

UNIVERSIDADE FEDERAL DE ALAGOAS
INSTITUTO DE CIÊNCIAS BIOLÓGICAS E DA SAÚDE
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM DIVERSIDADE BIOLÓGICA E
CONSERVAÇÃO NOS TRÓPICOS

GUSTAVO DA ROSA LEAL

**BIOLOGIA REPRODUTIVA E ESTIMATIVA POPULACIONAL DE *PHAETHON* LEPTURUS
E USO DO MAR E FORRAGEAMENTO DE *PHAETHON* AETHEREUS NO BRASIL**

MACEIÓ - AL
2013

GUSTAVO DA ROSA LEAL

**BIOLOGIA REPRODUTIVA E ESTIMATIVA POPULACIONAL DE *PHAETHON* LEPTURUS
E USO DO MAR E FORRAGEAMENTO DE *PHAETHON* AETHEREUS NO BRASIL**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Diversidade Biológica e Conservação nos Trópicos, Instituto de Ciências Biológicas e da Saúde. Universidade Federal de Alagoas, como requisito para obtenção do título de Mestre em CIÊNCIAS BIOLÓGICAS, área de concentração em Conservação da Biodiversidade Tropical.

Orientador: Prof. Dr. Márcio Amorim Efe

MACEIÓ - AL
2013

Catálogo na fonte
Universidade Federal de Alagoas
Biblioteca Central
Divisão de Tratamento Técnico
Bibliotecária Responsável: Fabiana Camargo dos Santos

L435b Leal, Gustavo da Rosa.
Biologia reprodutiva e estimativa populacional de *Phaethon lepturus* e uso do mar e forrageamento de *Phaethon aethereus* no Brasil / Gustavo da Rosa Leal. – 2013.
54 f. : il.

Orientador: Márcio Amorim Efe.
Dissertação (Mestrado em Diversidade Biológica e Conservação) – Universidade Federal de Alagoas. Instituto de Ciências Biológicas e da Saúde. Maceió, 2013.

Inclui Bibliografia.

1. Aves marinhas. 2. *Phaethon lepturus*. 3. *Phaethon aethereus*.
4. Ecologia. I. Título.

CDU: 598.4:574

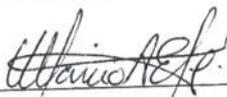
Folha de aprovação

Gustavo da Rosa Leal

BIOLOGIA REPRODUTIVA E ESTIMATIVA POPULACIONAL
DE *PHAETHON LEPTURUS* E USO DO MAR E
FORRAGEAMENTO DE *PHAETHON AETHEREUS* NO BRASIL

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Diversidade Biológica e Conservação nos Trópicos, Instituto de Ciências Biológicas e da Saúde. Universidade Federal de Alagoas, como requisito para obtenção do título de Mestre em CIÊNCIAS BIOLÓGICAS, área de concentração em Conservação da Biodiversidade Tropical.

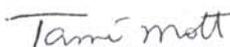
Dissertação aprovada em 21 de fevereiro de 2013.



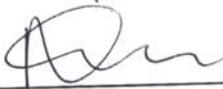
Prof. Dr. Márcio Amorim Efe - UFAL
Orientador



Prof. Dr. Leandro Bugoni – FURG
(membro titular)



Prof. Dra. Tamí Mott – UFAL
(membro titular)



Prof. Dr. Richard James Ladle – UFAL
(membro titular)

MACEIÓ - AL
Fevereiro / 2013

DEDICO À

A minha família (meus pais, meu irmão e meus avós) e a todos meus professores, responsáveis pela construção da minha educação.

AGRADECIMENTOS

Ao Dr. Márcio Amorim Efe, pela orientação, conselhos e amizade.

À família Efe. Cristina, pela amizade e apoio durante o período longe de casa, em Maceió, e ao Lucas e a Carol pela alegria, amizade e carinho.

Aos funcionários do ICMBio de Fernando de Noronha e do Parque Nacional Marinho dos Abrolhos, pelo apoio logístico.

Ao Corpo de Bombeiros de Fernando de Noronha, sempre receptivo e prestativo aos pedidos de apoio as expedições.

Ao Cesar Musso e equipe da Associação Vila-velhense de Proteção Ambiental, pelo apoio na coleta de dados e na realização das expedições ao Arquipélago dos Abrolhos.

Ao amigo Guilherme Tavares Nunes, pela ajuda no campo, pelas conversas e pelo fornecimento dos dados de sexagem das aves, apresentados na dissertação.

A CAPES e CNPq pelo suporte financeiro através da Bolsa de Mestrado e apoio ao projeto do Laboratório.

A todos aqueles que ajudaram de alguma maneira na realização deste trabalho.

A minha família e amigos pelo apoio incondicional, mesmo à distância.

A Lu, um agradecimento especial pelo companheirismo, carinho, paciência e compreensão durante o tempo de realização desse trabalho, longos períodos de distância e de muita saudade.

Muito Obrigado!

RESUMO

Aves marinhas é o grupo em pior situação de conservação, consequência de impactos em suas colônias e áreas de alimentação. Assim, o conhecimento básico de biologia reprodutiva e estratégias de forrageio é essencial para a conservação efetiva. A dissertação é estruturada em três capítulos. O primeiro apresenta uma visão geral do conhecimento atual em relação às espécies alvo e os temas a serem abordados, nos capítulos subsequentes. O segundo capítulo apresenta informações referentes à biologia reprodutiva, tamanho populacional e estratégias de conservação para a população de *Phaethon lepturus* no Brasil. Neste capítulo, utilizamos dados do monitoramento da reprodução de *P. lepturus* no Arquipélago de Fernando de Noronha, que abriga a segunda maior população da espécie no Atlântico Sul, e no Arquipélago dos Abrolhos. Baixo sucesso reprodutivo (14,3%) foi observado, possivelmente devido à predação por caranguejo (*Gecarcinus lagostoma*), espécie nativa de Fernando de Noronha. O lagarto Teiú (*Tupinambis meriamea*) também pode estar afetando o sucesso desta população. Apesar disso, a população aparentemente permanece estável. Assim, sugerimos o monitoramento dos locais de reprodução desta espécie, bem como ações visando o aumento do sucesso reprodutivo desta população. No Capítulo 3 apresentamos informações referentes a estratégias e locais de forrageamento de *P. aethereus*. Viagens de forrageio de aves no Arquipélago dos Abrolhos (principal colônia no Brasil) foram monitoradas, utilizando equipamentos de rastreamento GPS. Ao total, dados de oito viagens de forrageio foram registrados. As viagens duraram entre 0,6 e 47,9 h. As aves percorreram de 24,2 a 615,8 km, a uma velocidade média de $44,2 \pm 14,9 \text{ km h}^{-1}$. Finalmente, sugerimos o desenvolvimento de um plano nacional de conservação das aves marinhas, que organize e defina prioridades para as atividades de diferentes instituições e profissionais; que defina necessidades para pesquisas futuras e capacitação; que estabeleça prioridades nacionais para conservação e manejo de espécies ameaçadas e áreas importantes para conservação; e que promova políticas públicas para melhorar a proteção das aves.

Palavras-chave: Aves marinhas. *Phaethon lepturus*. *Phaethon aethereus*. Ecologia.

ABSTRACT

Seabirds are one of the most threatened groups of birds due to human impacts in their colonies and their feeding areas. Thus, basic knowledge of the reproductive biology and foraging strategies is essential for effective conservation. This dissertation is divided into three chapters. The first presents an overview of current knowledge regarding the target species and the issues to be addressed in subsequent chapters. The second chapter presents information regarding the reproductive biology, population size, and conservation strategies for the Brazilian population of *Phaethon lepturus*. This chapter uses data from monitoring of breeding of *P. lepturus* in the Archipelago of Fernando de Noronha, which contains the second largest population of the species in the South Atlantic, and from Abrolhos Archipelago. Low breeding success (14.3%) was recorded, possibly due to nest predation by the crab (*Gecarcinus lagostoma*), a native species of Fernando de Noronha. Black-white tegu (*Tupinambis meriamea*) may also be affecting the breeding success of this population. Nevertheless, the population apparently remains stable. Suggested conservation measures include monitoring of breeding sites and actions order to increase the breeding success. Chapter 3 presents information regarding the strategies and foraging areas of *P. aethereus*. Foraging trips of birds in the Abrolhos Archipelago (the main Brazilian breeding site) were monitored, using GPS loggers. In total, data from eight foraging trips were recorded. The trips lasted between 0.6 and 47.9 h and from 24.2 to 615.8 km, at an average speed of $44.2 \pm 14.9 \text{ km h}^{-1}$. Finally, we suggest the development of a national plan for the conservation of seabirds that defines priorities and activities for different institutions and professionals, identifies future research and training needs, and which makes suggestions for policies and management of Brazilian seabirds.

Key-word: Seabirds. *Phaethon lepturus*. *Phaethon aethereu*. Ecology.

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO GERAL	8
	REFERÊNCIAS	9
2	O ESTADO DA ARTE DAS ESPÉCIES ESTUDADAS E SEUS ASPECTOS BIOLÓGICOS	12
2.1	Phaethontiformes	12
2.1.1	<i>Phaethon lepturus</i>	12
2.1.1.1	Biologia reprodutiva.....	13
2.1.2	<i>Phaethon aethereus</i>	14
2.2	Área de forrageamento	15
	REFERÊNCIAS	16
3	BIOLOGIA REPRODUTIVA, ESTIMATIVA POPULACIONAL E CONSERVAÇÃO DE <i>PHAETHON LEPTURUS</i> (DAUDIN, 1802) NO BRASIL	20
3.1	Introdução	20
3.2	Métodos	22
3.3	Resultados	24
3.4	Discussão	28
	REFERÊNCIAS	32
4	FORAGING STRATEGIES OF RED-BILLED TROPICBIRDS (<i>PHAETHON AETHEREUS</i> LINNAEUS, 1758) IN BRAZIL	36
4.1	Introduction	36
4.2	Methods	37
4.3	Results	40
4.4	Discussion	44
	REFERENCES	46
5	DISCUSSÃO GERAL	50
	REFERÊNCIAS	52
6	CONCLUSÕES	53

1 INTRODUÇÃO GERAL

O alarmante cenário de extinção de espécies observado atualmente torna essencial que medidas visando à conservação sejam rapidamente tomadas (Pimm & Raven 2000). Entretanto, medidas eficientes visando à conservação de espécies dependem de informações básicas sobre sua biologia, para que estas possam ser utilizadas na identificação de possíveis riscos de extinção (O'Grady *et al.* 2004), assim como na elaboração de estratégias de manejo eficientes.

Dentre estas informações básicas, aspectos da história de vida são essenciais para a definição segura de estratégias para a conservação e manejo de espécies e também para testar hipóteses acerca da evolução destas (Robinson *et al.* 2000). Além disso, o crescente interesse para conservação e monitoramento das populações de aves marinhas no mundo, assim como a obtenção de informações sobre o sucesso reprodutivo (Dearborn *et al.* 2001) são reconhecidamente cruciais para a verificação da probabilidade de extinção e viabilidade das populações.

Da mesma forma, características do ambiente próximo às colônias são fundamentais para a sobrevivência e reprodução das aves marinhas, onde a escassez de alimento limita o sucesso reprodutivo (Schreiber & Kissling 2005). A destruição ou perturbações antrópicas de ilhas e das áreas de alimentação das aves marinhas, afetam diretamente suas populações, podendo resultar no desaparecimento local ou mesmo na extinção (Olson 1975). Portanto, o conhecimento da localização e utilização das áreas de alimentação, dos padrões de forrageamento e a determinação de áreas com potenciais conflitos no mar, constituem um aporte importante em termos de zoneamento, manejo e conservação das aves marinhas (Yorio *et al.* 2010, Thaxter *et al.* 2012, Le Corre *et al.* 2012).

Nesse sentido, vários estudos foram realizados com o intuito de conhecer as áreas de forrageamento de aves marinhas, principalmente em regiões temperadas e polares, utilizando dados coletados a bordo de embarcações (Hudson & Furness 1989), rádio telemetria (Anderson & Ricklefs 1987), transmissores por satélite (Wood *et al.*

2000) e mais recentemente a partir de rastreamento com sistema de posicionamento global (GPS) (Weimerskirch *et al.* 2002, Grémillet *et al.* 2004, Le Corre *et al.* 2012). No entanto, em espécies e oceanos tropicais são extremamente raros (Weimerskirch 2007) e inexistentes em relação à população de *Phaethon aethereus* que reproduz no Brasil.

A utilização de GPS para localização de aves no mar foi utilizada pela primeira vez no albatroz-errante, *Diomedea exulans* (Weimerskirch *et al.* 2002) e vem sendo atualmente utilizada em outras espécies, como o atobá-do-cabo, *Morus capensis*, (Grémillet *et al.* 2004) e o pinguim-africano, *Spheniscus demersus* (Ryan *et al.* 2004). Na Argentina, instrumentos GPS vêm sendo recentemente utilizados por Rory Wilson e Flavio Quintana em colônias de pinguins-de-magalhães, *Spheniscus magellanicus* na Península Valdes, Chubut (ver Wilson 2004).

Assim, essa dissertação é apresentada em três capítulos. O primeiro capítulo, de cunho introdutório, faz uma revisão bibliográfica sobre o estado da arte a respeito das espécies foco e seus aspectos biológicos. O segundo capítulo descreve a biologia reprodutiva, reúne e atualiza dados de estimativas populacionais e discute as implicações destes na conservação da rabo-de-palha-de-bico-laranja, *Phaethon lepturus* no Brasil. E o Capítulo 3 apresenta o uso inédito de GPS no Brasil para definir locais e estratégias de forrageamento do rabo-de-palha-de-bico-vermelho, *P. aethereus* em Abrolhos.

REFERÊNCIAS

ANDERSON, D. J.; RICKLEFS, R. E. Radio-tracking masked and blue-footed boobies (*Sula* spp.) in the Galápagos Archipelago. **National Geographic Research**, v. 3, p. 152-163, 1987.

DEARBORN, D. C.; ANDERS, A. D.; FLINT, E. N. Trends in reproductive success of Hawaiian seabirds: is guild membership a good criterion for choosing indicator species? **Biological Conservation**, v.101, p. 97-193. 2001.

- GRÉMILLET, D. et al. Offshore diplomacy, or how seabirds mitigate intra-specific competition, a case study based on GPS tracking of Cape gannets from neighboring colonies. **Marine Ecology Progress Series**, v. 268, p. 265–279. 2004.
- HUDSON, A. V.; FURNESS, R. W. The behaviour of seabirds foraging at fishing boats around Shetland. **Ibis**, v. 131, p. 225-237. 1989.
- LE CORRE, M. et al. Tracking seabirds to identify potential Marine Protected Areas in the tropical western Indian Ocean. **Biological Conservation**, v. 156, p. 83-93. 2012.
- O'GRADY, J. J. et al. What are the best correlates of predicted extinction risk? **Biological Conservation**, v. 118, p. 513-520. 2004.
- OLSON, S. L. Paleornithology of St. Helena Island, South Atlantic Ocean. **Smithsonian Contributions to Paleobiology**, v. 23, p.1-49. 1975.
- PIMM, S. L.; RAVEN, P. Biodiversity - Extinction by numbers. **Nature**, v.403, p. 843-845. 2000.
- ROBINSON, S. K.; ROBINSON, W. D.; EDWARDS, C. Breeding ecology and nest-sit selection of songs wrens in Central Panama. **Auk**, v. 117, p. 345-354. 2000.
- RYAN, P. G. et al. GPS tracking a marine predator: the effects of precision, resolution and sampling rate on foraging tracks of African penguins. **Marine Biology**, v.145, p. 215-223. 2004.
- SCHREIBER, J.; KISSLING, D. W. Factors affecting the breeding success of Arctic Terns *Sterna Paradisaea* in a colony at Kaldbakbotnur, Faroe Islands. **Atlantic Seabirds**, v. 7, p. 97-105. 2005.
- THAXTER, C. B. et al. Seabird foraging ranges as a preliminary tool for identifying candidate Marine Protected Areas. **Biological Conservation**, v. 156, p.53-61. 2012.
- WEIMERSKIRCH, H. Are seabirds foraging for unpredictable resources? **Deep Sea Research Part II: Topical Studies in Oceanography**, v. 54, p. 211-223. 2007.
- WEIMERSKIRCH, H. et al. GPS tracking of foraging albatrosses. **Science**, v. 295, p.1259. 2002.
- WILSON, R. P. Reconstructing the past using futuristic developments: Trends and perspectives using logger technology on penguins. **Memories of The National Institute for Polar Research Special**, v. 58, p. 34-49. 2004.
- WOOD, A. G. et al. Quantifying habitat use in satellite-tracked pelagic seabirds: application of kernel estimation to albatross locations. **Journal of Avian Biology**, v. 31, p. 278–286. 2000.

YORIO, P. et al. Spatial overlap between foraging seabirds e trawl fisheries: implications for the effectiveness of a marine protected area at Golfo San Jorge, Argentina. **Bird Conservation International**, v. 20, p. 320–334. 2010.

2 O ESTADO DA ARTE DAS ESPÉCIES ESTUDADAS E SEUS ASPECTOS BIOLÓGICOS.

2.1 Phaethontiformes

Os rabos-de-palha pertencem à recém-estabelecida ordem Phaethontiformes (Gill *et al.* 2009). A família Phaethontidae pertencia anteriormente à ordem Pelecaniformes, mas devido a características únicas foi realocada em uma nova ordem (Christidis & Boles 2008). Esta ordem é composta por um único gênero e três espécies: *Phaethon aethereus*, *P. lepturus* e *P. rubricauda*. No Brasil há ocorrência das três espécies (CBRO 2011), porém apenas *P. aethereus* e *P. lepturus* reproduzem em ilhas brasileiras (Orta 1992).

2.1.1 *Phaethon lepturus*

O rabo-de-palha-de-bico-laranja, *Phaethon lepturus* distribui-se nas regiões tropical e subtropical (Orta 1992). Utiliza-se de áreas oceânicas para alimentação, predando lulas e peixes (Catry *et al.* 2009), e desenvolvimento, formando colônias em ilhas oceânicas durante a reprodução. No Brasil há registro de reprodução desta espécie em apenas duas localidades, no Arquipélago dos Abrolhos, sul da Bahia, onde é considerada rara, e no Arquipélago de Fernando de Noronha, que excluindo o Caribe, é a maior colônia do Oceano Atlântico Sul, onde há registro de aproximadamente 150 pares reproduzindo (Schulz-Neto 2004).

Apesar de não estar listada globalmente como ameaçada (BirdLife International 2012), em muitas localidades sua população está em declínio e sofre com uma série de ameaças (Orta 1992, Lee & Walsh-McGehee 2000, Catry *et al.* 2009). No Brasil, embora seus locais de reprodução estejam em áreas protegidas, a espécie consta na Lista Brasileira de Espécies Ameaçadas (Brasil 2003).

2.1.1.1 Biologia reprodutiva

O rabo-de-palha-de-bico-laranja, *Phaethon lepturus*, reproduz em ilhas oceânicas e utiliza cavidades em penhascos e espaços entre rochas no solo onde colocam apenas um ovo (Orta 1992, Efe 2008). No Brasil há registro de reprodução em Fernando de Noronha, com cerca de 300 indivíduos, e em Abrolhos onde há registro de poucos pares (Schulz-Neto 2004). Em trabalho realizado em colônias em Porto Rico, o tempo de incubação foi de 41 dias em média e o filhote permaneceu entre 71 e 73 dias no ninho (Schaffner 1991).

O sucesso reprodutivo das aves pode ser afetado por diversos fatores, como a taxa de predação (Martin 1995, Stutchbury & Morton 2001), o habitat de nidificação (Martin 1993), o cuidado parental (Martin *et al.* 2000), a disponibilidade de alimento (Lack 1954, Martin 1987) e as variações ambientais (Castillo-Guerrero *et al.* 2011). Dois fatores principais são comumente relatados por influenciar o sucesso reprodutivo de aves marinhas coloniais: escassez de alimentos (Croxall *et al.* 1999, Mavor *et al.* 2003, 2005) e predação (Whittham & Leonard 1999, 2000, Nordström *et al.* 2004).

Diamond (1975) determinou o sucesso reprodutivo de *P. lepturus* no Atol de Aldabra em 50,0% ($n = 14$) entre 1967-1968, e 42,9% ($n = 26$) em 1969. Na ilha de Ascensão, Stonehouse (1962) registrou o sucesso reprodutivo da espécie em 1957-1959 como 30,3% ($n = 821$). Prys-Jones & Peet (1980) verificaram um sucesso de 46% ($n = 39$) no Atol de Aldabra entre 1976-1977. No entanto, na ilha Cousine, Malan *et al.* (2009) observaram um sucesso reprodutivo de 25% ($n = 285$)

Por colocar seus ovos diretamente no chão esta espécie é vulnerável à introdução de espécies exóticas como ratos, gatos e lagartos, que podem predação ovos e filhotes. Além disso, a presença de ratos também pode influenciar na escolha de locais para postura de ovos, diminuindo a quantidade de locais apropriados para a reprodução de *Phaethon* e conseqüentemente no sucesso reprodutivo (Morrel & Aquilani 2000). Schaffner (1991) em trabalho realizado em Porto Rico com *P. lepturus* observou um sucesso reprodutivo de 15% em 1984, o qual relacionou com a presença de ratos

(*Rattus rattus*), no entanto, em 1986 após um programa de controle de ratos o sucesso reprodutivo aumentou para 26%.

Estudos com aves marinhas no Brasil são escassos, quando comparados àqueles realizados com espécies terrestres (Alves *et al.* 1997) e o conhecimento sobre a biologia reprodutiva de espécies tropicais ainda é limitado. Assim, poucos são os estudos que abordam esta espécie no Brasil e, além disso, relatam de maneira superficial a sua biologia (Oren 1982, 1984, Schulz-Neto 1995, 2004, Alves *et al.* 1997, 2004), o que resulta em poucas informações referentes à dinâmica populacional e biologia reprodutiva dessa espécie no Brasil.

2.1.2 *Phaethon aethereus*

O rabo-de-palha-de-bico-vermelho, *Phaethon aethereus*, distribui-se no Oceano Pacífico, Atlântico e no norte do Oceano Índico, nas regiões tropical e subtropical (Orta 1992). Normalmente ocorre em ambiente pelágico e reproduz em ilhas oceânicas pequenas e remotas (Orta 1992). Suas maiores populações estão no Caribe, Golfo da Califórnia e Galápagos (Efe 2008). No Brasil, nidifica em Abrolhos e Fernando de Noronha (Alves *et al.* 2004). Antas (1991) afirma que a maior colônia brasileira localiza-se em Abrolhos e que em Fernando de Noronha é considerada rara. Assim como *P. lepturus*, apesar de não ser listado globalmente como ameaçado (BirdLife International 2012), a espécie consta na Lista Brasileira de Espécies Ameaçadas de Extinção (Brasil 2003).

Phaethon aethereus, é uma espécie oceânica que normalmente busca alimento sozinha ou em pares, captura suas presas lançando-se na água, onde podem atingir de 3 a 4 m de profundidade (Orta 1992). Podem forragear associadas a cardumes de peixes predadores, como atuns e dourados, e grupos de golfinhos (Spear & Ainley 2005), principalmente capturando peixes voadores e lulas (Le Corre 1997, Le Corre *et al.* 2003, Castillo-Guerrero *et al.* 2011). Alguns estudos abrangem informações a respeito da população brasileira (Schulz-Neto 1995, Alves *et al.* 1997, Serrano &

Azevedo-Júnior 2005), no entanto, informações sobre uso de áreas fora da colônia permanecem ausentes.

2.2 Área de forrageamento

As características do ambiente próximo às colônias são fundamentais para a sobrevivência e reprodução das aves marinhas, onde a escassez de alimento pode limitar o sucesso reprodutivo (Schreiber & Kissling 2005, Castillo-Guerrero *et al.* 2011). A destruição ou perturbações antrópicas em ilhas e nas áreas de alimentação das aves marinhas no oceano, afetam diretamente as populações de aves podendo levar ao desaparecimento local ou mesmo à extinção (Yorio *et al.* 2010, Lewison *et al.* 2012).

Desta forma, o conhecimento dos padrões de forrageamento, a localização e utilização das áreas de alimentação e a determinação de áreas com potenciais conflitos no mar, constituem um aporte de informações importantes em termos de zoneamento, manejo e conservação destas aves marinhas (Yorio *et al.* 2010, Thaxter *et al.* 2012, Le Corre *et al.* 2012).

Vários estudos foram realizados buscando conhecer estas áreas de forrageamento, em várias espécies de aves marinhas e utilizando dados coletados usando diferentes métodos. Inicialmente, a bordo de embarcações (Hunt *et al.* 1999) e utilizando rádio telemetria (Anderson & Ricklefs 1987), e recentemente com transmissores por satélite (Hamer *et al.* 2000, Wood *et al.* 2000) e a partir de rastreamento com GPS (Weimerskirch *et al.* 2002, Grémillet *et al.* 2004, Guilford *et al.* 2008). No entanto, estudos em regiões temperadas e polares são numerosos, mas em espécies e oceanos tropicais são raros, e muito recentes (Weimerskirch 2007) e em relação à população de *Phaethon aethereus* que reproduz no Brasil são ausentes.

Neste contexto, o presente estudo abordará aspectos sobre a biologia reprodutiva e tamanho da população brasileira de *P. lepturus*, bem como estratégias e locais de forrageio de *P. aethereus* no sítio reprodutivo mais importante para a espécie no Brasil.

REFERÊNCIAS

- ALVES, V. S. et al. Aves do Arquipélago dos Abrolhos, Bahia, Brasil. **Ararajuba**, v. 5, p. 209-218. 1997.
- _____. et al. Aves marinhas de Abrolhos. In: BRANCO J. O. (Org.). **Aves marinhas e insulares brasileiras**: bioecologia e conservação. Itajaí: UNIVALI, 2004. p. 213-232.
- ANDERSON, D. J.; RICKLEFS, R. E. Radio-tracking masked and blue-footed boobies (*Sula* spp.) in the Galápagos Archipelago. **National Geographic Research**, v. 3, p. 152-163. 1987.
- ANTAS, P.T.Z. Status e conservation of seabirds breeding in Brazilian waters. In: CROXAL, J. P. (Ed.). **Seabird status e conservation**: a supplement. Cambridge, ICBP Technical Publication. 1991. p. 140-158
- BIRDLIFE INTERNATIONAL. *Phaethon aethereus*; *Phaethon lepturus*. In: **IUCN Red List of Threatened Species**. Disponível em: <www.iucnredlist.org>. Acesso em: 2 out. 2012.
- BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. **Instrução normativa MMA de 27 de maio de 2003**. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br>>. Acesso em: 2 out. 2012.
- CASTILLO-GUERRERO, J. A.; GUEVARA-MEDINA, M. A.; MELLINK, E. Breeding ecology of the Red-billed Tropicbird *Phaethon aethereus* under contrasting environmental conditions in the gulf of California. **Ardea**, v. 99, p. 61-71. 2011.
- CATRY, T. et al. Demography and conservation of the White-tailed Tropicbird *Phaethon lepturus* on Aride Island, Western Indian Ocean. **Journal of Ornithology**, v. 150, p. 661-669. 2009.
- CATRY, T et al. Comparative foraging ecology of a tropical Seabird community of the Seychelles, western Indian Ocean. **Marine Ecology Progress Series**, v. 374, p. 259-272. 2009.
- COMITÊ BRASILEIRO DE REGISTROS ORNITOLÓGICOS. **Listas das aves do Brasil**. Disponível em: <<http://www.cbpo.org.br>>. Acesso em: 20 out. 2012.
- CHRISTIDIS, L.; BOLES, W. E. **Systematics and taxonomy of Australian birds**. Collingwood: CSIRO Publishing. 2008.
- CROXALL, J. P.; REID, K.; PRINCE, P. A. Diet, provisioning e productivity responses of marine predators to differences in availability of Antarctic krill. **Marine Ecology Progress Series**, v. 177, p 115-131. 1999.
- DIAMOND, A. W. The biology of tropicbirds at Aldabra Atoll, Indian Ocean. **Auk**, v. 92, p. 16-39. 1975.

- EFE, M. A. *Phaethon aethereus*; *P. lepturus*. In: MACHADO, A. B. M.; DRUMMOND, G. M.; PAGLIA, A. P. (Org.). **Livro vermelho da fauna brasileira ameaçada de extinção**. Brasília, Fundação Biodiversitas, 2008. v. 2, p. 414-417.
- GILL, F.; WRIGHT, M.; DONSKER, D. D. **IOC world bird names**: (version 2.0). 2009.
- GRÉMILLET, D. et al. Offshore diplomacy, or how seabirds mitigate intra-specific competition, a case study based on GPS tracking of Cape gannets from neighboring colonies. **Marine Ecology Progress Series**, v. 268, p. 265-279. 2004.
- GUILFORD, T. C. et al. GPS tracking of the foraging movements of Manx shearwaters *Puffinus puffinus* breeding on Skomer Island, Wales. **Ibis**, v. 150, p. 462-473. 2008.
- HAMER, K. C. et al. Foraging ranges, diets e feeding locations of gannets in the North Sea: evidence from satellite telemetry. **Marine Ecology Progress Series**, v. 200, p. 257-264. 2000.
- HUNT, G. L. et al. Physical processes, prey abundance e the foraging ecology of seabirds. In: INTERNATIONAL ORNITHOLOGICAL CONGRESS, 22nd 1999. Johannesburg. **Proceedings**.... Johannesburg: BirdLife. 1999. p. 2040-2056.
- LACK, D. **The natural regulation of animal numbers**. Oxford: Clarendon Press. 1954.
- LE CORRE, M. Diving depths of two tropical Pelecaniformes: the red-tailed tropicbird and the red-footed booby. **Condor**, v. 99, p. 1004-1007. 1997
- _____. et al. Seasonal e inter-annual variation in the feeding ecology of a tropical oceanic seabird, the red-tailed tropicbird *Phaethon rubricauda*. **Marine Ecology Progress Series**, v. 255, p. 289-301. 2003.
- _____. et al. Tracking seabirds to identify potential Marine Protected Areas in the tropical western Indian Ocean. **Biological Conservation**, v.156, p. 83-93. 2012.
- LEWISON, R. et al. Research priorities for seabirds: improving conservation and management in the 21st century. **Endangered Species Research**, v. 17, p. 93-121. 2012.
- LEE D.S.; WALSH-MCGEHEE, M. Population estimates, conservation concerns, e management of tropicbirds in the Western Atlantic. **Caribbean Journal of Science**, v. 36, p. 267-279. 2000.
- MALAN, G.; HAGENS, D. A.; HAGENS, Q. A. Nesting sucess of White Terns and White-tailed Tropicbirds on Cousine Island, Seychelles. **Ostrich**, v. 80, p. 81-84. 2009.
- MARTIN, T. E. Avian life history evolution in relation to nest sites, nest predation and food. **Ecological Monographs**, v. 65, p. 101-127. 1995.
- _____. Food as a limit on breeding birds: a life history perspective. **Annual Review of Ecology and Systematics**, v. 18, p. 453-487. 1987.

- _____. Nest predation and nest sites. **BioScience**, v. 43, p. 523-532. 1993.
- MARTIN, T. E.; SCOTT, J. E.; MENGE, C. Nest predation increase with parental activity: separating nest site e parental activity effects. **Proceedings of the Royal Society of London Series B**, v. 267, p. 2287-2293. 2000.
- MAVOR, R. A. et al. **Seabird numbers and breeding success in Britain and Ireland, 2002**. Peterborough, Joint Nature Conservation Committee, 2003.
- _____. et al. **Seabird numbers e breeding success in Britain and Ireland, 2004**. Peterborough, Joint Nature Conservation Committee. 2005.
- MORREL, T.E.; AQUILANI, S.M. Nest site characteristics of Red-tailed Tropicbirds on Rose Atoll, American Samoa. **Journal of Field Ornithology**, v. 71, p. 455-459. 2000.
- NORDSTRÖM, M. et al. Reduced nest defense intensity e improved breeding success in terns as responses to removal of non-native American mink. **Behavioral Ecology and Sociobiology**, v. 55, p. 454-460. 2004.
- OREN, D. C. A avifauna do Arquipélago de Fernando de Noronha. **Boletim do Museu Paraense Emilio Goeldi - Nova Série: Zoologia**, v. 118, p. 1-22. 1982.
- _____. Resultados de uma nova expedição zoológica a Fernando de Noronha. **Boletim do Museu Paraense Emilio Goeldi - Nova Série: Zoologia**, v. 1, p. 19-44. 1984.
- ORTA, J. Family Phaethontidae. In: DEL HOYO, J.; ELLITOTT, A.; SARGATAL J. (Ed.). **Handbook of the birds of the world**. Barcelona: Lynx, 1992. v. 1, p. 280-289.
- PRYS-JONES, R. P.; PEET, C. Breeding periodicity, nesting success and nest site selection among Red-tailed Tropicbirds *Phaethon rubricauda* and White-tailed Tropicbirds *P. lepturus* on Aldabra Atoll. **Ibis**, v. 122, p. 76-81. 1980.
- SCHAFFNER, F. C. Nest-site selection e nesting success of white-tailed tropicbirds (*Phaethon lepturus*) at Cayo Luís Peña, Puerto Rico. **Auk**, v. 108, p. 911-922. 1991.
- SCHREIBER, J.; KISSLING, D. W. Factors affecting the breeding success of Arctic terns *Sterna paradisaea* in a colony at Kaldbakstbotnur, Faroe Islands. **Atlantic Seabirds**, v. 7, p. 97-105. 2005.
- SCHULZ NETO, A. **Observação de aves no Parque Nacional Marinho de Fernando de Noronha: guia de campo**. Brasília, DF: IBAMA, 1995.
- _____. Aves insulares do arquipélago de Fernando de Noronha. In: BRANCO J. O. (Org.). **Aves marinhas e insulares brasileiras: bioecologia e conservação**. Itajaí: UNIVALI. p. 147-168, 2004.
- SERRANO, I. L.; AZEVEDO JÚNIOR, S. M. Dietas das aves marinhas no Parque Nacional dos Abrolhos, Bahia, Brasil. **Ornithologia**, v. 1, p. 75-92. 2005.

SPEAR, L. B.; AINLEY, D. G. At-sea behaviour e habitat use by tropicbirds in the eastern Pacific. **Ibis**, v. 147, p. 391-407. 2005.

STONEHOUSE, E. The tropic birds (Genus *Phaethon*) of Ascension Island. **Ibis**, v. 103, p.124-161. 1962.

STUTCHBURY, B. M.; MORTON, E. S. **Behavioral ecology of tropical birds**. San Diego: Academic Press, 2001.

THAXTER, C. B. et al. Seabird foraging ranges as a preliminary tool for identifying candidate Marine Protected Areas. **Biological Conservation**, v. 156, p. 53-61. 2012.

WEIMERSKIRCH, H. Are seabirds foraging for unpredictable resources? **Deep Sea Research Part II: Topical Studies in Oceanography**, v. 54, p. 211-223. 2007.

_____. et al. GPS tracking of foraging albatrosses. **Science**, v. 295, p. 1259. 2002.

WHITTHAM, R. M.; LEONARD, M. L. Characteristics of predators e offspring influence nest defense by Arctic e common terns. **Condor**, v. 102, p. 301-306. 2000.

_____; _____. Predation e breeding success in roseate terns (*Sterna dougallii*). **Canadian Journal of Zoology**, v. 77, p. 851-856. 1999.

WINGATE, D. B.; BARKER, I. K.; KING, N. W. Pox virus infection of the white-tailed tropicbird (*Phaethon lepturus*) in Bermuda. **Journal of Wildlife Diseases**, v. 16, p. 619-622, 1980.

WOOD, A. G. et al. Quantifying habitat use in satellite-tracked pelagic seabirds: application of kernel estimation to albatross locations. **Journal of Avian Biology**, v. 31, p. 278–286. 2000.

YORIO, P. et al. Spatial overlap between foraging seabirds and trawl fisheries: implications for the effectiveness of a marine protected area at Golfo San Jorge, Argentina. **Bird Conservation International**, v. 20, p. 320-334. 2010.

3 BIOLOGIA REPRODUTIVA, ESTIMATIVA POPULACIONAL E CONSERVAÇÃO DE *PHAETHON LEPTURUS* (DAUDIN, 1802) NO BRASIL *

3.1 Introdução

Rabos-de-palha são aves marinhas de médio porte, distribuídos em regiões tropicais e subtropicais, que apresentam hábito pelágico e reproduzem em ilhas oceânicas (Orta 1992). Pertencem à ordem Phaethontiformes, representada unicamente pelo gênero *Phaethon*, que atualmente é composto por três espécies, *Phaethon aethereus*, *P. lepturus* e *P. rubricauda* (Orta 1992). No Brasil, há registro das três espécies, porém, apenas *P. aethereus* e *P. lepturus* reproduzem em ilhas brasileiras (Couto *et al.* 2001, CBRO 2011).

Segundo Croxall *et al.* (2012), as aves marinhas são o grupo de aves em pior situação de conservação, o que é mais pronunciado em espécies pelágicas. Cerca de 98% das aves marinhas formam colônias durante o período reprodutivo e muitas dessas reproduzem em ilhas, confinando uma grande parte de sua população em pequenas áreas (Hamer *et al.* 2001). Além disso, aves oceânicas apresentam dificuldades de mobilidade em terra, e muitas evoluíram em ilhas remotas, livre de predadores terrestres e patógenos (Ricklefs 1996, Jones *et al.* 2008). Dessa forma, a reprodução se caracteriza como o período mais crítico e de maior vulnerabilidade no ciclo de vida das aves marinhas.

O período reprodutivo, a frequência de reprodução, a escolha do sítio reprodutivo e da localização do ninho são influenciados pelo clima, disponibilidade de alimento, idade, incidência de luz e outros fatores bióticos e abióticos (Hamer *et al.* 2001). Em relação aos fatores que interferem no sucesso reprodutivo de aves marinhas coloniais, escassez de alimentos (Mavor *et al.* 2003, 2005) e predação (Whittham & Leonard 2000, Nordström *et al.* 2004), são os principais.

*Nota: Artigo com co-autoria a ser publicado em periódico internacional

Em populações de *P. lepturus* a predação por espécies exóticas (ratos) e espécies nativas (caranguejos) é citada como a principal causa da mortalidade durante a reprodução (Diamond 1975, Phillips 1987, Schaffner 1991).

No Brasil, *P. lepturus* reproduz em dois arquipélagos, Arquipélago de Fernando de Noronha que ostenta a maior colônia do Oceano Atlântico Sul, excetuando-se o Caribe, e Arquipélago dos Abrolhos onde é rara (Schulz-Neto 2004). Apesar de *P. lepturus* não estar globalmente ameaçada de extinção, devido a sua ampla distribuição e grande tamanho populacional (BirdLife International 2012), em muitos locais apresenta declínio populacional e sofre uma série de ameaças (Orta 1992, Lee & Walsh-McGehee 2000). No Brasil, seus locais de reprodução estão protegidos por Unidades de Conservação (UC's), mas o pequeno tamanho populacional a coloca na Lista Vermelha de Espécies Ameaçadas do Brasil (Brasil 2003).

Ações visando à conservação dependem de informações básicas da biologia das espécies, que possibilitem a identificação de possíveis riscos de extinção e o desenvolvimento de estratégias de manejo efetivas (O'Grady *et al.* 2004). Globalmente, o monitoramento de populações de aves marinhas bem como a obtenção de informações sobre a história natural, sucesso reprodutivo e dinâmicas populacionais são cruciais para a verificação da viabilidade das populações e representam uma importante ferramenta no estudo acerca da biologia evolutiva, com implicações na conservação (Weimerskirch 2001).

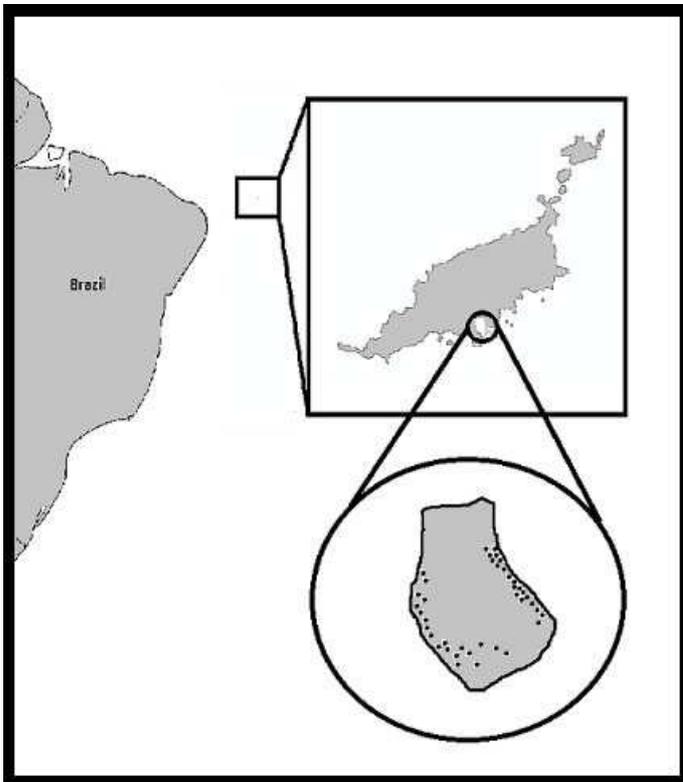
Além disso, estudos abordando aves marinhas no Brasil são escassos comparados àqueles relativos a espécies terrestres (Alves *et al.* 1997) e o conhecimento da biologia reprodutiva de muitas dessas espécies permanece limitado. Embora alguns estudos tenham abordado *P. lepturus* no Brasil (Oren 1982, 1984, Schulz-Neto 1995, 2004, Alves *et al.* 1997, 2004), informações sobre sua dinâmica populacional e biologia reprodutiva são escassos. Assim, esse estudo apresenta dados de dinâmica e tamanho populacional e discute a conservação da espécie no Brasil.

3.2 Métodos

Área de estudo

O Arquipélago de Fernando de Noronha tem origem vulcânica e localiza-se entre as coordenadas 3°54' S e 32°25' W, distante cerca de 400 km da costa brasileira (Fig. 1). É composto por 21 ilhas e ilhotas, ocupando uma área de 26 km² (IBAMA 1990). A temperatura média anual é de 27°C e precipitação anual de cerca de 1400 mm. A temperatura média da superfície do mar fica entre 28°C e 30°C e a salinidade entre 35,0 e 37,0‰ (Macedo *et al.* 1998). O clima é tropical com duas estações distintas: período chuvoso, de janeiro a agosto e período seco no resto do ano. O arquipélago recebe de forma intensa e constante os ventos alísios de sudeste (Batistella 1996).

Figura 1 - Imagem representando a área de estudo com o Arquipélago de Fernando de Noronha e a Ilha do Chapéu em destaque com os pontos pretos representando a localização dos ninhos de *Phaethon lepturus* monitorados em 2011-2012.



Fonte: Autor, 2013

Coleta de dados

De agosto de 2011 a janeiro de 2012, monitoramos a reprodução de *P. lepturus* em Fernando de Noronha. Para esta atividade selecionamos a ilha do Chapéu (Fig. 1), localizada na face sul da ilha principal, por apresentar facilidade de acesso e a maior concentração de ninhos. Os ninhos foram identificados, geo-referenciados e revisados semanalmente para verificação do conteúdo. Adultos, filhotes e ovos foram medidos utilizando paquímetro (com precisão de 0,01 mm) e tiveram a massa verificada com dinamômetro Pesola[®] (com precisão de 5 g). Amostras de sangue dos adultos foram coletadas e armazenadas em cartão FTA para a determinação molecular do sexo. Todos os adultos e filhotes jovens receberam anilhas metálicas do CEMAVE/ICMBio, para identificação individual.

As estimativas populacionais foram obtidas através da procura por ninhos na ilha principal e na ilha do Chapéu em 2010 e 2011 e censo realizado a bordo de embarcações, próximo às ilhas do Arquipélago de Fernando de Noronha em 2010. Além disso, dados obtidos em expedições realizadas ao Arquipélago de Fernando de Noronha entre novembro e dezembro de 2012 e ao Arquipélago dos Abrolhos em agosto, setembro e novembro de 2011 e em abril, junho e julho de 2012, também são apresentados.

Análises

O sucesso reprodutivo foi calculado com o método de estimativa tradicional e também utilizando o método descrito por Mayfield (1975). O método tradicional leva em consideração o número de ovos que eclodiram dividido pelo número de ovos postos, para calcular o sucesso de eclosão e número de filhotes que deixaram o ninho dividido pelo número de ovos que eclodiram, para calcular o sucesso de filhote.

Utilizando o método de Mayfield (Mayfield 1975) é possível calcular a probabilidade de sobrevivência para os diferentes estágios de reprodução (ovo e

filhote). O sucesso reprodutivo para todo o período reprodutivo, utilizando os dois métodos, foi obtido multiplicando o resultado das estimativas dos dois períodos (sucesso de eclosão X sucesso de filhote). Para a estimativa de Mayfield, em eventos como postura de ovos, eclosão, abandono do ninho (para filhotes) e predação, que ocorreram entre duas visitas consecutivas, assumimos o dia localizado na metade do intervalo como o dia em que o evento ocorreu. Como tempo médio de incubação e de permanência do filhote no ninho assumimos 41 e 71 dias (Schaffner 1991), respectivamente. Ninhos onde o ovo não foi incubado ou excedeu o tempo máximo de incubação (43 dias), foram registrados como abandonados. Ninhos onde o ovo ou o filhote desapareceram sem deixar vestígios, ou antes, do tempo mínimo de eclosão ou recrutamento (40 e 65 dias, respectivamente, Schaffner 1991) foram considerados predados.

A curva de crescimento dos filhotes foi construída utilizando os valores médios de comprimento do bico, tarso, corda da asa e massa de filhotes com diferentes idades. Através da recaptura de aves anilhadas obtivemos informações referentes à fidelidade de ninho, fidelidade ao parceiro e idade das aves reprodutoras. A tabela de vida dos 17 filhotes acompanhados desde o nascimento foi construída utilizando os métodos descritos por Brower e Zar (1998) e Krebs (1998).

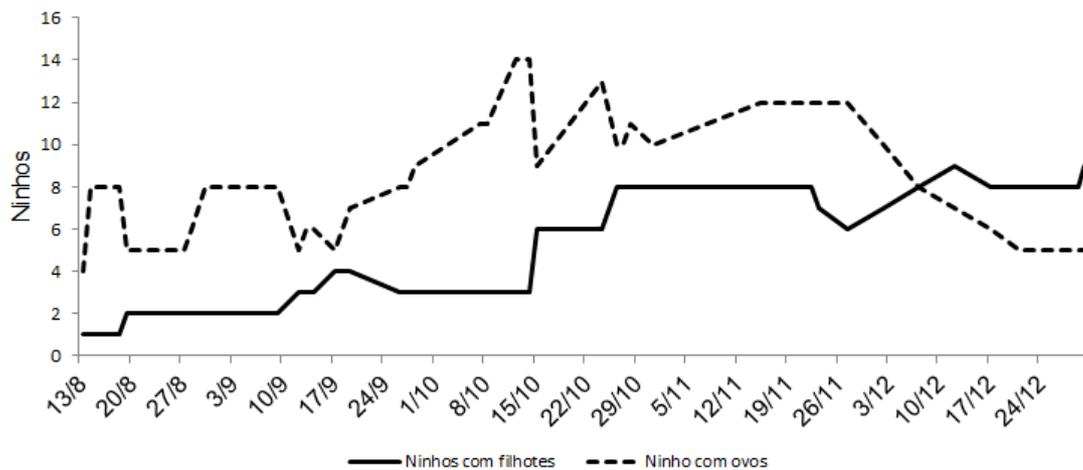
3.3 Resultados

Biologia reprodutiva

Os ninhos na ilha principal e na maioria das ilhas adjacentes de Fernando de Noronha foram encontrados em buracos e escarpas, existentes em paredões rochosos. No entanto, na ilha do Chapéu as aves utilizaram como ninho estruturas de rocha no solo (semelhantes a pequenos vulcões), colocando seu ovo diretamente no fundo destes, expondo-os a intempéries e a predadores. No Arquipélago dos Abrolhos, os ninhos foram encontrados em espaços entre rochas. Nas duas áreas os ovos eram brancos e apresentaram $54,4 \pm 2,1$ mm de comprimento, $38,1 \pm 1,9$ mm de largura e $41,2 \pm 4,5$ g de massa ($n = 43$). A reprodução mostrou-se assincrônica, com ovos e

filhotes presentes nos ninhos durante todo o período de estudo (Fig. 2). Na ilha do Chapéu, apenas um evento de predação, de um filhote de 34 dias de vida por caranguejo (*Gecarcinus lagostoma*), foi flagrado. No entanto, devido às características dos ninhos que impedem que os ovos ou os filhotes se desloquem ou sejam deslocados, ninhos onde o tempo mínimo de eclosão (ovo) ou recrutamento (filhote) não foram atingidos e o conteúdo desapareceu sem deixar vestígios, foram considerados predados. Fezes do lagarto teiú (*Tupinambis merianae*), também foram encontradas na ilha do Chapéu.

Figura 2. Variação no número de ovos e filhotes durante a reprodução de agosto a dezembro de 2011 de *Phaethon lepturus* na ilha do Chapéu em Fernando de Noronha.



Fonte: Autor, 2013

No Arquipélago de Fernando de Noronha 35 ninhos foram monitorados. Destes, sete foram ocupados mais de uma vez, totalizando 42 ninhos para efeito dos cálculos de sucesso reprodutivo. O sucesso de eclosão, calculado utilizando o método tradicional, foi de 40,5% e o sucesso de filhote de 35,3%. Considerando todo período reprodutivo, o sucesso foi de 14,3%, onde 50,0% dos ninhos foram predados no estágio de ovo, 9,5% foram abandonados no estágio de ovo e 26,2% foram predados no estágio de filhote.

Utilizando o método de Mayfield, a probabilidade de sobrevivência durante o período de incubação foi de 36,8% e durante o período de filhote de 34,0%. A probabilidade de sobrevivência desde a postura até o filhote abandonar o ninho foi de 12,5%. O período de incubação, baseado em três ovos com data de postura conhecida, foi de 42 dias. Um único filhote, com data de eclosão e abandono do ninho conhecida, permaneceu 71 dias no ninho.

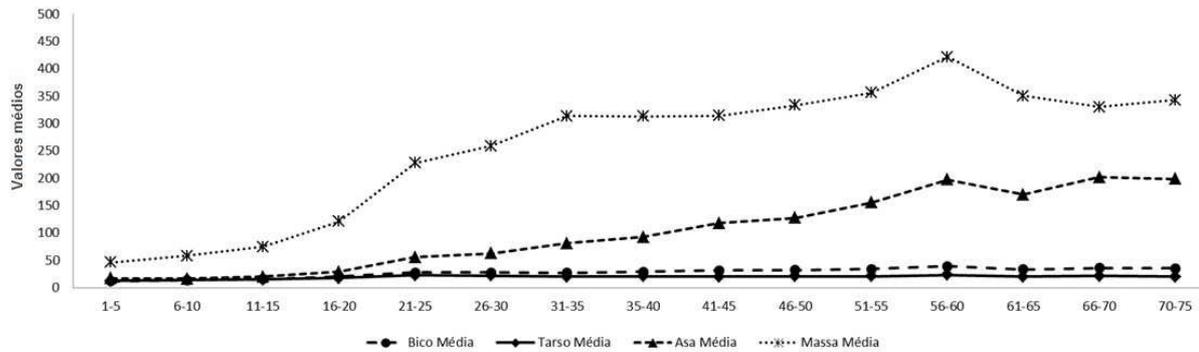
A tabela de vida mostra que nos intervalos de idade de 0-5 e 6-10 dias de vida, os filhotes têm grandes chances de sobreviverem (93,8-100%) e que o período mais crítico ($q_x = 0,273$) está entre 31 e 35 dias (Tabela 1). A curva de crescimento dos filhotes mostra uma rápida estabilização do tarso e do bico, um rápido crescimento da asa e acentuado crescimento da massa, após a quarta semana de vida (Fig. 3). Os valores médios, o desvio padrão e o número de indivíduos medidos em cada intervalo de idade são apresentados na tabela 2.

Tabela 1. Tabela de vida de filhotes de *Phaethon lepturus*, nascidos no ano de 2011, em Fernando de Noronha, Brasil. n_x = Número de sobreviventes no dia x ; l_x = Proporção de sobreviventes na classe de idade x ; d_x = Número de mortos entre x e $x+1$; q_x = Probabilidade de morrer entre x e $x+1$; s_x = Probabilidade de sobreviver entre x e $x+1$.

Intervalo de idade	n_x	l_x	d_x	q_x	s_x
0-5 dias	16	1,000	1	0,063	0,94
6-10 dias	15	0,938	0	0,000	1,00
11-14 dias	15	0,938	1	0,067	0,93
15-20 dias	14	0,875	1	0,071	0,93
21-25 dias	13	0,813	2	0,154	0,85
25-30 dias	11	0,688	0	0,000	1,00
31-35 dias	11	0,688	3	0,273	0,73
36-40 dias	8	0,500	0	0,000	1,00
41-45 dias	8	0,500	1	0,125	0,88
46-50 dias	7	0,438	0	0,000	1,00
51 -55 dias	7	0,438	0	0,000	1,00
56-60 dias	7	0,438	1	0,143	0,86
61-65 dias	6	0,375	3	0,500	0,50
66-70 dias	3	0,188	3	1,000	0,00
> 71 dias	0	0,000	0		

Fonte: Autor, 2013.

Figura 3. Curva de crescimento dos filhotes de *Phaethon lepturus* na estação reprodutiva de 2011, Arquipélago de Fernando de Noronha, Brasil.



Fonte: Autor, 2013.

Tabela 2 - Valores médios e desvio padrão das medidas biométricas dos filhotes de *Phaethon lepturus*, em diferentes intervalos de idade amostrados, na estação reprodutiva de 2011 no Arquipélago de Fernando de Noronha, Brasil.

Intervalo de idade	Bico (mm)		Tarso (mm)		Asa (mm)		Massa (g)	
	Média	D.P	Média	D.P	Média	D.P	Média	D.P
1-5 (n = 7)	12,03	0,92	12,73	1,44	16,67	2,63	46,29	13,23
6-10 (n = 6)	13,48	1,57	14,08	1,10	16,28	2,57	58,00	11,85
11-15 (n = 10)	15,34	1,80	14,87	1,68	20,23	2,49	74,57	24,64
16-20 (n = 12)	20,60	2,77	17,84	2,57	29,04	8,09	120,86	40,95
21-25 (n = 8)	27,79	4,28	22,34	2,39	55,53	18,06	227,86	57,08
26-30 (n = 8)	27,64	3,43	21,94	1,65	62,81	18,17	259,00	45,59
31-35 (n = 5)	27,34	10,86	19,91	8,22	81,19	34,17	313,93	134,38
35-40 (n = 2)	29,22	8,91	20,45	5,67	92,73	35,39	313,22	103,44
41-45 (n = 4)	31,27	10,53	20,37	6,76	117,69	42,74	314,61	110,15
46-50 (n = 4)	32,07	10,05	21,02	6,61	127,40	39,92	333,79	106,08
51-55 (n = 5)	33,82	10,81	20,98	6,49	155,49	53,44	356,18	125,20
56-60 (n = 6)	39,03	2,27	23,32	0,98	197,17	17,27	421,67	54,93
61-65 (n = 4)	33,22	13,97	20,12	8,62	170,24	69,77	350,77	134,10
66-70 (n = 5)	35,98	10,19	21,35	5,79	201,63	61,27	330,18	100,59
70-75 (n = 2)	35,51	11,53	20,26	6,53	198,48	63,84	342,96	113,88

Fonte: Autor, 2013.

Entre novembro e dezembro de 2012, dos 35 ninhos monitorados em Fernando de Noronha no ano anterior, 14 encontravam-se ativos (com ovo ou filhote). Além destes, foram registrados mais 11 novos ninhos ativos. No Arquipélago dos Abrolhos, três adultos e dois filhotes foram capturados em três ninhos, em 2011. Em 2012, dois

adultos e dois filhotes foram capturados e um adulto foi recapturado, totalizando dois ninhos ativos (com filhote).

No Arquipélago de Fernando de Noronha em 2011, 10 indivíduos foram recapturados com anilhas, cinco machos e cinco fêmeas. Desses, um macho e uma fêmea haviam sido marcados em 2009 quando ainda eram filhotes, portanto, estavam reproduzindo com dois anos de idade. As outras oito aves recapturadas foram marcadas adultas em 2009 ($n = 4$), em 2010 ($n = 2$) e em 2011 ($n = 2$). Todas as recapturas ocorreram no mesmo local em que as aves foram marcadas, demonstrando alta fidelidade ao sítio reprodutivo.

Na expedição realizada ao Arquipélago de Fernando de Noronha entre novembro e dezembro de 2012, seis indivíduos foram recapturados. Desses, cinco haviam sido marcados em 2011 quando estavam reproduzindo, e um foi marcado em 2009 quando era filhote. Dos cinco indivíduos anilhados em 2011, quatro estavam no mesmo ninho. No Arquipélago dos Abrolhos, um indivíduo adulto anilhado em 2011 foi recapturado em 2012 no mesmo ninho e nos dois anos obteve sucesso reprodutivo.

Estimativa populacional

Baseado no número de ninhos encontrados, a população de *P. lepturus* em Fernando de Noronha foi estimada em 174 adultos em 2010 e 128 adultos em 2011. Através do censo, 173 indivíduos foram registrados em Fernando de Noronha, em 2010. Em Abrolhos, foram registrados seis adultos entre 2011 e 2012.

3.4 Discussão

Frequentemente *Phaethon* spp. utilizam como ninho, espaços entre rochas, pequenas cavernas e cavidades protegidas de predadores e intempéries (Stonehouse 1962, Phillips 1987, Orta 1992), como observado para *P. lepturus* na maioria das ilhas em Fernando de Noronha e em Abrolhos. No entanto, a estrutura de rocha no solo (semelhante a um pequeno vulcão) utilizada como ninho na maior colônia conhecida em

Fernando de Noronha (Ilha do Chapéu), parece ser inédita para a espécie e pode afetar a sobrevivência da prole.

As medidas dos ovos em nosso estudo coincidiram com as descritas para as populações de Ascensão (Stonehouse 1962) e Atol de Aldabra (Diamond 1975). Assim como a reprodução assincrônica, que já havia sido descrita para *P. lepturus* no Brasil (Schulz-Neto 2004) e para outros locais onde a espécie reproduz (Prys-Jones & Peet 1980, Le Corre 2001). Esse comportamento é característico de espécies que reproduzem em ambientes tropicais e geralmente está relacionado com a distribuição não-sazonal de recursos (Shealer 2001).

Utilizando o método tradicional, o sucesso de eclosão encontrado em nosso estudo (40,5%, $n = 42$) foi menor que o verificado em Porto Rico (42,0-55,9%, $n = 69-34$) por Schaffner (1991), na Ilha de Ascensão (48,1%, $n = 821$) por Stonehouse (1962) e na Ilha Cousine (61,2%, $n = 273$) por Phillips (1987). Da mesma forma, o sucesso de filhote (35,3%) em Fernando de Noronha foi menor que os 79,0% ($n = 26$) encontrados em Porto Rico (Schaffner 1991), os 63,0% ($n = 395$) na ilha de Ascensão (Stonehouse 1962) e os 58,8% ($n = 167$) na Ilha Cousine (Phillips 1987). Assim como, a probabilidade de sobrevivência para todo período reprodutivo (12,5%), quando comparamos com os valores encontrados em Porto Rico (mín. 15,34% e máx. 26,48%) (Schaffner 1991).

Estudos mostram que o sucesso reprodutivo de aves marinhas coloniais é influenciado principalmente por variações climáticas (Ancona *et al.* 2011), disponibilidade de alimento (Hamer *et al.* 1993, Dearborn *et al.* 2001), introdução de espécies exóticas (Russel & Le Corre 2009) e competição intrespecífica (Coulson 2001, Dobson & Madeiros 2010). Em Porto Rico, o sucesso reprodutivo de *P. lepturus* foi influenciado principalmente pelo abandono dos ninhos, pelos combates intraespecíficos e pela predação por ratos (*Rattus rattus*) e caranguejos (*Gecarcinus* spp.) (Schaffner 1991). Em Ascensão, as falhas na reprodução foram causadas principalmente por interferências de outras espécies de aves, em busca de locais para reprodução (Stonehouse 1962). Já na ilha Cousine, a exposição ao sol, os combates

intraespecíficos e a predação por caranguejo (*Ocypode* spp.), são apontados como as principais causas do insucesso na reprodução dessa espécie (Phillips 1987).

No entanto, em Fernando de Noronha a maior probabilidade de o filhote morrer, foi verificada após o primeiro mês de vida. Diferente do relatado para as populações de *P. lepturus* de Porto Rico (Schaffner 1991), da Ilha de Ascensão (Stonehouse 1962) e da Ilha Cousine (Phillips 1987), onde a maioria dos filhotes morreu nas duas primeiras semanas de vida. Desta forma, em Fernando de Noronha a alta probabilidade de sobrevivência nos primeiros 10 dias de vida e os baixos valores de abandono de ovos (9,5%), parecem estar relacionados com a eficiência dos adultos no processo de incubação e com o cuidado parental nos estágios iniciais do filhote. No entanto, o período após o primeiro mês de vida do filhote mostrou ser um período crítico na reprodução, com uma alta probabilidade do filhote morrer ($q_x = 0,273$) com 31-35 dias de vida. Justamente o período em que flagramos um filhote sendo predado por caranguejo (*G. lagostoma*).

Diamond (1975) verificou que a presença dos adultos no ninho é mais intensa durante o primeiro mês de vida do filhote. Após esse período, o adulto permanece no ninho durante pouco tempo, investindo a maior parte de seu tempo na captura de alimento (Sommerfeld & Hennicke 2010) e deixando seu filhote vulnerável a ameaças. Portanto, acreditamos que o aumento do período de ausência dos adultos no ninho durante as idades mais avançadas do filhote, resulta em uma maior exposição às intempéries e uma maior vulnerabilidade dos ninhos a predação pelo caranguejo, causando um baixo sucesso reprodutivo.

Em relação à idade da primeira reprodução de *P. lepturus*, Orta (1992) menciona que a maturidade sexual do gênero *Phaethon* é desconhecida, mas que estes adquirem características de adulto entre dois e três anos de idade. Doherty *et al.* (2004) no entanto, encontraram uma probabilidade muito baixa ($< 0,03$) da primeira reprodução de *P. rubricauda* ocorrer com um ou dois anos de idade, aumentando com três e quatro anos (0,25-0,46). Para *P. lepturus* há registro de indivíduos reproduzindo com cinco e seis anos de idade (Harris 1979). Portanto, os indivíduos recapturados durante a

reprodução, com dois anos de idade em nosso estudo, fornecem evidências de que esta espécie no Brasil começa a reprodução pelo menos no segundo ano de vida e pode refletir o padrão geral para a espécie.

As recapturas também evidenciaram forte filopatria e fidelidade ao ninho. Tanto em Fernando de Noronha, quanto em Abrolhos, todas as recapturas ocorreram no mesmo local de anilhamento e cinco indivíduos, foram encontrados nos mesmos ninhos em dois anos consecutivos. A filopatria é descrita para muitas aves marinhas, principalmente em aves de vida longa e monogâmicas (Warham 1990, Stenhouse & Robertson 2005; Weimerskirch *et al.* 2005) como *P. lepturus*. Além disso, o sucesso reprodutivo no ano anterior (Orta 1992), a oferta de alimento e a ausência de ilhas próximas com locais adequados para reprodução (Coulson 2001) podem reforçar esse comportamento.

A estimativa populacional demonstra que a população de *P. lepturus* no Brasil, permanece aparentemente estável, como sugerido anteriormente por Schulz-Neto (2004). No entanto, é necessário o desenvolvimento de um programa de monitoramento de longo prazo, para promover censos periódicos e padronizados, levando em conta a dificuldade de acesso às colônias e visualização de ninhos.

Implicações para a conservação

O rabo-de-palha-de-bico-laranja, *P. lepturus* é considerado vulnerável nacionalmente (Brasil 2003), teve baixo sucesso reprodutivo registrado e sua reprodução é restrita a poucas ilhas, com um pequeno número de indivíduos, o que torna necessário o desenvolvimento de estratégias visando à conservação dessa população.

O caranguejo *Gecarcinus lagostoma* está ameaçado no Brasil (Brasil 2003, Coelho & Melo 2008), portanto as estratégias de conservação desenvolvidas para *P. lepturus* não devem afetar drasticamente o tamanho populacional deste caranguejo. Por outro lado, o lagarto teiú, *T. meriamea* é uma espécie introduzida que teve sua presença registrada e pode representar uma grande ameaça para a espécie em Fernando de

Noronha, principalmente na ilha do Chapéu onde deposita seus ovos no solo. Portanto, sugere-se medidas imediatas de comprovação de predação e posterior erradicação do lagarto teiú da Ilha do Chapéu, a fim de possibilitar o aumento no sucesso reprodutivo da população de *P. lepturus*.

Da mesma forma a presença de outras espécies exóticas (*Rattus ratus*, *R. norvegicus*, *Felis catus*), conhecidos predadores de ovos e filhotes, também ameaçam os ninhos na ilha principal, onde a espécie já foi considerada comum (Oren 1984) e atualmente sua reprodução se restringe a poucos ninhos. Assim, estes também merecem iniciativas de pesquisa e manejo para controle e erradicação em todo arquipélago de Fernando de Noronha.

REFERÊNCIAS

- AGUILAR, T. M.; LEITE, L. O.; MARINI, M. A. Biologia da nidificação de *Lathrotriccus euleri* (Cabanis, 1968) (Tyrannidae) em fragmento de mata em Minas Gerais. **Ararajuba**, v. 7, p. 125-133. 1999.
- ALVES, V. S. et al. Aves do Arquipélago dos Abrolhos, Bahia, Brasil. **Ararajuba**, v. 5, p. 209-218. 1997.
- _____. et al. Aves marinhas de Abrolhos. In: BRANCO J. O. (Org.). **Aves marinhas e insulares brasileiras: bioecologia e conservação**. Itajaí: UNIVALI, 2004. p. 213-232.
- ANCONA, S. et al. El Niño in the warm tropics: local sea temperature predicts breeding parameters and growth of blue-footed boobies. **Journal of Animal Ecology**, v. 80, p. 799-808. 2011.
- BATISTELLA, M. Espécies vegetais dominantes do Arquipélago de Fernando de Noronha: grupos ecológicos e repartição espacial. **Acta Botanica Brasilica**, v. 10, p. 223-235. 1996.
- BIRDLIFE INTERNATIONAL. *Phaethon aethereus*; *Phaethon lepturus*. In: **IUCN Red List of Threatened Species**. Disponível em: <www.iucnredlist.org>. Acesso em: 2 out. 2012.
- BROWER, J. E.; ZAR, J. H. **Field and laboratory methods for general ecology**. Iowa, HMC Company. 1998.

COMITÊ BRASILEIRO DE REGISTROS ORNITOLÓGICOS. **Listas das aves do Brasil**. Disponível em: <<http://www.cbro.org.br>>. Acesso em: 20 out. 2012.

COELHO, P. A.; MELO, G. A. S. *Gecarcinus lagostoma*. In: MACHADO, A. B. M.; DRUMMOND, G. M.; PAGLIA, A. P. (Org.). **Livro vermelho da fauna brasileira ameaçada de extinção**. Brasília, Fundação Biodiversitas. 2008. V.II., p. 274-275.

COULSON, J. C. Colonial breeding in seabirds. In: SCHREIBER, E. A.; BURGER, J. (Eds). **Biology of Marine Birds**. Boca Raton, CRC Press. 2001. p. 87–113.

COUTO, G. S.; INTERAMINENSE, L. J. L.; MORETTE, M. E. Primeiro registro de *Phaethon rubricauda* Boddaert, 1783 para o Brasil. **Nattereria**, v. 2, p. 24-25. 2001.

CROXALL, J. P. et al. Seabird conservation status, threats and priority actions: a global assessment. **Bird Conservation International**, v. 22, p. 1–34. 2012.

DEARBORN, D. C.; ANDERS, A. D.; FLINT, E. N. Trends in reproductive success of Hawaiian seabirds: is guild membership a good criterion for choosing indicator species? **Biological Conservation**, v. 101, p. 97-193. 2001.

DIAMOND, A. W. The biology of tropicbirds at Aldabra Atoll, Indian Ocean. **Auk**, v. 92, p. 16-39. 1975.

DOBSON, A. F.; MADEIROS, J. Threats facing Bermuda's breeding seabirds: measures to assist future breeding success. **Proceedings of the Fourth International Partners in Flight Conference: Tundra to Tropics**, p. 223–226. 2010.

DOHERTY, P. F. et al. Testing life history predictions in a long-lived seabird: a population matrix approach with improved parameter estimation. **Oikos**, v. 105, p. 606-618. 2004.

EFE, M. A. *Phaethon aethereus*; *P. lepturus*. In: MACHADO, A. B. M.; DRUMMOND, G. M.; PAGLIA, A. P. (Org.). **Livro vermelho da fauna brasileira ameaçada de extinção**. V.II. Brasília, Fundação Biodiversitas. 2008. p. 414-417.

HAMER, K. C. et al. 1993. The influence of food supply on the breeding ecology of kittiwakes *Rissa tridactyla* in Shetland. **Ibis**, v. 13, p. 255-263.

_____; SCHREIBER, E. A.; BURGUER, J. Breeding biology, life histories, and life history-environment interactions in seabirds. In: SCHREIBER, E. A.; BURGER, J. (Ed.). **Biology of marine birds**. Boca Raton, CRC Press. 2001. p. 217-261.

HARRIS, M. P. Survival and ages of first breeding of Galápagos seabirds. **Bird-Banding**, v. 50, p. 56-61. 1979.

IBAMA. **Plano de Manejo do Parque Nacional Marinho de Fernando de Noronha**. Brasília, IBAMA/FUNATURA. 1990.

- JONES, H. P. et al. Severity of the effects of invasive rats on seabirds: a global review. **Conservation Biology**, v. 22, p. 16-26. 2008.
- KREBS, C. J. **Ecological methodology**. Menlo Park, Addison Welsey Educational, 1999. 620 p.
- LE CORRE, M. Breeding seasons of seabirds at Europa Island (southern Mozambique Channel) in relation to seasonal changes in the marine environment **Journal of Zoology**, v. 254, p. 239-249. 2001.
- LEE, D. S.; WALSH-MCGEHEE, M. Population estimates, conservation concerns, e management of tropicbirds in the Western Atlantic. **Caribbean Journal of Science**, v. 36, p. 267-279. 2000.
- MACEDO, S. J. et al. **REVIZEE. Programa de Avaliação do Potencial Sustentável dos Recursos Vivos da Zona Econômica Exclusiva, SCORE/NE**. Relatório da Oceanografia Química. Recife, UFPE. 37p. 1998.
- MAYFIELD, H. F. Suggestions for calculating nest success. **Wilson Bulletin**, v. 87, p. 456-466. 1975.
- BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. **Instrução normativa MMA de 27 de maio de 2003**. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br>>. Acesso em: 2 out. 2012.
- OLMOS, F. Aves ameaçadas, prioridades e políticas de conservação no Brasil. **Natureza & Conservação**, v. 3, p. 21-42. 2005.
- O'GRADY, J. J. et al. 2004. What are the best correlates of predicted extinction risk? **Biological Conservation**, v. 118, p. 513-520.
- OREN, D. C. A avifauna do Arquipélago de Fernando de Noronha. **Boletim do Museu Paraense Emilio Goeldi - Nova Série: Zoologia**, v. 118, p. 1-22. 1982.
- _____. Resultados de uma nova expedição zoológica a Fernando de Noronha. **Boletim do Museu Paraense Emilio Goeldi - Nova Série: Zoologia**, v. 1, p. 19-44. 1984.
- ORTA, J. Family Phaethontidae. In: DEL HOYO, J.; ELLITOTT, A.; SARGATAL J. (Ed.). **Handbook of the birds of the world**. Barcelona, Lynx. 1992. v. I. p. 280-289.
- PRYS-JONES, R. P.; PEET, C. Breeding periodicity, nesting success and nest site selection among Red-tailed Tropicbirds *Phaethon rubricauda* and White-tailed Tropicbirds *P. lepturus* on Aldabra Atoll. **Ibis**, v. 122, p. 76-81. 1980.
- RICKLEFS, R. E. **A economia da natureza**. Rio de Janeiro, Guanabara Koogan. 1996.
- _____. BLOOM, G. Components of avian breeding productivity. **Auk**, v. 94, p. 86-96. 1977.

- RUSSELL, J. C.; LE CORRE, M. Introduced mammal impacts on seabirds in the Îles Éparses, Western Indian Ocean. **Marine Ornithology**, v. 37, p. 121-129. 2009.
- SAETHER, B. E.; BAKKE, O. Avian life history variation and contribution of demographic traits to the population growth rate. **Ecology**, v. 81, p. 642-653. 2000.
- SCHAFFNER, F. C. Nest-site selection e nesting success of white-tailed tropicbirds (*Phaethon lepturus*) at Cayo Luís Peña, Puerto Rico. **Auk**, v. 108, p. 911-922. 1991.
- SCHULZ NETO, A. **Observação de aves no Parque Nacional Marinho de Fernando de Noronha: guia de campo**. Brasília, IBAMA. 1995.
- _____. Aves insulares do arquipélago de Fernando de Noronha. In: BRANCO J. O. (Org.). **Aves marinhas e insulares brasileiras: bioecologia e conservação**. Itajaí, UNIVALI. p.147-168. 2004.
- SHEALER, D. Foraging behavior and food of seabirds. In: SCHREIBER, E. A.; BURGER, J. (Ed.). **Biology of marine birds**. Boca Raton, CRC Press. 2001. p137-177.
- SKUTCH, A. F. A breeding bird census and nesting success in Central America. **Ibis**, v. 108, p. 1-16. 1966.
- SOMMERFELD, J.; HENNICKE, J. Comparison of trip duration, activity pattern and diving behaviour by red-tailed tropicbirds (*Phaethon rubricauda*) during incubation and chick-rearing. **Emu**, v. 110, p. 78-86. 2010.
- STENHOUSE, I. J.; ROBERTSON, G. J. Philopatry, site tenacity, mate fidelity, and adult survival in Sabine's gulls. **Condor**, v. 107, p. 416-423. 2005.
- STONEHOUSE, E. The tropic birds (Genus *Phaethon*) of Ascension Island. **Ibis**, v. 103, p. 124-161. 1962.
- WARHAM, J. **The petrels: their ecology and breeding systems**. Londres, Academic Press. 1990.
- WEIMERSKIRCH, H. Seabird demography and its relationship with the marine environment. In: E. A. SCHREIBER; BURGER J. (Ed.). **Biology of marine birds**. Boca Raton, CRC Press. 2001. p.113-132.
- _____.; LALLEMAND, J.; MARTIN, J. Population sex ratio variation in a monogamous long-lived bird, the wandering albatross. **Journal of Animal Ecology**, v. 74, p. 285-291, 2005.

4 FORAGING STRATEGIES OF RED-BILLED TROPICBIRDS IN BRAZIL.**

4.1 Introduction

In the last decades it has become increasingly evident that the oceans are experiencing changes that directly influence the organisms that inhabit and use these environments (Behrenfeld *et al.* 2006, Christensen *et al.* 2007, Hendriks *et al.* 2010). Many populations of seabird species are declining due to negative interactions with the fishing industry (e.g. bycatch, overfishing) (Weimerskirch *et al.* 1999, Okes *et al.* 2009). Moreover, seabird species also face several threats in their breeding sites such as the degradation of their colonies, the collection of eggs and adults and the introduction of invasive species (Trebilco *et al.* 2011).

Likewise, the knowledge of the foraging patterns, the location and use of feeding areas and determination of areas with potential conflicts represent an important contribution that may inform zonation, management and conservation of seabirds. Yorio *et al.* (2010) for example, monitoring foraging trips of two seabirds using global position system (GPS) loggers, verified overlap between the area used by the birds and the fishing industry and suggested the implementation of conservation strategies in order to avoid conflicts between fisheries and seabirds. Similarly, Le Corre *et al.* (2012) use data from tracking birds to identify major foraging hotspots and verify high priority locations for designation as Marine Protected Areas.

Until recently, seabirds foraging areas were investigated using vessels and radio telemetry (Anderson & Ricklefs 1987, Hunt *et al.* 1999). However, the advances in electronic technology that took place in the past three decades greatly changed the way seabirds are studied (Burger & Shaffer 2008). Satellite tracking and GPS technology, among others, are now commonly employed to study foraging areas and movements (e.g. Weimerskirch *et al.* 2002, Guilford 2008, Kotzerka *et al.* 2010, Zavalaga *et al.* 2011).

**Nota: Artigo com co-autoria a ser publicado em periódico internacional.

Most of these studies have been performed in temperate and polar regions, while those focused on oceanic tropical species are extremely rare (Weimerskirch 2007).

The at-sea behavior and foraging areas of tropicbirds remain poorly known and most knowledge stems to direct observations at sea (Jaquemet *et al.* 2004, Spear & Ainley 2005, Vilchs *et al.* 2006). They are often associated with flocks of surface-dwelling tunas, dolphins or dolphin-fish (Spear & Ainley 2005), when mainly capture flying fish and squid (Le Corre 1997, Le Corre *et al.* 2003).

There are few studies monitoring foraging trips of these birds are available. Pennycuick *et al.* (1990) used radiotracking transmitters on white-tailed tropicbirds (*P. lepturus*), Sommerfeld & Hennicke (2010) used immersion monitors (IMs) and temperature-depth recorders (TDRs) on red-tailed tropicbird (*P. rubricauda*) and Le Corre *et al.* (2012) used Global Location Sensors (GLS) in these two species. Thus, at the current time, the foraging or feeding areas of red-billed tropicbird (*P. aethereus*, RBTB hereafter) remain poorly understood, not demarcated and consequently not protected (Lascelles *et al.* 2012). In this study we used miniature GPS-logging technology to study the foraging areas and movement patterns of the RBTB in Brazil.

4.2 Methods

Study area

The study was conducted on Santa Barbara Island (17°57' S, 38°42' W, WGS84) in the Abrolhos Archipelago. The Abrolhos region is under the influence of the Brazil Current with surface temperature of sea water ranging from 24.5° C in August to 27.5° C in March (US Navy 1978). The prevailing winds in the region are from northeast quadrant from September to February, east during March and between June and August, and south in April and May. Wind speed ranges between 13 and 16 knots. The air temperature varies between 24.4°C in July and 27.5°C in February and March and the monthly rainfall average varies between 52.0 mm in August and 113.0 mm in October (Muehe 1988). The archipelago is a National Marine Park and there breed Brown Booby (*Sula leucogaster*), Masked Booby (*Sula dactylatra*), Magnificent

Frigatebird (*Fregata magnificens*), Brown Noddy (*Anous stolidus*), Sooty Tern (*Onychoprion fuscatus*), White-tailed Tropicbird (*Phaethon lepturus*) and Red-billed Tropicbird (*Phaethon aethereus*) (Alves *et al.* 2004).

GPS trackers and Device attachment

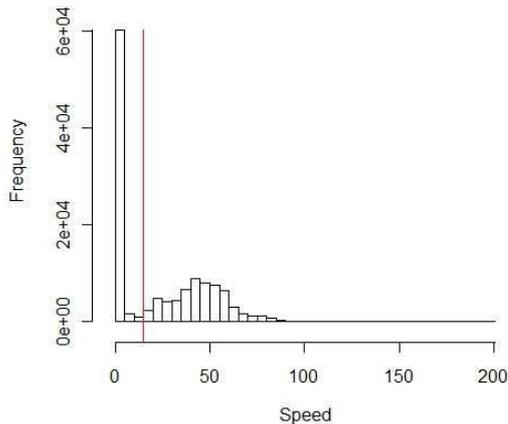
All nests of RBTB found with chicks between one and three weeks of age were identified with numbered platelets. Using chicks of known age in others years, we estimated the age of those that were tracked. We choosed for nests with chicks of one week old, period which the adults perform shorter trips. All adults were marked with numbered metal bands for individual recognition. The tracking devices GiPSy2[®] (TechnoSmart, Rome, Italy) were fitted on 15 adults between 4 and 16 July 2012 to examine the pattern of flight, foraging behavior and areas. The loggers were configured to obtain 10 fix/10 min with starting time at 00 h and ending time at 08 h, and to obtain 1 fix/sec with starting time at 08 h and the ending time at 24 h or TPM (Trickle Power Mode - 1 fix every 3 seconds) sampling interval. Loggers recorded date, time, latitude, longitude and speed and the information was stored in the device memory. In addition, the number of satellites and the DOP (Dilution of Precision) were recorded which allow the evaluation of the accuracy and precision of the recorded positions. The tracking devices were encapsulated in plastic tubing thermo-retractable. Birds were captured by hand in their nest, and the devices were attached to the base of the tail feathers using waterproof adhesive TESA[®] tape (Wilson *et al.* 1997). Each GPS and its battery (500 mAh) weight 16 g, accounts for <3% of the average body mass of the bird (706.6 ± 53.7 g). This percentage is below the value considered to cause adverse behavioral effects in seabirds (Phillips *et al.* 2003). Instrumented birds had blood samples collected and stored on FTA card for the molecular determination of sex, as detailed in Nunes *et al.* (*In Press*).

Data handling and analysis

The positions of the trips were projected on the coordinate system (UTM Zone 24 S) for spatial analysis. The high resolution (<10 m in >95% of locations after excluding

fixes with DOP values >6 , GiPSy-2 user's manual, www.technosmart.eu) and short recording intervals of the loggers allowed us to identify the precise time budget of tropicbirds at sea. We defined a trip as the time elapsed between the departure from and arrival to the island. A trip was classified as "complete" when it was well documented from start to finish and "incomplete", when positions were not recorded for the entire trip. Since seabirds may show a dual foraging strategy, alternating short and long trips (Weimerskirch *et al.* 1994), they were treated separately. Those trips that occurred within 15 km of the breeding site were classified as "short" while those that exceeded 15 km from the colony were classified as "long". Fixes registered between 7 am and 7 pm were classified as day positions while those obtained between 7 pm and 7 am were classified as night positions. Only complete foraging trips were included in the total distance, trip duration and foraging range analysis. However, estimated values are also reported for incomplete trips. Only those fixes obtained with more than 4 satellites and a DOP value below 2.9 were used for the calculation of the average flying speed (ground speed). Those fixes associated with speeds 15 km h^{-1} or higher were identified as flying while fixes associated with speeds lower than 15 km h^{-1} were considered to indicate floating or feeding (Fig. 1). The maximum foraging range was defined as maximum straight-line distance reached from the colony. The total home range size was determined using Minimum Convex Polygon method (function *mcp* package *adehabitatHR*, Calenge 2006). Kernel analyses were performed using the function *kernelUD* of the package *adehabitatHR*. We used a smoothing parameter $h = 3000$ with cell size of 1000 m to determine kernel contours of 50, 75 and 95%. All analysis was performed using the open source statistical package R version 2.13.0 (R Development Core Team 2011).

Figure 1. Frequency distribution of speed classes recorded for Red-billed Tropicbirds (*Phaethon aethereus*) foraging off Abrolhos Archipelago tracked with GPS loggers. The bimodal distribution is attributed to birds resting at the water surface (<15 km h⁻¹), or flying (> 15 km h⁻¹).



Source: Gómez Laich, 2013

4.3 Results

All 15 equipped birds were recaptured between one and 12 days after instrumentations. Six birds lost device and one of the recovered device did not recorded data. Therefore, we obtained data from eight foraging trips (five females and three males). Three of the registered foraging trips were complete, while the remaining were incomplete (Table 1).

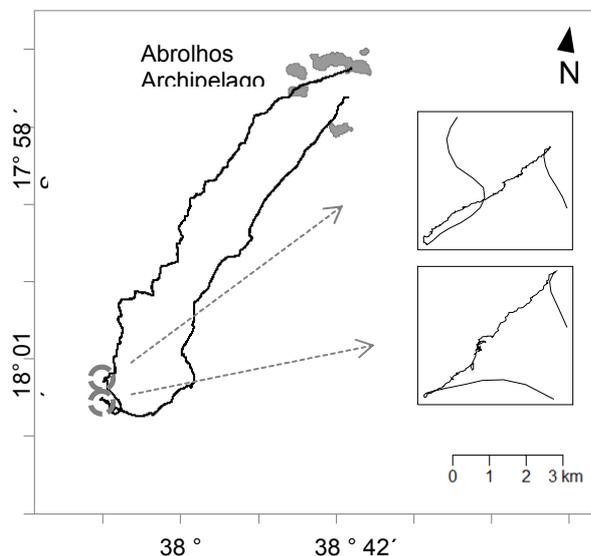
Table 1. Data from birds instrumented with GPS devices in Sta. Barbara Island, Abrolhos Archipelago during the breeding season of 2012. Sex: F=female, M=male, I=indeterminate; * individual performed two trips.

Bird	Nest	Sex	Age of chick (weeks)	Date		Trips
				Attachment of GPS (DD/M)	Removal of GPS	
P13072*	491	F	3	04/7	5/7	Incomplete Long
P13072*	491	F	3	06/7	8/7	Incomplete Long
P13139	491	M	3	06/7	7/7	Complete Short
P12221	29	F	1	06/7	7/7	Complete Short
P12049	65	F	3	11/7	16/7	Incomplete Long
P12296	254	M	1	10/7	11/7	Complete Long
P13180	254	F	1	13/7	16/7	Incomplete Long
P13194	426	M	1	04/7	6/7	Incomplete Long

Source: Author, 2013

During foraging trips, birds alternated periods of flight with periods of active foraging, spending time floating on the surface or diving. RBTB at Abrolhos performed “looping trips” (Weimerskirch *et al.* 2006) and foraging behaviour described as area-restricted search (ARS, Kareiva & Odell 1987). Birds returned to the colony from directions other than those of the outward phase and flying with short bouts with numerous turns and zigzagging movements (Fig. 2).

Figure 2. Zigzagging foraging tracks of Red-billed Tropicbird (*Phaethon aethereus*) (P13139) equipped with GPS data-loggers at Abrolhos Archipelago.



Source: Gómez Laich, 2013

Two of the complete trips were considered short, while one was classified as long. All the incomplete trips were considered as long (Table 1). In general, birds performed just a single foraging trip during the instrumented period, except for the bird which performed two trips (bird P13072) (Table 1). Complete foraging trips lasted between 0.6 and 6.6 h, during which RBTB traveled between 24.2 and 222.6 km. If incomplete trips are included, birds traveled during 2.8 and 47.9 h and traveled for between 66.5 and 615.8 km (Table 2).

Table 2 - Summary of trips of Red-billed Tropicbirds (*Phaethon aethereus*) from Sta. Barbara Island, Abrolhos Archipelago during the breeding season in 2012.

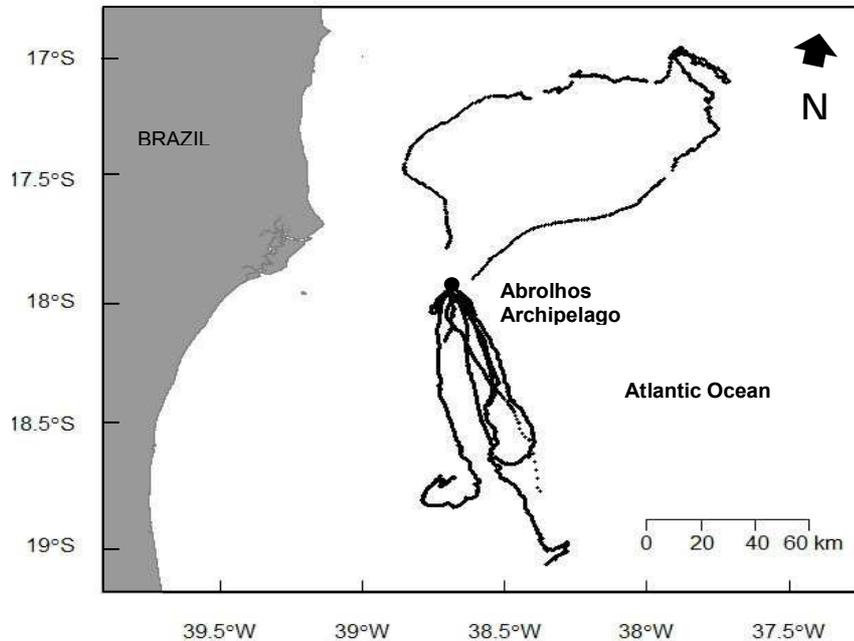
	P12049	P12221	P12296	P13072_1	P13072_2	P13139	P13180	P13194
Start time	12/07/12 10:00	07/07/12 10:47	11/07/12 08:19	05/07/12 10:24	06/07/12 08:33	07/07/12 14:28	14/07/12 11:06	05/07/12 07:31
Finish time	13/07/201 2 01:40	07/07/20 12 11:21	11/07/201 2 14:56	05/07/20 12 13:13	07/07/201 2 00:47	07/07/20 12 15:16	16/07/201 2 10:59	05/07/20 12 13:50
Period	Day/Nigth	Day	Day/Nigth	Day	Day/Nigth	Day	Day/Nigth	Day
Trip duration (h)	15.66	0.57	6.61	2.82	16.23	0.80	47.88	4.64
Foraging (% h)	0.48	0.00	0.04	0.07	5.68	0.00	87.72	6.01
Maximum foraging range	99.15	12.31	83.54	53.77	130.31	11.84	143.08	97.51
Total distance traveled (km)	197.04	24.18	226.32	66.54	212.65	30.04	601.19	110.78
Average Speed (km h ⁻¹)	47.32± 21.92	46.19± 21.92	46.48± 6.73	45.74± 8.41	40.36± 13.81	44.08± 10.85	42.23± 9.64	43.10± 6.64

Source: Author, 2013

Most trips occurred during daytime hours, but flying and feeding activity was also observed at night (Table 2). The RBTB spent the maximum of 42.0% of their trips foraging, while the remaining time consisted of periods of displacement, inactivity or other behaviors characterized by non-directional flight (speed >15 km h⁻¹). The average flight speed during foraging trips was 44.2 ± 14.9 km h⁻¹, with birds reaching maximum speed of 111.8 km h⁻¹ (Table 2).

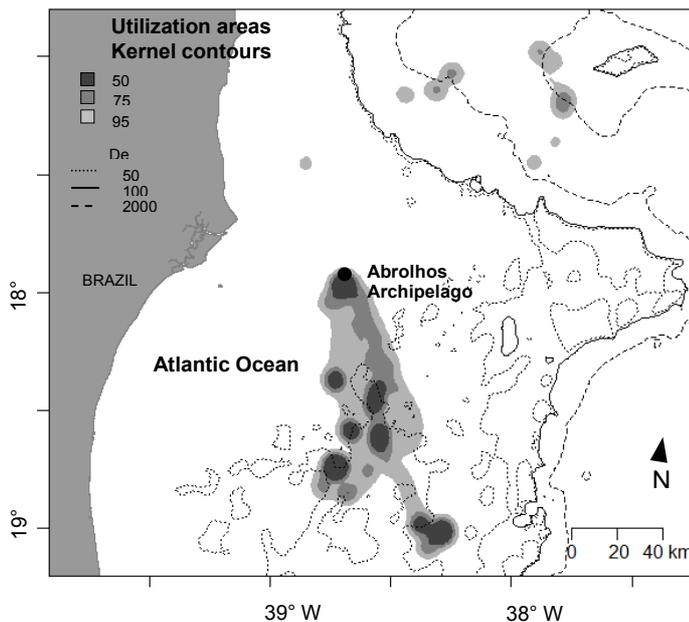
RBTB with complete foraging trips showed a maximum foraging range of 83.5 km. When incomplete trips were considered, the maximum foraging range was at least 143.1 km (Table 2). RBTB main foraging area was situated southeast of the colony (Fig. 3). Only one trip was towards northeastern area, over deep waters and beyond the continental shelf. All birds foraged within an area of 18.600 km² in waters less than 50 m deep (Fig. 4).

Figure 3. Foraging tracks of Red-billed Tropicbirds (*Phaethon aethereus*) from Sta. Barbara Island, Abrolhos Archipelago during the breeding season in 2012.



Source: Gómez Laich, 2013

Figure 4. At sea distribution of tracked Red-billed Tropicbirds (*Phaethon aethereus*) from Abrolhos Archipelago during the early chick-rearing period. Grey areas indicate the areas of high intensity use (95, 75 and 50% kernel contours).



Source: Gómez Laich, 2013

4.4 Discussion

The foraging trip distance and time spent at sea in search of prey are often limited by central-place foraging behavior (Orians & Pearson 1979), the need of the adult to return to the nest at regular and frequent intervals to feed their chicks. Foraging trip characteristics often varied along the different stages of the breeding season (Sommerfeld & Hennicke 2010). Trips are generally longer during the incubation period than during chick rearing stage because of the energy demands imposed by chicks.

Foraging strategies of tropical seabird species are probably different from temperate or polar species, probably because they forage areas where resources are less predictable (Weimerskirch 2007). Until now, the only species of the Phaethontidae family whose foraging behaviour was described are the Red-tailed tropicbird (RTTB), *P. rubricauda* and White-tailed tropicbird (WTTB) *P. lepturus*. RTTB from this species breeding in Christmas Island engaged in foraging trips of 6.4 days (Sommerfeld & Hennicke 2010). On Europa Island, the duration of foraging trips undertaken by RTTB rearing chicks was on average 34 h (Le Corre *et al.* 2003). At both sites, foraging trips were longer than at our study site (12.1 h). For RTTB, Le Corre *et al.* (2003) and Sommerfeld & Hennicke (2010) estimated a theoretical foraging range of 136 km and 230 km during chick-rearing, respectively, values also well above those of this study (83.5 km). In Puerto Rico the maximum foraging distance of the WTTB was 89 km (Pennycuik 1990). Thus, these differences can be explained by several peculiarities of the area and strategy of RTTB in Abrolhos archipelago.

Firstly, these discrepancies can be related to differences in prey availability around the breeding sites. Prey may be more abundant around the Abrolhos archipelago, decreasing the time required to capture food by RTTB and consequently lowering the amount of time birds spent foraging. However, even considering a higher prey availability around the Abrolhos Archipelago, it is likely that it is unpredictable, once tropical waters are generally less structured with a patchy distribution of resources (Weimerskirch 2007), forcing birds to develop more effective and less costly foraging strategies. For example, a foraging strategy based on long looping movements with

reduced energy expenditure allows for a more predictable yield. Weimerskirch (2007) defined three foraging trip patterns for seabirds, being the looping type more frequently used by tropical species. Along the track, some circularly or zigzagging movements were performed, behavior typically described as search into a restricted area (ARS - Area-Restricted Search, Kareiva and Odell 1987). This behavior indicates that the animal increases their search efforts, resulting in sinuous tracks, where resources seem to be abundant (Weimerskirch 2007). The looping type trip suggests that birds continuously search for prey, only stopping when they find a foraging opportunity. All trips carried out by tropicbirds at Abrolhos were of the loop type.

Another factor directly related to the time and distance of foraging is flight speed, although there is no information obtained with accurate equipment on the flight speed of RBTB. Spear & Ainley (1997) estimated the average flight speed of RTTB moving from their nest to feeding areas in 50 km h^{-1} , speed flight similar to that recorded in our study for RBTB with higher accuracy.

The availability and facility to capture food in the Abrolhos region also contributes to the decrease in foraging time. Pelagic seabirds often forage in areas with high primary productivity such as upwellings, platforms edges, ocean fronts and eddies (Croxall & Wood 2002, Weichler *et al.* 2004, Louzao *et al.* 2006, Navarro & González-Solís 2009). Although the number of tracked birds in our study had been limited, most trips and potential foraging areas were southeastward of the colony, in the area which provides maximum density records for humpback whale (*Megaptera novaeangliae*) (Andriolo *et al.* 2006, 2010). This association may increase success in prey capture by RBTB since it may drive towards the surface food normally out of reach by seabirds (Evans 1982).

RBTB also had the opportunity to obtain food at night, despite most seabirds are visual predators, whose foraging is limited by duration of daylight, while pelicans and boobies could also have nocturnal habits at sea (Nelson 1985, Zavalaga *et al.* 2011). Adults of *P. rubricauda* forage at night (Sommerfeld & Hennicke 2010). In Abrolhos most trips occurred only during the day, but we recorded feeding activity at night (long and complete trips). Similar to the other two members of the family Phaethontidae, RBTB are

solitarily foragers (Bailey 1968, Harrison *et al.* 1983) exploring the first meters of the water column (Le Corre 1997) and capturing surface prey such as flying fish and squid (Schreiber & Clapp 1987). These species migrate vertically to the surface of the ocean at night (Beamish *et al.* 1999, Sinclair & Stabeno 2002). During this study, squid, sardines and needlefish were regurgitated when birds were handled, revealing some of the prey species caught during foraging trips. Serrano & Azevedo-Junior (2005) also recorded squid in regurgitations of RBTB at Abrolhos. These facts suggest that RBTB could also forage actively at night.

REFERENCES

- ALVES, V. S. et al. Aves marinhas de Abrolhos. In: BRANCO J. O. (Org.). **Aves marinhas e insulares brasileiras: bioecologia e conservação**. Itajaí: UNIVALI, 2004. p. 213-232.
- ANDERSON, D. J.; RICKLEFS, R. E. Radio-tracking masked and blue-footed boobies (*Sula* spp.) in the Galápagos Archipelago. **National Geographic Research**, v. 3, p. 152-163. 1987.
- ANDRIOLO, A. et al. The first aerial survey to estimate of humpback whale (*Megaptera novaeangliae*) in the breeding ground, Brazil (Breeding Stock A). **Journal of Cetacean Research and Management**, v. 8, p. 307-311. 2006.
- ANDRIOLO, A. et al. Humpback whales within the Brazilian breeding ground: distribution and population size estimate. **Endangered Species Research**, v. 11, p. 233-243. 2010.
- ANTAS, P. T. Z. Status e conservation of seabirds breeding in Brazilian waters. In: CROXAL, J.P (Ed.). **Seabird status e conservation: a supplement**. Cambridge, ICBP Technical Publication. 1991. p. 140-158
- BAILEY R. S. The pelagic distribution of sea-birds in the western Indian Ocean. **Ibis**, v. 110, p. 493-519. 1968.
- BEAMISH, R. J. et al. The regime concept and natural trends in the production of Pacific salmon. **Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences**, v. 56, p. 516-526. 1999.
- BEHRENFELD, M. J. et al. Climate-driven trends in contemporary ocean productivity. **Nature**, v. 444, p. 752-755. 2006.

- BURGER, A. L.; SHAFFER, S. A. Application of tracking and data-logging technology in research and conservation of seabirds. **Auk**, v. 125, p. 253-264. 2008.
- CALENGE, C. The package “adehabitat” for the R software: A toll for the analysis of space and habitat use by animals. **Ecological Modelling**, v. 197, p. 516-519. 2006.
- COMITÊ BRASILEIRO DE REGISTROS ORNITOLÓGICOS. **Listas das aves do Brasil**. Disponível em: <<http://www.cbro.org.br>>. Acesso em: 20 out. 2012.
- CHRISTENSEN, V.; AIKEN, K. A.; VILLANUEVA, M. C. Threats to the ocean: on the role of ecosystem approaches to fisheries. **Social Science Information**, v. 46, p. 67-86. 2007.
- CROXALL, J. P.; WOOD, A. G. The importance of the Patagonian Shelf for top predator species breeding at South Georgia. **Aquatic Conservation: Marine and Freshwater Ecosystems**, v. 12, p. 101-118. 2002.
- EFE, M. A. *Phaethon aethereus*; *P. lepturus*. In: MACHADO, A. B. M.; DRUMMOND, G. M.; PAGLIA, A. P. (Org.). **Livro vermelho da fauna brasileira ameaçada de extinção**. Brasília, Fundação Biodiversitas. v.II. 2008. p. 414-417.
- EVANS, P. G. H. Associations between seabirds and cetaceans: a review. **Mammal Review**, v. 12, p. 187-206. 1982.
- FURRER, R.; NYCHKA, D.; SAIN, S. **Fields: tools for spatial data. R package. Version 6.6.2**. Available on: <<http://CRAN.R-project.org/package=fields>>. Accessed at: 12 oct. 2012.
- HAMER, K. C. et al. Foraging ranges, diets e feeding locations of gannets in the North Sea: evidence from satellite telemetry. **Marine Ecology Progress Series**, v. 200, p. 257-264. 2000.
- HARRISON, C. S.; HIDA, T. S.; SEKI, M. P. Hawaiian seabird feeding ecology. **Wildlife Monographs**, v. 85, p. 1-71. 1983.
- HENDRIKS, I. E.; DUARTE, C. M.; ÁLVAREZ, M. Estuarine Vulnerability of marine biodiversity to ocean acidification: A meta-analysis. **Estuarine, Coastal and Shelf Science**, v. 86, p. 157-164. 2010.
- HUDSON, A. V.; FURNESS, R. W. The behaviour of seabirds foraging at fishing boats around Shetland. **Ibis**, v. 131, p. 225-237. 1989.
- HUNT, G. L. et al. Physical processes, prey abundance e the foraging ecology of seabirds. In: INTERNATIONAL ORNITHOLOGICAL CONGRESS, 22nd 1999. Johannesburg. **Proceedings**.... Johannesburg: BirdLife. 1999. p. 2040-2056.
- KAREIVA, P.; ODELL, G. Swarms of predators exhibit “prey taxis” if individual predators use area-restricted search. **American Naturalist**, v. 130, p. 233-270. 1987.

KOTZERKA, J.; GARTHE, S.; HATCH, S. A. GPS tracking devices reveal foraging strategies of black-legged kittiwakes. **Journal of Ornithology**, v. 151, p. 459–467. 2010.

LASCELLES, B. G. et al. From hotspots to site protection: Identifying Marine Protected Areas for seabirds around the globe. **Biological Conservation**, v. 156, p. 5-14. 2012.

LE CORRE, M. Diving depths of two tropical Pelecaniformes: the red-tailed tropicbird and the red-footed booby. **Condor**, v. 99, p. 1004-1007. 1997

_____. et al. Seasonal e inter-annual variation in the feeding ecology of a tropical oceanic seabird, the red-tailed tropicbird *Phaethon rubricauda*. **Marine Ecology Progress Series**, v. 255, p. 289-301. 2003.

_____. et al. Tracking seabirds to identify potential Marine Protected Areas in the tropical western Indian Ocean. **Biological Conservation**, v.156, p. 83-93. 2012.

LOUZAO, M. et al. Oceanographic habitat of an endangered Mediterranean Procellariiform: Implications for marine protected areas. **Ecological Applications**, v. 16, p. 1683-1695. 2006.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. **Instrução normativa MMA de 27 de maio de 2003**. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br>>. Acesso em: 2 out. 2012.

MUEHE, D. O Arquipélago dos Abrolhos: Geomorfologia e aspectos gerais. **Anais do Instituto de Geociências**, p. 90-100. 1988.

NAVARRO, J.; GONZÁLEZ-SOLÍS, J. Environmental determinants of foraging strategies in Cory's shearwaters *Calonectris diomedea*. **Marine Ecology Progress Series**, v. 378, p. 259-267. 2009.

NELSON, J. B. Masked Booby. In: ROBERTSON, C. J. R. (Ed.). **Complete book of New Zealand birds**. Sydney, Reader's Digest. 1985.

NUNES, G. T. et al. Sex Determination and Sexual Size Dimorphism in Two Tropicbird Species. **Waterbirds**, v. 36, *In Press*.

OKES, N. C. et al. Competition for shifting resources in the southern Benguela upwelling: seabirds versus purse-seine fisheries. **Biological Conservation**, v. 142, p. 2361-2368. 2009.

ORIAN, G. H.; PEARSON, N.E. On the theory of central place foraging. In: HORN, D. F. (Ed.). **Analysis of ecological systems**. Columbus, University Press. 1979. p.157-177.

ORTA, J. Family Phaethontidae. In: DEL HOYO, J.; ELLITOTT, A.; SARGATAL J. (Ed.). **Handbook of the birds of the world**. Barcelona, Lynx. 1992. v. I. p. 280-289.

PHILLIPS, R. A.; XAVIER, J. C.; CROXALL, J. P. Effects of satellite transmitters on albatrosses and petrels. **Auk**, v. 120, p. 1082-1090. 2003.

R DEVELOPMENT CORE TEAM. R: A language and environment for statistical computing. **R Foundation for Statistical Computing**. Vienna. Available on: <<http://www.R-project.org>>. Accessed at: 12 out. 2011.

SCHREIBER, R. W.; CLAPP, R. B. Pelecaniform feeding ecology. In: CROXALL, J. P. (Ed.). **Seabird feeding biology and role in marine ecosystems**. Cambridge, Cambridge University. 1987. p. 173-188.

SERRANO, I. L.; AZEVEDO JÚNIOR, S. M. Dietas das aves marinhas no Parque Nacional dos Abrolhos, Bahia, Brasil. **Ornithologia**, v. 1, p. 75-92. 2005.

SINCLAIR, E.H.; STABENO, P.J. Mesopelagic nekton and associated physics of the southeastern Bering Sea. **Deep-Sea Research II**, v. 49, p. 6127-6145. 2002.

SOMMERFELD J.; HENNICKE, J. C. Comparison of trip duration, activity pattern and diving behaviour by red-tailed tropicbirds (*Phaethon rubricauda*) during incubation and chick-rearing. **Emu**, v. 110, p. 78-86. 2010.

SPEAR L. B.; AINLEY, D. G. Flight speed of seabirds in relation to wind speed and direction. **Ibis**, v. 139, p. 234-251. 1997.

_____.; _____. At-sea behaviour e habitat use by tropicbirds in the eastern Pacific. **Ibis**, v. 147, p. 391-407. 2005.

THAXTER, C. B. et al. Seabird foraging ranges as a preliminary tool for identifying candidate Marine Protected Areas. **Biological Conservation**, v. 156, p. 53-61. 2012.

TREBILCO, R. et al. Mapping species richness and human impact drivers to inform global pelagic conservation prioritization. **Biological Conservation**, v. 144, p. 1758-1766. 2011.

US NAVY. **US Navy Marine Climatic Atlas of the World**. Washington, D.C., South Atlantic Ocean. v. IV 325 p. 1978.

VAN WINKLE, W. Comparison of several probabilistic home-range models. **The Journal of Wildlife Management**, v. 39, p. 118-123. 1975.

WEICHLER, T. et al. Seabird distribution on the Humboldt Current in northern Chile in relation to hydrography, productivity, and fisheries. **ICES Journal of Marine Science**, v. 61, p. 148-154. 2004.

WEIMERSKIRCH, H. Are seabirds foraging for unpredictable resources? **Deep Sea Research Part II: Topical Studies in Oceanography**, v. 54, p. 211-223. 2007.

_____. et al. Foraging white-chinned petrels *Procellaria aequinoctialis* at risk: from the tropics to Antarctica. **Biological Conservation**, v. 87, p. 273-275. 1999.

_____. et al. GPS tracking of foraging albatrosses. **Science**, v. 295, p. 1259. 2002.

_____. et al. Sex-specific foraging behaviour in a seabird with reversed sexual dimorphism: the red-footed booby. **Oecologia**, v. 146, p. 681-691. 2006.

_____.; DONCASTER, P.; CUÉNOT-CHAILLET, F. Pelagic seabirds and the marine environment: foraging patterns of wandering albatrosses in relation to prey availability and distribution. **Proceedings of the Royal Society London B**, v. 255, p. 91-97. 1994.

WORTON, B. J. Kernel methods for estimating the utilization distribution in home-range studies. **Ecology**, v. 70, p.164-168. 1989.

YORIO, P. et al. Spatial overlap between foraging seabirds e trawl fisheries: implications for the effectiveness of a marine protected area at Golfo San Jorge, Argentina. **Bird Conservation International**, v. 20, p. 320–334. 2010.

ZAVALAGA, C. B. et al. Patterns of GPS tracks suggest nocturnal foraging by incubating peruvian pelicans (*Pelecanus thagus*). **PLoS ONE**, v. 6, p. e19966. 2011.

5 DISCUSSÃO GERAL

As aves marinhas quando comparadas a outros grupos de aves com número semelhante de espécies, se encontram em pior estado de conservação (Croxall *et al.* 2012). Das 350 espécies de aves marinhas do mundo (BirdLife International 2010), 30% estão globalmente ameaçadas e 10% se encontram na categoria de quase ameaçada (BirdLife International 2008). A lista brasileira de animais ameaçados inclui 160 táxons de aves das quais 10,5% são aves marinhas (Olmos 2005).

Entre as principais causas deste cenário estão a degradação e perda de seus habitats de nidificação (BirdLife International 2008), introdução de predadores exóticos e poluição marinha (Ryan 2008, Bancroft *et al.* 2010), interação e competição com a pesca comercial (Anderson *et al.* 2011, Laneri *et al.* 2010, Melvin & Parrish 2001) bem como alterações ambientais causadas por mudanças climáticas (Chambers *et al.* 2011).

Enquanto algumas ameaças, tais como mudanças de rota ou de distribuição da fauna induzidas pelas mudanças climáticas exigem uma ampla transformação da sociedade para que ocorra uma mudança efetiva, outras podem ser resolvidas com

ações locais e de escala nacional (Lascelles *et al.* 2012), sendo a criação de áreas de proteção uma importante iniciativa (Kelleher 1999).

“Durante a Sétima Conferência das Partes - COP 7 da Convenção sobre Diversidade Biológica (CDB), realizada na República da Malásia, em fevereiro de 2004, as partes signatárias, dentre elas o Brasil, decidiram adotar o Programa de Trabalho para Áreas Protegidas da CDB (Decisão VII/28). Esse Programa de Trabalho tem por objetivo estabelecer e manter, até 2010, em relação a áreas terrestres e, até 2012, no que toca a áreas marinhas, sistemas nacionais e regionais de áreas protegidas abrangentes, eficazmente administradas e ecologicamente representativas” (texto retirado do site do MMA). Porém, passado oito anos desde a Convenção sobre Diversidade Biológica, e estarmos no final do prazo do estabelecimento dos objetos, a realidade infelizmente ainda não essa.

Embora nas últimas décadas tenha havido crescente número de unidades de conservação criadas no Brasil, chegando ao número de 312 atualmente, muitos são os problemas enfrentados em suas implementações. Um exemplo disso é que apenas 42% das UC's contam com planos de manejo (informações publicadas no Diário Oficial da União em agosto de 2012). Assim, a despeito da legislação ambiental brasileira e das unidades de conservação marinhas implantadas, a conservação efetiva ainda está longe de ser uma realidade na maior parte da costa brasileira.

Entre as questões mais importantes no desenho de reservas marinhas está a sustentabilidade das populações em reservas com configurações espaciais capazes de abranger os padrões de movimento dos indivíduos (Le Corre 2012). Para a conservação de aves marinhas vários tipos de desenhos de áreas de proteção têm sido propostos sendo os mais comuns àqueles nos quais os limites englobam as colônias e áreas marinhas adjacentes e aquelas que protegem as áreas de mar aberto adjacentes às colônias, conhecidas como áreas de alimentação, importantes para a criação de espécies pelágicas (Thaxter *et al.* 2012), o que não ocorre no Brasil.

Além disso, diversos estudos mostram que apenas a criação de áreas protegidas não garante a conservação e a qualidade ambiental (Woodroffe & Ginsberg 1998, Boersma & Parrish 1999, McClanahan *et al.* 2006), sendo essa dependente de atividades conjuntas e complementares. E apesar dos planos de manejo das UC's onde este trabalho foi realizado preverem objetivos como o controle e a eliminação de espécies exóticas invasoras, realização de levantamentos faunísticos e ações de manejo (IBAMA 1990, 1991), estas atividades dependem de disponibilidade de recursos financeiros e humanos. A carência de estudos aplicados à conservação que subsidiem políticas nacionais e a tomada de decisão em relação à biodiversidade existente nas UC's, impossibilita que estas sejam efetivas e cumpram com os objetivos de sua criação.

REFERÊNCIAS

- ANDERSON, O. R. J. et al. 2011. Global seabird bycatch in longline fisheries. *Endangered Species Research*, v. 14, p. 91-106.
- BANCROFT, T. et al. Oil and birds: too close for comfort. **National Audubon Society Special Report**, 28 pp. 2010.
- BIRDLIFE INTERNATIONAL. **State of the world's birds: indicators for our changing world**. Cambridge, BirdLife International. 2008.
- BIRDLIFE INTERNATIONAL. **The BirdLife checklist of the birds of the world, with conservation status and taxonomic sources. Version 3**. Available on: <www.birdlife.org>. Accessed at: 21 dez. 2010.
- BOERSMA, P. D.; PARRISH J. K. Limiting abuse: marine protected areas, a limited solution. **Ecological Economics**, v. 31, p. 287-304. 1999.
- CHAMBERS, L. E. et al. Observed and predicted effects of climate on Australian seabirds. **Emu**, v. 111, p. 235-251. 2011.
- CROXALL, J. P. et al. Seabird conservation status, threats and priority actions: a global assessment. **Bird Conservation International**, v. 22, p. 1-34. 2012.
- DIÁRIO OFICIAL DA UNIÃO – **Seção 1. Número 151, segunda-feira, 6 de agosto de 2012**. Disponível em: <http://www.mma.gov.br/areas-protegidas/plano-de-areas-protegidas>. Acesso em: 15 out. 2012.

IBAMA. **Plano de Manejo do Parque Nacional Marinho de Fernando de Noronha**. Brasília, IBAMA/FUNATURA. 1990.

IBAMA. **Plano de Manejo do Parque Nacional Marinho dos Abrolhos**. Brasília: IBAMA/FUNATURA. 1991.

KELLEHER, G. **Guidelines for MPAs**, Switzerland and Cambridge, IUCN. 1999.

LASCELLES, B.G. et al. From hotspots to site protection Identifying Marine Protected Areas for seabirds around the globe. **Biological Conservation**, v. 156, p. 5-14. 2012.

LANERI, K. et al. Trawling regime influences longline seabird bycatch in the Mediterranean: new insights from a small-scale fishery. **Marine Ecology Progress Series**, v. 420, p. 241-252. 2010.

LE CORRE, M. et al. Tracking seabirds to identify potential Marine Protected Areas in the tropical western Indian Ocean. **Biological Conservation**, v. 156, p. 83-93. 2012.

MCCLANAHAN, T. R. et al. A comparison of marine protected areas and alternative approaches to coral-reef management. **Current Biology**, v. 16, p. 1408–1413. 2006.

MELVIN, E. F.; PARRISH, J. K. **Seabird bycatch: trends, roadblocks and solutions**. Fairbanks, University of Alaska Sea Grant. 2001.

OLMOS, F. Aves ameaçadas, prioridades e políticas de conservação no Brasil. **Natureza & Conservação**, v. 3, p. 21-42. 2005.

RYAN, P. G. Seabirds indicate changes in the composition of plastic litter in the Atlantic and south-western Indian Oceans. **Marine Pollution Bulletin**, v. 56, p. 1406-1409. 2008.

THAXTER, C. B. et al. Seabird foraging ranges as a preliminary tool for identifying candidate Marine Protected Areas. **Biological Conservation**, v. 156, p. 53-61. 2012.

WOODROFFE, R.; GINSBERG, J.R. Edge effects and the extinction of populations inside protected areas. **Science**, v. 280, p. 2126-2128. 1998.

6 CONCLUSÕES

Diante do atual cenário de degradação e perda de biodiversidade mundial e brasileira, é necessário que diferentes setores da sociedade atuem de forma conjunta e integrada. É certo que o poder público tem se mostrado ineficaz em sua gestão dos recursos naturais e manutenção da qualidade ambiental. Por outro lado é necessário uma maior ação de instituições e profissionais visando gerar subsídios necessários para

implementação de estratégias conservacionistas eficazes. Assim, o Brasil precisa de um grande plano nacional de conservação das aves que organize e defina prioridades para as atividades de diferentes instituições e profissionais, que defina necessidades para pesquisas futuras e capacitação, que estabeleça prioridades nacionais para conservação e manejo de espécies ameaçadas e áreas importantes para conservação e promova políticas públicas para melhorar a proteção das aves.