



UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO
CENTRO DE TECNOLOGIA E GEOCIÊNCIAS
DEPARTAMENTO DE OCEANOGRÁFIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM
OCEANOGRÁFIA

ABUNDÂNCIA RELATIVA, SAZONALIDADE E COMPORTAMENTO
DE *Mobula tarapacana* (PHILIPPI, 1892) (CHONDRICHTHYES: MOBULIDAE)
NO ARQUIPÉLAGO DE SÃO PEDRO E SÃO PAULO- BRASIL

SIBELE ALVES DE MENDONÇA

RECIFE
2011



Universidade Federal de Pernambuco
Centro De Tecnologia de Geociências
Departamento de Oceanografia
Programa de Pós-Graduação em Oceanografia

ABUNDÂNCIA RELATIVA, SAZONALIDADE E COMPORTAMENTO
DE *Mobula tarapacana* (PHILIPPI, 1892) (CONDRICTHYES: MOBULIDAE)
NO ARQUIPÉLAGO DE SÃO PEDRO E SÃO PAULO- BRASIL

Sibele Alves de Mendonça

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Oceanografia da Universidade Federal de Pernambuco (PPGO- UFPE), como parte dos requisitos para obtenção do título de Mestre em Oceanografia, na área de Oceanografia Biológica.

Orientador: Prof. Dr. Fábio H. V. Hazin

Recife
Abril, 2011

Catálogo na fonte
Bibliotecário Marcos Aurélio Soares da Silva, CRB-4 / 1175

M539a Mendonça, Sibeles Alves de.
Abundância relativa, sazonalidade e comportamento de *Mobula tarapacana* (PHILIPPI, 1892) (Condricthyes: Mobulidae) no arquipélago de São Pedro e São Paulo, Brasil / Sibeles Alves de Mendonça. - Recife: O Autor, 2011.
59 folhas, il., gráfs., tabs.

Orientador: Prof. Dr. Fábio H. V. Hazin.
Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Pernambuco. CTG. Programa de Pós-Graduação em Oceanografia, 2011.
Inclui Referências Bibliográficas.

1. Oceanografia. 2. Elasmobrânquios. 3. Monitoramento Acústico. 4. Ilha Oceânica. 5. Animais Pelágicos. I.Hazin, Fábio H. V. (Orientador). II. Título.

551.46 CDD (22. ed.)

UFPE
BCTG/2011-145

ABUNDÂNCIA RELATIVA, SAZONALIDADE E COMPORTAMENTO
DE *Mobula tarapacana* (PHILIPPI, 1892) (CHONDRICHTHYES: MOBULIDAE)
NO ARQUIPÉLAGO DE SÃO PEDRO E SÃO PAULO- BRASIL

Sibele Alves de Mendonça

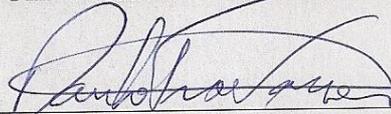
BANCA EXAMINADORA



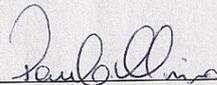
Prof. Dr. Fábio Hissa Vieira Hazin (Orientador) – Presidente
Universidade Federal de Pernambuco



Prof. Dra. Flávia Lucena Frédou – Titular externo
Universidade Federal Rural de Pernambuco



Prof. Dr. Paulo Eurico Pires Ferreira Travassos – Titular interno
Universidade Federal de Pernambuco



Prof. Dr. Paulo Guilherme Vasconcelos de Oliveira – Suplente externo
Universidade Federal Rural de Pernambuco

Prof. Dra. Maira Elisabeth Araújo – Suplente interno
Universidade Federal de Pernambuco

*Porque afinal tudo são escolhas,
probabilidades e coincidências.*

“A impressão subjetiva de que o oceano é infinito, conduz à superestimação, tanto da capacidade do oceano de resistir a poluição, como da magnitude dos recursos vivos do oceano. O oceano é um ambiente absolutamente e estreitamente limitado, constituído por um fino lençol de água sobre a crosta terrestre. Ao mesmo tempo, pela constante circulação das suas águas, ele é um sistema único e integrado. O oceano é pequeno.”

Carolus Maria Vooren

*Dedico aos meus avós que lutaram com
todas as forças para criar e educar seus
filhos.*

Agradecimentos

Ao Programa de Pós-Graduação do Departamento de Oceanografia da Universidade Federal de Pernambuco.

A Capes pela bolsa de estudos a mim concedida.

Ao meu orientador Professor Fábio H. V. Hazin por me aceitar em seu laboratório e me orientar da melhor maneira possível na elaboração e conclusão deste trabalho.

Ao Professor Paulo G. V. Oliveira (Paulinho) não só por fazer parte da banca, mas por todo incentivo, apoio e carinho desde o momento que nos conhecemos.

Aos Professores da banca examinadora Paulo Travassos, Flávia Frédou e Elisabeth Araújo, por aceitarem o convite de contribuir na melhora dessa dissertação.

A todos os professores do programa de pós-graduação em Oceanografia e à secretária Myrna Lins por toda ajuda durante esse período de estudo.

À Professora Rosangela Lessa por todos os conselhos, conversas e discussões.

À SECIRM/Marinha do Brasil, Programa Pró-Arquipélago e CNPq pelo apoio financeiro e logístico empregado nas expedições ao Arquipélago de São Pedro São Paulo.

Ao meu querido R. Rodrigo Novo por me amar e aceitar o meu amor, por vários anos de convivência e milhares de momentos que tornaram minha vida muito mais feliz.

A toda minha família que além de carinho e amor incondicional me deu educação, me ensinou a diferença entre certo e errado, que podemos acreditar nas pessoas e que acima de tudo, por meio de exemplos me dão a chance de aprender a lutar por um país mais justo e digno.

Ao grande amigo-irmão Rodrigo Barreto “Panda”, por todos os momentos que passamos, felizes ou tristes, por toda ajuda, conselhos, pela grande amizade e, é claro, pelas discussões e devaneios científicos que só me acrescentaram coisas boas.

Aos meus grandes amigos Paulinha, Renata, Priscila, Tiago, Sueli (*in memoriam*), Paula, Maria, Gabi, Maíra, Hector, Ricardo, Vini, Mirna, Monique e os cunhados Zé e Tiago porque família não é só sangue, mas também é sintonia.

A todos os novos amigos e colegas de Recife que não citarei nomes para não cometer o erro de esquecer alguém, muito obrigada por TUDO!

A todos os tripulantes das embarcações Transmar I, II, III e Marlin por toda ajuda, companheirismo, boas conversas e muito aprendizado nas viagens ao Arquipélago. Sem a ajuda dessas pessoas o trabalho não seria realizado.

A todos os amigos pesquisadores das expedições científicas que enfrentam dias em um barco para chegar a um dos lugares mais inóspito do país: Naty, Cláudio, Márcio, Renato, Sgt. Weldel, Sidney, Bruno, Ícaro, Daniel, Binha, Andressa, Fabrício, Sgt. Heleno, Fernanda, Helena (*in memorian*), Anderson, Taty, Kennedy e José. Aprendi muito com cada um de vocês.

A todos do Laboratório de Oceanografia Pesqueira (LOP) da Universidade Federal Rural de Pernambuco que ajudaram de forma direta e indireta na elaboração deste trabalho.

Aos colegas do LATEP André (português) e Luciana Cerqueira pela grande ajuda nas análises de telemetria acústica.

Aos colegas do DIMAR, em especial à Maria Lúcia, Marcelo, Francisco e Jones pelos questionamentos e ajuda no trabalho.

Aos colegas da turma do Programa de Pós-Graduação, para os quais tenho respeito e consideração.

Aos que me inspiram e me fazem sonhar: Che Guevara, Nelson Mandela, Martin Luther King, Zumbi dos Palmares, Dalai Lama, Luís Inácio Lula da Silva, Chico Mendes, Marina Silva, Charles Darwin, Bob Marley, Mano Brown, Sabotage e muitos outros que acreditam em um mundo mais justo.

Obrigada!

Resumo

O presente trabalho teve por objetivo analisar a ocorrência, abundância relativa, comportamento, utilização do habitat e padrão de residência da raia *Mobula tarapacana* no entorno do Arquipélago de São Pedro e São Paulo (ASPSP), incluindo as possíveis influências dos fatores abióticos e bióticos. O trabalho foi dividido em dois capítulos, o primeiro tendo como objetivo verificar a sazonalidade de ocorrência e abundância relativa de *M. tarapacana* no entorno do ASPSP, por meio de observações subaquáticas e a partir da superfície; e o segundo identificar a ocorrência, a permanência e o uso do habitat pela *Mobula tarapacana* nas adjacências do Arquipélago de São Pedro e São Paulo, por meio da utilização de dados de monitoramento acústico e de marcação-recaptura. No âmbito do primeiro capítulo, durante o período de dezembro de 2008 a fevereiro de 2011, foram avistadas 409 raias durante um período de 227h14min de observação ao longo de 16 expedições realizadas. Do total das raias avistadas, só foi possível identificar o sexo de 158 espécimes, dos quais 97 eram fêmeas e 61 eram machos. As fêmeas foram significativamente predominantes ($p < 0.05$) em praticamente todos os meses, com exceção de fevereiro e abril. A largura do disco variou de 2,40m a 3,10m, tanto para machos como para fêmeas. As raias estiveram presentes no ASPSP praticamente o ano todo com as maiores frequências, porém, tendo sido verificadas no primeiro semestre do ano, o qual coincide com os períodos de maiores médias mensais de temperatura da superfície do mar e de precipitação e de menor intensidade do vento. No âmbito do segundo capítulo, foi realizado o monitoramento acústico das raias por meio da instalação de três receptores no entorno do ASPSP. Durante o período de janeiro de 2009 a fevereiro de 2011, foram marcadas seis *M. tarapacana* com marcas acústicas, das quais quatro foram detectadas pelos receptores. Apenas uma das raias retornou após períodos subsequentes de ausência iguais a 10 e 6 meses. O período de permanência das raias no ASPSP foi sempre muito curto, equivalendo em média a 1,1 dia. Todas as detecções ocorreram sempre entre 6:00h da manhã e 19:00h da noite, não tendo sido detectada nenhuma raia no período entre 20:00h da noite e 5:00h da manhã. Das 33 raias marcadas com marcas convencionais, 15,2% foram re-avistadas ($n = 5$), com a data de re-avistagem tendo sempre se situado próxima da data de marcação, variando de 1 a 9 dias.

Palavra-chave: Elasmobrânquios, monitoramento acústico, foto-identificação, raias, animais pelágicos.

Abstract

The objectives of the present study were to analyze the occurrence, relative abundance, behavior, habitat utilization and residency of the devil ray, *Mobula tarapacana*, in the Saint Peter and Saint Paul's Archipelago (ASPSP), including the influence of biotic and abiotic factors. The study was divided in two chapters: the first chapter aims at verifying the seasonality of the occurrence and relative abundance of *M. tarapacana* around ASPSP by both underwater and on-vessel surveys; while the second chapter aims at studying the residency and habitat utilization of *M. tarapacana* around ASPSP, by acoustic telemetry and tag-and-recapture methodologies. Regarding the first chapter, surveys were conducted between December 2008 and February 2011. During this period, 409 devil rays were sighted in a total of 227h14min of observation distributed throughout 16 expeditions. Only 158 specimens were successfully sexed, of which 97 were females and 61 were males. Females were significantly predominant ($p < 0.05$) in virtually every month, with the exception of February and April. The disc width varied between 2.40 m and 3.10 m, for both males and females. The devil rays were present in the ASPSP almost all year round, but highest frequencies were observed in the first semester, which coincides with the periods of highest sea surface temperature and precipitation and lowest wind intensity. Regarding the second chapter, three acoustic receivers were deployed around ASPSP for monitoring the presence of tagged devil rays. Six *M. tarapacana* were fitted with acoustic tags between January 2009 and February 2011, of which four were successfully detected by the receivers. Only one of the tagged individuals returned to the monitoring area after subsequent periods of absence, spanning for 10 and 6 months. The permanence period of the devil rays in the ASPSP was always very short, averaging 1.1 day. All detections occurred between 6:00 a.m. and 7:00 p.m., and no devil ray was detected between 8:00 p.m. and 5:00 a.m. Amongst the 33 devil rays which were tagged with conventional dart-tags, 15.2% ($n = 5$) were re-sighted. Re-sighting occurred exclusively from 1 to 9 days following tagging.

Keywords: Elasmobranchs, acoustic monitoring, devil rays, pelagic animals

Lista de tabelas

Artigo científico I

- Tabela I. Distribuição mensal das expedições ao Arquipélago de São Pedro e São Paulo de dezembro de 2008 a novembro de 2010. 24
- Tabela II. Número total de raias mobulas avistadas (NRA) por hora de observação (h) OPUE, no Arquipélago de São Pedro e São Paulo, no período de Dezembro de 2008 a Novembro de 2010. 29
- Tabela III. Distribuição dos indivíduos de *Mobula tarapacana* avistados, por sexo, ao longo dos meses, no período de Dezembro de 2008 a Novembro de 2010, no Arquipélago de São Pedro e São Paulo. 29
- Tabela IV. Número de ocorrência de interações interespecífica de *Mobula tarapacana* entre dezembro de 2008 a novembro de 2010 no entorno do ASPSP. 30

Artigo científico II

- Tabela I. Datas da implantação dos transmissores acústicos V16 em *Mobula tarapacana* no ASPSP. 42
- Tabela II. Período de marcação e número de indivíduos de *Mobula tarapacana* marcados com marcas convencionais nas adjacências do ASPSP. 42
- Tabela III. Datas de marcação com marcas plásticas e data de re-avistagem de *Mobula tarapacana* no ASPSP. 47

Lista de figuras

Revisão da literatura

Figura 1. A. Figura esquemática do dorso e ventre de *Mobula tarapacana* 15
(Notarbartolo-di-Sciara, 1987). B. Foto de dorso e ventre de *M. tarapacana* no ASPSP
(Foto: Bruno Macena e Daniel Viana).

Figura 2. Mapa de distribuição de *Mobula tarapacana* de acordo com a IUCN, 2011. 16

Figura 3. Localização do ASPSP em relação às demais ilhas oceânicas, a costa do 19
Brasil e a África. (Macedo-Soares).

Figura 4. Fotografia aérea das ilhas que compõe o Arquipélago de São Pedro e São 19
Paulo. Foto: PRO-ARQUIPÉLAGO/ SECIRM- Marinha do Brasil.

Artigo científico I

Figura 1. A Localização do ASPSP em relação às demais ilhas oceânicas, costa do 25
Brasil e da África. (Macedo-Soares) e B Arquipélago de São Pedro e São Paulo com
localização das Bóias de observação.

Figura 2. Método de estimativa da largura de disco (LD) de *Mobula tarapacana* no 26
ASPSP.

Figura 3. Número de avistagens de *Mobula tarapacana* em grupos, pares e solitárias, 28
no Arquipélago de São Pedro e São Paulo, no período de Dezembro de 2008 a
Novembro de 2010.

Figura 4. Distribuição de frequência de largura de disco (LD) em metro (m), por sexo, 30
de *Mobula tarapacana*, no Arquipélago de São Pedro e São Paulo, no período de
Dezembro de 2008 a Novembro de 2010.

Figura 5. Grupo de *Mobula tarapacana* nadando nas proximidades do Arquipélago de 31
São Pedro e São Paulo. (Foto: Tatiana Vasconcelos)

Figura 6. *Mobula tarapacana* nadando nas proximidades do Arquipélago de São 31
Pedro e São Paulo, com projeções cefálicas abertas evidenciando comportamento de
alimentação. Foto: Daniel Viana.

Artigo científico II

Figura 1. A. *Mobula tarapacana* com marcada com marca acústica e B. *M. tarapacana* 42
com marca convencional no ASPSP.

- Figura 2. Localização das três Bóias (B1-Oeste, B2-Sul e B3-Leste) com os receptores no entorno do ASPSP. 43
- Figura 3. Número de detecções por dia das raias para os três receptores instalados nas adjacências do ASPSP. 45
- Figure 4. Porcentagem de detecções nos três receptores instalados nas adjacências do ASPSP para todas as raias marcadas com marcas acústicas, no período de janeiro de 2009 a fevereiro de 2011 45
- Figura 5. Detecções das raias (*Mobula tarapacana*) por hora do dia para os três receptores nas adjacências do ASPSP. 46
- Figura 6. Detecções da Raia 3 em um único dia (8-10-09) e detecções da Raia 6 no dia 29-04-2011 nos receptores instalados no entorno do ASPSP. 46

Sumário

Resumo.....	IX
Abstract.....	X
Lista de Tabelas.....	XI
Lista de Figuras	XII
1. Introdução	12
2. Revisão da literatura	13
3. Artigos científicos	22
3.1. Artigo científico I “ <i>Ocorrência, Abundância e Sazonalidade de Mobula tarapacana (Philippi, 1892) (Chondrichthyes: Mobulidae) no Arquipélago de São Pedro e São Paulo, Brasil.</i> ”	22
3.2. Artigo científico II “ <i>Identificação da ocorrência e permanência de Mobula tarapacana (Philippi, 1892) (Chondrichthyes: Mobulidae) no Arquipélago de São Pedro e São Paulo, Brasil, a partir da utilização de marcas acústicas e convencionais.</i> ”	39
4. Considerações finais.....	51
5. Referências bibliográficas	52

1. Introdução

Os elasmobrânquios ocupam uma grande variedade de ambientes aquáticos, sendo encontrados em todos os mares e oceanos do mundo, com espécies também ocorrendo em águas interiores. Possuem uma grande variedade de estratégias reprodutivas e uma alimentação diversificada, situando-se entre os principais predadores da cadeia alimentar do ambiente marinho (Last e Stevens, 2004; Compagno et al, 2005). Em razão de sua baixa fecundidade, crescimento lento, maturidade sexual tardia, vida longa e alta sobrevivência, os elasmobrânquios são considerados k-estrategistas, apresentando, portanto, uma elevada suscetibilidade à sobre-pesca. (Holden, 1974; Stevens et al. 2000; Oliveira, 2008). Apesar da reconhecida importância dos elasmobrânquios para o ecossistema marinho e da conseqüente necessidade de sua conservação, a biologia e ecologia básica da maioria das espécies ainda são pouco conhecidas.

Em relação às raias da família Mobulidae no Brasil, os trabalhos existentes restringem-se basicamente ao registro de ocorrência (Bigelow e Schroeder, 1953; Figueiredo, 1977; Lubbock e Edwards, 1981; Barletta et al. 1989; Oliveira e Hazin, 2001; Gadig e Sampaio, 2002; Gadig et al. 2003; Mourato et al. 2004; Nunes et al. 2005; Vaske Jr. et al. 2005; Casas et al. 2006; Yokoda e Lessa, 2006; Jucá-Queiroz et al. 2008), com exceção do trabalho realizado no Parque Estadual Marinho da Laje de Santos- SP, com a espécie *Manta birostris* (Gadig, et al. 2003; Luiz Jr. et al. 2009).

Nas últimas duas décadas, avanços nas técnicas de foto-identificação e marcação, tanto por meio de marcação e recaptura como pela utilização de marcas eletrônicas, acústicas ou monitoradas por satélite, têm permitido avanços significativos no estudo de grandes peixes pelágicos, entre os quais se incluem diversas espécies de elasmobrânquios. A foto-identificação vem se mostrando uma ferramenta de grande utilidade em estudos de populações em ambientes naturais, particularmente em situações onde a captura é difícil ou indesejável, em razão do seu potencial distúrbio ou impacto na população estudada. Diversas espécies de elasmobrânquios marinhos, como o *Cetorhinus maximus*, *Rhincondon typus*, *Manta birostris* e *Manta alfredi*, têm sido estudados com sucesso por meio dessa técnica (Southwood, 2008; Macena, 2010; Clark, 2001, Luiz Jr. et al. 2009; Marshall, et al. 2010; Deakos, 2010). Outra metodologia que vem sendo bastante utilizada para o estudo de elasmobrânquios em ambientes naturais é

a marcação e recaptura, com a utilização de marcas externas que diferenciam os indivíduos. Por meio dessa técnica tem sido possível se obter dados importantes acerca da movimentação dos espécimes marcados, além de permitir estimativas do tamanho e estrutura da população, recrutamento, mortalidade e sobrevivência (Heupel, et al. 1998; Kohler et al. 2002; Oliveira, 2001). Mais recentemente, o emprego de equipamentos ultra-sônicos tem permitido a obtenção de informações valiosas sobre o deslocamento e utilização do habitat em diversas espécies de tubarões e raias. (Voegeli, et al. 2001; Heupel e Simpfendorfer, 2005; Klimley et al. 2005; Dewar, 2008; Collins et al. 2007).

O Arquipélago de São Pedro e São Paulo (ASPSP) é um pequeno grupo de ilhas localizado na região equatorial do Oceano Atlântico (00°55'N e 29°21'W) e é uma importante região em que ocorrem agregações de várias espécies migratórias como atuns, agulhões, tartarugas, golfinhos, tubarões e raias (Vaske et al., 2005; Hazin, et al. 2008; Hazin et al. 2009)

O presente estudo teve como objetivo geral obter informações sobre a biologia das raias manta no entorno do ASPSP, as quais possam não somente contribuir para a conservação da espécie, mas para uma melhor compreensão acerca do seu papel e importância para a dinâmica do ecossistema insular. A dissertação está composta de dois artigos científicos. O primeiro teve como objetivo verificar a sazonalidade de ocorrência e a abundância relativa das raias manta *Mobula tarapacana* (Philippi, 1892) no Arquipélago de São Pedro e São Paulo, por meio de observações a partir da superfície e subaquáticas; enquanto no segundo artigo se procurou identificar a ocorrência, a permanência e o uso do habitat de *Mobula tarapacana* nas adjacências do Arquipélago de São Pedro e São Paulo, por meio da utilização de marcas convencionais e de telemetria acústica.

2. Revisão da literatura

As raias representam uma fração significativa dos elasmobrânquios, desempenhando um importante papel no equilíbrio do ecossistema marinho (Mc Killen e Nelson, 1986). A família Mobulidae até recentemente era composta por apenas 10 espécies distribuídas em dois gêneros: *Mobula*, com 9 espécies (Notarbartolo-di-Sciara, 1987): *Mobula hyspostoma* (Bancroft, 1831), *M. japonica* (Müller & Henle, 1841), *M. mobular* (Bonnaterre, 1788), *M. thurstoni* (Lloyd, 1908), *M. tarapacana* (Philippi, 1892), *M. rochebrunei* (Valliant, 1879), *M. kuhlii* (Valenciennes in Müller & Henle,

1841), *M. eregoodootenkee* (Cuvier, 1829), *M. munkiana* (Notarbatolo-di-Sciara, 1987); e *Manta*, com uma única espécie: *Manta birostris* (Donndorff, 1798). Em 2009, porém, uma nova espécie foi descrita para o gênero *Manta*, *Manta alfredi* (Kreffft, 1968), elevando de 10 para 11 o número de espécies da família Mobulidae (Marshall et al 2009).

De acordo com Gadig e Sampaio (2002), foi confirmada no Brasil a ocorrência de cinco espécies do gênero *Mobula* (*M. japonica*, *M. rochebrunei*, *M. hipostoma*, *M. tarapacana* e *M. thurstoni*), além da *Manta birostris*, totalizando seis espécies da família Mobulidae e superando, assim, a Austrália, país que possui a maior diversidade de elasmobrânquios no mundo (Last e Stevens, 2009).

O gênero *Mobula* se distingue do *Manta* por apresentar boca ventral e placa dentária em ambas as maxilas, além de apresentarem um menor tamanho. Enquanto as mantas alcançam cerca 7 m de largura de disco, as maiores mobulas não ultrapassam 3,5 m (Bigelow e Schroeder, 1953).

A *Mobula tarapacana* é uma espécie de raia manta, pertencente à família Mobulidae, que se caracteriza por possuir disco menos largo e mais longo em relação às outras espécies do gênero, e uma região pélvica também mais alongada (Notarbartolo-di-Sciara, 1988; Lamilla e Sáez, 2003). Apresenta a cabeça comprida e projeções cefálicas reduzidas, cauda curta (bem menor que a largura do disco) e sem ferrão, coloração dorsal variando entre o castanho escuro e o verde oliváceo, ventre branco e as bordas posteriores das nadadeiras peitorais acinzentadas (Lamilla e Sáez, 2003) (Figura 1). A nadadeira dorsal não possui ápice branco, como em *M. thurstoni* (Notarbartolo-di-Sciara, 1987; Lamilla e Sáez, 2003). Presente em todas as zonas tropicais e subtropicais dos oceanos, é uma espécie principalmente oceânica, embora também possa ser encontrada junto à costa (Figura 2). Apesar de serem animais solitários, em algumas ocasiões formam grupos, principalmente quando próximos de ilhas ou bancos oceânicos, onde costumam se concentrar, alimentando-se de pequenos peixes e crustáceos planctônicos (Notarbartolo-di-Sciara, 1987; Gadig e Sampaio, 2002; Lamilla e Sáez, 2003). O maior exemplar de *M. tarapacana* já observado foi uma fêmea com 3,28 m de largura de disco em estudo realizado por White *et al* (2006), na Indonésia, que também estimou o tamanho de primeira maturação sexual para machos, em torno de 248,6 cm de largura de disco, e de nascimento, entre 105,2 e 139,5 cm de largura de disco.

Em estudos anatômicos de *M. tarapacana*, foi descoberto que a mesma possui um sistema vascular de contra-corrente nas nadadeiras peitorais e cabeça, o que indica uma possível capacidade de termorregulação (Alexander, 1995; Alexander, 1996), embora a real finalidade da *rete mirabile* na espécie ainda seja discutida (Schweitzer & Notarbartolo-di-Sciara, 1986; Alexander, 1996).

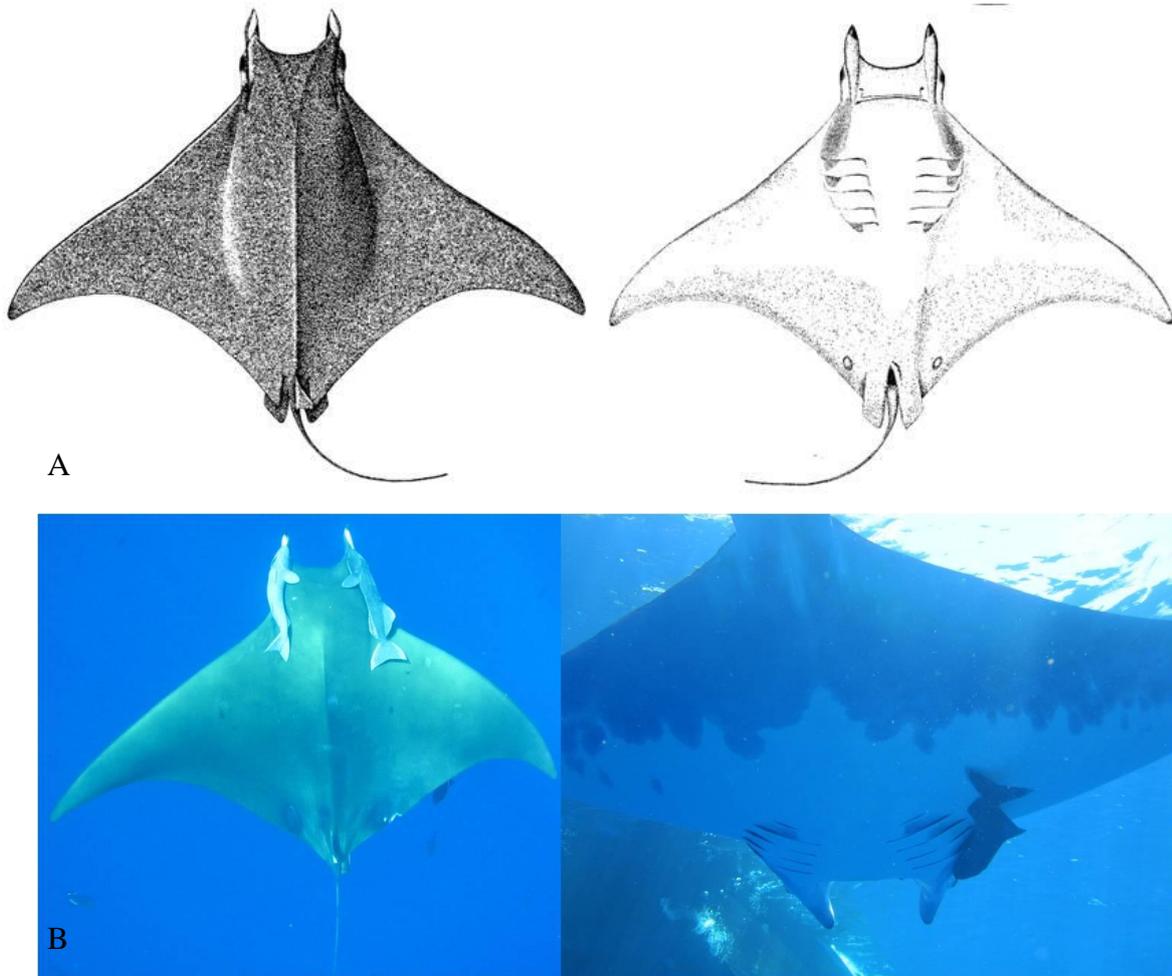


Figura 1. A. Desenho esquemático do dorso e ventre de *Mobula tarapacana*, adaptado de Notarbartolo-di-Sciara, (1987). B. Foto de dorso e ventre de *M. tarapacana* no ASPSP (Foto: Bruno Macena e Daniel Viana).

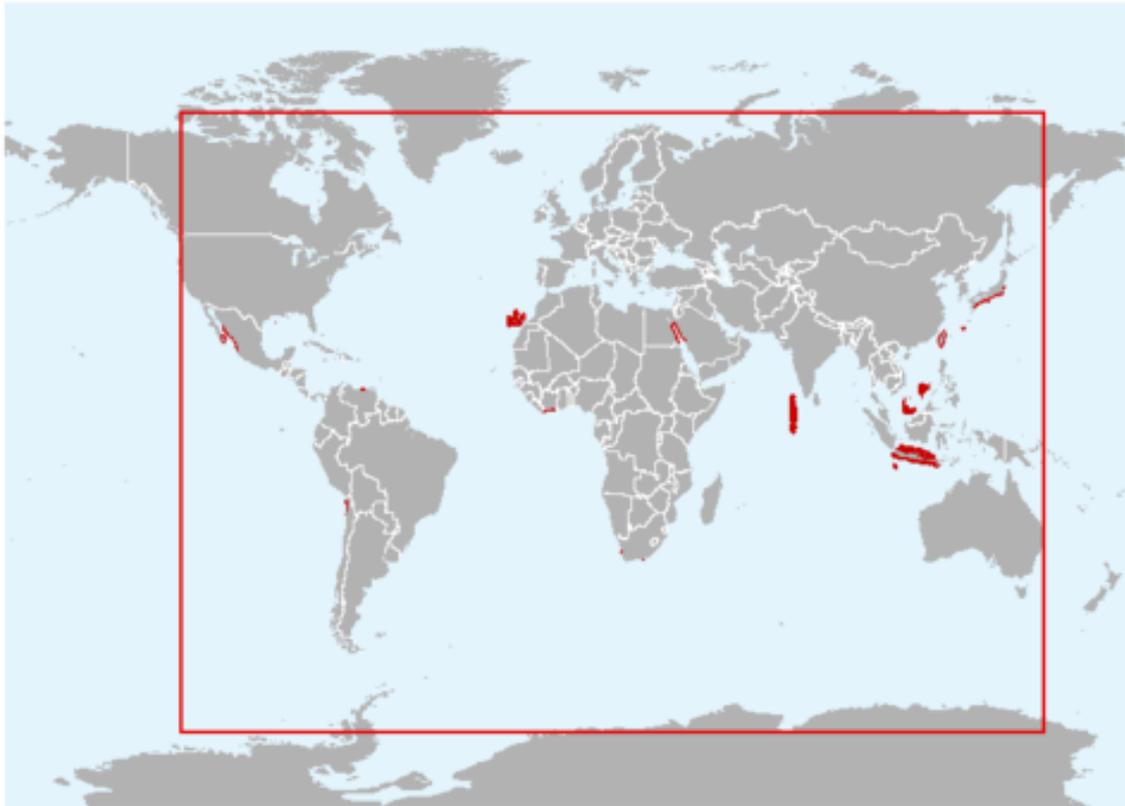


Figura 2. Distribuição de *Mobula tarapacana* em vermelho, de acordo com a IUCN-World Conservation Union Red List (Clark et al. 2006).

As raias manta estão entre os elasmobrânquios mais vulneráveis à mortalidade ocasionada por ação antrópica, sobretudo em decorrência da pesca, aspecto bastante preocupante do ponto de vista ecológico, uma vez que a maioria das espécies apresenta baixíssima taxa reprodutiva com apenas um filhote produzido após uma gestação com até dois anos de duração (Notarbartolo-di-Sciara, 1988; Marshall et al. 2006). De acordo com a lista vermelha da IUCN- International Union for Conservation of Nature, não existem dados a respeito da população de *Mobula tarapacana*, não sendo possível, portanto, se avaliar o seu estado de conservação (Clark et al. 2006). Segundo Dulvy et al. (2009), porém, das 21 espécies de elasmobrânquios pelágicos oceânicos distribuídos globalmente, incluindo a espécie estudada, três quartos estão sujeitos a um elevado risco de extinção.

Em algumas regiões do mundo os mobulídeos são capturados como fauna acompanhante pela pescaria de atuns, por meio de redes-de-emalhar de superfície, espinhel de meia-água e redes de cerco, além de serem também diretamente capturadas por pescadores com utilização de arpões (Notarbartolo-di-Sciara, 1988; White et al. 2006). No Brasil, as raias manta são capturadas acidentalmente por rede-de-emalhar

principalmente na costa sudeste, com algumas capturas eventuais tendo sido também observadas no espelho de meia-água. De acordo com Gadig et al. (2003), o atual cenário para os Mobulídeos é preocupante, uma vez que os parâmetros populacionais das espécies não são em geral conhecidos, apesar das mesmas serem regularmente capturadas na costa do Brasil.

As raias manta ocorrem comumente em áreas ricas em produtividade secundária, em função de seus hábitos alimentares planctófagos. São espécies pelágicas, distribuindo-se em todos os oceanos tropicais e subtropicais (Bigelow e Schroeder, 1953; Notarbartolo-di-Sciara, 1987; Gadig et al. 2003). A ocorrência e agregações sazonais e espaciais de elasmobrânquios planctófagos estão muitas vezes relacionadas com a variabilidade na abundância de suas presas (Notarbartolo-di-Sciara, 1988; Notarbartolo-di-Sciara e Hillyer 1989; Taylor, 1996; Sims et al. 1997; Wilson et al. 2001). Homa et al. (1997) observou que mantas em cativeiro no aquário de Okinawa consumiam até 12,7% do seu peso corpóreo por semana, razão pela qual Clark (2001) sugere que a espécie dependa de áreas de alta produtividade para sobreviver, aspecto que poderia atuar como um fator limitante para a sua distribuição.

A ocorrência sazonal de *Mobula tarapacana* foi relatada na região do Golfo da Califórnia tendo sido relacionada com o período de alta produtividade biológica, no verão do hemisfério norte (Notarbartolo-di-Sciara 1988). Na região do Mar do Caribe da Venezuela, Notarbartolo-di-Sciara & Hilley (1989) também registraram maiores ocorrências e capturas de espécies de Mobulidae (*Mobula thurstoni*, *Mobula japonica* e *Mobula tarapacana*) no verão. De acordo com os autores essa região é considerada uma das mais produtivas do Mar do Caribe, constituindo-se provavelmente em uma importante área de alimentação de mantas.

No Brasil, um dos locais de maior abundância de raias do gênero *Mobula* é o Arquipélago de São Pedro e São Paulo (ASPSP). Localizado em 00°55'02"N e 29°20'42"W, entre os hemisférios Norte e Sul e entre os continentes sul-americano e africano, (Figura 3) o ASPSP é constituído por um pequeno grupo de ilhas rochosas (Figura 4) que são resultado de uma falha transformante da Dorsal Meso-Atlântica. O ASPSP sofre uma influência direta da Corrente Sul Equatorial, que flui superficialmente no sentido Leste-Oeste, e da Corrente Equatorial Submersa, que flui no sentido contrário (W-E), entre 60 e 100 m de profundidade (Campos et al., 2005). A interação das correntes com a topografia local pode ocasionar processos tipicamente observados

em montes submarinos, como vórtices, redução de velocidade das correntes, perturbações da estrutura termohalina e mecanismos de ressurgências locais, os quais podem exercer um papel importante sobre a distribuição de nutrientes e, conseqüentemente, sobre a dinâmica planctônica nas águas do ASPSP (Araujo e Cintra, 2010).

Os padrões de tempo e clima na região do ASPSP são determinados, em grande medida, pela Zona de Convergência Inter Tropical (ZCIT) (Soares et al., 2010), que apresenta um ciclo de aproximadamente um ano, estando entre 2°S e 4°N nos meses de dezembro a maio (Molinari et al. 1986), quando ocorre o período chuvoso no ASPSP; e entre 8°N e 12°N nos meses de junho a novembro (Ferreira e Travassos, 2009), quando as chuvas diminuem bastante de intensidade na área.

A posição estratégica do ASPSP o torna um importante local de agregação de várias espécies migratórias, como atuns, agulhões, tartarugas, golfinhos e tubarões-baleia (Vaske et al., 2005; Hazin, et al. 2008; Hazin et al. 2009). Apesar de sua elevada distância da costa (mais de mil quilômetros), diversos autores, como Delano (1817), Darwin (1839), Ross (1847), Gunther (1880), Nicoll (1908), Clark (1915), Wild (1923), Speiss (1928), Springer (1872) e Smith et al. (1974) contribuíram com informações sobre a ictiofauna do ASPSP (Vaske Jr. et al. 2005). Em 1981, Lubbock e Edwards publicaram uma lista dos peixes do ASPSP, contendo 50 espécies. Já em 2005, Vaske Jr. et al. publicaram uma nova lista já com 116 espécies, sendo 52 de peixes recifais e 64 de peixes pelágicos.

No Arquipélago de São Pedro e São Paulo (ASPSP) já foi constatada a ocorrência de 14 espécies de elasmobrânquios oceânicos, sendo 10 de tubarões e quatro de raias, entre as quais três pertencem ao gênero *Mobula* (*M. japanica*, *M. tarapacana* e *M. thurstoni*) e uma ao gênero *Pteroplatytrygon* (Feitoza, et al. 2003; Vaske Jr. et al. 2005; Lessa e Vaske Jr. 2009). Recentemente, indivíduos de *Manta birostris* foram avistados no entorno do ASPSP (com. pessoal¹) elevando o número de espécies registradas na área.

¹ Emmanuely Creio - Universidade Federal Rural de Pernambuco, Departamento de Pesca e Aquicultura.

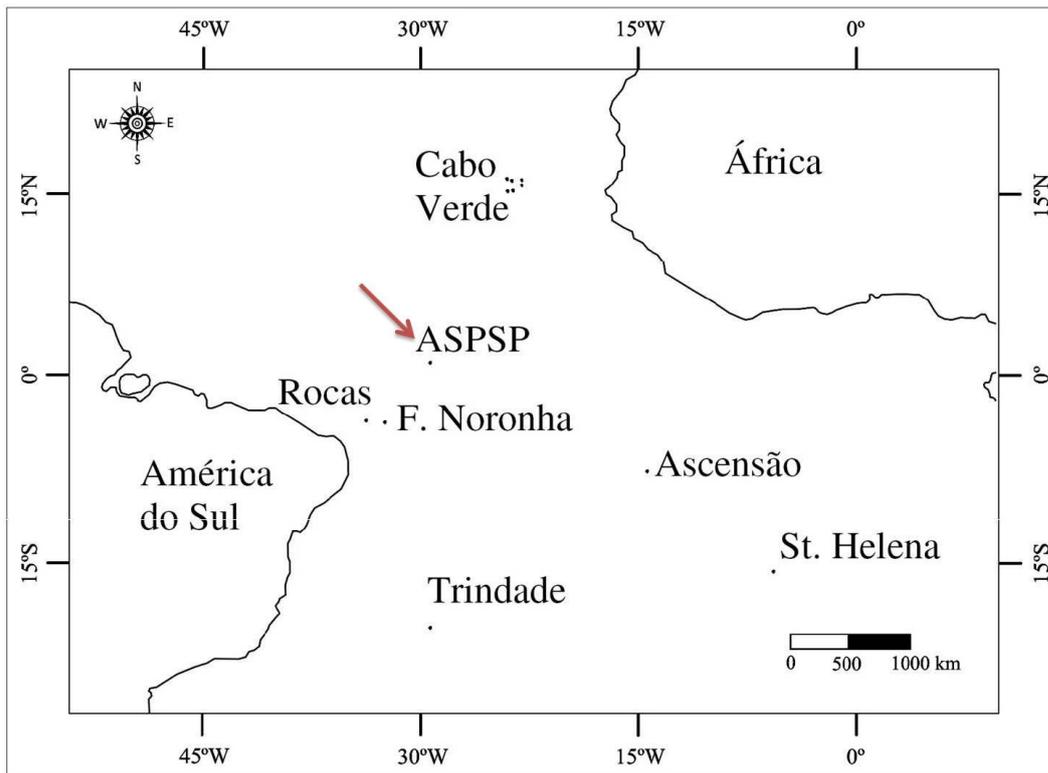


Figura 3. Localização do ASPSP em relação às demais ilhas oceânicas, a costa do Brasil e a África. (Macedo-Soares).



Figura 4. Fotografia aérea das ilhas que compõem o Arquipélago de São Pedro e São Paulo. Foto: PRO-ARQUIPÉLAGO/ SECIRM- Marinha do Brasil.

Em razão da grande quantidade de peixes pelágicos oceânicos que costuma se concentrar na circunvizinhança do ASPSP, em consequência de sua elevada produtividade biológica, o arquipélago se tornou um importante local de pesca para embarcações brasileiras com sede na costa Nordeste do Brasil, particularmente a partir do final da década de 80. Atualmente, barcos do Ceará, Rio Grande do Norte e Pernambuco freqüentam regularmente o ASPSP, principalmente durante o primeiro semestre do ano, período no qual os índices de captura da albacora laje, *Thunnus albacares*, costumam ser particularmente elevados (Hazin, 1993; Viana et al. 2008; Hazin et al. 2009)

A individualização de animais por meio de marcas naturais, como manchas ou cicatrizes, é uma importante ferramenta para os estudos de populações animais, já tendo sido utilizada em diversos estudos de cetáceos (Hammond et al. 1990), pinepedes (Forcada e Aguilar, 2000), sirênios (Reid et al. 1991) e de elasmobrânquios (Corcoran e Gruber, 1999; Yano et al. 1999; Castro & Rosa, 2005; Oliveira, 2008; Aguiar, 2007; Agra, 2009). Estudos de captura-recaptura utilizando marcas naturais por meio de foto-identificação, por sua vez, são apropriados em situações onde a captura é difícil e/ou possa causar algum distúrbio ou impacto indesejado na população estudada.

Estudos sobre a biologia de mobulídeos utilizando marcas naturais para se individualizar os espécimes de uma dada população têm se tornado uma ferramenta cada vez mais comum, principalmente para *Manta birostris* e *M. alfredi*, já que cada raia possui um padrão único de manchas na região ventral (Clark, 2001; Luiz Jr et al. 2009; Marshall et al. 2009; Marshall et al. 2010). Embora esse tipo de metodologia seja de grande importância para identificar o comportamento de espécimes e caracterizar uma determinada população, eles são limitados temporal- e espacialmente aos períodos em que os mergulhadores estão na água. Além disso, esse método não é adequado para estudar os padrões de movimento e residência (Dewar et al. 2008).

Um método eficiente para identificar habitats críticos e elucidar o padrão de deslocamento de animais um pouco mais evasivos, em geral, é a marcação- recaptura por meio da utilização de marcas implantadas nos animais. Essas marcas externas e internas vêm sendo utilizadas há séculos em peixes de água salgada e água doce, para determinação dos padrões de distribuição e migração e para a identificação e delimitação de estoques pesqueiros (Kohler e Turner, 2001). As marcas convencionais,

que são mais utilizadas, podem ser identificadas visualmente sem a utilização de equipamentos especiais de detecção (Kohler e Turner, 2001), permitindo a identificação de um determinado indivíduo por meio da cor, posição ou número impresso na marca.

Além das marcas convencionais e da foto identificação, outra técnica de captura-recaptura largamente utilizada é a de telemetria acústica, a qual, nos últimos anos, tem se constituído em uma importante ferramenta para a obtenção de informações sobre o comportamento de diversas espécies marinhas, levando em consideração a variabilidade ambiental. Experimentos de telemetria têm possibilitado a obtenção de novas e importantes informações sobre o deslocamento espaço-temporal de pequena, média e larga escala de várias espécies de tubarões e raias (Voegeli et al. 2001; Klimley et al. 2005; Garla et al. 2006; Collins et al. 2007; Dewar et al, 2008).

Devido à falta de informações sobre populações da espécie *M. tarapacana* no Brasil e no Mundo, o presente trabalho visou a obter informações sobre a espécie para a região do Arquipélago de São Pedro e São Paulo, as quais possam contribuir para o aumento do conhecimento tanto da espécie como da dinâmica do ambiente insular, gerando subsídios para sua conservação.

3. Artigos científicos

3.1. Artigo científico I

OCORRÊNCIA, ABUNDÂNCIA E SAZONALIDADE
DE *Mobula tarapacana* (PHILIPPI, 1892) (CHONDRICHTHYES: MOBULIDAE)
NO ARQUIPÉLAGO DE SÃO PEDRO E SÃO PAULO, BRASIL

Sibele Alves de Mendonça & Outros

Resumo

A *Mobula tarapacana*, espécie de raia pertencente à família Mobulidae, apresenta uma ampla distribuição geográfica, ocorrendo em todos os oceanos tropicais. Apesar de sua extensa distribuição e importância ecológica, dados a respeito de sua biologia são ainda escassos. No presente trabalho, desenvolvido entre dezembro de 2008 e novembro de 2010, a ocorrência, abundância, sazonalidade e comportamento de *M. tarapacana* no entorno do Arquipélago de São Pedro e São Paulo (ASPSP) foram estudados por meio de observações a partir da superfície e subaquáticas. A maior parte dos registros ocorreram no primeiro semestre do ano. De um total de 409 indivíduos avistados em 227h14min de observação, foi possível se identificar o sexo de 158 espécimes, dos quais 97 eram fêmeas e 61 eram machos, resultando em uma proporção sexual com forte predominância de fêmeas ($p < 0.05$). A largura do disco variou de 2,40m a 3,10m para ambos os sexos. Os dados obtidos indicam que as raias utilizam o ASPSP principalmente para se alimentar, permanecendo no seu entorno durante alguns dias.

Palavra-chave: *Devil ray, elasmobrânquios, ilhas oceânicas, animais pelágicos*

1- INTRODUÇÃO

As raias da família Mobulidae podem ser encontradas em todas as zonas tropicais e subtropicais dos oceanos (Bigelow e Schroeder, 1953). *Mobula tarapacana* é uma espécie principalmente oceânica, embora também ocorra próximo à costa (Gadig e Sampaio, 2002). Apesar de serem animais solitários, em algumas ocasiões formam grupos, principalmente quando próximas de ilhas ou bancos oceânicos, onde costumam se concentrar, alimentando-se de pequenos peixes e crustáceos planctônicos (Bigelow e Schroeder, 1953; Notarbartolo-di-Sciara, 1987; Gadig e Sampaio, 2002).

No Arquipélago de São Pedro e São Paulo (ASPSP), além da ocorrência de *M. tarapacana*, foi registrada a presença de mais três espécies de raias da mesma família:

Mobula thurstoni, *Mobula japonica* (Feitoza et al. 2003; Vaske Jr. et al. 2005; Lessa & Vaske, 2009), e *Manta birostris* (com. pessoal²).

A ocorrência e agregações sazonais e espaciais de elasmobrânquios planctófagos estão muitas vezes relacionadas com a variabilidade na abundância de suas presas (Notarbartolo-di-Sciara, 1988; Notarbartolo-di-Sciara e Hillyer 1989; Taylor, 1996; Sims et al. 1997; Wilson et al. 2001). Homa et al. (1997) observou que mantas em cativeiro no aquário de Okinawa consumiam até 12,7% do seu peso corpóreo por semana, razão pela qual Clark (2001) sugeriu que a espécie dependa de áreas de alta produtividade para sobreviver, aspecto que poderia atuar como um fator limitante para a sua ocorrência.

As raias manta, em geral, a despeito de sua grande relevância ecológica e elevada vulnerabilidade, são ainda muito pouco conhecidas. Em razão de sua distribuição predominantemente oceânica, informações sobre a distribuição e comportamento da *Mobula tarapacana* são particularmente escassas. No intuito de contribuir para a superação dessa deficiência, o presente trabalho teve como objetivo estudar a sazonalidade de ocorrência e a abundância relativa das raias manta *Mobula tarapacana* (Philippi, 1892) no Arquipélago de São Pedro e São Paulo.

2- MATERIAL E MÉTODOS

2.2- Coleta de dados

Durante o período de estudo, compreendido entre os meses de Dezembro de 2008 e Novembro de 2010, foram realizadas 16 expedições ao ASPSP (Tabela I). Por se tratar de uma espécie pelágica oceânica, as observações de *M. tarapacana* foram realizadas em dois pontos fixos de observação: um do lado oeste da ilha (B1) e um do lado Leste da ilha (B2), sendo que no último caso as observações foram possíveis apenas nos períodos em que as condições do mar eram favoráveis (meses de fevereiro, março e abril). As observações ocorreram sempre no período da manhã, durante toda a expedição, registrando-se o tempo de observação de superfície, o tempo de observação de mergulho, a hora em que as raias apareciam e o período de permanência das mesmas próximo ao ponto de observação.

² Emmanuely Creio - Universidade Federal Rural de Pernambuco, Departamento de Pesca e Aquicultura.

Tabela I. Distribuição mensal das expedições ao Arquipélago de São Pedro e São Paulo de dezembro de 2008 a novembro de 2010.

Mês	2008	2009	2010
Janeiro		X	
Fevereiro			X
Março		X	X
Abril		X	X
Maio		X	
Junho		X	X
Julho			X
Agosto			X
Setembro		X	
Outubro		X	X
Novembro			X
Dezembro	X		

Sempre que as raias se aproximavam da superfície, nos pontos B1 e B2, era realizado o mergulho de apnéia para se obter uma observação direta das mesmas, utilizando-se o método de registro de todas as ocorrências, que consiste em descrever todos os comportamentos exibidos pelos indivíduos observados (Lehner, 1979; Altmann, 1974 apud Sazima et al. 1999). Esse método é particularmente útil para a qualificação de comportamentos raros ou inesperados durante a permanência das raias. Sempre que possível, os indivíduos foram classificados quanto ao sexo e tiveram a largura de disco (LD) estimada (Fig. 2), além de terem sido fotografados, utilizando-se uma câmera digital subaquática. Quando as raias apareciam em grupos, os indivíduos eram contados e o sexo identificado, observando-se, também, o comportamento do grupo, durante todo o período de permanência próximo ao ponto de observação.

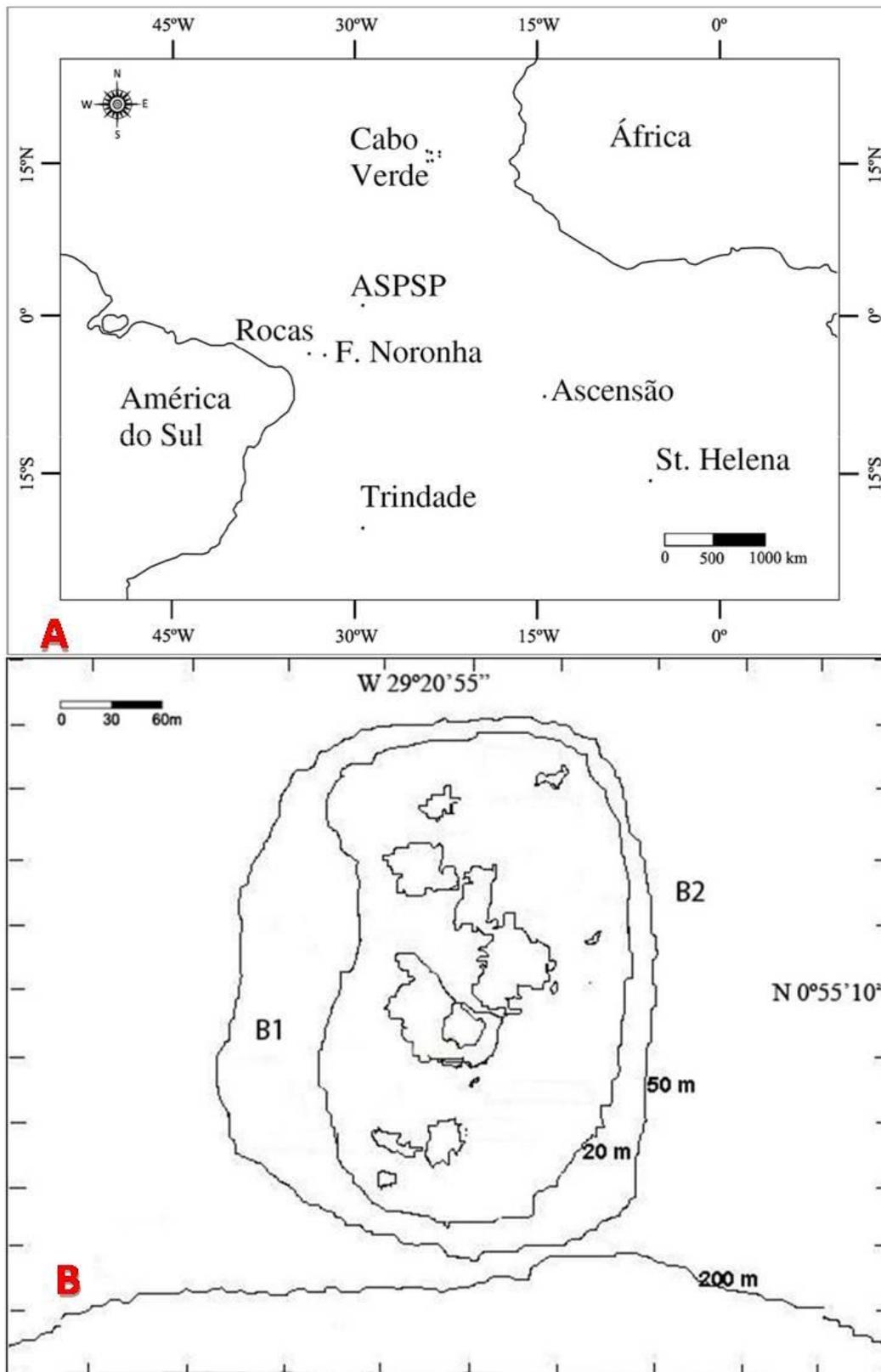


Figura 1- A) Localização do ASPSP em relação às demais ilhas oceânicas, a costa do Brasil e a África. (Macedo-Soares); e B) desenho esquemático do Arquipélago de São Pedro e São Paulo com indicação da localização das Bóias de observação (B1 e B2).



Figura 2. Método de estimativa da largura de disco (LD) de *Mobula tarapacana* no ASPSP.

2.3- Análise dos dados

A abundância relativa das raias foi estimada por meio das Ocorrências por Unidade de Esforço (OPUE), expressa em termos do número total de raias avistadas (NRA) por hora de observação total de superfície, por mês.

Para se avaliar a significação estatística das diferenças na proporção sexual de machos e fêmeas, foi utilizado o teste do qui-quadrado para os todos os meses de amostragem (Sokal e Rohlf, 1995).

3- RESULTADOS

Ocorrência

Em 204h47min de observação total de superfície, ao longo das 16 expedições (Tabela II), foi registrada a ocorrência de 409 raias. Em quase todos os meses de amostragem ocorreram visitas de raias ao ASPSP, em alguns momentos em grupos (54 grupos), que variaram de 3 a 15 indivíduos (média de 5,7), em pares (26), não necessariamente formando casais, e solitárias (48). A maior frequência de visitas de grupos ocorreu no mês de março de 2010, com um total de 11 grupos, coincidindo com o mês de maior número de raias avistadas (70). Em outubro de 2010, foi registrada a visita de apenas um par, enquanto que no mês subsequente (novembro de 2010)

nenhuma raia foi vista (Fig. 3). Não foi possível verificar se os indivíduos dos grupos eram predominantemente de um mesmo sexo, devido ao grande número de indivíduos cujo sexo não foi possível identificar.

A variação da OPUE mensal consolidada para os dois anos de amostragem, mostra uma clara tendência sazonal da ocorrência das raias no ASPSP, com os maiores valores ocorrendo entre março e junho e o menor em setembro. O período de maior frequência de raias coincidiu com os valores mais elevados de TSM e de precipitação, e de menor velocidade do vento.

Das 409 mobulas avistadas, foi possível identificar o sexo de 158 espécimes, dos quais 97 eram fêmeas e 61 eram machos. Levando-se em consideração somente os indivíduos sexados, as fêmeas foram significativamente predominantes ($p < 0.05$) em praticamente todos os meses, com exceção de fevereiro e abril (Tabela III). O grande número de indivíduos com o sexo não identificado deveu-se principalmente às condições do mar (ex. grandes ondas e alta velocidade da corrente). A largura de disco dos 71 indivíduos para os quais a estimativa foi possível variou de 2,40m a 3,10m, tanto para machos como para fêmeas (Figura 4).

Comportamento

O tempo de permanência das mobulas próximo ao ponto de observação variou, de acordo com o tipo de agregação. De maneira geral, grupos com mais de três raias (Figura 4) permaneceram durante poucos minutos (entre 1 e 5 min.) na área, com exceção de um grupo de cinco raias *Mobula tarapacana* que nadavam próximas a outro grupo de cinco raias *Mobula japonica*, que permaneceram no ASPSP durante 65 minutos. Já as raias solitárias ou em grupos de até 3 indivíduos permaneceram próximas ao ponto de observação por mais tempo, até 40 minutos, nadando em círculos entre elas ou, quando sozinhas, nadando em círculos em torno dos mergulhadores. Em alguns momentos, nos meses de dezembro a junho (período de maiores OPUE), foram observados, também, comportamentos de alimentação, no qual as mobulas abriam as projeções cefálicas para canalizar a água e, conseqüentemente, o alimento (Figura 5). Esse comportamento foi observado somente quando as mobulas apareciam em pares ou em grupo, não tendo sido jamais observado quando as mesmas se encontravam nadando sozinhas. Em alguns momentos as mobulas ocorriam em associação com outras espécies, tendo sido comumente observadas rêmoras (*Remora remora* e *R. albicans*),

que se fixam no corpo das mesmas, além de interações com o golfinho nariz-de-garrafa (*Tursiops truncatus*), com *Mobula thurstoni*, com *Mobula japanica* e com o tubarão baleia (*Rhincodon typus*). Em dois momentos foram observadas migrações de rêmoras entre *R. typus* e *M. tarapacana* (Tabela IV). Informações de pescadores que atuam no ASPSP indicam ainda a ocorrência de *M. tarapacana* prenhes e perseguições de cortejo, conforme descrito por Yano et al. (1999).

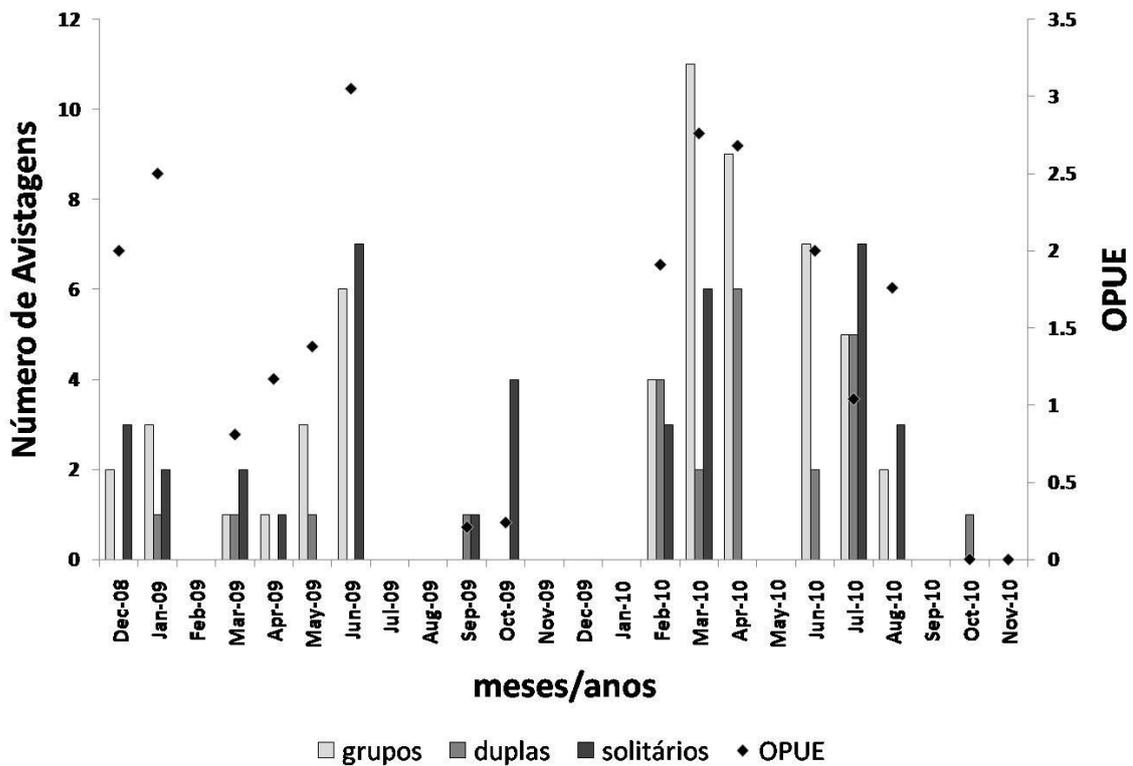


Figura 3. Número de avistagens de *Mobula tarapacana* em grupos, pares e solitárias, no Arquipélago de São Pedro e São Paulo, no período de Dezembro de 2008 a Novembro de 2010.

Tabela II: Número total de raias mobulas avistadas (NRA) por hora de observação (h) OPUE, no Arquipélago de São Pedro e São Paulo, no período de Dezembro de 2008 a Novembro de 2010.

Mês/ano	Total de mobulas Avistadas (NRA)	Tempo Superfície	OPUE (NRA/h)
Dez/08	11	5h	2
Jan/09	25	10h	2,5
Mar/09	9	6h40'	1,36
Abril/09	14	7h50'	1,79
Mai/09	15	6h40	2,27
Jun/09	41	12h	3,41
Set/09	3	11h50'	0,25
Out/09	4	13h10'	0,3
Fev/10	37	11h12'	3,33
Mar/10	70	17h10'	4,09
Abr/10	60	16h27'	3,63
Jun/10	57	24h55'	2,28
Jul/10	51	28h38'	1,78
Ago/10	10	3h55'	2,56
Out/10	2	12h	0,16
Nov/10	0	18h20'	0
Total	409	204h47'	

Tabela III. Distribuição dos indivíduos de *Mobula tarapacana* avistados, por sexo, ao longo dos meses, no período de Dezembro de 2008 a Novembro de 2010, no Arquipélago de São Pedro e São Paulo.

meses	FÊMEAS	MACHOS	NÃO IDENTIFICADO	TOTAL	% FÊMEAS	% MACHOS	χ^2	p
JANEIRO	0	0	25	25				
FEVEREIRO	7	7	23	37	50	50	0.0	1
MARÇO	27	13	39	79	67.5	32.5	12.3	0.0269
ABRIL	18	18	36	72	50.0	50.0	0.0	1
MAIO	4	2	9	15	66.7	33.3	11.1	0.0009
JUNHO	26	14	59	98	65.0	35.0	9.0	0.0027
JULHO	8	2	41	51	80.0	20.0	36.0	<0.0001
AGOSTO	3	2	5	10	60.0	40.0	4.0	0.0455
SETEMBRO	1	0	2	3	100.0	0.0	100.0	<0.0001
OUTUBRO	1	2	3	6	33.3	66.7	11.1	0.0009
NOVEMBRO	0	0	0	0			100.0	
DEZEMBRO	2	1	8	11	66.7	33.3	11.1	0.0009
TOTAL	97	61	251	409				

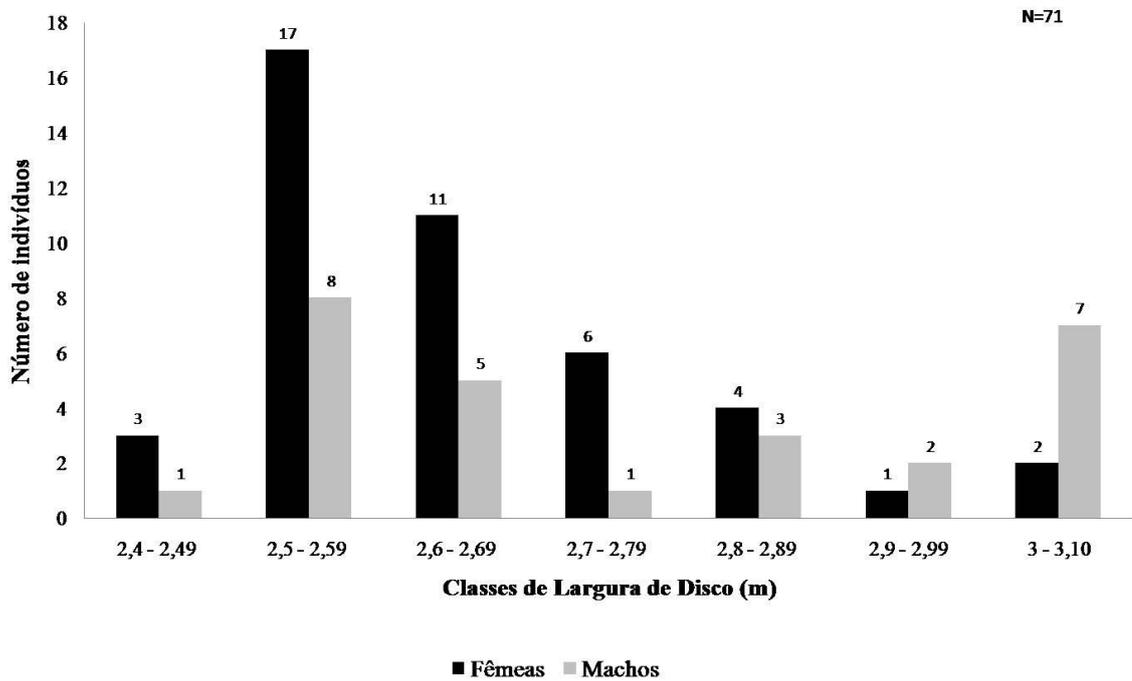


Figura 4: Distribuição de frequência de largura de disco (LD) em metro (m), por sexo, de *Mobula tarapacana*, no Arquipélago de São Pedro e São Paulo, no período de Dezembro de 2008 a Novembro de 2010.

Tabela IV. Número de ocorrência de interações interespecíficas de *Mobula tarapacana* entre dezembro de 2008 e novembro de 2010.

Números de ocorrência de interações	Espécie e tipo de interação
4	<i>Mobula thurstoni</i> - nadando próximo das <i>M. tarapacana</i> .
2	<i>M. thurstoni</i> - nadando entre as <i>M. tarapacana</i> .
1	<i>Tursopsis truncatus</i> - nadando entre as <i>M. tarapacana</i> .
2	<i>Rhincondon typus</i> - <i>M. tarapacana</i> nadando próximo.
2	<i>R. typus</i> - <i>M. tarapacana</i> seguindo o <i>R. typus</i> e ocorrendo troca de rêmoras entre os dois.
1	<i>M. japonica</i> - interação com grupo de <i>M. tarapacana</i> e grupo de <i>M. japonica</i> próximo.



Figura 6. Grupo de *Mobula tarapacana* nadando nas proximidades do Arquipélago de São Pedro e São Paulo. (Foto: Tatiana Vasconcelos).



Figura 5. *Mobula tarapacana* nadando nas proximidades do Arquipélago de São Pedro e São Paulo, com projeções cefálicas abertas evidenciando comportamento de alimentação. Foto: Daniel Viana.

4- DISCUSSÃO

As maiores abundâncias relativas (OPUE) de *M. tarapacana* no ASPSP, tanto de indivíduos em grupos como solitários, foram registradas no primeiro semestre do ano, período que coincide com a desova de várias espécies de peixes, crustáceos e polvos, que apresentam a fase larval em ambiente pelágico, e com as maiores ocorrências de tubarão baleia (*Rhincondon typus*) (Hazin et al 2008; Hazin et al, 2009; Macena, 2010), que também se alimenta de zooplâncton. Entre os meses de novembro e março, cardumes de albacora-laje (*Thunnus albacares*) se concentram no ASPSP para se alimentarem do peixe-voador (*Cheilopogon cyanopterus*), espécie que se concentra nessa área para reprodução, principalmente entre dezembro e março (Lessa et al. 1999; Vaske-Jr. et al. 2005; Lessa & Vaske Jr. 2009). Outras espécies de peixes também se reproduzem no primeiro semestre do ano no ASPSP, como o peixe rei (*Elagatis bipinnulata*) (Pinheiro et al. 2011), a cavala impigem (*Acanthocybium solandri*) (Viana, 2007; Hazin et al. 2009), o cangulo-preto (*Melichthis niger*) (Branco, 2011), o xaréu-preto (*Caranx lugubris*), e o cangulo-fernando (*Canthidermis sufflamen*) (observação pessoal). Conseqüentemente, ovos e larvas de peixes são provavelmente muito mais abundantes no ASPSP, nesse período do ano, podendo, assim, servir de alimento para as raias mantas, como observado por Notarbartolo-di-Sciara (1988), para a mesma espécie, no Golfo da Califórnia.

Na costa das Ilhas Maldivas, no Oceano Índico, a ocorrência de *Manta alfredi* apresentou uma marcada distribuição sazonal, relacionada com as características oceanográficas do local, com o número de raias aumentando no período das monções, quando a água fica mais rica em nutrientes, elevando, conseqüentemente, a biomassa de fitoplâncton, que dá suporte ao bloom de zooplâncton que, por sua vez, serve de alimento para as raias (Anderson et al. 2011). Também foram encontrados padrões sazonais de ocorrência para *Manta birostris* na região da Indonésia, relacionados com a alta produtividade e abundância de presas no verão (Dewar et al. 2008).

Luiz Jr. et al. (2009), por sua vez, constatou uma maior ocorrência sazonal de *Manta birostris* na Laje de Santos, próximo à costa Sudeste do Brasil, no período de inverno austral, o que supostamente estaria relacionado com a chegada de águas mais frias e mais ricas em nutrientes vindas do Sul.

Macedo-Soares et al. (2010) encontraram uma abundância elevada de zooplâncton no ASPSP, a qual, segundo os autores citados, indicaria que o arquipélago

oferece condições ambientais propícias para reprodução de invertebrados e peixes, demonstrando a sua importância como um local de desova, desenvolvimento larval e alimentação para diversas espécies, no Atlântico Equatorial.

De acordo com Macedo-Soares (2004), a temperatura é um fator controlador na desova e recrutamento de peixes e, assim, a alta abundância de ovos e larvas nos períodos de temperaturas mais altas no ASPSP pode indicar que, mesmo em uma região equatorial onde a temperatura da água apresenta pouca variação, a mesma pode atuar como um fator de controle no ciclo de vida dos peixes presentes nesse ecossistema.

Diaz (2007), por sua vez, encontrou diferenças sazonais na densidade de zooplâncton no ASPSP, com os maiores valores tendo sido encontrados no período chuvoso, sugerindo que a precipitação também pode ser um fator contributivo para o enriquecimento das águas e para a conseqüente intensificação da atividade reprodutiva de várias espécies no ASPSP durante o primeiro semestre do ano, período no qual também foram observadas, no presente trabalho, as maiores OPUE de *M. tarapacana*.

Segundo Hazin (2009), a forte sazonalidade das chuvas no ASPSP provavelmente resulta, também, em uma forte sazonalidade no aporte de nutrientes para o ecossistema marinho do Arquipélago, particularmente de fósforo, resultante da lavagem do guano fresco das aves, depositados sobre as rochas. Assim, durante os meses de julho a dezembro, período mais seco do ano, o guano fresco das aves tenderia a se acumular sobre as rochas, enquanto que a partir de janeiro, com a intensificação das chuvas, o guano acumulado passaria a ser gradualmente lavado e transportado para o mar, fenômeno que poderia resultar em um significativo aumento da oferta de nutrientes no entorno do Arquipélago.

Além da precipitação, é possível que fenômenos hidrográficos também contribuam para o enriquecimento trófico do Arquipélago. Apesar de não terem sido encontradas evidências claras de ressurgência topográfica na região, foram registradas extensões termohalinas dentro da camada eufótica, sugerindo-se como causa, o atrito entre os fluxos opostos da corrente Sul Equatorial, superficial, e a Corrente Equatorial Submersa (Travassos et al. 1999). Outra possível indicação da ocorrência de ressurgência no ASPSP é a presença de espécies de águas profundas (*Pleurommama* e *Heterorhabdus*) perto da superfície, em áreas próximas ao mesmo (Diaz et al. 2010).

Araújo e Cintra (2009), por outro lado, mostraram por simulações computacionais, que no segundo semestre do ano a concentração de ovos e larvas no

entorno do ASPSP não seria possível em razão da forte intensidade das correntes, aspecto que também pode estar influenciando diretamente tanto o ciclo reprodutivo das várias espécies que se reproduzem na região como a concentração de espécies pelágicas filtradoras que se alimentam de zooplâncton, incluindo ovos e larvas. Entre os meses de dezembro a junho, em diversos momentos, foi observado o comportamento de alimentação das mobulas, além da ocorrência concomitante de outras espécies de raias que se alimentam de plâncton como a *Mobula thurstoni* e *Mobula japonica*, e do tubarão baleia. Todas essas informações parecem indicar que a variação sazonal da abundância relativa de *Mobula tarapacana* no ASPSP está intimamente relacionada com a variação sazonal na abundância de zooplâncton.

Tomando-se por base o tamanho de primeira maturação sexual apresentado por White et al. (2006), todos os indivíduos da população de *M. tarapacana* observados no ASPSP eram adultos ou sub-adultos, o que pode indicar uma segregação por tamanho. Diversos trabalhos citam este tipo de comportamento em elasmobrânquios, caracterizando o mesmo como uma estratégia de sobrevivência (Oliveira, 2001; Oliveira, 2008; Agra, 2009; Marshall e Bennett, 2010). A diferença na proporção sexual de *M. tarapacana*, por sua vez, pode indicar uma segregação por sexo, o que pode estar relacionado com estratégias reprodutivas. A segregação por sexo de mobulídeos já foi observada anteriormente em outros estudos (Notarbartolo-di-Sciara, 1988; White et al. 2006; Marshall e Bennett, 2010), embora, de acordo com Marshall e Bennett (2010), esse tipo de comportamento não pareça ser muito comum.

Os resultados do presente trabalho indicam que a abundância de *Mobula tarapacana* no ASPSP está intimamente relacionada com períodos de disponibilidade de alimento sendo mais elevada no primeiro semestre do ano. Estudos complementares, como o de observação focal, foto-identificação e monitoramento de longo prazo com marcas acústicas e monitoradas por satélite, são, entretanto, ainda necessários para que se possa aprofundar o conhecimento acerca da população de raias *Mobula tarapacana* que frequentam o ASPSP, com vistas a subsidiar a adoção das estratégias de manejo necessárias à conservação da espécie.

Agradecimentos

Agradecemos à SECIRM/Marinha do Brasil pelo apoio logístico; ao CNPq pelo financiamento do projeto; à CAPES pela bolsa fornecida durante o mestrado de Sibe

A. de Mendonça; a toda a tripulação dos Barcos Transmar I, II e III pelo apoio nos trabalhos de campo.

5- Referência Bibliográfica

- AGRA, G. 2009. **Organização Social de Elasmobrânquios na Reserva Biológica do Atol das Rocas**, Brasil. Dissertação de Mestrado, Universidade Federal de Pernambuco, PE, Brasil, 64p.
- ANDERSON, R. C.; ADAM, M. S & GOES, J. I., 2011. **From monsoons to mantas: seasonal distribution of *Manta alfredi* in the Maldives**. Fisheries Oceanography. 20:2, 104-113.
- ARAUJO, M. & CINTRA, M. 2010. **Matemática da circulação oceânica equatorial**. In: 10 anos de Programa Arquipélago de São Pedro e São Paulo. 306p.
- BRANCO, I. S. L., 2011. **Biologia reprodutiva do cangulo-preto (*Melichthys niger*, Bloch, 1789) capturado no Arquipélago de São Pedro e São Paulo – Brasil**. Dissertação de Mestrado, Universidade Federal Rural de Pernambuco, PE, Brasil. 75p.
- BIGELOW, H. B. & SCHROEDER, W. C., 1953, **Sawfishes, guitarfishes, skates and rays; chimaeroides**. In: **Fishes of the Western North Atlantic**. Memoirs of the Sears Foundation for Marine Research Yale University. New Haven, 1 (2): 588 pp.
- CAMPOS, T. F. C.; VIRGENS NETO, J.; SRIVASTAVA, N. K.; PETTA, R. A.; HARTMANN, L. A.; MORAES, J. F. S. MENDES, L. & SILVEIRA, S. R. M. 2005. **Arquipélago de São Pedro e São Paulo - Soerguimento tectônico de rochas infracrustais no Oceano Atlântico** In: Sítios Geológicos e Paleontológicos do Brasil. Publicado no endereço eletrônico: <http://www.unb.br/ig/sigep/sitio002/sitio002/.pdf>, em 03/09/2007.
- CLAK, T.B., 2001. **Population structure of *Manta birostris* CHONDRICHTHYES: MOBULIDAE) from the Pacific and Atlantic Oceans**. Thesis Master of Science, Texas A&M University 68 p.
- DEWAR, H., MOUS, P., DOMEIER, M., MULJADI, A., PET, J. & WHITTY, J. 2008. **Movements and site Fidelity of the giant manta ray, *Manta birostris*, in the Komodo Marine Park, Indonesia**. Mar Biol 155:121–133.
- DÍAZ, X. F. G. 2007. **Zooplâncton do Arquipélago de São Pedro e São Paulo (RN, Brasil)**. Dissertação de Mestrado, Universidade Federal de Pernambuco, PE, Brasil, 84p.
- DÍAZ, X.F.G., GUSMÃO, M.L.O, LEITÃO, S.N., 2010. **Biodiversidade e dinâmica espaço temporal do zooplankton**. In: 10 anos de Programa Arquipélago de São Pedro e São Paulo. 306p.
- 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. 2008. **You can swim but you can't hide: the global**

status and conservation of pelagic sharks and rays. Aquatic Conserv: Mar. Freshw. Ecosyst.

- FEITOZA, B. M., ROCHA, L. A., LUIZ-JR, O.J., FLOETER, S. R., GASPARINI, J. L. 2003, **Reef fishes of St. Paul's Rocks: new records and notes on biology and zoogeography.** Aqua vol. 7 n° 2 61-82
- GADIG, O.B.F. & SAMPAIO, C.L.S., 2002, **Ocorrência de *Mobula japonica* no Atlântico Ocidental e *Mobula tarapacana* em águas Brasileiras, com comentários sobre a diversidade de raias manta (Chondrichthyes: Mobulidae) no Brasil.** Arq. Ciên. Mar. Fortaleza, 35: 36-37.
- HAZIN, F. H. V.; VASKE-JÚNIOR, T.; OLIVEIRA, P. G.; MACENA, B. C. L.; CARVALHO, F., 2008. **Occurrences of whale shark (*Rhincodon typus* Smith, 1828) in the Saint Peter and Saint Paul Archipelago, Brazil.** Brazilian Journal of Biology, v.68(2), p.385-389.
- HAZIN, F. H. V 2009. **O passado, presente e futuro: 10 anos de pesquisas no Arquipélago de São Pedro e São Paulo uma síntese do conhecimento.** In: 10 anos de Programa Arquipélago de São Pedro e São Paulo. 306p.
- HAZIN, F. H. V., VIANA, D., PINHEIRO, P., FISCHER, A., MACENA, B., VÉRAS, D., OLIVEIRA, P. G. V., CARVALHO, F., VASKE Jr. T. & BRANCO, I. 2009. **Ecologia dos grandes peixes pelágicos no Arquipélago de São Pedro e São Paulo.** In: 10 anos de Programa Arquipélago de São Pedro e São Paulo. 306p.
- HOMMA, K., MARUYAMA, T., ITOH, T. ISHIHARA, H. and UCHIDA, S. 1997. **Biology of the manta ray, *Manta birostris* Walbaum in the Indo-Pacific,** p. 209-216. In: Proc. 5th Indo-Pac. Fish Conf., Noumea, 1997. B. Seret and J.-Y. Sire (eds.). Soc. Fr. Ichthyol., Paris.
- LAMILLA, J. & SÁEZ, S., 2003, **Clave taxonómica para el reconocimiento de especies de rayas chilenas (Chondrichthyes, Batoidei).** Invest. Mar., Valparaíso, 31(2): 3-16.
- LAST, P. R. & STEVENS, J. D., 1994. **Sharks and rays of Australia.** Australia: Commonwealth Scientific and Industrial Research Organization (CSIRO).
- LESSA, R.P.; MAFALDA, JR.; P.; ADVÍNCULA, R.; LUCCHESI, R.; BEZERRA JR., J.L.; VASKE JR., T.; HELLEBRANDT, D. 1999 **Distribution and abundance of ichthyoneuston at seamounts and islands off north-eastern Brazil.** Arch. Fish. Res. 47 (2/3): 133-146
- LESSA, R. & VASKE JR., T. 2009. **A ictiofauna com ênfase aos peixes-voadores (Exocoetidae).** In: 10 anos de Programa Arquipélago de São Pedro e São Paulo. 306p.
- LEHNER, P.N. 1979. **Handbook of ethological methods.** Garland STPM Press, New York
- LUBBOCK, H. R. & EDWARDS, A. J., 1981, **The fishes of Saint Paul's rocks.** J. Fish. Biol., v.18, p. 135-157.

- LUIZ JR, O. J., BALBONI, A. P., KODJA, G., ANDRADE, M. & MARUM, H. 2009 **Seasonal occurrences of *Manta birostris* (Chondrichthyes: Mobulidae) in southeastern Brazil.** *Ichthyol Res* 56:96–99
- MACEDO-SOARES, L. C. P. 2008. **Ecologia do ictioplâncton no Arquipélago de São Pedro e São Paulo.** Monografia. Universidade Federal de Santa Catarina, SC, Brasil. 54p.
- MACEDO-SOARES, L. C. P, FREIRE, A. S., KOETTKER, A. G., MENEZES, B. S., FÉRNANDEZ, B. D. & BRANDÃO, M. C. 2010. **Zooplâncton.** *In*: 10 anos de Programa Arquipélago de São Pedro e São Paulo. 306p.
- MACENA, B. C. L, 2010. **Estudo da sazonalidade, distribuição, abundância e comportamento migratório do Tubarão-baleia (*Rhincondon typus* Smith, 1828) no Arquipélago de São Pedro e São Paulo.** Dissertação de Mestrado, Universidade Federal Rural de Pernambuco, PE, Brasil. 109 p.
- MARSHAL, A. & BENNETT, M. B., 2010. **Reproductive ecology of the reef manta ray *Manta alfredi* in southern Mozambique.** *Journal of Fish Biology* 77, 169–190
- NOTARBARTOLO-DI-SCIARA, G., 1987 **A revisionary study of the genus *Mobula Rafinesque, 1810* (Chondrichthyes: Mobulidae) with the description of a new species.** *Zool. J. Linn. Soc.* 91(1):1-91.
- NOTARBARTOLO-DI-SCIARA, G., 1988. **Natural history of the rays of the genus *Mobula* in the Gulf of California.** *Fishery Bulletin*, 86, 45-66.
- NOTARBARTOLO-DI-SCIARA, G. & HILLYER, E. 1989. **Mobulid rays off Eastern Venezuela.** *Copéia* (3) 607-614.
- OLIVEIRA, P. G. V. 2001. **Levantamento da Fauna de Elasmobrânquios e Estudo da Biologia Comportamental do Tubarão Limão, *Negaprion brevirostris* (Poey, 1868) e Tubarão Lixa, *Ginglymostoma cirratum* (Bonnaterre, 1788), na Reserva Biológica do Atol das Rocas – RN-Brasil.** Dissertação de Mestrado, Universidade Federal de Pernambuco, PE, Brasil, 111p.
- OLIVEIRA, P. G. V., 2007. **Biologia reprodutiva dos tubarões *Carcharhinus falciformis*, *C. plumbeus*, *Pseudocarcharias kamoharai* e ocorrências do *Rhincondon typus*, no Atlântico Tropical e ecologia da raia *Dasyatis americana*, na Reserva Biológica do Atol das Rocas – Brasil.** Tese de doutorado, Universidade Federal de Pernambuco, PE, Brasil
- PINHEIRO, P. B., HAZIN, F. H. V., TRAVASSOS, P., OLIVEIRA, P. G. V., CARVALHO, F. & REGO, M. G., 2011 **The reproductive of the rainbow runner, *Elagatis bipinnulata* (Quoy & Gaimard, 1825), caught in the São Pedro e São Paulo Archipelago.** *Braz. J. Biol.* Vol. 71, nº 1, p. 1-9.
- SAZIMA, I.; MOURA, R. L. & SAZIMA, C., 1999, **Cleaning activity of juvenile angelfish, *Pomacanthus paru*, on the reefs of the Abrolhos Archipelago, western South Atlantic.** *Environmental Biology of Fishes* 56: 399–407, 1999.
- SIMS, D. W., FOX A. M. & MERRITTI, D. A., 1997 **Basking shark occurrence off south-west England in relation to zooplankton abundance.** *J Fish Biol* 51:436–440

- TRAVASSOS, P. F.; HAZIN H. V.; ZAGAGLIA J. R.; ADIVÍNCULA R.; SCHOBBER J. **Thermohaline structure around seamounts and islands off North-Eastern Brasil.** *Arch. Fish. Mar. Res.*, 1999. v. 47, n. 2/3: 211-222.
- TAYLOR, J. G., 1996 **Seasonal occurrence, distribution and movements of the whale shark, *Rhincodon typus*, at the Ningaloo Reef, Western Australia.** *Mar Freshw Res* 47:637–642
- VASKE JR, T.; LESSA, R. P.; NÓBREGA, M.; MONTEALEGRE-QUIJANO, S.; MARCANTE SANTANA, F. & BEZERRA JR., J. L., 2005, **A checklist of fishes from Saint Peter and Saint Paul Archipelago, Brazil.** *J. Appl. Ichthyol.* 21, 75–79.
- VIANA, D. L., HAZIN, F. H. V., NUNES, D., CARVALHO, F., VÉRAS, D. & TRAVASSOS, P., 2008, **The wahoo *Acanthocybium solandri* fishery in the vicinity of the Saint Peter and Saint Paul Archipelago, Brazil, from 1998 to 2006.** *Collect. Vol. Sci. Pap. ICCAT*, 62(5): 1662-1670
- WHITE, T. W.; GILES, J.; DHARMADI; POTTER, I. C., 2006, **Data on the bycatch fishery and reproductive biology of mobulid rays (Myliobatiformes) in Indonesia.** *Fisheries Research* 82, 65-73.
- WILSON, S. G.; TAYLOR, J. G.; PEARCE, A. F., 2001. **The seasonal aggregation of whale sharks at Ningaloo Reef, Western Australia: currents, migrations and the El Niño/Southern Oscillation.** *Environ Biol Fish* 61:1–11

3.2. Artigo científico II

Ocorrência e permanência de *Mobula tarapacana* no ASPSP, a partir da utilização de marcas acústicas e convencionais

Sibele Alves de Mendonça e Outros

Resumo

O Arquipélago de São Pedro e São Paulo (ASPSP) é um importante local de concentração de raias da família Mobulidae no Brasil, sendo possível observar *Mobula tarapacana* o ano todo, principalmente no primeiro semestre. Com o objetivo de identificar a sazonalidade de ocorrência, a permanência e o uso do habitat pela *M. tarapacana* nas adjacências do ASPSP, foram utilizados, no presente trabalho, dados de monitoramento acústico, por meio da instalação de três receptores no entorno do arquipélago, e de marcação-recaptura. Durante o período de janeiro de 2009 a fevereiro de 2011, foram marcadas seis *M. tarapacana* com marcas acústicas, das quais quatro foram detectadas pelos receptores. O período de permanência das raias marcadas no ASPSP foi sempre muito curto, equivalendo, em média, a 1,1 dia. Apenas uma das raias retornou ao arquipélago, após dois períodos de ausência subseqüentes de 10 e 6 meses. Todas as detecções ocorreram sempre entre 6:00h e 19:59h da noite, não tendo sido detectada nenhuma raia no período entre 20:00h e 5:59h. Das 33 raias marcadas com marca convencional 15,2% foram re-avistadas (n= 5), com a data de re-avistagem tendo sempre se situado próxima da data de marcação, variando de 1 a 9 dias. Esses resultados indicam que o ASPSP encontra-se inserido na rota migratória da espécie, que permanece alguns dias em seu entorno, provavelmente se alimentando.

Palavra-chave: *Elasmobrânquios, raias, Mobulidae, ilhas oceânicas.*

1- Introdução

A *Mobula tarapacana* é uma espécie pertencente à família Mobulidae que possui 11 espécies distribuídas em dois gêneros, *Mobula* e *Manta*, o primeiro com nove espécies descritas e o segundo com duas (Notarbartolo-di-Sciara, 1987; Last e Stevens, 1994; Marshall et al. 2009). As espécies do gênero *Mobula* se distinguem daquelas do gênero *Manta* por apresentarem boca ventral e placa dentária em ambas maxilas. Diferem também quanto ao tamanho, sendo em geral bem menores. Enquanto as mantas alcançam cerca 6,7 m de largura de disco, as maiores mobulas não ultrapassam 3,5 m (Bigelow e Schroeder, 1953; Gadig & Sampaio, 2002).

A maioria dos estudos desenvolvidos com mobulideos acerca de sua área de ocorrência foram baseados em foto-identificação (Luiz Jr. et al. 2009; Marshall et al. 2010) ou em levantamentos realizados em conjunto com pescarias (White et al. 2006).

De acordo com Dewar et al. (2008), em certas regiões, como Hawaii e Bora Bora, alguns indivíduos são observados repetidamente durante longos períodos, enquanto em outras regiões essa ocorrência é sazonal e associada à disponibilidade de alimento (Notarbartolo-di-Sciara, 1988; Notarbartolo-di-Sciara e Hilley, 1989; Luiz Jr. et al. 2009; Anderson et al. 2011).

Um método eficiente para identificar habitats críticos e elucidar o padrão de deslocamento de animais, em geral, é a marcação-recaptura. Diferentes marcas, externas e internas, têm sido utilizadas por séculos em peixes, de água salgada e doce, para determinação do padrão de distribuição e migração, identificação e delimitação de estoques pesqueiros (Kohler e Turner, 2001). Mais recentemente, com o avanço da tecnologia eletrônica, marcas acústicas e monitoradas por satélite passaram a ser largamente utilizadas na telemetria de animais, tanto terrestres como marinhos.

Os tubarões estão entre os primeiros animais marinhos a terem sido estudados por sistemas de telemetria, em decorrência do seu tamanho e da necessidade de se compreender melhor as suas interações com os humanos (Voegeli et al. 2001). Em anos recentes, a telemetria acústica tem se tornado uma das principais ferramentas usadas para investigar a migração e padrões de movimentação de espécies marinhas, tendo aportado resultados particularmente satisfatórios em pesquisas com tubarões e raias (Heupel e Simpfendorfer, 2005; Klimley et al. 2005; Garla et al. 2006; Heupel et al. 2006; Carlisle, 2006; Dewar et al. 2008). Entender o quanto um indivíduo utiliza uma área ao longo do dia, mês ou ano é vital para a compreensão da biologia e história de vida de uma espécie (Heupel, et al 2006). Além de gerar informações sobre a biologia da espécie, esses dados são importantes também para a adoção de diferentes estratégias de manejo, como exclusão de pesca em áreas em que exista a concentração de espécies ameaçadas ou em zonas de berçário, por exemplo.

O Arquipélago de São Pedro e São Paulo (ASPSP) (00° 55' 02'' N, 29° 21' 32'' W) é um pequeno grupo de ilhas localizado na Dorsal Meso-Atlântica, entre os hemisférios norte e sul e entre os continentes sul-americano e africano. Sua posição estratégica o torna um importante local de agregação de espécies migratórias, como atuns, agulhões, tartarugas, golfinhos e tubarões-baleia (Vaske et al. 2005; Hazin et al. 2008; Hazin et al. 2009). No ASPSP é comum a ocorrência de elasmobrânquios pelágicos oceânicos com um total de 14 espécies, sendo 10 de tubarões e quatro de raias, entre as quais três pertencem ao gênero *Mobula* (*M. japonica*, *M. tarapacana* e *M.*

thurstoni), uma ao gênero *Manta* (comm. pessoal³) e uma ao gênero *Pteroplatytrygon* (Feitoza et al. 2003; Vaske Jr. et al. 2005; Lessa e Vaske Jr., 2009). De acordo com Mendonça e Hazin (2011), *Mobula tarapacana* encontra-se presente no ASPSP praticamente o ano todo, embora exiba maiores abundâncias no primeiro semestre.

Os elasmobrânquios são geralmente considerados altamente suscetíveis à sobre-pesca, em razão de suas características biológicas e história natural (Musick 1999; Musick et al. 2000). Os mobulídeos não são diferentes, apresentando, particularmente, uma baixa taxa de reprodução, com somente um ou dois filhotes sendo gerados por ano (Notarbartolo-di-Sciara, 1988; Marshall et al. 2006; Marshall e Bennett 2010).

O presente estudo, portanto, teve como objetivo identificar a ocorrência, a permanência e o uso do habitat pela *Mobula tarapacana* nas adjacências do Arquipélago de São Pedro e São Paulo, por meio da utilização de marcas convencionais e de telemetria acústica, na expectativa de que as informações geradas possam contribuir para a conservação da espécie.

2- Material e Métodos

Entre janeiro de 2009 e abril de 2010, seis *M. tarapacana*, sendo 3 fêmeas e 3 machos, com largura de disco entre 2,5 e 2,9 m (Tabela 1), foram marcadas com transmissores acústicos (Vemco V16 com shark case), cada um dos quais com um código único que permitia a identificação do indivíduo marcado. Para a fixação da marca foi utilizado um arpão adaptado na ponta com um dispositivo que regula a profundidade de penetração (*stop ring*). As marcas foram implantadas nos indivíduos, na região dorsal próxima à cauda e à nadadeira peitoral (Dewar et al. 2008) (Figura. 1).

Além das marcas acústicas, 33 raias foram também marcadas com marcas convencionais (marcas plásticas), cada uma das quais com uma identificação única (Tabela 2). O procedimento de implantação desse tipo de marca foi o mesmo que o utilizado para as marcas acústicas.

³ Emmanuely Creio - Universidade Federal Rural de Pernambuco, Departamento de Pesca e Aquicultura.

Tabela 1. Datas da implantação dos transmissores acústicos V16 em *Mobula tarapacana* no ASPSP

Data	Transmissor	Sexo	Tamanho
23-01-09	Raia 1	Fêmea	2,50m
01-03-09	Raia 2	Fêmea	2,50m
08-10-09	Raia 3	Macho	2,60m
20-03-10	Raia 4	Fêmea	2,50m
25-04-10	Raia 5	Macho	2,80m
28-04-10	Raia 6	Macho	2,90m

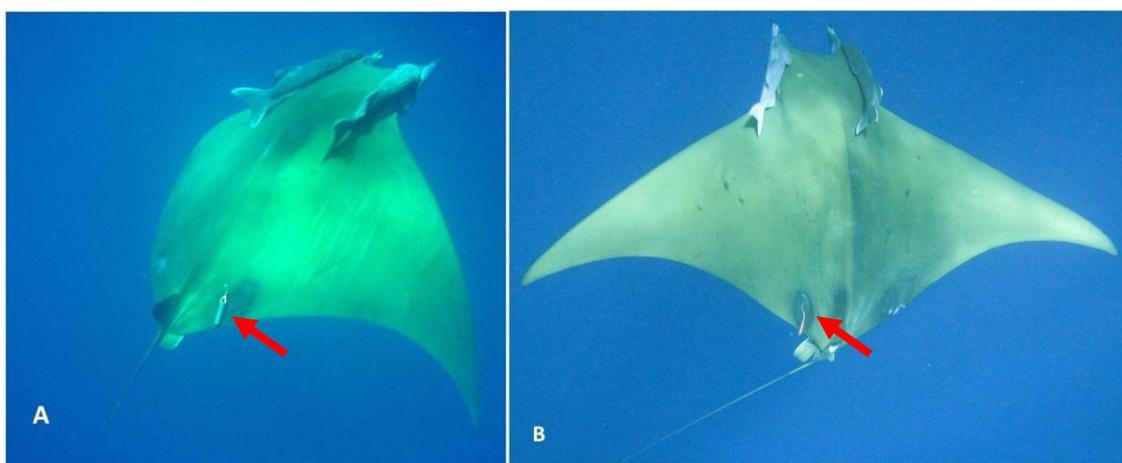


Figura 1. A. *Mobula tarapacana* marcada com marca acústica e B. *Mobula tarapacana* marcada com marca convencional no ASPSP. Foto: Ícaro Messias; Bruno Macena

Tabela 2. Período de marcação e número de raias *Mobula tarapacana* marcadas com marcas convencionais nas adjacências do ASPSP.

MÊS/ANO	Número de raias marcadas com marca convencional
Fevereiro-2010	1
Março-2010	9
Abril-2010	8
Junho-2010	12
Julho-2010	3

Os transmissores acústicos implantados nas raias foram detectados por três receptores acústicos (VR2) instalados nas imediações do ASPSP, um a oeste (0°54'952"N, 29°06'956"W), um a sul (0°54'250"N, 29°22'000"W) e o terceiro a leste

(0°55'062"N, 29°20'187"W) do Arquipélago (Figura 2). Os receptores foram instalados a meia água, fixados a uma amarração que se mantinha verticalmente com ajuda de uma bóia de flutuação e uma poita com peso suficiente para impedir a sua deriva (Klimley et al., 2005). A cada três meses os receptores foram retirados da água para a transferência dos dados armazenados e manutenção do equipamento.

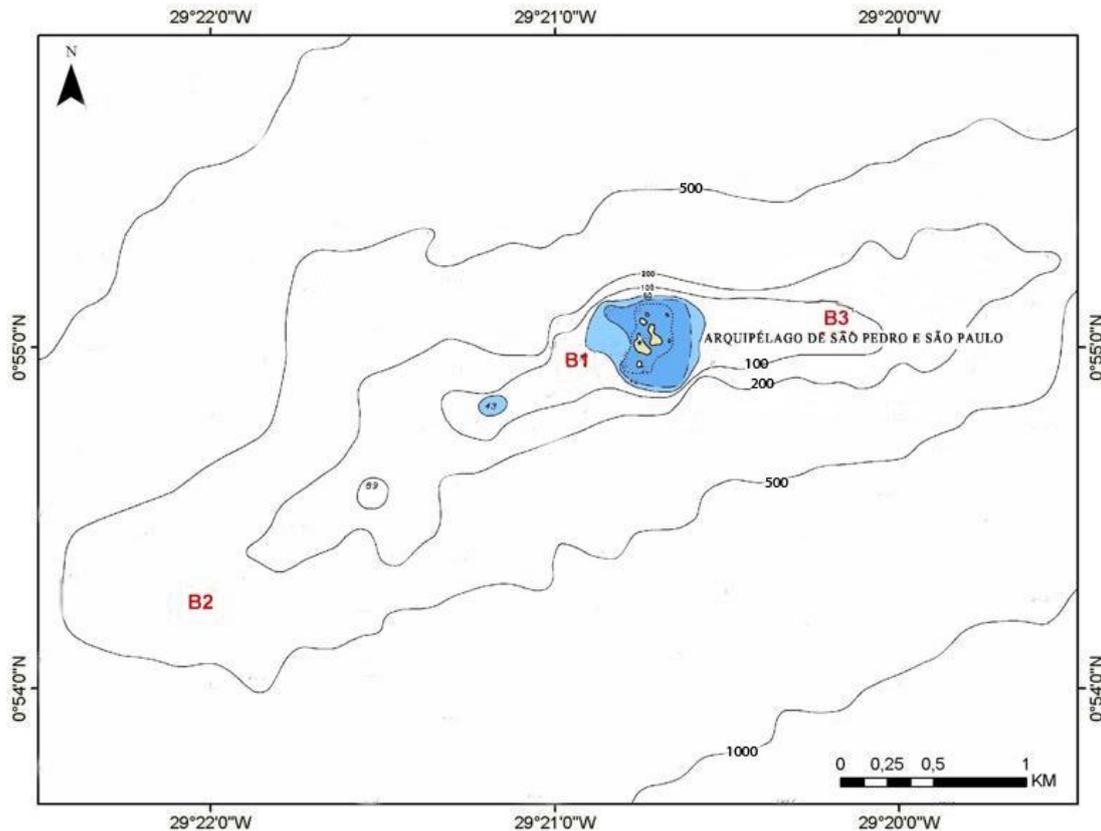


Figura 2. Localização das três Bóias (B1-Oeste, B2-Sul e B3-Leste) com os receptores no entorno do ASPSP na área em azul a profundidade não ultrapassa 50m. (Adaptado de Carta Náutica da Marinha nº11 e Maria Luisa Pimenta).

3- Resultados

O período de permanência das raias marcadas com marca acústica no entorno do ASPSP foi sempre muito curto, equivalendo, em média, a 1,1 dia. Das seis raias marcadas, somente uma (raia 3) retornou, em duas oportunidades, após cerca de 10 e 6 meses de ausência. A raia 1 marcada em 23 de janeiro de 2009 foi detectada em 4 dias diferentes no mesmo mês (2, 6, 10 e 20 de fevereiro de 2009), mas nunca em dias consecutivos, não tendo sido mais detectada desde então. A raia 3, marcada no dia 08 de outubro de 2009, foi detectada na bóia sul e bóia leste apenas no mesmo dia em que foi

marcada. Em julho de 2010, quase 10 meses depois de marcada, a raia 3 voltou a ser detectada na bóia leste em dois dias subsequentes, 27 e 28. Em fevereiro de 2011 essa mesma raia voltou a ser detectada em um único dia (04), também na bóia leste. A raia 5, marcada no dia 25 de abril de 2010, foi detectada na bóia sul, no mesmo dia de sua marcação, não tendo sido mais detectada após esse data. A raia 6 foi detectada no dia seguinte de sua marcação, 29 de abril de 2010, em duas bóias, sul e oeste, e no dia 01 de maio de 2010, em dois momentos, um pela manhã e um a noite, ambos na bóia oeste. Depois dessa ocasião, a sua presença também não foi mais observada. As raias 2 e 4 não foram detectadas por nenhum dos receptores, após a sua marcação (Figura 3).

A bóia sul foi a mais freqüentada pelas raias no entorno do ASPSP, respondendo por 67,6% das detecções, com três das seis raias marcadas tendo sido detectadas nessa bóia. A raia 3 foi detectada em dois receptores (bóia sul e bóia leste), com maiores detecções na bóia leste (88,2%). A raia 6 também foi detectada em dois receptores diferentes (bóia sul e bóia oeste), tendo sido mais detectada na bóia sul (75,0%) (Figura 4). A raia 1 e a raia 5 tiveram 100% de detecção somente em um dos receptores, i.e. bóia oeste e bóia sul, respectivamente.

A maior parte das detecções ocorreu no período do dia (93%). Todas as detecções ocorreram sempre entre 6:00h e 19:59h, não tendo sido detectada nenhuma raia no período entre 20:00h e 5:59h (Figura 5).

A raia 3 que foi detectada na bóia leste às 17:40h, foi detectada após 1:40 h, às 19:20h, na bóia sul, que se encontra 2,6 km distante da bóia leste. A raia 6, por sua vez, foi detectada na bóia oeste e na bóia sul, situadas a uma distância de 1,3 km entre si, em um intervalo de apenas 10 minutos (Figura 6)

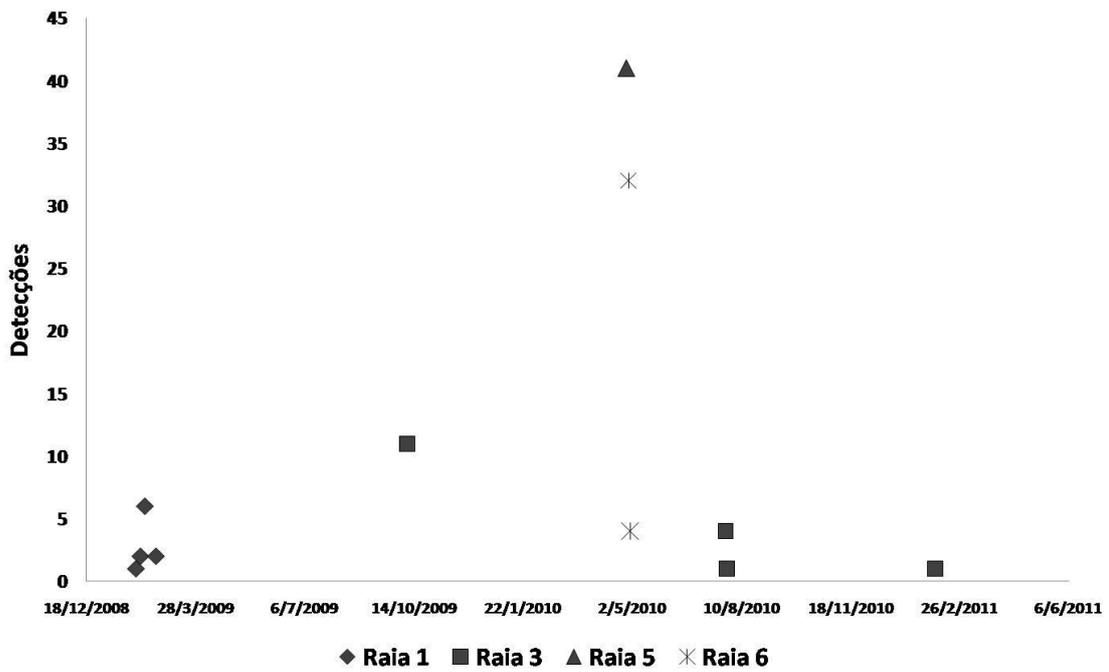


Figura 3. Número de detecções por dia das raias marcadas com receptor acústico, para os três receptores instalados nas adjacências do ASPSP.

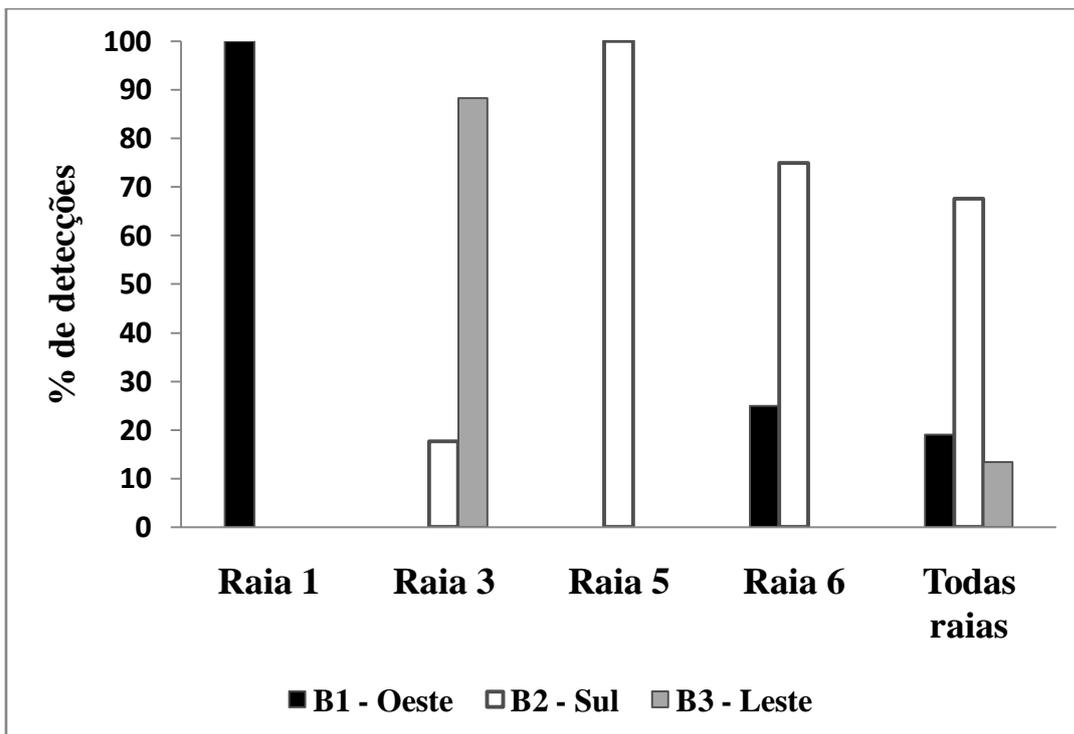


Figura 4. Porcentagem de detecções nos três receptores instalados nas adjacências do ASPSP para todas as raias marcadas com marcas acústicas, no período de janeiro de 2009 a fevereiro de 2011.

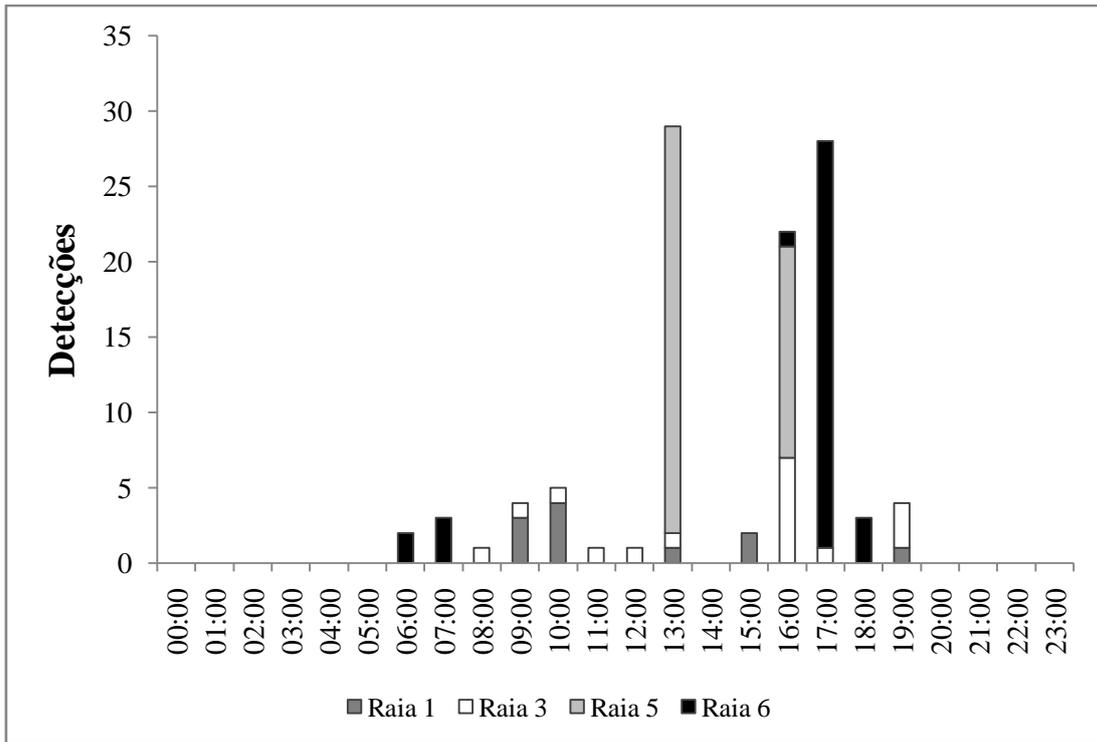


Figura 5. Detecções das raias (*Mobula tarapacana*) por hora do dia para os três receptores nas adjacências do ASPSP

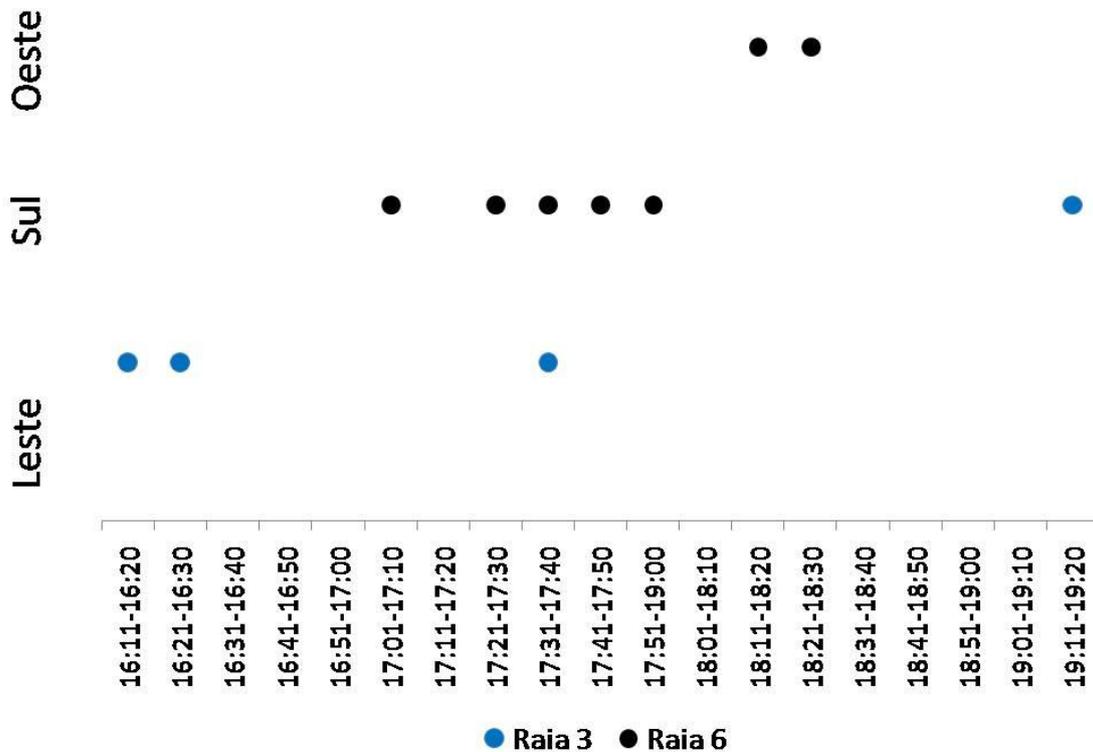


Figura 6. Detecções da Raia 3 em um único dia (8-10-09) e detecções da Raia 6 no dia 29-04-2011 nos receptores instalados no entorno do ASPSP.

Das 33 raias marcadas com marcas convencionais, 12 machos e 21 fêmeas, apenas 15,2% foram re-avistadas (n=5), com a data de re-avistagem tendo sempre se situado próxima da data de marcação, variando de 1 a 9 dias (Tabela 3).

Tabela 3. Data de marcação, sexo, tamanho (largura de disco) e data de re-avistagem dos indivíduos de *Mobula tarapacana* marcados com marcas convencionais e re-avistados no ASPSP.

Data da marcação	Sexo	Tamanho (m)	Data re-avistagem
2/3/2010	F	2,7	3/3/2010
2/3/2010	F	3	3/3/2010
18/6/2010	M	2,7	21/6/2010
25/6/2010	F	2,6	4/7/2010
4/7/2010	M	2,5	8/7/2010

4- Discussão

Apesar de espécimes de *Mobula tarapacana* serem avistadas no ASPSP praticamente o ano todo, embora com uma maior abundância no primeiro semestre (Mendonça e Hazin, 2011), as marcações convencionais e acústicas realizadas no presente trabalho indicam que os exemplares examinados não parecem permanecer no entorno do Arquipélago por períodos longos de tempo. As raias marcadas parecem permanecer apenas alguns dias nas imediações do ASPSP, provavelmente forrageando, conforme postulado por Mendonça e Hazin (2011). Embora a falta de detecção das raias marcadas com marcas acústicas não possa ser interpretada necessariamente como uma ausência do Arquipélago, em razão do alcance relativamente limitado do receptor (cerca de 500m), tal fato, associado às observações por mergulho das raias marcadas tanto com marcas acústicas como convencionais, parecem reforçar essa hipótese. Esse mesmo comportamento de curta permanência no entorno do Arquipélago, com a finalidade primordial de alimentação, foi também encontrado para o tubarão baleia, que é um grande planctófago migratório (Macena, 2010).

O fato de uma das raias haver retornado, em duas oportunidades, após 10 e 6 meses, aproximadamente, sem qualquer detecção, sugere, porém, a possibilidade de que o ASPSP esteja inserido na rota migratória da espécie, que freqüentaria, assim, esse

ecossistema insular em intervalos regulares. Comportamento semelhante para outras espécies de mobulídeos já foi descrita anteriormente tanto por meio de fotoidentificação (Luiz Jr. et al. 2009; Marshall e Bennett, 2010; Deakos, 2010) como por utilização de marcas acústicas (Dewar et al. 2008).

A maior detecção de raias na bóia sul pode estar relacionada com o fato da mesma se encontrar mais afastada do ASPSP, além de se situar em um local de maior profundidade.

O fato da maioria das detecções terem ocorrido durante o dia, indica uma possível variação circadiana na utilização da espécie do Arquipélago, com uma maior aproximação do mesmo no período diurno. O mesmo comportamento foi encontrado por Dewar et al. (2008), que supôs que as raias se afastam da ilha de Komodo durante a noite para se alimentarem de plâncton na região oceânica.

Embora os resultados obtidos com a marcação acústica e convencional tenham contribuído para uma melhor compreensão do padrão de migração da *Mobula tarapacana* no entorno do ASPSP, para que se possa alcançar um entendimento mais adequado de seus movimentos, particularmente em maior escala, é necessária a utilização de outras tecnologias de marcação, como as marcas PSAT (Pop-up satellite archival tag), SPOT (Smart Position and Temperature tag) e SPLASH (um híbrido de PSAT e SPOT).

Agradecimentos

Agradecemos à SECIRM/Marinha do Brasil pelo apoio logístico; ao CNPq pelo financiamento do projeto; à CAPES pela bolsa fornecida durante o mestrado de Sibeles A. de Mendonça; a toda a tripulação dos Barcos Transmar I, II e III pelo apoio nos trabalhos de campo.

5- Referência Bibliográfica

- ANDERSON, R. C.; ADAM, M. S & GOES, J. I. 2011. **From monsoons to mantas: seasonal distribution of *Manta alfredi* in the Maldives.** Fisheries Oceanography. 20:2, 104-113.
- BIGELOW, H. B. & SCHROEDER, W. C., 1953, **Sawfishes, guitarfishes, skates and rays; chimaeroides. In: Fishes of the Western North Atlantic.** Memoirs of the Sears Foundation for Marine Research Yale University. New Haven, 1 (2): 588 pp.

- CARLISLE, A. B., 2006. **Movements and habitat use of female Leopard sharks in Elkhorn Slough, California.** Thesis Master of Science. Faculty of Moss Landing Marine Laboratories San Jose State University, 212p.
- DEWAR, H., MOUS, P., DOMEIER, M., MULJADI, A., PET, J. & WHITTY, J. 2008. **Movements and site Fidelity of the giant manta ray, *Manta birostris*, in the Komodo Marine Park, Indonesia.** Mar Biol 155:121–133.
- GARLA, R. C.; CHAPMAN, D. D.; WETHERBEE B. M. & SHIVJI, M. 2006. **Movement patterns of young Caribbean reef sharks, *Carcharhinus perezi*, at Fernando de Noronha Archipelago, Brazil: the potential of marine protected areas for conservation of a nursery ground.** Marine Biology 149: 189–199.
- HEUPEL, M. R. & SIMPFENDORFER, C. A., 2005. **Quantitative analysis of aggregation behavior in juvenile blacktip sharks.** Marine Biology 147: 1239–1249
- HEUPEL, M. R., SIMPFENDORFER, C. A., COLLINS, A. B. & TYMINSKI, J. P. 2006. **Residency and movement patterns of bonnethead sharks, *Sphyrna tiburo*, in a large Florida estuary.** Environ Biol Fish (2006) 76:47–67
- KOHLER, N. E., TURNER, P. A., HOEY, J. J., NATANSON, L. J. & BRIGGS, R. 2002. **Tag and recapture data for three pelagic shark species: blue shark (*Prionace glauca*), shortfin mako (*Isurus oxyrinchus*), and porbeagle (*Lamna nasus*) in the North Atlantic Ocean.** Col.Vol.Sci. Pap. ICCAT 54 (4): 1231-1260.
- KLIMLEY, A. P., RICHERT, J. E. & JORGENSEN, S. J., 2005. **The Home of Blue Water Fish.** American Scientist, Volume 93
- KLIMLEY, A. P., KIHSLINGER, R. L. & KELLY, J. T. 2005. **Directional and non-directional movements of batrays, *Myliobatis californica*, in Tomales Bay, California.** Environmental Biology of fishes 74:79-88.
- LAST, P. R. & STEVENS, J. D., 1994. **Sharks and rays of Australia.** Australia: Commonwealth Scientific and Industrial Research Organization (CSIRO).
- LUIZ JR, O. J., BALBONI, A. P., KODJA, G., ANDRADE, M. & MARUM, H. 2009 **Seasonal occurrences of *Manta birostris* (Chondrichthyes: Mobulidae) in southeastern Brazil.** Ichthyol Res 56:96–99
- MACENA, B. C. L., 2010. **Estudo da sazonalidade, distribuição, abundância e comportamento migratório do Tubarão-baleia (*Rhincondon typus* Smith,1828) no Arquipélago de São Pedro e São Paulo.** Dissertação de Mestrado, Universidade Federal Rural de Pernambuco, PE, Brasil. 109 p.
- MARSHAL, A., COMPAGNO, L. J. V. & BENNETT, M. B., 2009 **Redescription of the genus *Manta* with resurrection of *Manta alfredi* (Kreff, 1868) (Chondrichthyes; Myliobatoidei; Mobulidae)** Zootaxa 2301: 1–28
- MARSHAL, A. & BENNETT, M. B., 2010. **Reproductive ecology of the reef manta ray *Manta alfredi* in southern Mozambique.** Journal of Fish Biology 77, 169–190

- NOTARBARTOLO-DI-SCIARA, G., 1987 **A revisionary study of the genus *Mobula Rafinesque, 1810* (Chondrichthyes: Mobulidae) with the description of a new species.** Zool. J. Linn. Soc. 91(1):1-91.
- NOTARBARTOLO-DI-SCIARA, G., 1988. **Natural history of the rays of the genus *Mobula* in the Gulf of California.** Fishery Bulletin, 86, 45-66.
- NOTARBARTOLO-DI-SCIARA, G. & HILLYER, E. 1989. **Mobulid rays off Eastern Venezuela.** Copéia (3) 607-614.
- MUSICK, J. A., 1999. **Ecology and conservation of long-lived marine animals.** Am Fish Soc Symp 23:1–10.
- MUSICK, J. A., BURGESS, G., CAILLIET, G., CAMHI, M. & FORDHAM, S. (2000) **Management of sharks and their relatives (Elasmobranchii).** Fisheries 25:9–13.
- VOEGELI, F. A., SMALE, M. J., WEBBER, D. M., ANDRADE, Y. & O'DOR, R. K. 2001. **Ultrasonic telemetry, tracking and automated monitoring technology for sharks.** Environmental Biology of Fishes 60: 267–281
- WHITE, T. W.; GILES, J.; DHARMADI; POTTER, I. C., 2006, **Data on the bycatch fishery and reproductive biology of mobulid rays (Myliobatiformes) in Indonesia.** Fisheries Research 82, 65-73.

4. Considerações Finais

Apesar da distância e de suas características inóspitas o Arquipélago de São Pedro e São Paulo (ASPSP) se mostrou como um importante local para o desenvolvimento de estudos com elasmobrânquios pelágicos oceânicos, principalmente as raias da família Mobulidae.

A ocorrência e abundância de *Mobula tarapacana* nas circunvizinhanças do ASPSP está intimamente relacionada com os períodos de maior disponibilidade de alimento, com sua maior abundância no primeiro semestre do ano, período este que coincide com a desova de várias espécies de peixes.

A utilização de marcas convencionais e acústicas associadas com observações por mergulho se mostrou eficaz na compreensão do padrão de utilização do ASPSP por *M. tarapacana* permanecendo alguns dias forrageando no ASPSP.

O método de foto-identificação não se mostrou eficaz na identificação individual devido à grande dificuldade em conseguir fotos de boa qualidade, sendo necessário mais esforço para a conclusão deste objetivo.

O método registro de todas as ocorrências através de mergulho foi importante para identificar e descrever o comportamento da espécie, assim como suas interações intra-específicas e interespecíficas.

5. Referências bibliográficas geral

- AGRA, G. 2009. **Organização Social de Elasmobrânquios na Reserva Biológica do Atol das Rocas**, Brasil. Dissertação de Mestrado, Universidade Federal de Pernambuco, PE, Brasil, 64p.
- AGUIAR, A. A. 2007. **Estrutura e densidade populacional e uso do habitat por *Dasyatis americana* Hildebrand and Schroeder, 1928 (Chondrichthyes: Dasyatidae) no Arquipélago de Fernando de Noronha, Brasil**. Dissertação de Mestrado, Universidade Federal da Paraíba, PB, Brasil, 87p.
- ALEXANDER, R. L. 1995. **Evidence of a counter-current heat-exchanger in the ray *Mobula tarapacana* (Chondrichthye: Elasmobranchii: Batoidea: Myliobatiformes)**. Journal of Zoology, London 237(3): 377-384.
- ALEXANDER, R. L. 1996. **Evidence of brain-warming in the mobulid rays, *Mobula tarapacana* and *Manta birostris* (Chondrichthyes: Elasmobranchii: Batoidea: Myliobatiformes)** Zoological Journal of the Linnean Society, 118: 151-164.
- ANDERSON, R. C.; ADAM, M. S & GOES, J. I. 2011. **From monsoons to mantas: seasonal distribution of *Manta alfredi* in the Maldives**. Fisheries Oceanography. 20:2, 104-113.
- ARAÚJO, M. & CINTRA, M. 2010. **Matemática da circulação oceânica equatorial**. In: 10 anos de Programa Arquipélago de São Pedro e São Paulo. 306p.
- BARLETTA, M.; CORRÊA, M. F. M & SUNYÉ, P. S., 1989. **First Record of occurrence of female of *Mobula rochebrunei* (Vaillant, 1879) in western Atlantic, Paraná State Brazil**, p.23, In: IV Reunião do Grupo de trabalho sobre pesca e pesquisa de tubarões e raias no Brasil. Tamandaré, PE.
- BRANCO, I. S. L., 2011. **Biologia reprodutiva do cangulo-preto (*Melichthys niger*, Bloch, 1789) capturado no Arquipélago de São Pedro e São Paulo – Brasil**. Dissertação de Mestrado, Universidade Federal Rural de Pernambuco, PE, Brasil. 75p.
- BIGELOW, H. B. & SCHROEDER, W. C., 1953, **Sawfishes, guitarfishes, skates and rays; chimaeroides**. In: **Fishes of the Western North Atlantic**. Memoirs of the Sears Foundation for Marine Research Yale University. New Haven, 1 (2): 588 pp.
- CAMPOS, T. F. C.; VIRGENS NETO, J.; SRIVASTAVA, N. K.; PETTA, R. A.; HARTMANN, L. A.; MORAES, J. F. S. MENDES, L.; SILVEIRA, S. R. M. 2005. **Arquipélago de São Pedro e São Paulo - Soerguimento tectônico de rochas infracrustais no Oceano Atlântico** In: Sítios Geológicos e Paleontológicos do Brasil. Publicado no endereço eletrônico: <http://www.unb.br/ig/sigep/sitio002/sitio002/.pdf>, em 03/09/2007.
- CARLISLE, A. B., 2006. **Movements and habitat use of female Leopard sharks in Elkhorn Slough, California**. Thesis Master of Science. Faculty of Moss Landing Marine Laboratories San Jose State University, 212p.

- CASAS, A. L. S., CUNHA, C. M., INTELIZANO, W. & GONZALEZ, M. M. B., 2006. **Record of a pregnant bentfin devilray, *Mobula thurstoni* (Lloyd) (Elasmobranchii, Mobulidae) caught in Southwestern Brazil.** Pan-American Journal of Aquatic Sciences, 1 (1): 66-68.
- CASTRO, A. L. F & ROSA, R. S. 2005. **Use of the natural marks on population of the nurse shark, *Ginglymostoma cirratum*, at Atol das Rocas Biological Reserve, Brazil.** Environmental Biology of Fishes 72: 213–221.
- CLAK, T. B., 2001. **Population structure of *Manta birostris* CHONDRICHTHYES: MOBULIDAE) from the Pacific and Atlantic Oceans.** Thesis Master of Science, Texas A&M University 68 p.
- CLARK, T. B., SMITH, W. D. & BIZZARRO, J. J., 2006. *Mobula tarapacana*. In: IUCN 2010. IUCN Red List of Threatened Species. Version 2010.4. <www.iucnredlist.org>. Downloaded on 07 April 2011.
- COLLINS, A. B., HEUPEL, M. R. & MOTTA, P. J., 2007. **Residence and movement patterns of cownose rays *Rhinoptera bonasus* within a south-west Florida estuary.** Journal of Fish Biology 71, 1159–1178.
- COMPAGNO, L.J.V., DANDO, M. & FOWLER, S.. 2005. **A Field Guide to the Sharks of the World.** Harper-Collins, London. pp368.
- CORCORAN, M. J. & GRUBER, S. H., 1999. **The use of photo-identification to study the social organization of the spotted eagle ray, *Aetobatus narinari*.** Bahamas Journal of Science, 11/99 p. 21-27
- DEWAR, H.; MOUS, P.; DOMEIER, M.; MULJADI, A.; PET, M. & WHITTY, J., 2008. **Movements and site fidelity of the giant manta ray, *Manta birostris*, in the Komodo Marine Park, Indonesia.** Mar. Biol. 155:121-133.
- DEAKOS, M. H. 2010. **Paired-laser photogrammetry as a simple and accurate system for measuring the body size of free-ranging manta rays *Manta alfredi*.** Aquat Biol 10: 1–10.
- DÍAZ, X. F. G. 2007. **Zooplâncton do Arquipélago de São Pedro e São Paulo (RN, Brasil).** Dissertação de Mestrado, Universidade Federal de Pernambuco, PE, Brasil, 84p.
- DÍAZ, X. F. G., GUSMÃO, M. L. O, LEITÃO, S. N., 2010. **Biodiversidade e dinâmica espaço temporal do zooplankton.** In: 10 anos de Programa Arquipélago de São Pedro e São Paulo. 306p.
- 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.; SOLDI, A.; STEVENS, J. D. & VALENTI, S. 2008. **You can swim but you can't hide: the global status and conservation of pelagic sharks and rays.** Aquatic Conserv: Mar. Freshw. Ecosyst.

- FEITOZA, B. M., ROCHA, L. A., LUIZ-JR, O. J., FLOETER, S. R., GASPARINI, J. L. 2003, **Reef fishes of St. Paul's Rocks: new records and notes on biology and zoogeography**. *Aqua* vol. 7 n° 2 61-82
- FERREIRA, A. G.; TRAVASSOS, P. E. F. P. 2009 **Sensoriamento Remoto**. 9-39. In: Hazin, F. H.V. et al. *Meteorologia e Sensoriamento Remoto, Oceanografia Física, Oceanografia Química e Oceanografia Geológica*, Fortaleza: Ed. Martins e Cordeiro (Programa Revizee- Score Nordeste), v.1, 248p.
- FIGUEIREDO, J. L., 1977. **Manual de Peixes Marinhos do Sudeste do Brasil, I. Introdução. Cações, Raias e Quimeras**. São Paulo: Museu de Zoologia, Universidade de São Paulo.
- FORCADA, J. & AGUILAR, A. 2000. **Use of photographic identification in capture–recapture studies of Mediterranean monk seals**. *Mar. Mamm. Sci.* **16**: 767–793.
- GADIG, O. B. F. & SAMPAIO, C. L. S., 2002, **Ocorrência de *Mobula japonica* no Atlântico Ocidental e *Mobula tarapacana* em águas Brasileiras, com comentários sobre a diversidade de raias manta (Chondrichthyes: Mobulidae) no Brasil**. *Arq. Ciên. Mar. Fortaleza*, **35**: 36-37.
- GADIG, O. B. F.; COMIN, E. J. & AUGUSTOWSKI, M, 2003, **Observações Subaquáticas de *Manta birostris* (Chondrichthyes, Mobulidae) no Parque Estadual Marinho da Laje de Santos (PEMLS), Santos – SP**. In: XVIII Simpósio de Biologia Marinha, Universidade de São Paulo, CEBIMAR 2003, São Sebastião - SP. Resumos do XVIII Simpósio de Biologia Marinha, CEBIMAR – USP.
- GADIG, O. B. F.; NAMORA, R. C. & MOTTA, F. S., 2003, **Occurrence of the bentfin devil ray, *Mobula thurstoni* (Chondrichthyes: Mobulidae), in the western Atlantic**. *J. Mar. Biol. Ass. U.K.* **83**, 869-870.
- GADIG, O. B. F.; TANIL, C. T.; CANDIDO, R. C., 2004, **Dados Preliminares sobre o Comportamento da Raia-Ticonha, *Rhinoptera bonasus* (Chondrichthyes, Myliobatiformes) em Cativoiro**. In: IV Reunião da Sociedade Brasileira para Estudos de Elasmobrânquios, 2004, Recife. Resumos da IV Encontro da Sociedade Brasileira para Estudos de Elasmobrânquios, p. 78-79.
- GARLA, R. C.; CHAPMAN, D. D.; WETHERBEE B. M. & SHIVJI, M. 2006. **Movement patterns of young Caribbean reef sharks, *Carcharhinus perezi*, at Fernando de Noronha Archipelago, Brazil: the potential of marine protected areas for conservation of a nursery ground**. *Marine Biology* **149**: 189–199.
- HAMMOND, P. S.; MIZROCH, S. A. & DONOVAN, G. P. 1990. **Individual recognition of cetaceans: use of photo-identification and other techniques to estimate population parameters**. *Rep. Int. Whal. Comm. Spec. Issue* **12**.

- HAZIN, F. H. V. 1993. **Fisheries oceanographical study on tuna, billfishes and sharks in the southwestern equatorial Atlantic Ocean.** Tese de Doutorado, Tokyo University of Fisheries, Tokyo, 286.
- HAZIN, F. H. V., ZAGAGLIA, J. R., BROADHURST, M. K., TRAVASSOS, P. E. P. & BEZERRA, T. R. Q., 1998. **Review of a small-scale pelagic longline fishery off northeastern Brazil.** Marine Fisheries Review 60(3):1-8.
- HAZIN, F. H. V., VASKE JR, T., OLIVEIRA, P. G., MACENA, B. C. L. & CARVALHO, F. 2008, **Occurrences of whale shark (*Rhincodon typus* Smith, 1828) in the Saint Peter and Saint Paul archipelago, Brazil.** Braz. J. Biol., 68(2): 385-389
- HAZIN, F. H. V. 2009. **O passado, presente e futuro: 10 anos de pesquisas no Arquipélago de São Pedro e São Paulo uma síntese do conhecimento.** In: 10 anos de Programa Arquipélago de São Pedro e São Paulo. 306p.
- HAZIN, F. H. V., VIANA, D., PINHEIRO, P., FISCHER, A., MACENA, B., VÉRAS, D., OLIVEIRA, P. G. V., CARVALHO, F., VASKE Jr. T. & BRANCO, I. 2009. **Ecologia dos grandes peixes pelágicos no Arquipélago de São Pedro e São Paulo.** In: 10 anos de Programa Arquipélago de São Pedro e São Paulo. 306p.
- HEUPEL, M. R. & SIMPFENDORFER, C. A., 2005. **Quantitative analysis of aggregation behavior in juvenile blacktip sharks.** Marine Biology 147: 1239–1249
- HEUPEL, M. R., SIMPFENDORFER, C. A., COLLINS, A. B. & TYMINSKI, J. P. 2006. **Residency and movement patterns of bonnethead sharks, *Sphyrna tiburo*, in a large Florida estuary.** Environ Biol Fish (2006) 76:47–67
- HOLDEN, M. J. 1974. **Problems in the ration exploitation of elasmobranch population and some suggest solutions.** In: Sea Fisheries Research, Ed. F. R. Harden-Jones, Halsted Press, New York. pp. 117-137.
- HOMMA, K., MARUYAMA, T., ITOH, T. ISHIHARA, H. & UCHIDA, S. 1997. **Biology of the manta ray, *Manta birostris* Walbaum in the Indo-Pacific,** p. 209-216. In: Proc. 5th Indo-Pac. Fish Conf., Noumea, 1997. B. Seret and J.-Y. Sire (eds.). Soc. Fr. Ichthyol., Paris.
- JUCA-QUEIROZ, B., SANTANDER-NETO, J., MEDEIROS, R. S., NASCIMENTO, F. C. P., FURTADO-NETO, M. A. A., FARIA, V. V. & RINCON, G. 2008. **Cartilaginous fishes (Class Chondrichthyes) off Ceará State, Brazil, Western Equatorial Atlantic – An Update.** Arq. Ciên. Mar, Fortaleza, 41(2): 73 - 81
- KLIMLEY, A. P.; KIHSLINGER, R. L. & KELLY, T. J. 2005. **Directional and non-directional movements of bat rays, *Myliobatis californica*, in Tomales Bay, California.** Environmental Biology of Fishes, 74: 79-88.

- KLIMLEY, A. P., RICHERT, J. E. & JORGENSEN, S. J., 2005. **The Home of Blue Water Fish**. American Scientist, Volume 93
- KOHLER, N. E. & TURNER, P. A. 2001. **Shark tagging: a review of conventional methods and studies**. Environmental Biology of Fishes 60(1-3): 191–223
- KOHLER, N. E., TURNER, P. A., HOEY, J. J., NATANSON, L. J. & BRIGGS, R. 2002. **Tag and recapture data for three pelagic shark species: blue shark (*Prionace glauca*), shortfin mako (*Isurus oxyrinchus*), and porbeagle (*Lamna nasus*) in the North Atlantic Ocean**. Col.Vol.Sci. Pap. ICCAT 54 (4): 1231-1260.
- LAMILLA, J. & SÁEZ, S., 2003, **Clave taxonómica para el reconocimiento de especies de rayas chilenas (Chondrichthyes, Batoidei)**. Invest. Mar., Valparaíso, 31(2): 3-16.
- LAST, P. R. & STEVENS, J. D., 1994. **Sharks and rays of Australia**. Australia: Commonwealth Scientific and Industrial Research Organization (CSIRO).
- LAST, P. R. & STEVENS, J. D., 2009. **Sharks and rays of Australia**. Australia: Commonwealth Scientific and Industrial Research Organization (CSIRO).
- LESSA, R. P., MAFALDA-JR. P., ADVÍNCULA, R., LUCCHESI, R., BEZERRA JR., J. L.; VASKE-JR., T.; HELLEBRANDT, D. 1999 **Distribution and abundance of ichthyoneuston at seamounts and islands off north-eastern Brazil**. Arch. Fish. Res. 47 (2/3): 133-146
- LESSA, R. & VASKE JR., T. 2009. **A ictiofauna com ênfase aos peixes-voadores (Exocoetidae)**. In: 10 anos de Programa Arquipélago de São Pedro e São Paulo. 306p.
- LEHNER, P. N. 1979. **Handbook of ethological methods**. Garland STPM Press, New York
- LUBBOCK, H. R. & EDWARDS, A. J., 1981, **The fishes of Saint Paul's rocks**. J. Fish. Biol., v.18, p. 135-157.
- LUIZ JR, O. J., BALBONI, A. P., KODJA, G., ANDRADE, M. & MARUM, H. 2009 **Seasonal occurrences of *Manta birostris* (Chondrichthyes: Mobulidae) in southeastern Brazil**. Ichthyol Res 56:96–99
- MACEDO-SOARES, L. C. P. 2008. **Ecologia do ictioplâncton no Arquipélago de São Pedro e São Paulo**. Monografia. Universidade Federal de Santa Catarina, SC, Brasil. 54p.
- MACEDO-SOARES, L. C. P., FREIRE, A. S., KOETTKER, A. G., MENEZES, B. S., FÉRNANDEZ, B. D. & BRANDÃO, M. C. 2010. **Zooplâncton**. In: 10 anos de Programa Arquipélago de São Pedro e São Paulo. 306p.
- MACENA, B. C. L., 2010. **Estudo da sazonalidade, distribuição, abundância e comportamento migratório do Tubarão-baleia (*Rhincondon typus*)**

Smith, 1828) no Arquipélago de São Pedro e São Paulo. Dissertação de Mestrado, Universidade Federal Rural de Pernambuco, PE, Brasil. 109 p.

MARSHALL, A., ISHIHARA, H., DUDLEY, S. F. J., CLARK, T. B., JORGENSEN, S., SMITH, W. D. & BIZZARRO, J. J. 2006. *Manta birostris*. In: IUCN 2010. IUCN Red List of Threatened Species. Version 2010.4. <www.iucnredlist.org>.

MARSHAL, A., COMPAGNO, L. J. V. & BENNETT, M. B., 2009 **Redescription of the genus *Manta* with resurrection of *Manta alfredi* (Kreffft, 1868) (Chondrichthyes; Myliobatoidei; Mobulidae)** *Zootaxa* 2301: 1–28

MARSHAL, A. & BENNETT, M. B., 2010. **Reproductive ecology of the reef manta ray *Manta alfredi* in southern Mozambique.** *Journal of Fish Biology* 77, 169–190

MOLINARI, R.L.; GARZOLI, S.L.; KATZ, E.J.; HARRISON, D.E.; RICHARDSON, P.L.; REVERDIN, G. 1986. **A synthesis of the First GARP Global Experiment (FGGE) in the equatorial Atlantic Ocean.** Progress in Oceanography v.16, p.91-112,

MOURATO, B. L.; SANTIAGO, M. Q.; AMORIM, A. F. & ARFELLI, C. A., 2004. **Reproduction of *Mobula thurstoni* off São Paulo State.** In: IV Reunião da Sociedade Brasileira para Estudos de Elasmobrânquios, 2004, Recife. Resumos da IV Encontro da Sociedade Brasileira para Estudos de Elasmobrânquios, p. 134-135.

MUSICK, J. A., 1999. **Ecology and conservation of long-lived marine animals.** Am Fish Soc Symp 23:1–10.

MUSICK, J. A., BURGESS, G., CAILLIET, G., CAMHI, M. & FORDHAM, S. (2000) **Management of sharks and their relatives (Elasmobranchii).** Fisheries 25:9–13.

NOTARBARTOLO-DI-SCIARA, G., 1987 **A revisionary study of the genus *Mobula Rafinesque, 1810* (Chondrichthyes: Mobulidae) with the description of a new species.** Zool. J. Linn. Soc. 91(1):1-91.

NOTARBARTOLO-DI-SCIARA, G., 1988. **Natural history of the rays of the genus *Mobula* in the Gulf of California.** Fishery Bulletin, 86, 45-66.

NOTARBARTOLO-DI-SCIARA, G. & HILLYER, E. 1989. **Mobulid rays off Eastern Venezuela.** *Copéia* (3) 607-614.

NUNES, J. L. S., ALMEIDA, Z. S. & PIORSKI, N. M. 2005. **Raias capturadas pela pesca artesanal em águas rasas do Maranhão – Brasil.** Arq. Ciên. Mar. Fortaleza, 38:49-54.

OLIVEIRA, P. G. V. 2001. **Levantamento da Fauna de Elasmobrânquios e Estudo da Biologia Comportamental do Tubarão Limão, *Negaprion brevirostris* (Poey, 1868) e Tubarão Lixa, *Ginglymostoma cirratum* (Bonnaterre,**

1788), na Reserva Biológica do Atol das Rocas – RN-Brasil. Dissertação de Mestrado, Universidade Federal de Pernambuco, PE, Brasil, 111p.

- OLIVEIRA, P. G. V., 2007. **Biologia reprodutiva dos tubarões *Carcharhinus falciformis*, *C. plumbeus*, *Pseudocarcharias kamoharai* e ocorrências do *Rhynchodon typus*, no Atlântico Tropical e ecologia da raia *Dasyatis americana*, na Rebio Rocas – Brasil.** Tese de doutorado, Universidade Federal de Pernambuco, PE, Brasil
- PINHEIRO, P. B., HAZIN, F. H. V., TRAVASSOS, P., OLIVEIRA, P. G. V., CARVALHO, F. & REGO, M. G., 2011 **The reproductive of the rainbow runner, *Elagatis bipinnulata* (Quoy & Gaimard, 1825), caught in the São Pedro e São Paulo Archipelago.** Braz. J. Biol. Vol. 71, nº 1, p. 1-9.
- REID, J. P., RATHBUN, G. B., & WILCOX, J. R., 1991. **Distribution patterns of individually identifiable West Indian manatees (*Trichechus manatus*) in Florida.** Mar. Mamm. Sci. 7: 180–190.
- SAZIMA, I., MOURA, R. L. & SAZIMA, C., 1999, **Cleaning activity of juvenile angelfish, *Pomacanthus paru*, on the reefs of the Abrolhos Archipelago, western South Atlantic.** Environmental Biology of Fishes 56: 399–407, 1999.
- SIMS, D. W., FOX, A. M. & MERRITTI, D. A., 1997 **Basking shark occurrence off south-west England in relation to zooplankton abundance.** J Fish Biol 51:436–440
- SCHWEITZER, J. & NOTARBARTOLO-DI-SCIARA, G. 1986. **The rete mirabile cranica in the genus *Mobula*: a comparative study.** Journal of Morphology 188:167-178.
- SOUTHWOOD, L. 2008. **Assessment of the reliability of photo identification using skin patterns for the basking shark, *Cetorhinus maximus* in the Irish Sea.** Thesis Master of Science. School of Life Sciences, Napier University. 86p.
- STEVENS, J. D., BONFIL, R., DULVY, N. K. & WALKER, P. A. 2000. **The effects of fishing on sharks, rays and chimaeras (Chondrichthyans), and the implications for marine ecosystems.** ICES Journal of Marine Science, 57: 476–494.
- TRAVASSOS, P. F., HAZIN H. V., ZAGAGLIA J. R., ADIVÍNCULA R., SCHOBER J. **Thermohaline structure around seamounts and islands off North-Eastern Brasil.** Arch. Fish. Mar. Res., 1999. v. 47, n. 2/3: 211-222.
- TAYLOR, J. G., 1996. **Seasonal occurrence, distribution and movements of the whale shark, *Rhincodon typus*, at the Ningaloo Reef, Western Australia.** Mar Freshw Res 47:637–642
- VASKE JR., T.; LESSA, R. P.; NÓBREGA, M.; MONTEALEGRE-QUIJANO, S.; MARCANTE SANTANA, F. & BEZERRA JR., J. L., 2005, **A checklist of**

fishes from Saint Peter and Saint Paul Archipelago, Brazil. J. Appl. Ichthyol. 21, 75–79.

- VIANA, D. L., HAZIN, F. H. V., NUNES, D., CARVALHO, F., VÉRAS, D. & TRAVASSOS, P., 2008, **The wahoo *Acanthocybium solandri* fishery in the vicinity of the Saint Peter and Saint Paul Archipelago, Brazil, from 1998 to 2006.** Collect. Vol. Sci. Pap. ICCAT, 62(5): 1662-1670
- VOEGELI, F. A., SMALE, M. J., WEBBER, D. M., ANDRADE, Y. & O'DOR, R. K. 2001. **Ultrasonic telemetry, tracking and automated monitoring technology for sharks.** Environmental Biology of Fishes 60: 267–281
- WHITE, T. W., GILES, J., DHARMADI, POTTER, I. C., 2006, **Data on the bycatch fishery and reproductive biology of mobulid rays (Myliobatiformes) in Indonesia.** Fisheries Research 82, 65-73.
- WILSON, S. G., TAYLOR, J. G., PEARCE, A. F., 2001. **The seasonal aggregation of whale sharks at Ningaloo Reef, Western Australia: currents, migrations and the El Niño/Southern Oscillation.** Environ Biol Fish 61:1–11
- YANO, K., SATO, F. & TAKAHASHI, T., 1999. **Observation of mating behavior of the manta ray, *Manta birostris*, at the Ogasawara Islands, Japan.** Ichthyological Research. 46, 289-296.
- YOKOTA, L. & LESSA, R. P., 2006. **A nursery area for sharks and rays in Northeastern Brazil.** Environmental Biology of Fishes. 75: 349-360.