

UNIVERSIDADE FEDERAL DE PELOTAS
Instituto de Biologia
Ciências Biológicas – Bacharelado



Trabalho de Conclusão de Curso

Identificação das áreas de invernagem do trinta-réis-
das-rocas *Onychoprion fuscatus* no Oceano Atlântico,
determinadas por isótopos estáveis.

Fernanda Pinto Marques

FERNANDA PINTO MARQUES

Identificação das áreas de invernagem do trinta-réis-das-rocas *Onychoprion fuscatus* no Oceano Atlântico, determinadas por isótopos estáveis.

Trabalho de conclusão de curso apresentado ao Curso de Ciências Biológicas da Universidade Federal de Pelotas, como requisito parcial à obtenção do título de Bacharel em Ciências Biológicas.

Orientador: Dr. Leandro Bugoni

Co-Orientador: Dr. Ricardo Berteaux Robaldo

Dados de catalogação na fonte:

Ubirajara Buddin Cruz – CRB 10/901

Biblioteca de Ciência & Tecnologia – UFPel

M357i

Marques, Fernanda Pinto

Identificação das áreas de invernagem do trinta-réis-das-rocas *Onychoprion fuscatus* no Oceano Atlântico, determinadas por isótopos estáveis / Fernanda Pinto Marques. – 65f. : fig. – Monografia (Conclusão de curso). Ciências Biológicas. Universidade Federal de Pelotas. Instituto de Biologia. Pelotas, 2011. – Orientador Leandro Bugoni ; co-orientador Ricardo Berteaux Robaldo.

1.Biologia. 2.Aves marinhas. 3.Sternidae. 4.Atol das Rocas. 5.Período não-reprodutivo. 6.Paisagens oceânicas. I.Bugoni, Leandro. II.Robaldo, Ricardo Berteaux. III.Título.

CDD: 598.2924

Banca examinadora:

Dr. César Jaeger Drehmer

Dr. Leandro Bugoni

Msc. Patrícia Luciano Mancini

Agradecimentos

A minha família, principalmente aos meus pais, Rosângela e Mário, pelo apoio em todos os momentos.

Aos meus amigos, que ajudaram em muitos detalhes deste trabalho, como Juliana Soares, Clarissa Alves, Bruno Lucas e Marcello Ardizzone. Àqueles que estiveram sempre presentes na minha vida, como Eleonora Coutinho, Carina Goulart, Paula Thofehr, Jaqueline Shionuma, Gabriela Van der Lan e Pedro Lucas.

Aos meus colegas de aula e de curso, pelos momentos inesquecíveis nesses cinco anos de faculdade, em especial Fernando Luz, Gabriel Lobregat, Eneko Floristan, Maraísa Braga, Adeline Franco, Pablo Ávila, Tony Silveira, Cássia Gallas, Carol Maldaner, Hélio Silva, Fausto Gomes, Débora Pereira, Kauê Rodriguez, Bruna Zafalon, Jeferson Bugoni e Yuri Zebral.

As minhas colegas mais que queridas Camila Salomão e Sibeli Wrubel.

Aos meus colegas de laboratório Patrícia Mancini, Paloma Carvalho, Fernando Faria, Augusto Costa, Guilherme Nunes e Felipe Neves.

Aos professores César Drehmer, Edson Zefa, José Dornelles, Carol Scherer, Ana Rui e demais professores que fizeram parte da minha formação.

Ao meu co-orientador Ricardo Robaldo pela disponibilidade e dedicação.

Ao meu orientador, Leandro Bugoni, por todas as oportunidades, pela dedicação, pela paciência e principalmente pelos ensinamentos.

Ao ICMBio e a Zelinha, pela oportunidade, confiança e apoio para a realização deste estudo no Atol das Rocas.

E por fim, gostaria de agradecer ao CNPq, pelo incentivo e pela viabilidade do desenvolvimento este trabalho.

Muito obrigada.

Resumo

Marques, Fernanda Pinto. **Identificação das áreas de invernagem do trinta-réis-das-rocas *Onychoprion fuscatus* no Oceano Atlântico, determinadas por isótopos estáveis**. 2011. 65f. Trabalho de Conclusão de Curso – Bacharelado em Ciências Biológicas. Universidade Federal de Pelotas, Pelotas.

Onychoprion fuscatus é uma ave marinha tropical abundante, e que tem no Atol das Rocas a maior colônia da espécie no Oceano Atlântico. No entanto as áreas onde esta espécie passa a maior parte do ano, durante o período não reprodutivo (= invernagem), são desconhecidas. Por serem aves de pequeno porte, o rastreamento com equipamentos de sensoriamento remoto são difíceis ou mesmo impossíveis. Um método de obter informações sobre as áreas de invernagem dessa espécie é através de isótopos estáveis de carbono e nitrogênio ($\delta^{13}\text{C}$ e $\delta^{15}\text{N}$) e a comparação destes elementos com paisagens isotópicas. Neste estudo foi realizada a análise de isótopos estáveis da primeira pena rêmige secundária (S1), que se desenvolve durante o período de invernagem, de 33 indivíduos adultos da colônia do Atol das Rocas. Também foi coletado sangue para verificação do sexo. Para comparar com as paisagens isotópicas basais já existentes para o Oceano Atlântico, foram feitos mapas de cada ave, com seus valores de $\delta^{13}\text{C}$ e $\delta^{15}\text{N}$ corrigidos em função do fracionamento isotópico entre os níveis basais do plâncton e o nível trófico das aves. Os mapas demonstraram cinco padrões de distribuição, porém todos apresentaram uma área em alto-mar ao norte-noroeste da colônia do Atol das Rocas. Não houve diferença significativa nos valores isotópicos de fêmeas e machos, indicando que machos e fêmeas compartilham a mesma área de invernagem. Esse estudo demonstra a viabilidade do método para a determinação de áreas de invernagem para aves tropicais e identifica os locais de invernagem da espécie, antes desconhecidos.

Palavras-chave: Aves marinhas. Sternidae. Atol das Rocas. Período não-reprodutivo. Paisagens oceânicas.

Abstract

Marques, Fernanda Pinto. **Identification of wintering areas of sooty terns *Onychoprion fuscatus* in the Atlantic Ocean, determined by stable isotopes.** 2011. 65f. Trabalho de Conclusão de Curso – Bacharelado em Ciências Biológicas. Universidade Federal de Pelotas, Pelotas.

Onychoprion fuscatus is an abundant tropical seabird which has at Rocas Atoll the largest colony of this species in the Atlantic Ocean. However, areas where the species spends most of the year, during the non-breeding (= wintering) period, are unknown. Tracking such birds with remote sensing devices is difficult or even impossible due to the fact they are small sized-birds. Thus, a method of obtaining information about the wintering area of this species is the comparison of isotopic maps (isoscapes) with stable isotopes of carbon and nitrogen ($\delta^{13}\text{C}$ and $\delta^{15}\text{N}$). In this study, we carried out stable isotopes analysis of the first secondary remige feather (S1), that develops during the wintering period of 33 adult individuals of Rocas Atoll colony. In addition, it was collected blood for molecular sexing. To compare with the underlying isoscapes already existing in the Atlantic Ocean, for each bird, maps were made with fractionated and corrected values of $\delta^{13}\text{C}$ and $\delta^{15}\text{N}$, corrected for isotopic fractionation between basal levels of plankton and bird trophic levels. Maps demonstrated five distribution patterns, all showing an open sea area to the north-northwest in relation to the location of Rocas Atoll colony. The difference of isotopic values between females and males was not significant suggesting that males and females share the same wintering grounds. This study shows the viability of using stable isotope methods to determine wintering areas for tropical seabirds, as well as identifies the wintering areas of sooty terns, previously unknown.

Keywords: Seabirds. Sternidae. Rocas Atoll. Non-breeding period. Oceanic landscapes.

Lista de Figuras

Relatório de Campo

- Figura 1 - Estações da Ilha do Farol, no Atol das Rocas. A - Estação utilizada para estadia; B – Estação utilizada como laboratório... 29
- Figura 2 - Captura com puçá de um indivíduo de *Onychoprion fuscatus*..... 30
- Figura 3 - Indivíduo adulto de *Onychoprion fuscatus*..... 31
- Figura 4 - Primeira rêmige secundária de um indivíduo de *Onychoprion fuscatus*..... 31
- Figura 5 - Pena de *Onychoprion fuscatus*, armazenada em saco plástico identificado com o número da anilha de cada indivíduo..... 32

Artigo

- Figura 1 - Área de estudo, Atol das Rocas (1, Ilha do Farol; 2, Ilha do Cemitério) em relação à cidade de Natal..... 48
- Figura 2 - Valores individuais de $\delta^{13}\text{C}$ e $\delta^{15}\text{N}$ na primeira rêmige secundária (S1) dos 33 indivíduos adultos de *Onychoprion fuscatus* amostrados no Atol das Rocas em setembro de 2010 e que cresceram durante o período de invernagem da espécie..... 49
- Figura 3 - Valores médios, desvio padrão, máximo e mínimo, de fêmeas e machos para $\delta^{15}\text{N}$ (A) e $\delta^{13}\text{C}$ (B), nas rêmiges secundárias (S1) de *Onychoprion fuscatus*, provenientes do Atol das Rocas e coletados no mês de setembro de 2010..... 50
- Figura 4 - Mapa representativo do principal padrão encontrado (18 indivíduos), para a área de invernagem dos trinta-réis-das-rocas, *Onychoprion fuscatus*, a partir da sobreposição de valores de $\delta^{15}\text{N}$ e $\delta^{13}\text{C}$ sendo esta indicada pela cor cinza. As cores verde e azul escuro representam, respectivamente, $\delta^{15}\text{N}$ e

$\delta^{13}\text{C}$. A área encontrada é resultado da comparação dos valores isotópicos corrigidos das penas coletadas de *O. fuscatus* com as *isoscapes* do Oceano Atlântico..... 51

Figura 5 - Padrões apresentados nos mapas, representando a comparação dos valores de $\delta^{15}\text{N}$ (cor verde) e $\delta^{13}\text{C}$ (cor azul escuro) com as paisagens isotópicas descritas para o Oceano Atlântico. As manchas na cor azul claro indicam a área de invernagem provável indicada pela sobreposição de valores. O ponto vermelho indica o Atol das Rocas. A imagem A é referente a mapas de dez indivíduos (30,3%), B de dois indivíduos (6,1%), C de dois indivíduos (6,1%) e D de um indivíduo (3%)..... 53

Lista de Tabelas

Tabela 1 - Valores de $\delta^{15}\text{N}$ e $\delta^{13}\text{C}$ da primeira rêmige secundária de fêmeas e machos amostrados no Atol das Rocas, no período do dia 7 ao dia 21 de setembro de 2010.....	47
---	----

Lista de Abreviaturas e Siglas

CNPq - Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e tecnológico

SISBIO - Sistema de Autorização e Informação em Biodiversidade

IUCN – International Union for Conservation of Nature

Sumário

Projeto de Pesquisa	12
Resumo	14
1 Introdução	15
2 Objetivos	18
3 Materiais e Métodos	19
3.1 Área de estudo	19
3.2 Coleta de amostras	20
3.3 Preparação das amostras	20
3.4 Análise isotópica das amostras	20
3.5 Determinação sexual	21
3.6 Análise estatística	21
4 Cronograma	22
5 Orçamento	23
6 Referências Bibliográficas	25
Relatório de Campo	28
Artigo	33
Conclusões	55
Referências	56

UNIVERSIDADE FEDERAL DE PELOTAS

Graduação em Ciências Biológicas – Bacharelado



Projeto de Pesquisa

Identificação das áreas de invernagem do trinta-réis-das-rocas *Onychoprion fuscatus* no Oceano Atlântico, determinadas através de isótopos estáveis.

Fernanda Pinto Marques

Pelotas, 2010.

Fernanda Pinto Marques

Identificação das áreas de invernagem do trinta-réis-das-rocas *Onychoprion fuscatus* no Oceano Atlântico, determinadas através de isótopos estáveis.

Projeto de pesquisa apresentado ao curso de Ciências Biológicas - Bacharelado, da Universidade Federal de Pelotas.

Orientador: Dr. Leandro Bugoni

Co-Orientador: Dr. Ricardo Berteaux Robaldo

Pelotas, 2011.

Resumo

Marques, Fernanda Pinto. **Identificação das áreas de invernagem do trinta-réis-das-rocas** *Onychoprion fuscatus* (Linnaeus, 1766), no Oceano Atlântico, determinadas através de isótopos estáveis. 2010. 16f. Projeto - Trabalho de conclusão de curso – Graduação em Bacharelado do curso de Ciências Biológicas. Universidade Federal de Pelotas, Pelotas.

O trinta-réis-das-rocas, *Onychoprion fuscatus* (Linnaeus, 1766), é uma ave marinha que se reproduz em grandes colônias no Oceano Atlântico, Pacífico e Índico. Por ser uma espécie tropical a reprodução ocorre praticamente o ano todo. Durante o período de invernagem tanto adultos como juvenis realizam migrações e não são encontradas nas ilhas onde reproduzem. As áreas de invernagem, ou seja, de permanência da espécie no período não reprodutivo, são desconhecidas. Por serem aves de pequeno porte o rastreamento com equipamentos de sensoriamento remoto são difíceis ou mesmo impossíveis. Porém um método de obter essas informações é através da análise de isótopos estáveis nos tecidos formados durante o período não reprodutivo (por exemplo penas) e coletados durante a reprodução, já que são um tecido inerte. O objetivo deste estudo é determinar os locais utilizados pelas aves no Oceano Atlântico, através da análise de isótopos estáveis de carbono e nitrogênio nas penas que se desenvolveram durante o período não reprodutivo. O material será amostrado em 35 indivíduos adultos reproduzindo no Atol das Rocas em setembro de 2010. Cada ave terá a primeira rêmige secundária coletada, para posteriormente ser analisada em um espectrômetro de massa de fluxo contínuo. Os valores isotópicos serão comparados com mapas isotópicos (*isoscapas*) existentes na literatura para o Oceano Atlântico e assim determinar os locais onde estas aves estiveram.

Palavras-chave: Aves marinhas. Período de invernagem. Isótopos estáveis. *Isoscapas*. Oceano Atlântico.

1 Introdução

Onychoprion fuscatus (Linnaeus, 1766) é popularmente conhecida como trinta-réis-das-rocas, e pertence à Família Sternidae, à Sub-ordem Larii, e à Ordem Charadriiformes (CBRO, 2010). São as aves marinhas mais abundantes em mares tropicais (SCHREIBER et al., 2002).

Distribuem-se em regiões tropicais e subtropicais (HARRISON, 1983). Durante a nidificação ocupam ilhas em todas as áreas oceânicas tropicais, geralmente em uma faixa entre 30°N e 30°S de latitude em relação ao Equador. Estão ausentes em ilhas influenciadas por correntes frias que percorrem o Equador e a costa Oeste da África e América do Sul (SCHREIBER et al., 2002).

No Oceano Atlântico Sul a maior colônia está localizada no Atol das Rocas (SHULZ-NETO, 2004), com aproximadamente 140.000 indivíduos (ANTAS, 1991 apud SCHULZ-NETO, 1998; FONSECA-NETO, 2004), em dois períodos de picos reprodutivos, nos meses de fevereiro e setembro (HAZIN; MACEDO, 2006).

Após a reprodução o trinta-réis-das-rocas abandona as ilhas e passa o restante do ano em alto-mar. O tempo de migração das aves de diferentes colônias é similar, relativo ao período de reprodução, porém os meses em que ocorre variam entre os anos e entre as colônias, dependendo das condições ambientais, característico de aves marinhas tropicais que não possuem sazonalidade bem definida (SCHREIBER et al., 2002).

Durante o período não reprodutivo os adultos necessitam restaurar sua condição corporal e realizar a muda das penas. Este período é importante na dinâmica populacional de aves marinhas, já que pode afetar a sobrevivência de indivíduos ou sua performance reprodutiva na estação subsequente (BARBRAUD; WEIMERSKIRCH, 2005; JAQUEMET et al., 2008). No entanto, as áreas onde estas aves ocorrem durante o período não reprodutivo são desconhecidas. Hipotetiza-se que as colônias de *O. fuscatus* do Brasil permaneçam no Oceano Atlântico durante o período de invernagem.

Aves marinhas têm sido intensivamente estudadas nas colônias, devido à facilidade de captura e obtenção de amostras. No entanto, é um grande obstáculo

identificar mecanismos ecológicos das aves marinhas pela falta de informação durante o período não reprodutivo (CHEREL et al., 2006).

Informações sobre o período de invernagem das aves marinhas têm sido obtidas através de equipamentos de sensoriamento remoto (transmissores por satélite, geolocalizadores), porém somente é possível para aves de maior porte (WILSON et al., 2002). Para aves menores, como os Passeriformes e os trinta-réis, as medições da ocorrência natural de isótopos estáveis em tecido biológico como ferramenta para investigar aspectos ecológicos durante o período não reprodutivo tem crescido consideravelmente nas últimas décadas (HOBSON; WASSENAAR, 1999). O estudo de isótopos estáveis tem sido bastante utilizado já que pode ser realizado dentro de limites razoáveis de tempo e recursos (MICHENER; KAUFMAN, 2007).

Isótopos são formas de um mesmo elemento químico, diferindo apenas no número de nêutrons no núcleo (FRY, 2006). Existem cerca de 300 isótopos estáveis (MICHENER; KAUFMAN, 2007), sendo os mais utilizados para estudos de cadeia trófica em ecossistemas marinhos o nitrogênio ($\delta^{15}\text{N}$) e o carbono ($\delta^{13}\text{C}$).

O método de isótopos estáveis se baseia na assimilação e fixação de marcadores isotópicos intrínsecos do alimento nos tecidos do consumidor (JAEGER et al., 2010). Enquanto forrageiam em uma área específica, os indivíduos assimilam nos tecidos em crescimento a composição isotópica do local. Quando comparada à composição isotópica do indivíduo com a de sua presa ou com a composição isotópica do local, pode-se obter informações dos padrões de residência ou movimentos migratórios. Em outras palavras, a composição isotópica do animal pode ser usada para “rastrear” os movimentos desse indivíduo através de habitats isotopicamente distintos (GRAHAM et al., 2010).

Análises desses marcadores em tecidos com diferentes taxas de renovação fornecem informações sobre a dieta em relação ao tempo (HOBSON, 1993; JAQUEMET et al., 2008), e por isso são utilizados para elucidar a ecologia trófica de organismos em diferentes estágios do ciclo anual (HOBSON, 1993; MONTEIRO; FURNESS, 1995; HOBSON et al., 1997; CHEREL et al., 2002; JAQUEMET et al., 2008). Segundo Cherel et al. (2006), assinaturas de isótopos estáveis em penas são utilizadas para inferir e comparar o habitat de muda (invernagem). Esta técnica tem sido validada recentemente como uma técnica efetiva de investigação da ecologia de forrageamento de aves marinhas, já que a muda das penas ocorre principalmente

durante o período não reprodutivo, e a composição isotópica das penas reflete a dieta do indivíduo durante esse período (CHEREL et. al., 2000; QUILLFELDT et al., 2005; CHEREL et al., 2006).

2 Objetivos

Identificar as regiões de alimentação de *Onychoprion fuscatus* em período não reprodutivo, através da análise de isótopos estáveis de C e N nas penas de indivíduos adultos, e comparação dos resultados com mapas isotópicos do Oceano Atlântico.

Através de análise molecular do sangue coletado, determinar o sexo dos indivíduos amostrados e verificar se há diferenças nos valores de C e N entre machos e fêmeas.

3 Materiais e Métodos

3.1. Área de estudo

A amostragem ocorrerá em setembro de 2010, no Atol das Rocas, que está localizado no topo de uma cadeia de montanhas submarinas no Oceano Atlântico Sul, cuja base encontra-se a 4000 m de profundidade no leito oceânico, a 3°51'S e 33°49'W, distante 266 km da cidade de Natal e 150 km a oeste do arquipélago de Fernando de Noronha, no Nordeste brasileiro (KIKUCHI; LEÃO, 1997; GHERARDI; BOSENCE, 2005 apud SOARES et al., 2009).

O Atol das Rocas é o único atol do Atlântico Sul ocidental e a primeira Reserva Biológica Marinha do Brasil (MORAES et al., 2003). Seu comprimento é de 3,35km e largura de 2,49km, totalizando uma área de aproximadamente 6,56km² com um perímetro estimado de 11km. Desta forma o Atol das Rocas está entre os menores atóis do mundo, e apresenta duas ilhas: a Ilha do Farol e a Ilha do Cemitério (PEREIRA et al., 2010).

Rocas é banhado pela corrente Sul Equatorial, com direção constante para oeste (EKAU; KNOPPERS, 1996; GOES, 2006 apud PEREIRA et al., 2010). A temperatura da água do mar possui média de 27°C, podendo chegar a 42°C nas piscinas naturais. A salinidade da superfície da água varia de 36 a 37 e a temperatura da superfície do mar varia de 26°C em setembro a 28,3°C em abril (HOFLICH, 1984 apud SERVAIN et al., 1987 PEREIRA et al., 2010). Ventos predominantes de sudeste têm frequência de 50% e de leste 35% durante o verão. Durante o inverno, ocorre uma intensificação dos ventos provenientes de sudeste, que têm frequência de 70%, com 25% de leste (HOFLICH, 1984 apud PEREIRA et al., 2010).

3.2. Coleta de amostras

Serão capturados com puçá ou manualmente 35 indivíduos de *Onychoprion fuscatus*, nas Ilhas do Farol e do Cemitério, em locais com grande densidade de ninhos. De cada indivíduo foi coletada a primeira rêmige secundária (S1). As

amostras de penas serão acondicionadas em sacos plásticos, contendo a identificação do indivíduo de acordo com sua anilha.

Será coletado, com seringas e agulhas, sangue da veia do tarso de cada ave e, posteriormente, colocado em cartões FTA[®], para preservação do DNA visando a posterior determinação do sexo, contendo a identificação de cada indivíduo.

3.3. Preparação das amostras

Em laboratório, cada pena será lavada cinco vezes com água destilada para remoção de partículas aderidas externamente, secadas em estufa por duas horas à temperatura constante de 70°C, sendo após fragmentadas com tesoura e homogeneizadas. Amostras de 0,70 mg de penas serão pesadas, colocadas em cápsulas de estanho e analisadas em espectrômetro de massa de fluxo contínuo (BUGONI et al. 2008; QUILLFELDT et al. 2008), na Universidade da Geórgia localizada na cidade de Athens, no estado da Geórgia, nos Estados Unidos.

3.4. Análise isotópica das amostras

Os valores isotópicos possuem sua própria notação, notação delta representada pelo símbolo “ δ ” que significa a razão entre os valores padrão e os valores da amostra atual (FRY, 2006). Os valores isotópicos de C e N que compõem o material amostrado serão expressos em desvios (‰) dos valores padrão de Pee Dee Belemnite para ¹³C e N₂ atmosférico para ¹⁵N, sendo determinados através da equação:

$$\delta^{13}\text{C ou } \delta^{15}\text{N (‰)} = (\text{R amostra} / \text{R padrão} - 1) \times 1000,$$

na qual:

$\delta^{13}\text{C}$ ou $\delta^{15}\text{N}$ = assinatura isotópica em ¹³C ou ¹⁵N e R = ¹³C/¹²C ou ¹⁵N/¹⁴N (SULZMAN, 2007).

Os resultados serão comparados com valores isotópicos já determinados para o Oceano Atlântico, segundo Graham et al. (2010).

3.5. Determinação sexual

O. fuscatus são sexualmente monomórficos (SCHREIBER et al., 2002), portanto, o sexo dos indivíduos serão determinados através de análise molecular do gene CHD, presente nos cromossomos sexuais Z e W das aves (FRIDOLFSSON; ELLEGREN, 1999). As amostras de sangue serão enviadas para determinação sexual no laboratório do Prof. Javier Martínez, Universidad de Alcalá, Alcalá de Henares, Madrid, Espanha.

3.6. Análise estatística

Será utilizada a estatística descritiva, através do cálculo de médias e desvio padrão dos valores de C e N, para posterior comparação visual dos valores de cada indivíduo com os mapas *isoscapes*, a fim de determinar as áreas de ocorrência das aves amostradas.

Machos e fêmeas serão comparados para saber se diferem nos valores de $\delta^{13}\text{C}$ e $\delta^{15}\text{N}$. Se os dados forem normais (teste de Kolmogorov-Smirnov) e homocedásticos (teste de Levene) as médias entre machos e fêmeas para cada elemento serão comparadas através de teste *t* de Student. Caso os pressupostos de normalidade e homocedasticidade não forem atendidos, os dados serão transformados (por exemplo: log, ln, raiz quadrada). Se após a transformação os dados continuarem sendo não normais e heterocedásticos, será utilizada a comparação através do teste não paramétrico de Mann-Whitney (FOWLER et al., 1998).

5 Orçamento

Quantidade	Item	Valor unitário (R\$)	Valor total (R\$)
2	Passagens aéreas (Porto Alegre-RS/Natal-RN)	550,00	1100,00
2	Passagens terrestres (Pelotas-RS/Porto Alegre-RS)	40,00	80,00
2	Diárias	180,00	360,00
1	Alimentação	400,00	400,00
1	Puçá	15,00	15,00
2	Luvas de pano	5,00	10,00
1 caixa c/ 50 unidades	Luvas cirúrgicas	-	13,00
1 caixa c/ 100 unidades	Seringas 1ml	-	35,00
1 caixa c/ 100 unidades	Agulhas	-	12,00
1	Etanol	64,00	64,00
35	Sacos plásticos para armazenamento de amostras de penas	0,02	0,70
Pacote c/ 500 unidades	<i>Eppendorfs</i>	-	31,00
-	Material para preparação das amostras (bisturis, lâminas, tesouras)	-	30,00
1	Forno de secagem	2.000,00	2.000,00
-	Envio das amostras para análise isotópica	200,00	200,00
35	Análise isotópica das amostras	15,00	525,00

35	Determinação sexual	13,80	483,00
1	Impressora	400,00	400,00
1	Computador	2.200,00	2.200,00
-	TOTAL	-	7958,70

6 Referências Bibliográficas

BARBRAUD, C.; WEIMERSKIRCH, H. Environmental conditions and breeding experience affect costs of reproduction in blue petrels. **Ecology**, n.86, v.3, p.682-692, 2005.

BUGONI, L.; MCGILL, R.A.R.; FURNESS, R.W. Effects of preservation methods on stable isotopes signatures in bird tissues. **Rapid Communications in Mass Spectrometry**, v.16, n.22, p.2457-2462, 2008.

CBRO (COMITÊ BRASILEIRO DE REGISTRO ORNITOLÓGICOS). **Listas das Aves do Brasil**, 9ª edição, 2010.

CHEREL, Y.; BOCHER, P.; TROUVÉ, C.; WEIMERSKIRCH, H. Diet and feeding ecology of blue petrels *Halobaena caerulea* at Iles Kerguelen, Southern Indian Ocean. **Marine Ecology Progress Series**, v.228, p.283-299, 2002.

CHEREL, Y.; HOBSON, K. A.; WEIMERSKIRCH, H. Using stable-isotope analysis of feathers to distinguish moulting and breeding origins of seabirds. **Oecologia**, v.122, p.155-162, 2000.

CHEREL, Y.; PHILLIPS, R. A.; HOBSON, K. A.; MCGILL, R. Stable isotope evidence of diverse species-specific and individual wintering strategies in seabirds. **Biology Letters**, v.2, p.301-303, 2006.

FONSECA NETO, F. P. 2004. Aves marinhas da ilha Trindade. *In: Aves marinhas insulares brasileiras: bioecologia e conservação*. Itajaí: UNIVALI, 2004, 266p.

FOWLER J, COHEN L, JARVIS P. **Practical statistics for field biology**. Chichester: John Wiley & Sons, 1998, 257p.

FRIDOLFSSON, A. K.; ELLEGREN, H. A simple and universal method for molecular sexing of non-ratite birds. **Journal of Avian Biology**, v.30, p.116-121, 1999.

FRY, Brian. **Stable Isotope Ecology**. LA: Springer, 2006, 308p.

GRAHAM, B. S.; KOCH, P. L.; NEWSOME, S. D.; MCMAHON, K. W.; AURIOLES D. Using isoscapes to trace the movements and foraging behavior of top predators in oceanic ecosystems. *In: Isoscapes: Understanding movement, pattern, and process on Earth through isotope mapping*. 1.ed. Londres: Springer, 2010, 487p.

HARRISON, Peter. **Seabirds: An identification guide**. Boston: Houghton Mifflin Harcourt, 1983, 448p.

HAZIN, M. C.; MACEDO, R. H. Sooty tern nesting success as a function of nest location, density and vegetation type in a neotropical Atoll. **Revista Brasileira de Ornitologia**, v.14, n.3, p.261-268, 2006.

HOBSON, Keith A. Trophic relationships among high Arctic seabirds: insights from tissue-dependent stable-isotope models. **Marine Ecology Progress Series**, v.95, p.7-18, 1993.

HOBSON, K. A.; GIBBS, H. L.; GLOUTNEY, M. L. Preservation of blood and tissue samples for stable-carbon and stable-nitrogen analysis. **Canadian Journal of Zoology**, v.75, n.10, p.1720-1723, 1997.

HOBSON, K. A.; WASSENAAR, L. I. Stable isotope ecology: an introduction. **Oecologia**, v.120, p.312-313, 1999.

JAEGER, A.; LECOMTE, V. J.; WEIMERSKIRCH, H.; RICHARD, P.; CHEREL, Y. Seabird satellite tracking validates the use of latitudinal isoscapes to depict predators' foraging areas in the Southern Ocean. **Rapid Communications in Mass Spectrometry**, v.24, p.3456-3460, 2010.

JAQUEMET, S.; POTIER, M.; CHEREL, Y.; KOJADINOVIC, J.; BUSTAMANTE, P. Comparative foraging ecology and ecological niche of a superabundant tropical seabird: the sooty tern *Sterna fuscata* in the Southwest Indian Ocean. **Marine Biology**, v.155, p.505-520, 2008.

MICHENER, H. R.; KAUFMAN, L. Stable isotope chemistry and measurement: a primer. In: **Stable isotopes in ecology and environmental science**. Oxford: Blackwell Publishing, 2007, 566p.

MONTEIRO, L. R.; FURNESS R. W. Seabirds as monitors of mercury in the marine environment. **Water, Air, and Soil Pollution**, v.80, p.851-870, 1995.

MORAES, F. C.; VILANOVA, E. P.; MURICY, G. Distribuição das esponjas (porifera) na reserva biológica do Atol das Rocas, nordeste do Brasil. **Arquivos do Museu Nacional, Rio de Janeiro**, v.61, n.1, p.13-22, 2003.

PEREIRA, N. S.; MANSO, V. A. V.; SILVA, A. M. C.; SILVA, M. B. Mapeamento geomorfológico e morfodinâmica do Atol das Rocas, Atlântico Sul. **Revista da Gestão Costeira Integrada**, v.10, n.3, p.331-345, 2010.

QUILLFELDT, P., BUGONI, L., MCGILL, R. A. R., MASELLO, J. F.; FURNESS, R.W. Differences in stable isotopes in blood and feathers of seabirds are consistent across species, age and latitude: implications for food web studies. **Marine Biology**, n.155, p.593-598, 2008.

QUILLFELDT, P.; MCGILL, R. A. R.; FURNESS, R. W. Diet and foraging areas of Southern Ocean seabirds and their prey inferred from stable isotopes: review and case study of Wilson's storm-petrel. **Marine Ecology Progress Series**, v.295, p.295-304, 2005.

SCHREIBER, E. A.; FEARE, C. J.; HARRINGTON, B. A.; MURRAY, B. G. Jr.; ROBERTSON, W. B. Jr.; ROBERTSON, M. J.; WOOLFENDEN, G. E. Sooty tern (*Sterna fuscata*). **The Birds of North America Online**, n.665, 2002.

SCHULZ-NETO, Albano. Aves marinhas do Atol das Rocas. In: **Aves marinhas e insulares brasileiras: bioecologia e conservação**. Itajaí: UNIVALI, 2004, 266p.

SERVAIN, J.; SEVA, M. On relationships between Tropical Atlantic an sea surface temperature, wind stress and regional precipitation indices: 1964-1984. **Ocean-Air Interactions**, v.1, p.183-190, 1987.

SOARES, M. O.; LEMOS, V. B.; KIKUCHI, R. K. P. Atol das Rocas, Atlântico Sul Equatorial: considerações sobre a classificação do recife biogênico. **Revista Brasileira de Geociências**, v.39, n.2, p.238-243, 2009.

SULZMAN, ELIZABETH W. Stable isotope chemistry and measurement: a primer. *In: Stable Isotopes in Ecology and Environmental Science*. Oxford: Blackwell Publishing, 2007, 566p.

WILSON, R. P.; GRÉMILLET, D.; SYDER, J.; KIERSPEL, M. A. M.; GARTHE, S.; WEIMERSKIRCH, H.; SCHÄFER-NETH, C.; SCOLARO, J. A.; BOST, C. A.; PLÖTZ, J.; NEL, D. Remote-sensing systems and seabirds: their use, abuse and potential for measuring marine environmental variables. **Marine Ecology Progress Series**, v.228, p.241-261, 2002.

Relatório de campo

O trabalho de campo foi realizado no período de 06 de setembro a 06 de outubro de 2010, no Atol das Rocas. Para a realização de coletas nesse local, foi necessária a aprovação de um projeto de pesquisa¹, o qual recebeu recursos financeiros do CNPq para sua execução. Além do projeto, foi imprescindível a autorização do SISBIO, para a coleta e transporte das amostras (autorização N.º 22697). Para chegar ao local de estudo, foi necessário ir à capital do Rio Grande do Norte, Natal. A viagem entre Natal e o Atol das Rocas foi feita em um Catamarã, o qual partiu do Iate Clube de Natal. Este barco, além de cinco pesquisadores e mais três tripulantes, levava todos os equipamentos dos projetos de pesquisa e mantimentos para um mês. A partida ocorreu no dia 05 de setembro, e o período de duração da viagem foi de 19h.

O Atol possui duas ilhas, a Ilha do Farol, onde o desembarque é feito, por meio de um bote com motor, já que o barco não entra no Atol, e a Ilha do Cemitério. A primeira é a maior, e possui duas estações, uma utilizada para estadia, possuindo três quartos e uma cozinha, e a outra onde há acesso à internet, que funciona apenas com a energia de um gerador movido à gasolina (Fig.1A, 1B) e também é utilizada como laboratório. A segunda ilha não possui estação. Ambas possuem vegetação rasteira e sofrem intensa modificação, devido aos ventos e às mudanças da maré. O acesso até a ilha do Cemitério pode ser feita a pé durante a maré baixa.

Para o projeto mencionado foram amostradas, por duas pesquisadoras, 282 aves de sete espécies diferentes, sendo elas *Sula sula*, *Sula dactylatra*, *Sula leucogaster*, *Fregata magnificens*, *Anous stolidus*, *Anous minutus* e *Onychoprion fuscatus*, nas duas ilhas. As coletas ocorreram durante os três turnos. Foram realizados também censos diurnos e noturnos dos ninhos ativos, para determinação dos tamanhos populacionais de cada espécie.

Os indivíduos foram capturados com puçá ou manualmente (Fig. 2). As aves que habitavam locais mais distantes de onde estavam sendo feitas as coletas de material, eram carregadas em sacos de pano até o local utilizado como laboratório.

¹ Projeto “Estrutura das comunidades de aves marinhas tropicais no Brasil: influência de fatores físicos e da competição por recursos determinado através de isótopos estáveis”

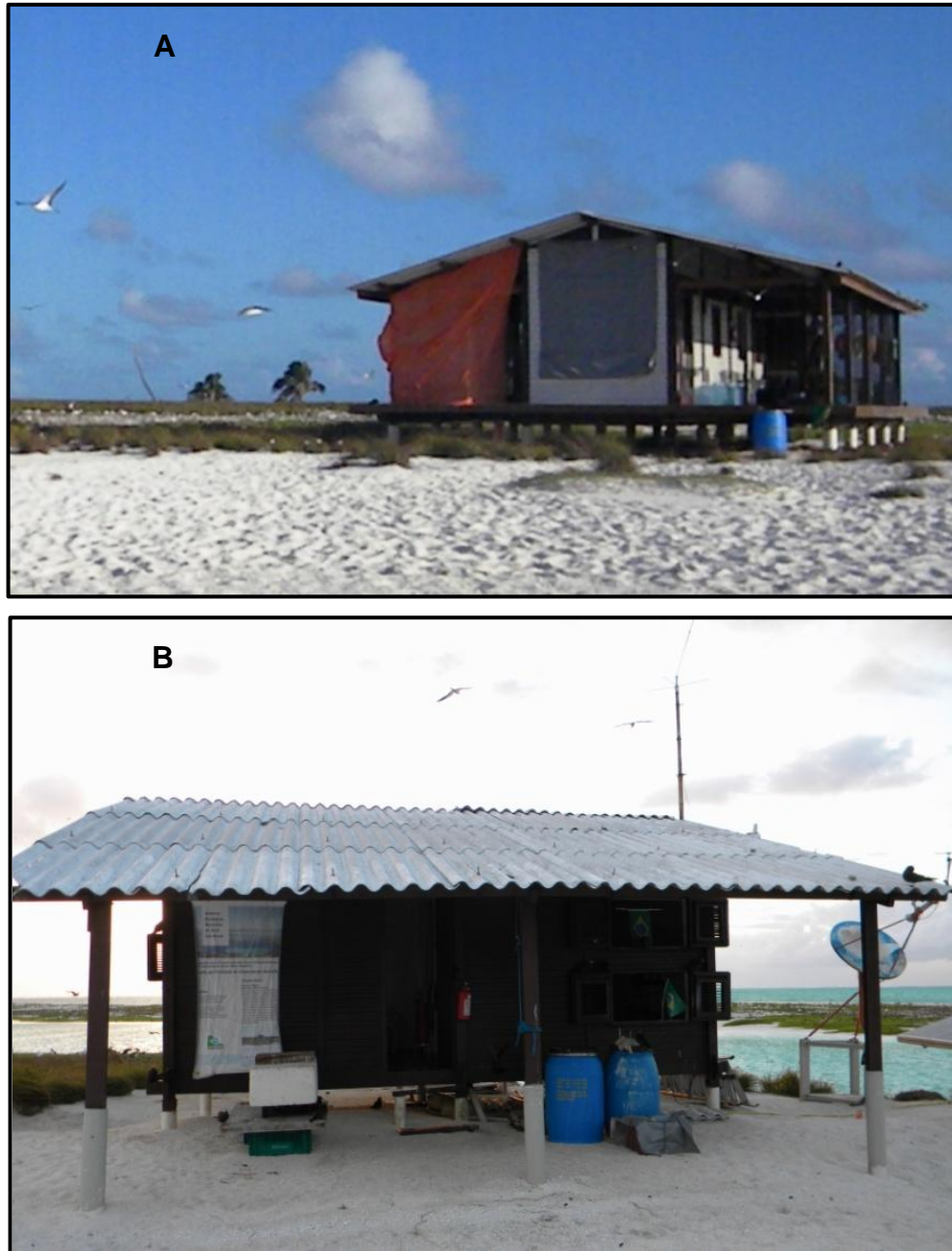


Figura 1 - Estações da Ilha do Farol, no Atol das Rocas. A - Estação utilizada para estadia; B - Estação utilizada como laboratório.



Figura 2 - Captura com puçá de um indivíduo de *Onychoprion fuscatus*.

De cada indivíduo, coletou-se sangue, com seringas e agulhas, penas de contorno e ectoparasitas, além de dados morfométricos (comprimento do bico, do tarso, da asa e da cauda, além da pesagem dos indivíduos), feitos com paquímetro, régua e balança eletrônica. Durante a coleta de material e de dados, as aves eram anilhadas com anilhas de alumínio padrão CEMAVE, que variavam em tamanho de acordo com a espécie. Esse processo foi feito da forma mais ágil possível, a fim de minimizar estresse para os indivíduos.

Para este trabalho de pesquisa foram amostrados, pelas mesmas pesquisadoras, 33 indivíduos de *O. fuscatus* (Fig. 3), conhecidos como trinta-réis-das-rocas, nas duas ilhas, da mesma forma citada anteriormente. Assim como para as demais espécies amostradas, coletou-se sangue, penas e dados morfométricos, além da colocação de anilha.



Figura 3 - Indivíduo adulto de *Onychoprion fuscatus*.

Com a espécie em questão, parte do sangue coletado foi armazenado em cartões FTA® para posterior sexagem, por meio de análise molecular. Além das penas de contorno, foi coletada a primeira rêmige secundária (S1), a qual foi utilizada para análise isotópica (Fig. 4). As penas foram armazenadas em sacos plásticos identificados pelo número da anilha de cada indivíduo, para posterior análise de isótopos estáveis (Fig. 5).



Figura 4 - Primeira rêmige secundária de um indivíduo de *Onychoprion fuscatus*.



Figura 5 - Pena de *Onychoprion fuscatus*, armazenada em saco plástico identificado com o número da anilha de cada indivíduo.

Os resultados da análise dos materiais coletados são mencionados e explicados a seguir, conforme as instruções aos autores da revista *Marine Biology*, seguindo a formatação sugerida pelo Manual de Normas da UFPel (Apêndice D - Nível de Descrição 4).

Identificação das áreas de invernagem do trinta-réis-das-rocas *Onychoprion fuscatus* no Oceano Atlântico, determinadas por isótopos estáveis

Fernanda P. Marques^{1,2,*}, Patrícia L. Mancini², Leandro Bugoni²

¹ Instituto de Biologia, Universidade Federal de Pelotas (UFPEL), Caixa Postal: 374, CEP: 96010-900, Capão do Leão, Brasil.

² Instituto de Ciências Biológicas, Laboratório de Aves Aquáticas, Instituto de Ciências Biológicas, Universidade Federal do Rio Grande (FURG), Caixa Postal: 474, CEP: 96201-900, Rio Grande, Brasil.

* E-mail: fernandapintomarques@gmail.com

Resumo

Onychoprion fuscatus é uma ave marinha tropical abundante, e que tem no Atol das Rocas a maior colônia da espécie no Oceano Atlântico. No entanto as áreas onde esta espécie passa a maior parte do ano, durante o período não reprodutivo (= invernagem), são desconhecidas. Por serem aves de pequeno porte, o rastreamento com equipamentos de sensoriamento remoto são difíceis ou mesmo impossíveis. Um método de obter informações sobre as áreas de invernagem dessa espécie é através de isótopos estáveis de carbono e nitrogênio ($\delta^{13}\text{C}$ e $\delta^{15}\text{N}$) e a comparação destes elementos com paisagens isotópicas. Neste estudo foi realizada a análise de isótopos estáveis da primeira pena rêmige secundária (S1), que se desenvolve durante o período de invernagem, de 33 indivíduos adultos da colônia do Atol das Rocas. Também foi coletado sangue para verificação do sexo. Para comparar com as paisagens isotópicas basais já existentes para o Oceano Atlântico, foram feitos mapas de cada ave, com seus valores de $\delta^{13}\text{C}$ e $\delta^{15}\text{N}$ corrigidos em função do fracionamento isotópico entre os níveis basais do plâncton e o nível trófico das aves. Os mapas demonstraram cinco padrões de distribuição, porém todos apresentaram uma área em alto-mar ao norte-noroeste da colônia do Atol das Rocas. Não houve diferença significativa nos valores isotópicos de fêmeas e machos, indicando que machos e fêmeas compartilham a mesma área de invernagem. Esse estudo demonstra a viabilidade do método para a determinação de áreas de invernagem para aves tropicais e identifica os locais de invernagem da espécie, antes desconhecidos.

Introdução

Onychoprion fuscatus (Linnaeus, 1766) distribui-se em oceanos tropicais e subtropicais de todo o mundo (Harrison 1983). Durante a nidificação formam grandes colônias em ilhas na região circuntropical, geralmente em uma faixa entre 30°N e 30°S de latitude em relação ao Equador (Schreiber et al. 2002). A distribuição da espécie durante o período de invernagem é desconhecido, em particular porque esta é uma ave de pequeno tamanho - 36-94 cm de comprimento e aproximadamente 200 g de massa - (Schreiber et al. 2002), sendo pouco viável o uso de transmissores para rastreamento devido ao seu tamanho e a necessidade de recaptura (Wilson et al. 2002).

São popularmente conhecidos como trinta-réis-das-rocas, Charadriiformes, Sternidae (CBRO 2011). Essa espécie é considerada uma das mais numerosas aves oceânicas (Feare et al. 1997) e, se o estado de conservação é avaliado como “pouco preocupante”, segundo a IUCN. No Oceano Atlântico estão ausentes em ilhas influenciadas por correntes frias que percorrem o Equador, a costa Oeste da África e América do Sul (Schreiber et al. 2002) e seu limite sul se dá nas Ilhas da Trindade e Martin Vaz (Vooren e Brusque 1999). Sua dieta é composta principalmente por pequenas lulas e peixes (6-8 cm), predominando peixes-voadores (Exocoetidae), sendo menos comuns crustáceos, insetos e descartes de pesca (Burger e Gochfeld 1996). Forrageia na superfície oceânica, a cerca de 10cm de profundidade (Schreiber et al. 2002).

A maior colônia, no Brasil, ocorre no Atol das Rocas (Hazin e Macedo 2006), onde cerca de 140.000 indivíduos reproduzem-se todos os anos (Antas 1991; Schulz-Neto 1998 apud Fonseca-Neto 2004). Os períodos de pico reprodutivo variam entre as diferentes colônias (Schreiber et al. 2002). No Atol das Rocas pode-se observar dois ciclos reprodutivos, nos meses de fevereiro e setembro (Hazin e Macedo 2006).

Após a reprodução, o trinta-réis-das-rocas abandona as ilhas e passa o restante do ano em alto-mar. O tempo de migração e invernagem das aves de diferentes colônias é similar, variando apenas em relação à época do ano. Ocorre sempre oposto ao período de reprodução (Schreiber et al. 2002), porém os meses variam entre os anos e entre as colônias, já que as aves marinhas tropicais ocupam ambientes com pouca sazonalidade (Le Corre 2001).

Durante o período não reprodutivo os adultos necessitam restaurar sua condição corporal e realizar a muda das penas. Este período é importante na dinâmica populacional de aves marinhas, já que pode afetar a sobrevivência de indivíduos ou seu desempenho reprodutivo na estação subsequente (Barbraud e Weimerskirch 2005; Jaquemet et al. 2008).

Aves marinhas têm sido intensivamente estudadas nas colônias, devido à facilidade de captura e obtenção de amostras. No entanto a identificação de vários mecanismos ecológicos é dificultada pela falta de informação durante o período não reprodutivo, onde os indivíduos migram para áreas distantes dos locais de reprodução (Cherel et al. 2006). Transmissores por rádio ou satélite e geolocalizadores têm aumentado a capacidade de acompanhar os indivíduos grandes o suficiente para carregá-los (Wilson et al. 2002). No entanto, tais métodos continuam não sendo viáveis para traçar os movimentos da maioria das espécies, devido ao reduzido tamanho destas (Hobson 1999), ou então, no caso de espécies tropicais, mesmo geolocalizadores muito pequenos, não funcionam pela pouca variação no número de horas com luz ao longo do ano. Uma alternativa é a utilização de marcadores intrínsecos, que podem servir ainda para investigações da dieta, relações tróficas e zonas de forrageamento. Um destes métodos é a análise de isótopos estáveis em tecidos corporais, que passou a ser utilizado a partir de meados da década de 1980 em estudos de ornitologia e seu uso tem crescido exponencialmente (Hobson 2011).

Este método se baseia na assimilação e fixação de marcadores isotópicos intrínsecos do alimento nos tecidos do consumidor (Jaeger et al. 2010). Enquanto forrageiam em uma área específica, os indivíduos assimilam nos tecidos em crescimento a composição isotópica do local. Quando comparada à composição isotópica do indivíduo com a de sua presa ou com a composição isotópica do local, pode-se obter informações dos padrões de residência ou movimentos migratórios. Em outras palavras, a composição isotópica do animal pode ser usada para “rastrear” os movimentos de um indivíduo através de habitats isotopicamente distintos (Graham et al. 2010). Análises de isótopos estáveis de carbono (C) e de nitrogênio (N) têm sido extensivamente utilizadas como traçadores da dieta em diferentes escalas ecológicas, de indivíduos a comunidades (Roscales et al. 2011). Sabendo que padrões isotópicos nas cadeias tróficas podem diferir espacialmente, de modo previsível, as medições desses perfis isotópicos nos tecidos do animal podem fornecer informações sobre as suas

origens. Assim, os animais são ligados através das cadeias alimentares basais pelas paisagens isotópicas (*isoscapas*).

A utilização desses marcadores endógenos, como os isótopos estáveis, vem sendo amplamente utilizada para a determinação de áreas de invernagem. Em ambientes terrestres, pode-se citar estudos de Yohannes et al. (2007) com Passeriformes e de Hobson et al. (2003) com Apodiformes. Em relação às aves marinhas, há trabalhos com pinguins (Sphenisciformes), biguás (Pelecaniformes) (Bearhop et al. 2006), e petréis-das-tormentas *Oceanites oceanicus* (Procellariiformes) (Quillfeldt et al. 2005), dentre outros.

Neste estudo foi realizada a análise de isótopos estáveis de carbono e nitrogênio das penas de indivíduos adultos de *O. fuscatus*, com a finalidade de identificar as regiões de alimentação durante o período de invernagem dos mesmos, através da comparação dos valores isotópicos com as paisagens isotópicas do Oceano Atlântico.

Materiais e métodos

Área de estudo

A amostragem ocorreu no período do dia 7 ao dia 21 do mês de setembro de 2010, no Atol das Rocas, que está localizado no topo de uma cadeia de montanhas submarinas no Oceano Atlântico Sul, cuja base encontra-se à 4000m de profundidade no leito oceânico, a 3°51'S e 33°49'W. O Atol se encontra a 266km da cidade de Natal e 150km a oeste do arquipélago de Fernando de Noronha, no Nordeste brasileiro (Kikuchi e Leão 1997; Fig. 1).

O Atol das Rocas é o único atol do Atlântico Sul Ocidental e a primeira Reserva Biológica Marinha no Brasil (Moraes et al. 2003). A área emersa tem comprimento de 3,35km e largura de 2,49km, totalizando uma área de aproximadamente 6,56km², com perímetro de 11km. Desta forma o Atol das Rocas está entre os menores atóis do mundo e apresenta duas ilhas: a Ilha do Farol e a Ilha do Cemitério (Pereira et al. 2010).

O Atol das Rocas é banhado pela corrente Sul Equatorial, com direção constante para oeste (Ekau e Knoppers 1996; Goes 2006 apud Pereira et al. 2010). A temperatura da água na superfície do

mar possui média de 27°C. A salinidade da água na superfície varia de 36 a 37 e a temperatura da superfície do mar varia de 26°C em setembro a 28,3°C em abril. Ventos predominantes de sudeste têm frequência de 50% e de leste 35% durante o verão. Durante o inverno, ocorre uma intensificação nos ventos provenientes de sudeste, que têm frequência de 70%, com 25% para leste (Hoflich 1984 apud Pereira et al. 2010).

Coleta e preparação das amostras

Foram capturados com puçá ou manualmente 33 indivíduos de *O. fuscatus*, nas Ilhas do Farol e do Cemitério, em locais com grande densidade de ninhos. De cada indivíduo foi coletada a primeira rêmige secundária (S1). As amostras de penas foram acondicionadas em sacos plásticos, contendo a identificação do indivíduo de acordo com a anilha metálica utilizada.

Com seringa e agulha coletou-se uma gota de sangue de cada indivíduo, da veia tarsal, posteriormente colocadas em cartões FTA[®] para preservação do DNA visando a posterior determinação do sexo, já que são sexualmente monomórficos (Schreiber et al. 2002). O sexo dos indivíduos foi determinado através de análise molecular do gene CHD, presente nos cromossomos sexuais Z e W das aves (Fridolfsson e Ellegren 1999).

Em laboratório, cada pena foi lavada cinco vezes com água destilada para remoção de partículas aderidas externamente, secadas em estufa por 12h à temperatura constante de 70°C, sendo posteriormente fragmentadas com tesoura e homogeneizadas. Amostras de aproximadamente 1mg de penas foram pesadas, colocadas em cápsulas de estanho e analisadas em espectrômetro de massa de fluxo contínuo (Yohannes et al. 2007), no Laboratório de Isótopos Estáveis e Biologia de Solos da Universidade da Geórgia, Athens, Estados Unidos da América.

Os valores isotópicos possuem sua própria notação, representada pelo símbolo “ δ ” (delta) que significa diferença, ou seja, a diferença entre os valores de materiais padrão e os valores obtidos da análise da amostra atual (Fry 2006). Os valores isotópicos de C e N, que compõem o material amostrado, foram expressos em desvios (‰) dos valores padrão de Pee Dee Belemnite para $\delta^{13}\text{C}$ e N_2 atmosférico para $\delta^{15}\text{N}$, sendo determinados através da equação:

$$\delta^{13}\text{C ou } \delta^{15}\text{N} (\text{‰}) = (\text{R amostra}/\text{R padrão} - 1) \times 1000$$

na qual:

$\delta^{13}\text{C}$ ou $\delta^{15}\text{N}$ = assinatura isotópica em ^{13}C ou ^{15}N e $\text{R} = ^{13}\text{C}/^{12}\text{C}$ ou $^{15}\text{N}/^{14}\text{N}$ (Sulzman 2007).

Análise estatística

Utilizou-se estatística descritiva, através do cálculo de médias e desvio padrão dos valores de $\delta^{13}\text{C}$ e $\delta^{15}\text{N}$. Os valores de $\delta^{13}\text{C}$ e $\delta^{15}\text{N}$ dos machos e fêmeas foram comparados para determinar se havia diferença entre os sexos quanto aos locais de invernagem, utilizando-se o teste *t* de Student, após verificação de que os dados atendiam aos pressupostos de normalidade e homocedasticidade, de acordo com o programa BioEstat v. 5.0 (Ayres et al. 2007).

Foram comparados visualmente os valores de cada indivíduo com os mapas isotópicos a fim de determinar as áreas de ocorrência das aves amostradas. Essa comparação foi feita de forma indireta, após as correções dos valores obtidos para os indivíduos de trinta-réis-das-rocas, em função de seu nível trófico, uma vez que as paisagens isotópicas existentes (Graham et al. 2010) são baseados em amostras de zooplâncton. A diferença entre o nível trófico da ave e do plâncton foi estabelecida como sendo três níveis tróficos: o nível basal, composto por copépodos calanóides, com os valores isotópicos determinados por Graham et al. (2010) e que resultou na construção das paisagens isotópicas; o primeiro nível, formado por larvas de peixes e zooplâncton maiores, predadores de copépodos calanóides (Lewis et al. 1962); o segundo nível, formado por peixes voadores e lulas que predam o segundo nível trófico (Gochfeld e Burger 1996); e o terceiro nível, formado por *O. fuscatus* como predador topo (Schreiber et al. 2002).

Para a correção de cada nível trófico, os valores do fracionamento utilizados para ^{13}C foi de 1‰ (DeNiro e Epstein 1978), e para ^{15}N foi de 3‰ (Minagawa e Wada 1984; Wada et al. 1987; Fry 1988 apud Hobson 1992).

Resultados

Os valores da média e do desvio padrão dos elementos analisados foram de $10,83 \pm 0,69$ para $\delta^{15}\text{N}$ e $-15,59 \pm 0,34$ para $\delta^{13}\text{C}$ (Fig. 2).

A determinação sexual feita por meio de análise molecular revelou que dos 33 indivíduos amostrados, 15 eram fêmeas e 18 eram machos (Tabela 1). A média e desvio padrão de $\delta^{15}\text{N}$ das fêmeas foram $10,87 \pm 0,65$ e dos machos foram $10,71 \pm 0,74$, não diferindo significativamente ($t = 0,64$, $gl = 31$, $p = 0,52$). Fêmeas e machos tiveram valores similares de $\delta^{13}\text{C}$ ($-15,56 \pm 0,28$ e $-15,62 \pm 0,38$, respectivamente) ($t = 0,5$, $gl = 31$, $p = 0,62$; Fig. 3).

A partir dos mapas individuais do local de possível ocorrência, produzidos pela sobreposição dos valores corrigidos de $\delta^{15}\text{N}$ e de $\delta^{13}\text{C}$ em relação ao fracionamento isotópico entre os níveis tróficos, sobre paisagens isotópicas do Oceano Atlântico, foi possível observar cinco padrões de áreas de invernagem.

O padrão mais representativo (18 indivíduos, 54,5%) indica que *O. fuscatus* inverte em uma ampla área de mar aberto ao norte-noroeste do Atol das Rocas, entre o Caribe a oeste, a Falha Meso-oceânica a leste e o Mar de Sargaço ao norte (Fig. 4). Neste padrão não foi possível excluir uma pequena área sobre a Cadeia Vitória-Trindade, logo ao norte do Trópico de Capricórnio.

Os demais padrões, totalizando 15 indivíduos (Fig. 5), são semelhantes quanto à localização ao norte. No entanto, apresentam uma área com extensão visivelmente reduzida em relação ao padrão mencionado anteriormente, ou com áreas prováveis adjacentes ao padrão mais comum descrito acima.

Outra importante característica demonstrada pelos mapas são as possíveis áreas de invernagem ao sul do Atol das Rocas. Ao todo, 18 indivíduos indicaram essa distribuição como área provável, porém estes apresentaram sempre como áreas prováveis também áreas no Atlântico Norte.

Discussão

Através da análise de isótopos estáveis em penas de trinta-réis-das-rocas foi possível determinar que a principal área de invernagem dos indivíduos que reproduzem no Atol das Rocas está localizada no Atlântico norte-noroeste. Esta informação inédita confirma relatos de que a espécie permanece em alto mar, distante dos locais de reprodução (Schreiber et al. 2002) e identifica as áreas de ocorrência fora do período reprodutivo, antes desconhecidas. Até meados de 1990, a habilidade de identificar padrões

migratórios e avaliar as interações sazonais era limitada a marcadores que necessitavam de recaptura, aplicados também a técnicas focais (Hobson 2005). Diversas pesquisas envolvendo o uso desses marcadores extrínsecos marcam o indivíduo no intuito de que ocorra recaptura do mesmo em um local diferente, a fim de mostrar seus deslocamentos geográficos e descrever modelos migratórios. No entanto, para a grande maioria das espécies de aves, a taxa de recaptura é extremamente baixa. Assim, a técnica de isótopos estáveis, ao utilizar marcadores intrínsecos, não necessita a recaptura de um indivíduo para obter os resultados desejados, pois os dados são “gravados” nos tecidos do mesmo (Hobson e Norris 2008). A possibilidade de traçar variações de habitat das espécies por esse método se deve ao fato de que na natureza ocorrem áreas isotópicas distintas, e dos valores destas pode-se fazer mapas isotópicos (Hobson 2005). No presente estudo, a partir das paisagens isotópicas dos níveis basais no Oceano Atlântico foi possível determinar as áreas de ocorrência da espécie com sucesso.

Para os indivíduos de *O. fuscatus*, os resultados dos mapas feitos a partir dos valores isotópicos de suas rêmiges secundárias, com as devidas correções de nível trófico, indicam que durante o período de invernagem os mesmos permanecem em áreas tropicais. Mesmo apresentando padrões distintos entre os mapas, há uma semelhança em todos, referentes à identificação de uma área ao norte-noroeste do Atol das Rocas, embora a forma e tamanho destas áreas tenha sido variável. Ao norte dessa região localiza-se o Mar de Sargaços, o qual possui características oligotróficas (Casey et al. 2007), típicas de ambientes oceânicos tropicais. Os outros limites mostrados pelos mapas são a Falha Meso-oceânica e a Cadeia Vitória-Trindade, este último um ponto importante de ressurgência de massas de água (Teixeira et al. 2009), o que contribui para uma maior produtividade em relação a águas adjacentes.

Segundo Fonseca-Neto (2004), na Ilha da Trindade o trinta-réis-das-rocas se reproduz entre setembro e fevereiro, com postura dos ovos no fim de outubro. No Atol das Rocas os meses de reprodução são os mesmos de Trindade, entre setembro e fevereiro (Hazin e Macedo 2006). A provável área de invernagem sobre a cadeia Vitória-Trindade está mais próxima das colônias que reproduzem na Ilha da Trindade do que no Atol das Rocas e poderia ser utilizado por indivíduos de ambas as colônias durante o período não reprodutivo, ou apenas pelos indivíduos de Trindade. Dados de censos de aves no mar a partir de embarcações estão sendo realizados (Lab. de Aves Aquáticas,

FURG, dados não publicados) e podem esclarecer se a espécie ocorre na área durante o período não reprodutivo. Pode haver diferenças entre os picos reprodutivos de diferentes colônias, possibilitando assim uma possível competição entre animais em período de invernagem e animais que estão reproduzindo em locais próximos. No Caribe e Golfo do México, locais adjacentes à principal área de invernagem identificada neste estudo, há entre 230 e 400 mil pares reprodutivos (Schreiber et al. 2002). Esse número expressivo pode ser um indicativo de provável competição com os indivíduos que se reproduzem no Atol das Rocas, caso a área também seja importante para a invernagem das populações caribenhas da espécie.

Não houve diferença nos valores de isótopos de C e N entre machos e fêmeas, e na delimitação das prováveis áreas de ocorrência, sugerindo que não há segregação espacial em relação ao sexo durante o período de invernagem. Isso se deve, provavelmente, pela semelhança de tamanho e de nível trófico, diferente do que ocorre com outras aves marinhas, como o albatroz-errante *Diomedea exulans*, cujas fêmeas são encontradas em águas subtropicais (35-45° S) e os machos em águas antárticas (50-60°S) (Bugoni et al. 2011), e conforme sugerido que ocorra para outras espécies de aves marinhas (Bugoni et al. 2011; Phillips et al. 2011). No entanto, em recente revisão, é demonstrado que a segregação sexual em aves marinhas é maior durante o período reprodutivo do que no período não reprodutivo (Phillips et al. 2011), em concordância com o que foi verificado no presente estudo.

Assim como outros trabalhos já realizados com aves polares e temperadas, este estudo mostrou a viabilidade de determinar áreas de invernagem para aves tropicais por meio da análise de isótopos estáveis. Este tema ainda pode ser melhor investigado já que *O. fuscatus* possui vasta distribuição em mares tropicais, e as áreas de invernagem das distintas colônias permanecem desconhecidas.

Referências

- Antas PTZ (1991). Status and conservation of seabirds breeding in Brazilian waters. *In*: JP Croxall (Ed) Seabird Status and Conservation: a Supplement. ICBC, Cambridge.
- Ayres M, Ayres JM, Ayres DL, Santos AA (2007) BioEstat– Aplicações estatísticas nas áreas das ciências biomédicas. Belém: ONG Mamirauá.

- Barbraud C, Weimerskirch, H (2005) Environmental conditions and breeding experience affect costs of reproduction in blue petrels. *Ecology* 86:682-692
- Bearhop S, Phillips RA, McGill, ChereL Y, Dawson DA, Croxall JP (2006) Stable isotopes indicate sex-specific and long-term individual foraging specialisation in diving seabirds. *Mar Ecol Prog Ser* 311:157-164
- Bugoni L, Griffiths K, Furness RW (2011) Sex-biased incidental mortality of albatrosses and petrels in longline fisheries: differential distributions at sea or differential access to baits mediated by sexual size dimorphism? *J Ornithol* 152:261-268
- Burguer J, Gochfeld M (1996) Family Sternidae. *In*: Hoyo JD, Elliot A, Sargatal J (Eds) *Handbook of the birds of the world*. Barcelona: Lynx Editions.
- Casey JR, Lomas MW, Mandecki J, Walker DE (2007) *Prochlorococcus* contributes to new production in the Sargasso Sea deep chlorophyll maximum. *Geophys Res Lett* 34:1-5
- CBRO (Comitê Brasileiro de Registros Ornitológicos) (2010) *Listas das Aves do Brasil*. 9ª edição.
- ChereL Y, Phillips RA, Hobson KA, McGill R (2006) Stable isotope evidence of diverse species-specific and individual wintering strategies in seabirds. *Biol Lett* 2:301-303
- DeNiro MJ, Epstein S (1978) Influence of diet on the distribution of carbon isotopes in animals. *Geochim Cosmochim Acta* 42:495-506
- Feare JC, Gill EL, Carty P, Carty HE, Ayrton VJ (1997) Habitat use by Seychelles sooty terns *Sterna fuscata* and implications for colony management. *Biol Conserv* 81:69-76
- Fonseca-Neto FP (2004). *Aves marinhas da ilha Trindade*. *In*: Branco JO (Ed) *Aves marinhas insulares brasileiras: bioecologia e conservação*. Itajaí: UNIVALI
- Fridolfsson AK, Ellegren H (1999) A simple and universal method for molecular sexing of non-ratite birds. *J Avian Biol* 30:116-121
- Fry B (2006) *Stable isotope ecology*. LA: Springer
- Graham BS, Koch PL, Newsome SD, McMahon KW, Aurioles D (2010) Using isoscapes to trace the movements and foraging behavior of top predators in oceanic ecosystems. *In*: *Isoscapes: Understanding movement, pattern, and process on earth through isotope mapping*. Londres: Springer.

- Harrison P (1983) *Seabirds: An identification guide*. Boston: Houghton Mifflin
- Hazin MC, Macedo RH (2006) Sooty tern nesting success as a function of nest location, density and vegetation type in a Neotropical atoll. *Rev Brasil Ornitol* 14:261-268
- Hobson KA (1999) Tracing origins and migration of wildlife using stable isotopes: a review. *Oecologia* 120:314-326
- Hobson KA (2005) Stable isotopes and the determination of avian migratory connectivity and seasonal interactions. *Auk* 122:1037-1048
- Hobson KA (2011) Isotopic ornithology: A perspective. *J Ornithol* 152:49-66
- Hobson KA, Clark RG (1992) Assessing avian diets using stable isotopes II: factors influencing diet-tissue fractionation. *Condor* 94:189-197
- Hobson, KA, Norris DR (2008) Animal migrations: A context for using new techniques and approaches. *In: Hobson KA, Wassenaar LI (Eds) Tracking animal migration with stable isotopes*. First edition. Canadá: Elsevier
- Hobson KA, Wassenaar LI, Borja M, Lovette I, Dingle C, Smith TB (2003) Stable isotopes as indicators of altitudinal distributions and movements in an Ecuadorean hummingbird community. *Oecologia* 136:302-308
- International Union for Conservations of Nature - IUCN. <<http://www.iucnredlist.org>>. Acesso em: dezembro, 2011.
- Jaeger A, Lecomte VJ, Weimerskirch H, Richard P, Cherel Y (2010) Seabird satellite tracking validates the use of latitudinal isoscapes to depict predators' foraging areas in the Southern Ocean. *Rapid Commun Mass Spectrom* 24:3456-3460
- Jaquemet S, Potier M, Cherel Y, Kojadinovic J, Bustamante P (2008) Comparative foraging ecology and ecological niche of a superabundant tropical seabird: the sooty tern *Sterna fuscata* in the Southwest Indian Ocean. *Mar Biol* 155:505-520
- Kikuchi RKP, Leão ZMAN (1997) Rocas (Southwestern Equatorial Atlantic, Brazil): an atoll built primarily by coralline algae. *Proc 8th Int Coral Reef Sym* 1:731-736
- Le Corre M (2001) Breeding seasons of seabirds at Europa Island (southern Mozambique Channel) in relation to seasonal changes in the marine environment. *J Zool Lond* 254:239-249

- Lewis JB, Brundritt JK, Fish AG (1962) The biology of the flyingfish *Hirundichthys affinis* (Günther). (Bull Mar Sci Gulf Caribb, 12:73-94.
- Moraes FC, Vilanova EP, Muricy G (2003) Distribuição das esponjas (Porifera) na Reserva Biológica do Atol das Rocas, Nordeste do Brasil. BRMN/A, 61:13-22.
- Pereira NS, Manso VAV, Silva AMC, Silva MB (2010) Mapeamento geomorfológico e morfodinâmica do Atol das Rocas, Atlântico Sul. Rev Ger Cost Integ 10:331-345
- Phillips RA, McGill RAR, Dawson DA, Bearhop S (2011) Sexual segregation in distribution, diet and trophic level of seabirds: insights from stable isotope analysis. Mar Biol 158:2199-2208
- Quillfeldt P, McGill RA, Furness RW (2005) Diet and foraging areas of Southern Ocean seabirds and their prey inferred from stable isotopes: review and case study of Wilson's storm-petrel. Mar Ecol Prog Ser 295:295-304
- Roscales JL, Gómez-Díaz E, Neves V, González-Solís J (2011) Trophic versus geographic structure in stable isotope signatures of pelagic seabirds breeding in the Northeast Atlantic. Mar Ecol Prog Ser 434:1-13
- Schreiber EA, Feare CJ, Harrington BA, Murray-Jr BG, Robertson-Jr WB, Robertson MJ, Woolfenden GE (2002) Sooty tern (*Sterna fuscata*). The Birds of North America Online, n. 665
- Soares MO, Lemos VB, Kikuchi RKP (2009) Atol das Rocas, Atlântico Sul Equatorial: considerações sobre a classificação do recife biogênico. ver Bras Geoc 39:238-243.
- Sulzman EW (2007) Stable isotope chemistry and measurement: a primer. *In*: Stable Isotopes in Ecology and Environmental Science. Oxford: Blackwell Publishing.
- Teixeira GLG, Chacaltana JTA, Acuña JR (2009) Análise da distribuição da temperatura superficial do mar ao largo do estado do Espírito Santo – BR, durante o inverno de 1997. Anais XIV Simp Bras Sensor Remoto, Natal. p. 6673-6680
- Vooren CM, Brusque LF (1999) As aves do ambiente costeiro do Brasil: Biodiversidade e conservação. Rio Grande: Fundação Universidade Federal do Rio Grande.
- Wilson RP, Grémillet D, Syder J, Kierspel MAM., Garthe S, Weimerskirch H, Schäfer-Neth C, Scolaro JA, Bost CA, Plötz J, Nel D (2002) Remote-sensing systems and seabirds: Their use,

abuse and potential for measuring marine environmental variables. *Mar Ecol Prog Ser* 228:241-261

Yohannes E, Hobson KA, Pearson DJ (2007) Feather stable-isotope profiles reveal top over habitat selection and site fidelity in nine migratory species moving through sub-Saharan Africa. *J Avian Biol* 38:347-355

Tabela 1 Valores de $\delta^{15}\text{N}$ e $\delta^{13}\text{C}$ da primeira rêmige secundária de fêmeas e machos amostrados no Atol das Rocas, no período do dia 7 ao dia 21 de setembro de 2010.

	$\delta^{15}\text{N}$		$\delta^{13}\text{C}$	
	Fêmeas	Machos	Fêmeas	Machos
Tamanho da amostra	15	18	15	18
Mínimo	10,24	8,73	-16,18	-16,53
Máximo	12,39	12,11	-15,09	-15,06
Média Aritmética	10,87	10,71	-15,56	-15,62
Variância	0,42	0,54	0,08	0,14
Desvio Padrão	0,65	0,74	0,28	0,38
<i>t</i>	0,64		0,50	
p	0,63		0,52	
Graus de liberdade	31		31	

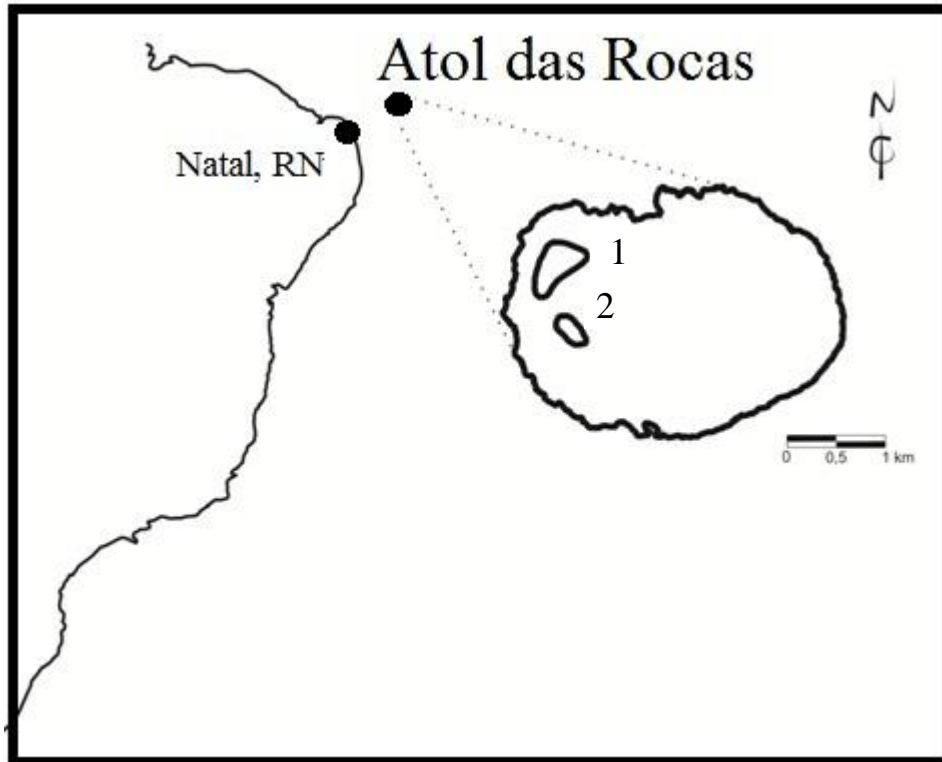


Figura 1 Área de estudo, Atol das Rocas (1, Ilha do Farol; 2, Ilha do Cemitério) em relação à cidade de Natal.

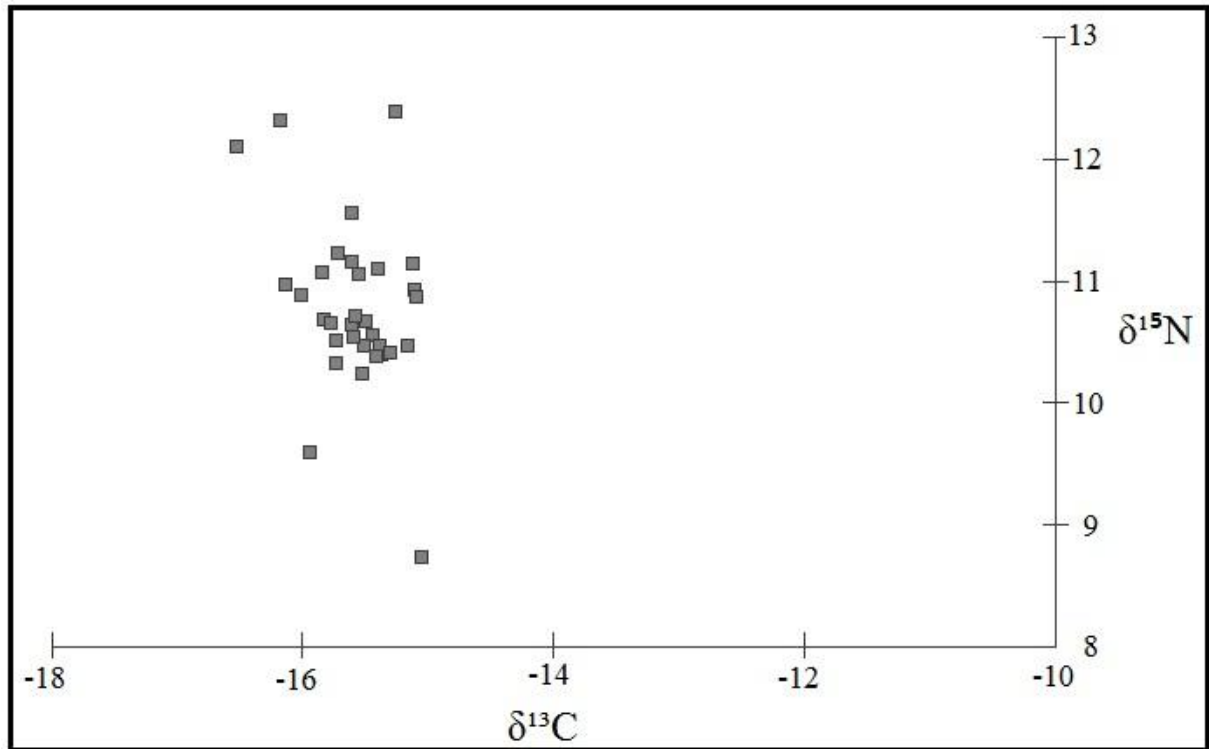


Figura 2 Valores individuais de $\delta^{13}\text{C}$ e $\delta^{15}\text{N}$ na primeira rêmige secundária (S1) dos 33 indivíduos adultos de *Onychoprion fuscatus* amostrados no Atol das Rocas no mês de setembro de 2010 e que cresceram durante o período de invernagem da espécie.

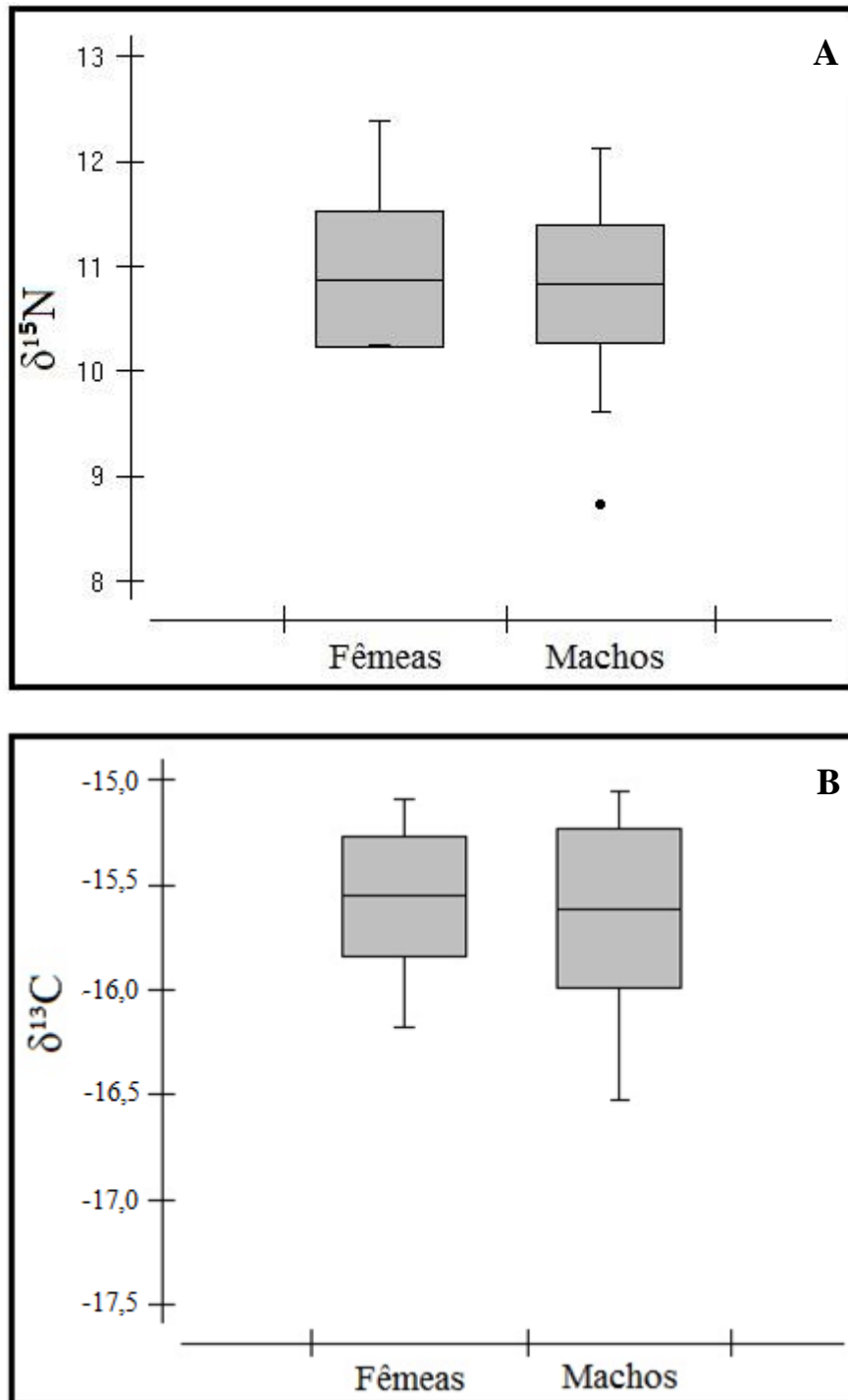


Figura 3 Valores médios, desvio padrão, máximo e mínimo, de fêmeas e machos para $\delta^{15}\text{N}$ (A) e $\delta^{13}\text{C}$ (B), nas rêmiges secundárias (S1) de *Onychoprion fuscatus*, provenientes do Atol das Rocas e coletados no mês de setembro de 2010.

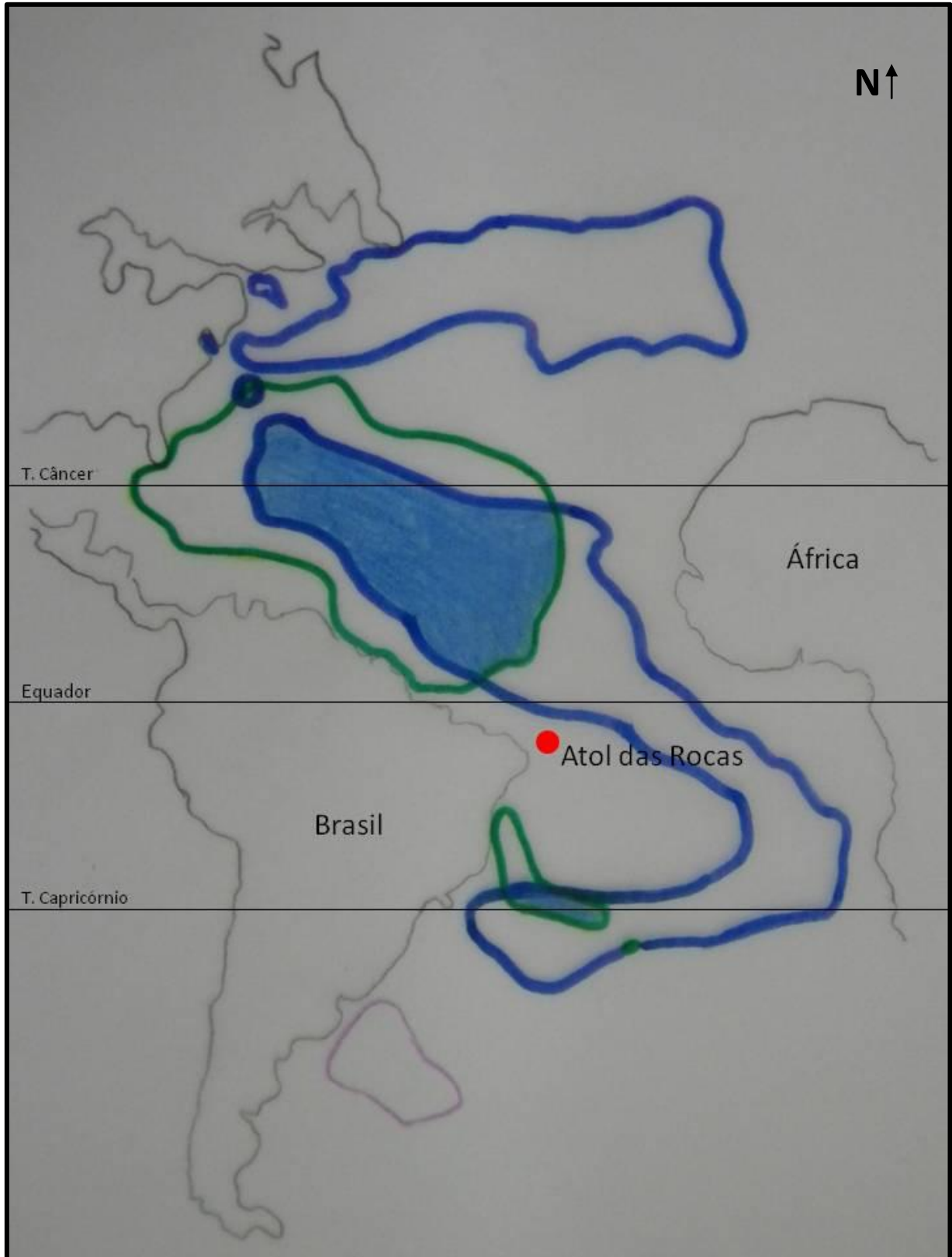


Figura 4 Mapa representativo do principal padrão encontrado (18 indivíduos), para a área de invernagem dos trinta-réis-das-rocas, *Onychoprion fuscatus*, a partir da sobreposição de valores de $\delta^{15}\text{N}$ e $\delta^{13}\text{C}$ sendo esta indicada pela cor cinza. As cores verde e azul escuro

representam, respectivamente, $\delta^{15}\text{N}$ e $\delta^{13}\text{C}$. A área encontrada é resultado da comparação dos valores isotópicos corrigidos das penas coletadas de *O. fuscatus* com as *isoscares* do Oceano Atlântico.

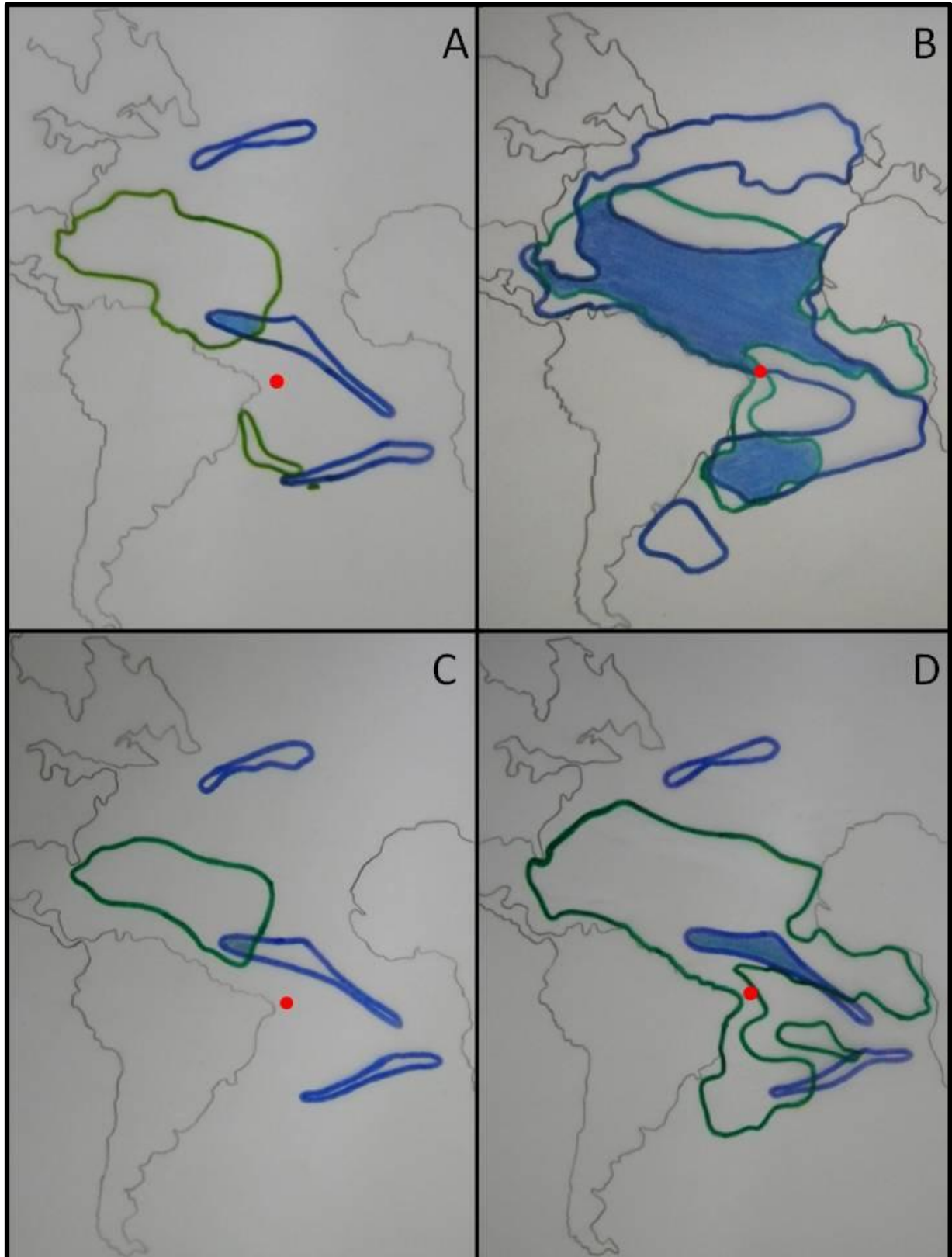


Figura 5 Padrões apresentados nos mapas, representando a comparação dos valores de $\delta^{15}\text{N}$ (cor verde) e $\delta^{13}\text{C}$ (cor azul escuro) com as paisagens isotópicas descritas para o Oceano Atlântico. As manchas na cor azul claro indicam a área de hibernação provável indicada pela

sobreposição de valores. O ponto vermelho indica o Atol das Rocas. A imagem **A** é referente a mapas de dez indivíduos (30,3%), **B** de dois indivíduos (6,1%), **C** de dois indivíduos (6,1%) e **D** de um indivíduo (3%).

Conclusões

Por meio dos resultados do método de isótopos estáveis nas penas de trinta-réis-das-rocas, pode-se concluir que durante seu período de invernagem os machos e fêmeas da espécie ocupam áreas de mar aberto, ao norte-noroeste do Atol das Rocas.

A partir desse trabalho, demonstrou-se que a análise de isótopos estáveis, juntamente com os estudos de paisagens isotópicas, podem ser utilizados para determinar áreas de invernagem em espécies de aves tropicais.

Referências

- ANTAS, P. T. Z. Status and conservation of seabirds breeding in Brazilian waters. *In: Seabird Status and Conservation: a Supplement*. ICBP, p.141-148, 1991.
- AYRES, M.; AYRES, J.M.; AYRES, D.L.; SANTOS, A.A. **BioEstat– Aplicações estatísticas nas áreas das ciências biomédicas**. Belém: ONG Mamirauá.
- BARBRAUD, C.; WEIMERSKIRCH, H. Environmental conditions and breeding experience affect costs of reproduction in blue petrels. **Ecology**, n.86, v.3, p.682-692, 2005.
- BEARHOP, S.; PHILLIPS, R.A.; MCGILL, R.; CHEREL, Y.; DAWSON, D.A.; CROXALL, J.P. Stable isotopes indicate sex-specific and long-term individual foraging specialization in diving seabirds. **Marine Ecology Progress Series**, v.311, p.157-164, 2006.
- BUGONI, L.; GRIFFITHS, K.; FURNESS, R.W. Sex-biased incidental mortality of albatrosses and petrels in longline fisheries: differential distributions at sea or differential access to baits mediated by sexual size dimorphism? **Journal of Ornithology**, v.152, p.261-268, 2011.
- BURGUER, J.; GOCHFELD, M. Family Sternidae. *In: Handbook of the birds of the world*. Hoyo JD, Elliot A, Sargatal J (Editores). Barcelona:Lynx Editions, 1996, 821p.
- CASEY, J.R.; LOMAS, M.W.; MANDECKI, J.; WALKER, D.E. *Prochlorococcus* contributes to new production in the Sargasso Sea deep chlorophyll maximum. **Geophysical Research Letters**, v.34, p.1-5, 2007.
- CBRO (Comitê Brasileiro de Registros Ornitológicos) (2010) Listas das aves do Brasil. 9ª edição.
- CHEREL, Y.; PHILLIPS, R. A.; HOBSON, K. A.; MCGILL, R. Stable isotope evidence of diverse species-specific and individual wintering strategies in seabirds. **Biology Letters**, v.2, p.301-303, 2006.
- DENIRO, M.J.; EPSTEIN, S. Influence of diet on the distribution of carbon isotopes in animals. **Geochimica et Cosmochimica Acta**, v.42, p.495-506, 1978.
- FEARE, J.C.; GILL, E.L.; CARTY, P.; CARTY, H.E.; AYRTON, V.J. Habitat use by Seychelles sooty terns *Sterna fuscata* and implications for colony management. **Biology Conservation**, v.81, p.69-76, 1997.
- FONSECA-NETO, F. P. 2004. Aves marinhas da ilha Trindade. *In: Aves marinhas insulares brasileiras: bioecologia e conservação*. Itajaí: UNIVALI, 2004, 266p.
- FRIDOLFSSON, A. K.; ELLEGREN, H. A simple and universal method for molecular sexing of non-ratite birds. **Journal of Avian Biology**, v.30, p.116–121, 1999.

FRY, Brian. **Stable Isotope Ecology**. LA: Springer, 2006, 308p.

GRAHAM, B. S.; KOCH, P. L.; NEWSOME, S. D.; MCMAHON, K. W.; AURIOLES D. Using isoscapes to trace the movements and foraging behavior of top predators in oceanic ecosystems. In: **Isoscapes: Understanding movement, pattern, and process on Earth through isotope mapping**. 1.ed. Londres: Springer, 2010, 487p.

HARRISON, Peter. **Seabirds: An identification guide**. Boston: Houghton Mifflin Harcourt, 1983, 448p.

HAZIN, M. C.; MACEDO, R. H. Sooty tern nesting success as a function of nest location, density and vegetation type in a neotropical Atoll. **Revista Brasileira de Ornitologia**, v.14, n.3, p.261-268, 2006.

HOBSON, Keith A. Tracing origins and migration of wildlife using stable isotopes: a review. **Oecologia**, v.120, p.314-326, 1999.

HOBSON, Keith A. Stable isotopes and the determination of avian migratory connectivity and seasonal interactions. **Auk**, v.122, p.1037-1048, 2005.

HOBSON, Keith A. Isotopic ornithology: A perspective. **Journal of Ornithology**, v.152, p.49-66, 2011.

HOBSON, K.A.; CLARK, R.G. Assessing avian diets using stable isotopes II: factors influencing diet-tissue fractionation. **Condor**, v.94, p.189-197, 1992.

HOBSON, K.A.; NORRIS, D.R. Animal migrations: **A context for using new techniques and approaches**. In: Hobson KA, Wassenaar LI (Editores) Tracking animal migration with stable isotopes. First edition. Canadá: Elsevier. 2008.

HOBSON, K.A.; WASSENAAR, L.I.; BORJA, M.; LOVETTE, I.; DINGLE, C.; SMITH, T.B. Stable isotopes as indicators of altitudinal distributions and movements in an Ecuadorean hummingbird community. **Oecologia**, v.136, p.302-308, 2003.

International Union for Conservation of Nature – IUCN. Disponível em: <<http://www.iucnredlist.org>>. Acesso em dezembro, 2011.

JAEGER, A.; LECOMTE, V. J.; WEIMERSKIRCH, H.; RICHARD, P.; CHEREL, Y. Seabird satellite tracking validates the use of latitudinal isoscapes to depict predators' foraging areas in the Southern Ocean. **Rapid Communications in Mass Spectrometry**, v.24, p.3456-3460, 2010.

JAQUEMET, S.; POTIER, M.; CHEREL, Y.; KOJADINOVIC, J.; BUSTAMANTE, P. Comparative foraging ecology and ecological niche of a superabundant tropical seabird: the sooty tern *Sterna fuscata* in the Southwest Indian Ocean. **Marine Biology**, v.155, p.505-520, 2008.

KIKUCHI, R.K.P; LEÃO, Z.M.A.N. Rocas (Southwestern Equatorial Atlantic, Brazil): an atoll built primarily by coralline algae. **8th International Coral Reef Symposium Procedures**, v.1, p.731-736, 1997.

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 London**, v.254, p.239-249, 2011.

PEREIRA, N. S.; MANSO, V. A. V.; SILVA, A. M. C.; SILVA, M. B. Mapeamento geomorfológico e morfodinâmica do Atol das Rocas, Atlântico Sul. **Revista da Gestão Costeira Integrada**, v.10, n.3, p.331-345, 2010.

PHILLIPS, R.A.; MCGILL, R.A.R.; DAWSON, D.A.; BEARHOP, S. Sexual segregation in distribution, diet and trophic level of seabirds: insights from stable isotope analysis. **Marine Biology**, v.158, p.2199-2208, 2011.

QUILLFELDT, P.; MCGILL, R. A. R.; FURNESS, R. W. Diet and foraging areas of Southern Ocean seabirds and their prey inferred from stable isotopes: review and case study of Wilson's storm-petrel. **Marine Ecology Progress Series**, v.295, p.295-304, 2005.

ROSCALES, J.L.; GÓMEZ-DÍAZ, E.; NEVES, V.; GONZÁLEZ-SOLÍS, J. Trophic versus geographic structure in stable isotope signatures of pelagic seabirds breeding in the Northeast Atlantic. **Marine Ecology Progress Series**, v.434, p.1-13, 2011.

SCHREIBER, E. A.; FEARE, C. J.; HARRINGTON, B. A.; MURRAY, B. G. Jr.; ROBERTSON, W. B. Jr.; ROBERTSON, M. J.; WOOLFENDEN, G. E. Sooty tern (*Sterna fuscata*). **The Birds of North America Online**, n.665, 2002.

SOARES, M.O.; LEMOS, V.B.; KIKUCHI, R.K.P. Atol das Rocas, Atlântico Sul Equatorial: considerações sobre a classificação do recife biogênico. **Revista Brasileira de Geociências**, v.39, p.238-243, 2009.

SULZMAN, ELIZABETH W. Stable isotope chemistry and measurement: a primer. *In: Stable Isotopes in Ecology and Environmental Science*. Oxford: Blackwell Publishing, 2007, 566p.

TEIXEIRA, G.L.G.; CHACALTANA, J.T.A.; ACUÑA, J.R. Análise da distribuição da temperatura superficial do mar ao largo do estado do Espírito Santo – BR, durante o inverno de 1997. **Anais XIV Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto**, p.6673-6680, 2009.

VOOREN, C.M.; BRUSQUE, L.F. **As aves do ambiente costeiro do Brasil: Biodiversidade e conservação**. Rio Grande: Fundação Universidade Federal do Rio Grande, 1999.

WILSON, R. P.; GRÉMILLET, D.; SYDER, J.; KIERSPEL, M. A. M.; GARTHE, S.; WEIMERSKIRCH, H.; SCHÄFER-NETH, C.; SCOLARO, J. A.; BOST, C. A.; PLÖTZ, J.; NEL, D. Remote-sensing systems and seabirds: their use, abuse and potential for measuring marine environmental variables. **Marine Ecology Progress Series**, v.228, p.241-261, 2002.

YOHANNES, E.; HOBSON, K.A.; PEARSON, D.J. Feather stable-isotope profiles reveal top over habitat selection and site fidelity in nine migratory species moving through sub-Saharan Africa. **Journal of Avian Biology**, v.38, p.347-355, 2007.