**. FAO. Rome, Italy. 2006.

- ODDONE, M. C.; AMORIM, A. F.; MANCINI, P. L.; NORBIS, W.; VELASCO, G. The reproductive biology and cycle of *Rioraja agassizi* (Müller and Henle, 1841) (Chondrichthyes: Rajidae) in southeastern Brazil, SW Atlantic Ocean. **Sci. Mar.**, v. 71, n. 3, p. 593-604, 2007.
- OLSEN, A. M. **Synopsis of biological data on the school shark, *Galeorhinus australis* (MacLeay) Carcharhinidae in south-eastern Australian waters.** FAO Fisheries Synop 139, 47 p., 1984.
- PARSONS, G. R. Geographic variation in reproduction between two populations of the bonnethead shark, *Sphyrna tiburo*. **Environ. Biol. Fish.**, v. 38, p. 25-35, 1993.
- PETERSON, R. G.; STRAMMA, L. Upper level circulation in South Atlantic Ocean. **Prog. Oceanog.**, v. 26, p. 1-73, 1991.
- PIERCE, S. J.; BENNETT, M. B. Validated annual band-pair periodicity and growth parameters of blue-spotted maskray *Neotrygon kuhlii* from south-east Queensland, Australia. **J. Fish Biol.**, v. 75, p. 2490-2508, 2009.
- PIERCE, S. J.; BENNETT, M. B. Destined to decline? Intrinsic susceptibility of the threatened estuary stingray to anthropogenic impacts. **Mar. Freshwater Res.**, v. 61, p. 1468-1481, 2010.
- PINKAS, L. M.; OLIPHANT, S.; IVERSON, I. L. K. Food habits of albacore, bluefin tuna and bonito in Californian waters. **Calif. Fish Game**, v. 152, p. 1-105, 1971.

- PLATELL, M. E.; POTTER, I. C.; CLARKE, K. R. Resource partitioning by four species of elasmobranchs (Batoidea: Urolophidae) in the coastal waters of temperate Australia. **Mar. Biol.**, v. 131, p. 719-734, 1998.
- PRATT, H. L. JR. ; CARRIER, J. C. A review of elasmobranch reproductive behavior with a case study on the nurse shark, *Ginglymostoma cirratum*. **Environ. Biol. Fish.**, v. 60, p. 157-188, 2001.
- QUEIROZ, E. L.; SOUZA-FILHO, J. J.; SIMÕES, F. M. Estudo da alimentação de *Dasyatis guttata* (Bloch & Schneider, 1801), na área de influência da Estação Ecológica Ilha do Medo, BA – Brasil. In: **Resumos da VI Reunião do Grupo de Trabalho Sobre Pesca e Pesquisa de Tubarões e Raias no Brasil**, Recife. p. 28, 1993.
- RAJE, S. G. Some aspects of biology of four species of rays off Mumbai water. **Ind. J. Fish.**, v. 50, n. 1, p. 89-96, 2003.
- RAO, V.B.; LIMA, M.C.; FRANCHITO, S.H. Seasonal and interannual variations of rainfall over eastern northeast Brazil. **J. Climate**, v. 6, p. 1754-1763, 1993.
- RANZI, S. Le basi fisio-morfologiche dello sviluppo embrionale dei Selaci – Parti I. **Public. Staz. Zool.**, v. 13, p. 209-290, 1932.
- REIDENAUER, J. A.; THISTLE, D. Response of a soft-bottom harpacticoid community to stingray (*Dasyatis sabina*) disturbance. **Mar. Biol.**, v. 65, p. 261-267, 1981.

ROHDE, K. Latitudinal gradients in species diversity: The search for the primary cause.

Oikos, v. 65, p. 514-527, 1992.

ROSA, R. S. Levantamento preliminar de espécies de elasmobrânquios na costa da Paraíba,

Brasil. In: **Resumos da III Reunião do Grupo de Trabalho Sobre Pesca e Pesquisa de Tubarões e Raias no Brasil**, Fortaleza, Universidade Federal do Ceará. p. 1., 1987.

ROSA, R. S.; FURTADO, M. *Dasyatis guttata*. In: **IUCN 2006. Red List of Threatened**

Species. <www.iucnredlist.org>. 2004.

ROSENBERGER, L. J. Phylogenetic relationships within the stingray genus *Dasyatis*

(Chondrichthyes: Dasyatidae). **Copeia**, v. 2001, n. 3, p. 615-627, 2001.

SAGE, M.; JACKSON, R. G.; KLESCH, W. L.; DEVLAMING, V. L. Growth and seasonal

distribution of the elasmobranch *Dasyatis sabina*. **Contrib. Mar. Sci.**, v. 16, p. 71-74, 1972.

SAGLAM, H.; ORHAN, A. K.; KUTLU, S.; AYDIN, I. Diet and feeding strategy of the

common stingray *Dasyatis pastinaca* (Linnaeus, 1758) on the Turkish coast of southeastern Black Sea. **Cah. Biol. Mar.**, v. 51, p. 37-44, 2010.

- SANTOS, H. R. S.; CARVALHO, M. R. Description of a new species of whiptailed stingray from the southwestern Atlantic Ocean (Chondrichthyes, Myliobatiformes, Dasyatidae). **Bol. Mus. Nac.**, N. S., Zool., v. 516, p. 1-24, 2004.
- SANTOS, H. R. S.; GOMES, U. L.; CHARVET-ALMEIDA, P. Description of a new species of whiptail stingray of the genus *Dasyatis* Rafinesque, 1810 from the Southwestern Atlantic Ocean (Chondrichthyes: Myliobatiformes: Dasyatidae). **Zootaxa**, v. 492, p. 1-12, 2004.
- SCHAFER, L. N.; PLATELL, M. E.; VALESINI, F. J.; POTTER, I. C. Comparisons between the influence of habitat type, season and body size on the dietary compositions of fish species in nearshore marine waters. **J. Exp. Mar. Biol. Ecol.**, v. 278, p. 67–92, 2002.
- SCHWARTZ, F. J.; DAHLBERG, M. D. Biology and ecology of the atlantic stingray, *Dasyatis sabina* (Pisces: Dasyatidae), in the North Carolina and Georgia. **Northeast Gulf Sci.**, v. 2, n. 1, p. 1-23, 1978.
- SCHWASSMANN, H. O. Biological Rhythms. In: Hoar W. S.; Randall, D. J. eds. **Fish Physiology. Volume IV. Environmental Relations and Behavior**. Academic Press, Inc. San Diego, California. p. 371-428, 1971.

- SHIBUYA, A.; ROSA, R. S.; SOARES, M. C. Note on the diet of the guitarfish *Rhinobatos percellens* (Waulbaum, 1792) (Elasmobranchii: Rhinobatidae) from the coast of Paraíba, Brazil. **Acta Biol. Leopold.**, v. 27, n. 1, p. 63-64, 2005.
- SILVA, T. B.; UIEDA, V. S. Preliminary data on the feeding habits of the freshwater stingrays *Potamotrygon falkneri* and *Potamotrygon motoro* (Potamotrygonidae) from the Upper Paraná River basin, Brazil. **Biota Neotr.**, v. 7, n. 1, p. 221-226, 2007.
- SILVA, G. B.; VIANA, M. S. R.; FURTADO-NETO, M. A. A. Morfologia e Alimentação da Raia *Dasyatis guttata* (Chondrichthyes: Dasyatidae) na Enseada do Mucuripe, Fortaleza, Ceará. **Arq. Ciên. Mar.**, v.34, p. 67-75, 2001.
- SIMONE, L. R. L.; WILKINSON, S. Comparative morphological study of some Tellinidae from Thailand (Bivalvia: Tellinoidea). **Raff. Bull. Zool.**, suppl. 18, p. 151-190, 2008.
- SMITH, W. D.; CAILLIET, G. M.; MELENDEZ, E. M. Maturity and growth characteristics of a commercially exploited stingray, *Dasyatis dipterura*. **Mar. Freshwater Res.**, v. 58, p. 54-66, 2007.
- SMITH, W. D.; CAILLIET, G. M.; CORTÉS, E. Demography and elasticity of the diamond stingray, *Dasyatis dipterura*: parameter uncertainty and resilience to fishing pressure. **Mar. Freshwater Res.**, v. 59, p. 575-586, 2008.

- SNELSON, F. F.; WILLIAMS, S. E. Notes on the occurrence, distribution and biology of elasmobranch fishes in The Indian River lagoon system, Florida. **Estuaries**, v. 4, n. 2, p. 110-120, 1981.
- SNELSON, F. F. JR.; WILLIAMS-HOOPER, S. E.; SCHMID, T. H. Reproduction and ecology of the atlantic stingray, *Dasyatis sabina*, in Florida Coastal Lagoons. n, v. 1988, n. 3, p. 729-739, 1988.
- SNELSON, F. F. JR.; WILLIAMS-HOOPER, S. E.; SCHMID, T. H. Biology of the bluntnose stingray, *Dasyatis sayi*, in Florida coastal lagoons. **Bull. Mar. Sci.**, v. 45, p. 15-25, 1989.
- SPIELER, R. E.; MEIER, A. H.; LOESCH, H. C. Photoperiodic effects on salinity selection in the Gulf killifish, *Fundulus grandis*. **Copeia**, v. 1976, p. 605-608, 1976.
- SPRINGER, S. Natural history of the sandbar shark, *Eulamia milbert*. US Fish Wildl. Serv., **Fish. Bull.**, v. 61, p. 1-38, 1960.
- STATSOFT, Inc. **STATISTICA** (data analysis software system), version 8.0. www.statsoft.com, 2007.
- STEVENS, J.D.; BONFIL, R.; DULVY, N. K.; WALKER, P. A. The effects of fishing on sharks, rays, and chimaeras (Chondrichthyans), and the implications for marine ecosystems. **ICES J. Mar. Sci.**, v. 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. **Fish. Bull.**, v. 100, p. 800-821, 2002.

SUN TIMES. **Sunset Calculator/Sunrise Calculator, Flight schedules and route plotter**
Climate database and averages/Recent climate change display. Versão 7.1.
<http://www.aptl72.dsl.pipex.com/suntimes.htm>, 2008.

TABOSA, W. F. **Morfologia, hidrodinâmica e sedimentologia da plataforma continental brasileira adjacente a São Bento do Norte e Caiçara do Norte – RN/NE - Basil.**
 Tese de Doutorado. Centro de Ciências Exatas e da Terra, Universidade Federal do Rio Grande do Norte. 180 p., 2006.

TANIUCHI, T.; SHIMIZU, M. Dental sexual dimorphism and food habits in the stingray *Dasyatis akajei* from Tokyo Bay, Japan. **Nippon Suisan Gakkai Shi Bull. Jap. Soc. Scient. Fish.**, v. 59, p. 53-60, 1993.

TILLET, B. J.; TIBBETTS, I. R.; WHITHEAD, D. L. Foraging behaviour and prey discrimination in the bluespotted maskray *Dasyatis kuhlii*. **J. Fish Biol.**, v. 73, p. 1554–1561, 2008.

THORSON, T. B. Observations on the morphology, ecology and life history of the euryhaline stingray, *Dasyatis guttata* (Bloch & Schneider, 1801). **Acta Biol. Venez.**, v. 11, n. 4, p. 95-125, 1983.

TRICAS, T. C.; MARUSKA, K. P.; RASMUSSEN, L. E. L. Annual Cycles of Steroid Hormone Production, Gonad Development, and Reproductive Behavior in the Atlantic Stingray. **Gen. Comp. Endocr.**, v. 118, n. 2, p. 209-225, 2000.

UNDERWOOD, H. The pineal and melatonin: Regulators of circadian function in lower vertebrates. **Experientia**, v. 45, n. 10, p. 914-922, 1989.

VAN DER WALT, B. A., BECKLEY, L. E. Age and growth of *Sarpa salpa* (Pisces: Sparidae) off the east coast of South Africa. **Fish. Res.**, v. 31, p. 241-248, 1997.

VON BERTALANFFY, L. A quantitative theory of organic growth (inquiries on growth laws II). **Hum. Biol.**, v. 10, p. 181-213, 1938.

VILLAVICENCIO-GARAYZAR, C. J.; HOFFMAN, C. D.; MELENDEZ, E. M. Tamaño y reproducción de la raya *Dasyatis longus* (Pisces: Dasyatidae), en Bahía Almejas, Baja California Sur, México. **Rev. Biol. Trop.**, v. 42, n. 1/2, 375-377, 1994.

VIRNSTEIN, R. W. Seagrass-associated invertebrate communities of southeastern U.S.A.: a review. In: M. J. Durake; Phillips, R. C.; Lewis III, R. R. eds. **Proceedings of the symposium on subtropical-tropical seagrasses of the southeastern United States** (1985), Florida. **Mar. Res. Publ.**, 42, p. 89-116, 1987.

LALLI, C. M.; PARSONS, T. R. **Biological Oceanography: a Introduction**. 2nd ed. Elsevier (Butterworth-Heinemann). University of British Columbia, Vancouver, Canada. 337 p., 1997.

VAZZOLER, A. E. A. M. **Biologia da reprodução de peixes teleósteos: teoria e prática**. EDUEM., Maringá. 196 p., 1996.

WETHERBEE, B. M.; CORTÉS, E. Food Consumption and Feeding Habits. In: J.C. Carrier; J.A. Musick; M.R. Heithaus, eds. **Biology of Sharks and Their Relatives**. CRC Press LLC, Boca Raton, p. 225–246, 2004.

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: H.L. Pratt; S. H. Gruber & T. Taniuchi, eds. **Elasmobranchs as Living Resourcesces: Advances in the Biology, Ecology, Systematics and the Status of the Fisheries**. NOAA Technical Report NMFS90, p. 29-47, 1990.

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. **J. Fish Biol.**, v. 70, p. 1809-1837, 2007.

WHITE, W. T.; POTTER, I. C. Reproductive biology, size and age compositions and growth of the batoid *Urolophus paucimaculatus*, including comparisons with other species of the Urolophidae. **Mar. Freshwater Res.**, v. 56, p. 101-110, 2005.

- WHITNEY, N. M.; PAPASTAMATIOU, Y. P.; HOLLAND, K. N., LOWE, C. G. Use of an acceleration data logger to measure diel activity patterns in captive whitetip reef sharks, *Triaenodon obesus*. **Aquat. Living Resour.**, v. 20, p. 299-305, 2007.
- WILLIG, M. R.; KAUFMAN, D. M.; STEVENS, R. D. Latitudinal gradients of biodiversity: pattern, process, scale, and synthesis. **Annual Review of Ecology, Evolution, and Systematics**, v. 34, p. 273-309, 2003.
- WORLD OCEAN ATLAS. **National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA)** & National Oceanographic Data Center (NODC). Acesso em janeiro de 2011. <<http://www.nodc.noaa.gov/oc5/woao1f/prwoa01f.html>>, 2009.
- WOURMS, J. P. Viviparity: The maternal-fetal Relationship in fishes. **Amer. Zool.**, v. 21, n. 2, p. 473-515, 1981.
- YELDAN, H.; AVSAR, D.; MANASIRLI M. Age, growth and feeding of the common stingray (*Dasyatis pastinaca*, L., 1758) in the Cilician coastal basin, northeastern Mediterranean Sea. **J. Appl. Ichth.**, p. 1-5, 2008.
- YOKOTA, L. **Taxonomia, biologia reprodutiva e dieta da raia borboleta, *Gymnura micrura* (Myliobatiformes: Elasmobranchii)**. Tese de Doutorado. Instituto de Biociências - Universidade Estadual Paulista, Rio Claro – SP, 126 p., 2010.
- YOKOTA, L.; LESSA, R. P. A nursery area for sharks and rays in Northeastern Brazil. **Environ. Biol. Fish.**, 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 marianae* Gomes, Rosa & Gadig, 2000, caught by artisanal Fisheries in Northeastern Brazil. **Cah. Biol. Mar.**, v. 48, p. 249-257, 2007.