

UNIVERSIDADE REGIONAL DE JOINVILLE - UNIVILLE
MESTRADO EM SAÚDE E MEIO AMBIENTE

CARACTERIZAÇÃO DAS COLÔNIAS DE AVES AQUÁTICAS NA BAÍA DA BABITONGA E
AVALIAÇÃO PRELIMINAR DE SUA CONTAMINAÇÃO

DANIELA FINK
ORIENTADORA: Dra. MARTA JUSSARA CREMER

Joinville – SC
2013

DANIELA FINK

CARACTERIZAÇÃO DAS COLÔNIAS DE AVES AQUÁTICAS NA BAÍA DA BABITONGA E
AVALIAÇÃO PRELIMINAR DE SUA CONTAMINAÇÃO

Trabalho apresentado ao Mestrado em Saúde e Meio Ambiente da Universidade Regional de Joinville – Univille, como parte dos requisitos para a obtenção do grau de mestre em Saúde e Meio Ambiente.

Orientadora: Dra. Marta Jussara Cremer

Joinville – SC

2013

FICHA CATALOGRÁFICA

FOLHA DE APROVAÇÃO
DANIELA FINK

CARACTERIZAÇÃO DAS COLÔNIAS DE AVES AQUÁTICAS NA BAÍA DA BABITONGA E
AVALIAÇÃO PRELIMINAR DE SUA CONTAMINAÇÃO

Trabalho apresentado ao Mestrado em Saúde e Meio Ambiente da Universidade Regional de Joinville – Univille, como parte dos requisitos para a obtenção do grau de mestre em Saúde e Meio Ambiente.

Aprovado em 20 / 02 /2013

Profa. Dra. Marta Jussara Cremer (orientadora)
Universidade Regional de Joinville - Univille

Profa. Dra. Therezinha M. N. de Oliveira
Universidade Regional de Joinville - Univille

Prof. Dr. Joaquim O. Branco
Universidade do Vale do Itajaí - Univali

*Dedico este trabalho ao Johny, a minha
família e as aves.*

AGRADECIMENTOS

Agradeço ao meu esposo e companheiro Johny por todo o apoio, incentivo e carinho, pelo auxílio nos trabalhos de campo, sem você eu não teria conseguido.

A minha família, meus pais Lúcia e Maury, aos meus irmãos Marcelo e Gabriela. Em especial a minha mãe por ter cuidado da minha casa e da Abigail enquanto estive ausente.

A minha orientadora, Marta Jussara Cremer, pela confiança e incentivo às pesquisas, pelas sugestões e correções do trabalho.

A equipe do Projeto Aves, em especial a Tamara e Thamires, pelo auxílio no campo, principalmente nas áreas de manguezais. Ao Alexandre pela disponibilização do material de campo.

Ao Fundo de Apoio À Pesquisa da UNIVILLE, que financiou o Projeto Aves e possibilitou a realização do trabalho em campo.

A equipe do Projeto Toninhas, Annelise, Camila, Ana Kássia, Renan pelas “caronas” no barco, vocês me salvaram.

Ao Belesso, pelo grande favor de me levar de barco até a Lagoa do Saguauçu.

A Carol Dias por fazer da minha estada no Rio de Janeiro um momento mais divertido numa fase de muita saudade, obrigada pela amizade.

Ao professor Dr. José Lailson Júnior por abrir as portas do Maqua e permitir a realização das pesquisas com contaminantes.

A toda a equipe do Maqua, especialmente a Bárbara, Natália, Jéssica, Wendell, Amanda, Beatriz, Douglas, Lara, Liana, Tatiana, Alessandra e Priscila. Aprendi muito com vocês!

As amigas biólogas do Mestrado em Saúde e Meio Ambiente: Elaine, Tamila e Francieli, formamos uma ótima equipe de trabalho. Obrigada pelos momentos de descontração na estrada entre São Chico e Joinville, nas noites de quinta e sexta-feira.

A professora Therezinha de Oliveira e ao professor Joaquim Branco pelas sugestões e correções a dissertação.

A CAPES pela concessão da bolsa de estudos do Programa de Suporte a Pós-Graduação de Instituições de Ensino Particulares (PROSUP).

Fui no mangue catar lixo,
Pegar caranguejo e conversar com urubu
Chico Science e Nação Zumbi

RESUMO

A Baía da Babitonga, localizada no litoral norte de Santa Catarina, é caracterizada como a última grande formação de manguezal do hemisfério sul. A região apresenta forte expansão urbana, industrial e turística e, frente a este desenvolvimento, existem colônias de aves aquáticas que são áreas importantes para a conservação das espécies. Portanto, o objetivo deste trabalho foi identificar e caracterizar as colônias de aves aquáticas no estuário da Baía da Babitonga, avaliando o seu grau de contaminação, utilizando como bioindicadores aves da família Ardeidae. Foi utilizada uma embarcação a motor para a localização das colônias e em cada colônia foram registradas as espécies e sua abundância. Para a análise de mercúrio total e selênio foram coletadas penas de filhotes de *Nyctanassa violacea*, assim como penas de exemplares depositados no Acervo Biológico Iperoba da Univille. Para determinação da contaminação por compostos organoclorados, como DDTs, PCBs, HCB, HCH e Mirex, foram coletados ovos de *Nycticorax nycticorax*, sendo 6 na Ilha Jarivatuba e 10 na Ilha do Maracujá. Como resultado, foram identificadas três colônias reprodutivas: uma na desembocadura do Rio Pedreira (reprodução de *N. violacea*, *Egretta thula* e *E. caerulea*), uma na Ilha do Maracujá (reprodução de *N. nycticorax*, *N. violacea* e *Phimosus infuscatus*) e uma na Ilha Jarivatuba, na Lagoa do Saguaçu (reprodução de *N. nycticorax*, *N. violacea*, *Bubulcus ibis*, *E. thula*, *E. caerulea*, *Eudocimus ruber* e *Plegadis chihî*). O registro da reprodução do guará (*E. ruber*) foi inédito para Santa Catarina, após o desaparecimento da espécie do Estado por cerca de 150 anos. O período reprodutivo iniciou em agosto e finalizou em março. *Nyctanassa violacea* foi a primeira espécie de ave aquática a ocupar as três colônias da baía e começar a atividade reprodutiva. Não foram encontradas diferenças significativas quanto à presença de mercúrio total e selênio nas penas de filhotes de *N. violacea* entre as colônias reprodutivas. A maior concentração de mercúrio total foi nas penas de um exemplar filhote de *N. nycticorax*, com 3.598,6 ug/kg (peso seco). Quanto aos principais compostos organoclorados, houve diferença significativa nas concentrações de Σ DDT, Σ PCB e HCB entre as duas áreas analisadas. Os valores médios encontrados para a Ilha Jarivatuba (194,1 ng.g⁻¹ de Σ PCB, 127,81 ng.g⁻¹ de Σ DDT, 0,34 ng.g⁻¹ de Σ HCH, 1,83 ng.g⁻¹ de HCB e 10,5 ng.g⁻¹ de Mirex) e para a Ilha do Maracujá (49,76 ng.g⁻¹ de Σ DDT, 41,09 ng.g⁻¹ de Σ PCB, 0,17 ng.g⁻¹ de Σ HCH, 0,93 ng.g⁻¹ de HCB e 8,08 ng.g⁻¹ de Mirex) não são concentrações consideradas nocivas as aves aquáticas. Apesar do DDT ser proibido no Brasil, sua presença foi constatada em 10 dos 16 ovos analisados, o que indica que a Ilha Jarivatuba foi exposta recentemente a este contaminante.

ABSTRACT

The Babitonga Bay, in the north coast of Santa Catarina State, is characterized as the last major mangrove habitat formation in the southern hemisphere. The region has a strong urban expansion, industrial and tourism and in front of this development, there are colonies of waterbirds that are important areas for the conservation of the species. Therefore, the objective of this study was to identify and characterize the colonies of breeding sea birds in the estuary at Babitonga Bay, assessing the degree of contamination, using birds of the family Ardeidae as bioindicators. We used a motor boat to locate the colonies and each colony were recorded species and their abundance. For the analysis of total mercury and selenium, feathers of a bird chick of the *Nyctanassa violacea* family were collected, feathers of specimens deposited in the Biological Collection of Iperoba - Univille were also collected. To determine the contamination by organochlorine compounds such as DDTs, PCBs, Mirex and HCBs, eggs were collected from *Nycticorax nycticorax*, being 6 eggs at Jarivatuba Island and 10 in the Isle of Maracujá. As a result, we identified three breeding colonies: one in the mouth of the Pedreira River (reproduction of *N. violacea*, *E. thula* and *Egretta caerulea*), one at Maracujá island (*N. nycticorax*, *N. violacea* and *Phimosus infuscatus*) and at Island Jarivatuba in Saguaçu pond (*N. nycticorax*, *N. violacea*, *Bubulcus ibis*, *Egretta thula*, *E. caerulea*, *Eudocimus ruber* and *Plegadis chihi*). The breeding registry of the maned "Guará" (*E. ruber*) was the first for Santa Catarina, after the disappearance of the species from the state for about 150 years. The breeding season started in August and ended in March. *Nyctanassa violacea* was the first sea bird species to occupy the three colonies of the bay and begin breeding activity. No significant differences were found for the presence of total mercury and selenium in the feathers of the chicks *N. violacea* among breeding colonies. The highest concentration of total mercury was in the feathers of a chick of *N. nycticorax*, with 3598.6 ug / kg (dry weight). As to the main organochlorine compounds, there were significant differences in the concentrations of Σ DDT, Σ PCB and HCB between the two areas analyzed. The average values for the Jarivatuba Island was (194.1 ng.g of Σ PCB-1, 127.81 ng.g Σ DDT-1, 0.34 ng.g Σ HCH-1, 1.83-ng.g 1 of HCB and 10.5 ng.g of Mirex-1) and the Isle of Maracujá (49.76 ng.g Σ DDT-1, 41.09 ng.g of Σ PCB-1, 0.17 ng. g-1 Σ HCH, 0.93 ng.g HCB-1 and 8.08 ng.g of Mirex-1) concentrations are not considered harmful for aquatic birds. Although DDT is banned in Brazil, its presence was noted in 10 of the 16 eggs analyzed and Jarivatuba Island has recently been exposed to this contaminant.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

- Figura 1: Rota percorrida com embarcação a motor (linha branca) e rotas percorridas com caiaque (linhas amarelas) para localização das colônias reprodutivas na Baía da Babitonga, litoral norte de Santa Catarina. Fonte: Google Earth.....32
- Figura 2: Localização das colônias reprodutivas ativas de aves aquáticas na Baía da Babitonga. A: Ilha Jarivatuba; B: Ilha do Maracujá; C: desembocadura do Rio Pedreira.....43
- Figura 3: A) savacu (*Nycticorax Nycticorax*), B) savacu-de-coroa (*Nyctanassa violacea*), C) garça-vaqueira (*Bubulcus ibis*), D) garça-branca-pequena (*Egretta thula*), E) garça-azul (*E. caerulea*), F) guará (*Eudocimus ruber*), G) caraúna-de-cara-branca(*Plegadis chihi*), H) tapicuru-da-cara-pelada (*Phimosus infuscatus*).....45
- Figura 4: Precipitação mensal em mm no município de Joinville e a abundância mensal de aves aquáticas adultas na Ilha Jarivatuba.....47
- Figura 5: Precipitação mensal em mm no município de São Francisco do Sul e a abundância mensal de aves aquáticas adultas na Ilha do Maracujá e Rio Pedreira.....48
- Figura 6: Precipitação mensal e dias de chuva, de julho de 2011 a março de 2012 em Joinville, SC. Fonte: Comitê da Bacia do Rio Cubatão e Cachoeira.....49
- Figura 7: Precipitação mensal e dias de chuva, de julho de 2011 a março de 2012, em São Francisco do Sul, SC. Fonte: Epagri.....49
- Figura 8: Ilha Jarivatuba na Lagoa do Saguçu, Joinville/SC. Os pontos brancos representam os núcleos reprodutivos de *E. ruber*. Fonte: Google Earth.....52
- Figura 9: A) Ninho com filhote de guará (*Eudocimus ruber*) com cerca de uma semana de vida; B) filhote com cerca de três semanas; C) formação de creche e realização de voos curtos; D) juvenis forrageando.53
- Figura 10: Concentrações médias de Hg T em ppb ($\mu\text{g}/\text{kg}$ peso seco) das penas de carcaças (NN= *Nycticorax nycticorax*; NV= *Nyctanassa violacea*; EC= *Egretta caerulea*).....55

Figura 11: Concentrações médias de Se em ppb ($\mu\text{g}/\text{kg}$ peso seco) das amostras de penas de carcaças (NN= <i>Nycticorax nycticorax</i> ; NV= <i>Nyctanassa violacea</i> ; EC= <i>Egretta caerulea</i>).....	56
Figura 12: Contribuição relativa dos diferentes isômeros de ΣPCB nos ovos de <i>N. nycticorax</i> das colônias reprodutivas da Ilha Jarivatuba e Ilha do Maracujá.....	60
Figura 13: Distribuição relativa dos principais composto organoclorados (ΣPCB , ΣDDT , ΣHCH , Mirex e HCB) nos ovos de savacu (<i>N. nycticorax</i>), Ilha Jarivatuba e Ilha do Maracujá.....	61
Figura 15: Proporção de cada metabólito de $\Sigma\text{ DDT}$ nos ovos de savacu (<i>Nycticorax nycticorax</i>), Ilha Jarivatuba (n=6) e Ilha do Maracujá (n=10).....	62

LISTA DE TABELAS

- Tabela 1: Exemplos de aves da família Ardeidae, espécies e suas respectivas informações, estágio (A=adulto; J=jovem; F=filhote), peso, comprimento total sem penas, data e local de coleta (Ilha do Maracujá = IM; Ilha Jarivatuba = IJ).....34
- Tabela 2: Resultados obtidos para certificação do método e valores pré-estabelecidos pelo NRCC- National Research Council Canada (DOLT-4 *Dogfish Liver Certified Reference Material for Trace Metals*).....35
- Tabela 3: Parâmetros utilizados para o cálculo do limite de detecção do equipamento e do método nas penas.....36
- Tabela 4: Resultados obtidos para certificação do método e valores pré-estabelecidos pelo NRCC- National Research Council Canada (DOLT-4 *Dogfish Liver Certified Reference Material for Trace Metals*).....36
- Tabela 5: Parâmetros utilizados para o cálculo do limite de detecção do equipamento e do método nas penas.....37
- Tabela 6: Limite de detecção dos compostos organoclorados analisados.....39
- Tabela 7: Porcentagem média de recuperação dos compostos certificados pelos materiais de referência.....40
- Tabela 8: Ordem, família e espécies de aves registradas nidificando nas colônias reprodutivas da Baía da Babitonga.....46
- Tabela 9: Número máximo de indivíduos adultos registrados para cada espécie nas colônias reprodutivas da Baía da Babitonga. Os maiores valores foram considerados como a melhor estimativa de abundância.....47
- Tabela 10: Atividade reprodutiva das espécies de aves aquáticas na colônia do Rio Pedreira, durante 2011/2012 na Baía da Babitonga. Espécies: NV: *Nyctanassa violacea*; ET: *Egretta thula*; EC: *Egretta caerulea*.....50

- Tabela 11: Atividade reprodutiva das espécies de aves aquáticas na colônia da Ilha do Maracujá, durante 2011/2012 na Baía da Babitonga. Espécies: NN: *Nycticorax nycticorax*; NV: *Nyctanassa violacea*; PI: *Phimosus infuscatus*.....50
- Tabela 12: Atividade reprodutiva das espécies de aves aquáticas na colônia da Ilha Jarivatuba, lagoa do Saguçu, durante 2011/2012 na Baía da Babitonga. Espécies: NN: *Nycticorax nycticorax*; NV: *Nyctanassa violacea*; BI: *Bubulcus ibis*; ET: *Egretta thula*; EC: *Egretta caerulea*; ER: *Eudocimus ruber*; PC: *Plegadis chihi*.....51
- Tabela 13: Média, desvio padrão, valores mínimos e máximos das concentrações de mercúrio total (HgT) ($\mu\text{g}/\text{kg}$ peso seco) nas penas dos filhotes de savacu-de-coroa (*Nyctanassa violacea*) da Ilha Jarivatuba, Ilha do Maracujá e Rio Pedreira.....54
- Tabela 14: Exemplares de Ardeidae, número tombo, local de coleta, concentrações de HgT em ppb ($\mu\text{g}/\text{kg}$ peso seco) nas penas do peito, asa, cauda e média (peito, asa e cauda).....54
- Tabela 15: Média, desvio padrão, valores mínimos e máximos das concentrações de selênio em ppb ($\mu\text{g}/\text{kg}$ peso seco) nas penas dos filhotes de savacu-de-coroa (*Nyctanassa violacea*) da Ilha Jarivatuba, Ilha do Maracujá e Rio Pedreira.....55
- Tabela 16: Exemplares de Ardeidae, número tombo, local de coleta, concentrações de Se em ppb ($\mu\text{g}/\text{kg}$ peso seco) nas penas do peito, asa, cauda e média.....56
- Tabela 17: Média, desvio padrão, valores mínimos e máximos da concentração de compostos organoclorados em ppb ($\text{ng}\cdot\text{g}^{-1}$ peso úmido) dos ovos de savacu (*Nycticorax nycticorax*) da Ilha Jarivatuba e Ilha do Maracujá. Em negrito os somatórios dos metabólitos de PCB, HCH e DDT. Teste *U Mann-Whitney* comparando as concentrações das duas colônias reprodutivas. Diferenças significativas estão sublinhadas.....57

SUMÁRIO

Resumo.....	8
Abstract.....	9
1. INTRODUÇÃO.....	16
2. OBJETIVOS.....	18
2.1 Objetivo Geral.....	18
2.2 Objetivos Específicos.....	18
3. REFERENCIAL TEÓRICO.....	19
3.1 Aves aquáticas e as colônias reprodutivas	19
3.2 Contaminantes.....	21
3.3 Aves aquáticas como bioindicadoras.....	27
4. MATERIAIS E MÉTODOS.....	31
4.1 Área de estudo.....	31
4.2 Identificação das colônias reprodutivas no estuário da Baía da Babitonga.....	31
4.3 Coletas de dados sobre as colônias reprodutivas.....	32
4.4 Coletas de amostras para análise de elementos-traço.....	33
4.4.1 Limpeza de penas para análise de HgT e Se.....	34
4.4.2 Análise da presença de HgT.....	34
4.4.2.1 Certificação do método de análise da presença de HgT.....	35
4.4.2.2 Limite de detecção	35
4.4.3 Análise de presença de Se.....	36
4.4.3.1 Certificação do método de análise da presença de Se	36
4.4.3.2 Limite de detecção	36
4.5 Coleta de ovos para análise de compostos organoclorados.....	37
4.5.1 Análise de compostos organoclorados.....	37
4.5.1.1 Condições cromatográficas.....	38
4.5.1.2 Curva analítica.....	38
4.5.1.3 Limite de detecção de compostos organoclorados.....	39
4.5.1.4 Validação do método.....	39
4.6 Análise dos dados.....	41
4.6.1 Abundância relativa (<i>Pi</i>).....	41
4.6.2 Contaminantes.....	41

5. RESULTADOS.....	43
5.1.1 Identificação das colônias.....	43
5.1.2 Riqueza de espécies nas colônias.....	44
5.1.3 Abundância.....	46
5.1.4 Cronologia reprodutiva das aves aquáticas.....	48
5.2 Presença de HgT.....	54
5.3 Presença de Se.....	55
5.4 Compostos organoclorados.....	56
6. DISCUSSÃO.....	63
6.1 Colônias reprodutivas	63
6.1.2 Espécies coloniais	64
6.1.2.1 O retorno de <i>Eudocimus ruber</i>	66
6.1.3 Cronologia reprodutiva	68
6.1.4 Abundância	70
6.1.5 Predação	70
6.2 Contaminantes	71
6.2.1 HgT e Se	71
6.2.2 Compostos organoclorados	74
6.2.2.1 DDT.....	75
6.2.2.2 PCB.....	76
6.2.2.3 HCH, HCB e Mirex	77
6.3 Conservação dos ninhais na Baía da Babitonga.....	79
7. CONCLUSÃO.....	80
8. REFERÊNCIAS.....	81

1. INTRODUÇÃO

Os estuários são um dos sistemas que compõem a zona costeira e caracterizam-se como corpos de água semi-fechados com ligação livre com o mar aberto, influenciados pelas marés, com temperatura e salinidade variáveis, promovendo uma intensa troca de matéria orgânica, organismos e nutrientes entre o mangue e o mar (ODUM, 1988). Oferecem condições favoráveis à sobrevivência das espécies que o habitam, como alimentação, proteção e reprodução (ARAÚJO et al., 2006), especialmente para as aves aquáticas (VOOREN e BRUSQUE, 1999; MIÑO e DEL LAMA, 2009).

O estuário da Baía da Babitonga é caracterizado como a última grande formação de manguezal do hemisfério sul, sendo o mais importante estuário de Santa Catarina (IBAMA, 1998). As áreas de entorno do estuário foram categorizadas pelo Projeto de Conservação e Utilização Sustentável da Diversidade Biológica Brasileira, o PROBIO (2003), como de “Prioridade Extremamente Alta”; este projeto visa à conservação da biodiversidade dos principais ecossistemas do país. Além disso, por abrigar espécies de aves ameaçadas de extinção e endêmicas, a Baía da Babitonga está inserida na categoria IBA (*Important Bird Area* – “Área Importante para a Conservação de Aves”) pela *Birdlife International* (BENCKE et al., 2006).

Apesar de vários estudos envolverem as aves da região costeira de Santa Catarina (BRANCO, 2007; CREMER e GROSE, 2010; CREMER et al., 2011; GROSE, 2012), ainda é necessário mais informações a longo prazo que abranjam questões sobre a biologia básica, como atividade reprodutiva, abundância, interações interespecíficas e a importância de espécies aquáticas para os estuários (BRANCO, 2007). Mais precisamente, o conhecimento acerca das aves que compõem a Baía da Babitonga ainda é muito escasso e recente (CREMER e GROSE, 2010; CREMER et al., 2011; GROSE, 2012).

As aves do estuário da Baía da Babitonga vêm sendo estudadas desde 2006, enfocando principalmente as espécies associadas aos ambientes aquáticos, que utilizam a região como área de repouso, alimentação e reprodução (CREMER e GROSE, 2010a). As aves aquáticas em geral formam colônias ou ninhais nos períodos reprodutivos (SICK, 1997). Estas são formadas em ilhas de mata e manguezais, e podem ser compostas por várias espécies, principalmente da ordem Pelecaniformes, na qual se insere as famílias Ardeidae (garças e savacus) e Threskiornithidae (tapicurus, colhereiros e guará) (CUSTER et al., 1980; SICK, 1997; FREDERICK, 2002; OLMOS e SILVA-SILVA, 2003).

Os Pelecaniformes são excelentes bioindicadores de poluição ambiental, visto que estão situados no topo da cadeia alimentar, ou seja, suas presas consistem de

invertebrados aquáticos e vertebrados como peixes, répteis e anfíbios (SICK, 1997; BONCOMPAGNI et al., 2003; KIM e KOO, 2007). Entretanto, pesquisas relacionadas à utilização de aves como bioindicadoras de contaminantes ambientais ainda são poucas no país (GOMES et al., 2009; FERREIRA et al., 2010), enquanto no estado de Santa Catarina são inexistentes.

Este trabalho objetivou caracterizar as colônias de aves aquáticas existentes na Baía da Babitonga, litoral norte de Santa Catarina, identificando as espécies e sua cronologia reprodutiva. Além disso, objetivou realizar análises inéditas sobre a contaminação destas aves por meio da análise de mercúrio total, selênio e compostos organoclorados (DDTs, PCBs, HCHs, HCB e Mirex). Os dados deste estudo podem ser um importante subsídio para o manejo e conservação das espécies de aves aquáticas e seus habitats na Baía da Babitonga, principalmente aqueles utilizados como colônia reprodutiva. Por conseguinte, as análises de contaminantes podem elucidar o estado de saúde destas espécies, que por sua vez podem refletir a situação ambiental da região.

2. OBJETIVOS

2.1 Objetivo Geral

Caracterizar as colônias de aves aquáticas no estuário da Baía da Babitonga e avaliar o seu grau de contaminação, utilizando como bioindicadores aves da família Ardeidae.

2.2 Objetivos Específicos:

- Localizar as colônias de aves aquáticas existentes no estuário;
- Caracterizar as espécies aquáticas que se reproduzem nas colônias existentes na Baía da Babitonga, estimando a abundância de indivíduos adultos;
- Registrar o período de reprodução de cada espécie, gerando dados de cronologia reprodutiva para cada colônia;
- Determinar a concentração de elementos-traço (mercúrio total (Hg T) e selênio (Se)) nas penas dos filhotes do savacu-de-coroa (*Nyctanassa violacea*) de diferentes colônias, verificando uma possível diferença entre os locais;
- Determinar a concentração de elementos-traço (mercúrio total (Hg T) e selênio (Se)) nas penas de exemplares de aves da família Ardeidae, examinando uma possível diferença entre as espécies;
- Determinar a concentração de compostos organoclorados nos ovos de savacu (*Nycticorax nycticorax*), analisando diferenças entre as áreas das amostras coletadas.

3. REFERENCIAL TEÓRICO

3.1 Aves aquáticas e as colônias reprodutivas

As aves são um importante grupo de estudo faunístico, devido à diversidade de espécies, visibilidade, ocupação de diferentes habitats, aos vários níveis tróficos situados e por responderem facilmente às modificações nos habitats. Desta forma, são consideradas boas indicadoras da saúde ambiental (MACHADO, 1996; PRIMACK e RODRIGUES, 2002; OLMOS e SILVA-SILVA, 2003).

No Estado de Santa Catarina, as aves totalizam mais de 596 espécies (ROSÁRIO, 1996) e, com o acréscimo das pesquisas ornitológicas, esse número vem aumentando significativamente (e. g., AMARAL, 2002; AMORIN e PIACENTINI, 2006; GUIZONI-JR e SILVA, 2006; PIACENTINI et al., 2006; ACCORDI e BARCELOS, 2008; RUPP et al., 2008). Entretanto, alguns grupos, especialmente as aves aquáticas, ainda carecem de informações básicas (BRANCO e FRACASSO, 2005; BRANCO, 2007).

Aves aquáticas, *waterbirds* ou *wadingbirds*, são aquelas que dependem de ambientes úmidos, como rios, canais, manguezais ou brejos de água doce para obter alimento e local de reprodução (OLMOS e SILVA-SILVA, 2003; MINO e DEL LAMA, 2009; CREMER e GROSE, 2010b). Estas desempenham um papel importante no fluxo de energia dos estuários e exercem forte influência na comunidade biológica por meio das relações predador-presa (RICKLEFS, 2003; GIANUCA, 2010).

Muitas espécies de aves aquáticas, utilizadas como bioindicadoras da qualidade do ambiente, pertencem à família Ardeidae, representada por garças, socós e savacus (SICK, 1997; BONCOMPAGNI et al., 2003; KIM e KOO, 2007). Esta família é cosmopolita, composta por aves pernaltas com hábitos alimentares que podem variar conforme o bico, comprimento das pernas e do pescoço. Além dos peixes, algumas espécies como o savacu (*Nycticorax nycticorax*) e a garça-branca-pequena (*Egretta thula*) podem ingerir anfíbios, pequenos répteis e mamíferos. A garça-azul (*E. caerulea*) consome pequenos invertebrados, além de peixes, e a garça-vaqueira (*Bubulcus ibis*), que é exótica (africana) e habita todo o território brasileiro, alimenta-se de insetos. O savacu-de-coroa (*Nyctanassa violacea*) é um especialista, que consome caranguejos nos mangues (SICK, 1997; SIGRIST, 2009).

A família Threskiornithidae também é representada por espécies de aves pernaltas que possuem bicos grandes e hábitos de pesca singulares. As generalistas, como o caraúna-de-cara-branca (*Plegadis chihi*), consome peixes e pequenos vertebrados, e o tapicuru-da-cara-pelada (*Phimosus infuscatus*) alimenta-se de matéria vegetal (sementes e folhas), moluscos e crustáceos. No caso do guará (*Eudocimus ruber*) e do colhereiro

(*Platalea ajaja*), a dieta é a base de caranguejos, que é responsável pela coloração vermelha das penas destas aves (SICK, 1997; SIGRIST, 2009).

Algumas espécies de aves aquáticas formam colônias que podem ser mono ou multiespecíficas (CUSTER et al., 1980; SICK, 1997; FREDERICK, 2002). Os motivos que levam estas aves a adotarem este comportamento ainda não são bem esclarecidos (HAFNER, 2000; OLMOS e SILVA-SILVA 2003). As vantagens incluem o fato de que estes representam um sítio seguro, que oferece proteção contra predadores, estabilidade e materiais para construção do ninho na sua cercania, proporcionando proteção contra intempéries climáticas e interferência humana e, principalmente, como centros de informação sobre a localização de alimento (CUSTER e OSBORN, 1978; CUSTER et al., 1980; BLANCO, 1999; JOZENS et al., 2009).

O sucesso reprodutivo está diretamente associado à disponibilidade de alimento (CUSTER et al., 1980). Assim, a localização das colônias reprodutivas está atrelada a proximidade e qualidade das áreas de forrageamento (HAFNER, 2000; FREDERICK, 2002). As colônias reprodutivas podem ser reocupadas por décadas, especialmente na zona costeira, onde existem locais apropriados para nidificação e previsibilidade de alimento, pois a alta produtividade primária e secundária disponibiliza alimento durante o ano todo (CUSTER et al., 1980; HAFNER, 2000). Diferente de regiões continentais, que podem sofrer ciclos de seca e chuva e, conseqüentemente, sofrer variações na disponibilidade de alimento (FREDERICK, 2002).

No estuário da Lagoa dos Patos, Gianuca (2010) registrou oito espécies de Pelecaniformes em uma colônia na Ilha dos Marinheiros. Foram estimados 1.360 pares reprodutivos, incluindo *Ardea alba*, *Egretta thula*, *E.caerulea*, *Bubulcus ibis*, *Nycticorax nycticorax*, *Nyctanassa violacea* e *Platalea ajaja*. *Ardea cocoi* foi a única espécie que utilizou o local apenas para repouso e dormitório, não utilizando para reprodução. Scherer (2010) registrou *N. nycticorax*, *B. ibis*, *A. alba* e *E. thula* em três colônias no Rio Grande do Sul, nos municípios de Porto Alegre, Triunfo e Lindolfo Collor, sendo que *B. ibis* foi a espécie mais abundante e presente em todos os ninhais.

Em Santa Catarina, Branco e Fracasso (2005) analisaram duas colônias com a presença de *N. nycticorax*, sendo uma na Ilha dos Pássaros, Arquipélago dos Tamboretas, onde a espécie nidificou em simpatria com *Ardea alba*. Na Ilha dos Lobos, em Laguna, o ninhal era monoespecífico. Em ambas as colônias, *N. nycticorax* manteve sua atividade reprodutiva por pelo menos três anos consecutivos da pesquisa, confirmando a tendência de reocupação do local.

A grande disponibilidade de alimentos torna a Baía da Babitonga propícia para a formação de colônias reprodutivas (GROSE, 2012). Num trabalho inédito, Grose (2012) registrou cinco espécies de aves aquáticas nidificando na Ilha do Maracujá, na Baía da Babitonga. Contudo, apesar da grande diversidade e abundância de Pelecaniformes na região (CREMER e GROSE, 2010a), esta foi a única colônia que teve toda a sua atividade reprodutiva acompanhada por uma estação até o momento.

A conservação dos Pelecaniformes está diretamente associada à proteção das suas colônias (GIANUCA, 2010). Portanto, é fundamental o conhecimento básico dessas espécies frente ao panorama de incremento portuário, urbano e industrial da região do estuário da Baía da Babitonga. Apesar de toda importância da baía para a biodiversidade regional, a região vem sofrendo inúmeras ameaças causadas pelo homem, incluindo o despejo inadequado de efluentes industriais e o uso de pesticidas na agricultura, que acarretam a contaminação por elementos-traço e compostos organoclorados (OLIVEIRA et al., 2006; TREVISAN, 2008).

3.2 Contaminantes

A utilização de produtos químicos no mundo vem aumentando gradativamente, tanto na indústria, como na agricultura e nos domicílios (BURGER e GOSHFIELD, 2002). Todos os habitats apresentam algum tipo de contaminação, mesmo os mais remotos como o continente antártico, que apresenta concentrações elevadas de contaminantes, como o mercúrio de origem atmosférica (LACERDA e MALM, 2008). O Brasil é o país que mais consome pesticidas no planeta desde 2008 (ANVISA, 2009), que além de contaminar o solo, a água e os organismos, podem representar riscos à saúde humana.

Elementos-traço são metais catiônicos e aniônicos, conhecidos também como metais pesados (DEMORI, 2008). Podem ser considerados essenciais e não essenciais em relação às funções biológicas que desempenham nos seres vivos. Mesmo os essenciais podem causar algum tipo de impacto, dependendo das concentrações, tornando-se um contaminante ou poluente do ecossistema terrestre e aquático (GUILHERME et al., 2005). Ocorrem naturalmente em solos e sistemas aquáticos superficiais e subsuperficiais. Tanto por processos naturais como por atividades antropogênicas, podem causar o aumento de sua concentração (GUILHERME et al., 2005). Os processos naturais considerados são a erosão, o vulcanismo, a lixiviação e os ciclos biogeoquímicos. As atividades humanas fonte de elementos-traço são a mineração, indústria, despejo de efluentes industriais e domésticos sem tratamento e resíduos agrícolas (GUILHERME et al., 2005). Inúmeras tecnologias industriais necessitam de elementos-traço e, desta forma, eles tornam-se indispensáveis para as sociedades humanas modernas (LEGAT e LAILSON-BRITO, 2010).

O mercúrio é o elemento-traço que possui maior toxicidade, pois não é essencial aos seres vivos e pode causar consequências agudas ou crônicas, leves ou letais, dependendo do tipo de composto de mercúrio e da forma de intoxicação (MICARONI et al., 2000). Dentre as atividades antrópicas responsáveis pela liberação deste elemento no ambiente destaca-se a mineração, a siderurgia, a queima de combustíveis fósseis, a incineração e descartes de sólidos (pilhas, baterias e termômetros), a aplicação de fungicidas, pesticidas e fertilizantes, produtos odontológicos e os efluentes industriais (MICARONI et al., 2000; LAILSON-BRITO, 2007).

O mercúrio pode ser encontrado de forma inorgânica e orgânica. A maior parte está na forma inorgânica no meio ambiente, como forma elementar (Hg^0), que se encontra principalmente na forma de gás, o íon mercurioso (Hg_2^{2+}), forma pouco estável em sistemas naturais, e o íon mercúrico (Hg^{2+}). Na forma orgânica se apresenta como o monometilmercúrio (CH_3Hg^+) e o dimetilmercúrio (CH_3HgCH_3) (MICARONI et al., 2000). Contudo, a metilação do Hg^2 no meio ambiente por bactérias sulfato-redutoras produz a sua forma mais tóxica, o metilmercúrio (MeHg). A metilação pode ocorrer em raízes de macrófitas aquáticas, no sedimento e no muco que recobre o corpo dos peixes. Sua alta lipossolubilidade permite sua absorção por membranas biológicas, facilitando a sua permanência e seu transporte no meio aquático, consequentemente bioacumulando na cadeia alimentar. Também apresenta afinidade com o grupo sulfidríla, presente nas proteínas, e com a aminocarbonila e hidroxilas, presentes nas enzimas (ATSDR, 1999).

A utilização do mercúrio pelo homem data de mais de 2.300 anos atrás, em cerimônias religiosas e processos de amalgamação (GOMES et al., 2007). Em 1600 o médico Bernardino Ramazzini relatou os efeitos negativos do mercúrio no sistema nervoso de trabalhadores que fabricavam espelhos, numa ilha próxima a Veneza. Um dos casos mais graves de intoxicação, que causou alta mortalidade humana devido ao consumo de pescado, foi causada pelo metilmercúrio e ocorreu em 1950 no Japão, na Baía de Minamata (BURGER e GOCHFELD, 1997). A “doença de Minamata”, como ficou conhecida, era caracterizada pela letargia dos dedos, lábios e língua, e as vítimas fatais totalizaram 884 pessoas. Além disso, a mortalidade de peixes e crustáceos foi elevadíssima, enquanto que aves e gatos morriam de desordens neurológicas violentas (MICARONI et al., 2000).

A análise da concentração de elementos-traço em sedimentos na Baía da Babitonga mostrou que os níveis mais elevados de mercúrio estavam nas amostras da Lagoa do Saguacu, em Joinville (OLIVEIRA et al., 2006; DEMORI, 2008), e no canal de acesso, próximo ao terminal portuário de São Francisco do Sul (OLIVEIRA et al., 2006), este último próximo a colônia de aves aquáticas da Ilha do Maracujá (GROSE, 2012), no qual

altas concentrações poderiam trazer consequências nocivas as espécies se reproduzem no local.

Apesar dos valores de mercúrio em organismos aquáticos da Baía da Babitonga atenderem aos limites impostos pela legislação para o consumo humano (0,5 ppm para peixes e 1 ppm para peixes predadores) (ANVISA 685/98), este metal é bioacumulativo, e espécies situadas no topo da cadeia alimentar, como aves aquáticas, de rapina, mamíferos marinhos e o próprio ser humano podem apresentar elevadas concentrações em extensos períodos de exposição, pois a dieta é baseada em peixes e outras presas (OLIVEIRA et al., 2006).

O selênio é um micronutriente essencial para o desenvolvimento de muitos organismos, mas que pode se tornar tóxico em altas concentrações. O limite entre a concentração tóxica e a essencial é muito pequeno. Desta forma, é um elemento ambíguo nos sistemas biológicos, pois em concentração traço é necessário para o crescimento e desenvolvimento dos organismos, em níveis moderados pode ser armazenado e mantém funções homeostáticas e em excesso pode resultar em efeitos tóxicos (HAMILTON, 2004). Dentre suas funções biológicas destaca-se a função homeostática e o crescimento e desenvolvimento de mamíferos, sob a forma de selenoproteínas (HAMILTON, 2004). Outro papel ecológico está relacionado ao seu mecanismo anti-tóxico com relação a outros elementos, como o mercúrio, o cádmio, o chumbo e o arsênio. Contudo, apenas o mecanismo protetor contra o mercúrio foi estabelecido (SEIXAS et al. 2007; SEIXAS e KEHRIG, 2007).

O selênio torna-se biodisponível no ambiente por meio de fatores naturais, como processos geofísicos e biológicos, e fatores antropogênicos, como a agricultura e a indústria. O selênio também bioacumula na cadeia trófica e, da mesma forma que o mercúrio, vem causando preocupação em relação a contaminação ambiental (HAMILTON, 2004). Embora este elemento tenha grande importância tanto fisiológica como toxicológica nos organismos e no ambiente, poucos estudos ecotoxicológicos deste elemento têm sido desenvolvidos no país, especialmente nas regiões costeiras (SEIXAS e KEHRIG, 2007).

Nas aves, o selênio é um importante micronutriente para o desenvolvimento embrionário na fase de ovo (PAPPAS et al., 2006). Assim, as fêmeas depositam este elemento nos ovos durante seu desenvolvimento para sintetizar selenoproteínas vitais à função celular, atuando no sistema antioxidante e eliminando peróxidos nocivos que são gerados como sub-produtos de metabolismo energético embrionário. Pesquisas realizadas com frango doméstico (*Gallus gallus*) indicam que a carência do selênio pode resultar na morte do embrião. Por outro lado, quantidades muito elevadas de selênio depositadas nos

ovos aumentam a incidência de malformações embrionárias e a mortalidade dos embriões (PAPPAS et al., 2006). Em uma área conhecida pela contaminação deste elemento, no Reservatório de Kesterson, na Califórnia, foram identificadas falhas na reprodução, teratogênese, lesões histopatológicas e mortalidade devido às altas quantidades deste elemento em várias espécies de aves aquáticas (OHLENDORF et al., 1989; HOFFMANN, 2002).

Existem duas vertentes em relação a concentração do selênio nos organismos. Na primeira, nutricionistas investigam qual é a quantidade “ideal” na dieta de aves domésticas, que seja suficiente para suprir as necessidades embrionárias. Além disso, a dieta humana e de outros animais também necessita deste elemento. Na segunda vertente, cientistas pesquisam efeitos embriotóxicos em aves selvagens de habitats poluídos com selênio, resultado de atividades humanas, como agricultura, sistemas de irrigação, mineração e combustão de carvão (PAPPAS et al., 2006). Portanto, o selênio é considerado um dos elementos-traço mais controversos (LYONS et al., 2007).

Os organoclorados são compostos químicos sintéticos, diversificados, numerosos, com baixa degradação e alta persistência no meio ambiente. Além disso, apresentam elevada lipossolubilidade e são capazes de se acumular nos tecidos dos organismos, incorporando-se desde os níveis tróficos mais baixos até os organismos do topo cadeia alimentar (GOUTNER et al., 2011). Neste grupo inserem-se os pesticidas organoclorados (como o diclorodifeniltricloroetano, mais conhecido por DDT, o DDE, DDD, aldrin, dieldrin, endrin e Mirex), os bifenilos policlorados (PCBs), os hidrocarbonetos policíclicos aromáticos (HPA) e o hexaclorobenzeno (HCB) (BURGER e GOSHFELD, 2002).

O DDT é um pó branco, cristalino, insípido e praticamente inodoro, composto pela combinação de metabólitos p,p'-DDT (77,1%), com os metabólitos o,p'-DDT (14,9%), e p,p'-DDD (0,3%), o,p'-DDD (0,1%), e impurezas (3,5%). Foi uma das substâncias sintéticas mais usadas e pesquisadas no século XX (D'AMATO et al., 2002).

O DDT foi descoberto como um potencial inseticida em 1938 pelo entomologista suíço Paul Muller, feito que lhe rendeu o prêmio Nobel de Medicina devido ao seu emprego no combate à malária. Na Segunda Guerra Mundial foi aplicado o DDT na pele dos soldados e de refugiados nos campos da Itália, com a finalidade de prevenir o tifo, transmitido por piolhos (D'AMATO et al., 2002).

Baseado em estudos ecológicos que confirmaram os efeitos tóxicos nos organismos e no ambiente, a Suécia foi o primeiro país a proibir o uso do DDT e de outros pesticidas organoclorado (D'AMATO et al., 2002). Historicamente, os efeitos letais agudos do DDT nos organismos foram relatados no livro *Silent Spring*, de Rachel Carson, em 1962. Nele a autora defendia que a diminuição da população de muitos organismos,

especialmente de aves situadas no topo da cadeia alimentar, fora causada pelo uso indiscriminado do DDT.

No Brasil, o uso de pesticidas foi amplamente difundido a partir de 1970 no setor agropecuário. Devido à política de crédito agrícola, pacotes tecnológicos eram oferecidos aos agricultores. Nestes pacotes o DDT era adquirido como insumo. Desinformados, os agricultores faziam uso deste pesticida mesmo sem a real necessidade no controle de pragas (FLORES et al., 2004). Apenas em 3 de setembro de 1985 é que a comercialização, distribuição e uso de pesticidas organoclorados na agropecuária foi proibida no território brasileiro (CUNHA, 2009).

Outros compostos organoclorados muito estudados são os bifenilos policlorados (PCBs) (CUNHA, 2009). Foram sintetizados em 1864; entretanto, apenas na década de 1930 sua comercialização foi iniciada. As características desses compostos, como estabilidade química, alto ponto de ebulição e não inflamabilidade, fazem com que os PCBs sejam empregados nos fluidos dielétricos de capacitores e transformadores, como retardante de chamas, plastificantes em tintas, pesticidas, plásticos e produtos de borracha, em pigmentos e papéis (WHO, 1993).

Os PCBs são inodoros e insípidos. Apresentam-se na forma líquida como óleo, sólida como graxa, sendo que alguns são voláteis e podem permanecer como vapor no ar. Tem uma coloração amarela a transparente (WHO, 1993). Há 209 prováveis estruturas deste composto; contudo, cerca de 130 destes congêneres são comprováveis de ocorrer em misturas comerciais (PEREIRA, 2004). Em diversos países estas substâncias foram comercializadas nominalmente como Aroclor, Clophen, Fenclor, Phenoclor e Kaneclor. No Brasil foi comercializada com o nome de Ascarel (Askarel®) (AZEVEDO e SILVA et al., 2007).

A primeira comprovação da presença de PCBs no meio ambiente foi em 1966, quando foram detectados em uma coleção de penas de águia datadas de 1942. Assim, devido a sua persistência na natureza, característica cumulativa e aos efeitos tóxicos causados aos organismos, os PCBs acabaram sendo proibidos em diversos países, como no Japão, em 1972, seguido da Suécia (AZEVEDO e SILVA et al., 2007).

No Brasil, as restrições ao seu uso, fabricação e comercialização foram regulamentadas pela Portaria Interministerial 19, de 2 de janeiro de 1981. Ainda, equipamentos que ainda são utilizados e que contenham PCBs podem operar até a sua substituição total ou a troca por outro fluido dielétrico (LAILSON-BRITO, 2007). Em uma pesquisa no município de Joinville que procurou verificar a quantidade de óleo contaminado por PCB (Askarel®) em transformadores elétricos, foram encontrados tais contaminantes em 37% dos equipamentos analisados (HURTADO et al., 2012).

Casos de contaminação aguda por PCBs em seres humanos ocorreram no Japão e na Tailândia, onde milhares de pessoas tiveram graves problemas de pele. Já os efeitos crônicos podem ser carcinogênicos, teratogênicos, mutagênicos e abortivos em animais e seres humanos (PEREIRA, 2004).

Toda contaminação causada por DDTs e PCBs é proveniente da ação humana, pois não existem fontes naturais destes compostos (CUNHA, 2009). Seus resíduos são dispersos por todo o planeta, pela água, vento e organismos vivos, inclusive em locais onde não há relatos do uso, como na Antártica (PEREIRA, 2004).

Os efeitos nocivos causados por DDTs e PCBs nas aves estão associados ao afinamento da casca dos ovos, falhas reprodutivas, mal-formações e mortalidade da prole (SICK, 1997; KONSTANTINOOU et al., 2000; GOUTNER et al., 2011). Num estudo utilizando ovos de *Egretta thula* em duas colônias reprodutivas em Idaho (EUA), Findholt (1981) detectou DDE em todas as amostras, e verificou que os ovos das fêmeas que continham acima de 5 ppm de DDE apresentavam cascas mais finas e eclodiam menos, conseqüentemente ocasionando falhas na reprodução da espécie nesta área. Por outro lado, Hothem et al., (1995) encontraram concentrações de DDE em ovos de *Nycticorax nycticorax* no valor médio de 5,97 ppm e de 6,07 ppm (peso úmido) de PCB na Baía de São Francisco (EUA). Apesar destes valores registrados, não foram evidenciados efeitos negativos no sucesso reprodutivo da espécie.

No Brasil, Cunha (2009) utilizou ovos de atobá-marron (*Sula leucogaster*) para avaliar a concentração de DDTs e PCBs nos Arquipélagos das Ilhas Cagarras, de Abrolhos e de São Pedro e São Paulo. Os valores das concentrações encontrados para Abrolhos e São Pedro e São Paulo foi baixo quando comparado a outros locais, o que provavelmente estivesse relacionado a distância destas ilhas a centros urbanos, que são as fontes de poluentes orgânicos. Contudo, as maiores concentrações de DDT e PCB registradas nas Ilhas Cagarras, que são muito costeiras, estavam próximo a valores considerados nocivos às aves, embora não tivessem sido detectadas alterações de espessura e peso nas cascas dos ovos analisados.

O HCB, ou hexaclorobenzeno, é um composto organoclorado com fórmula molecular C_6Cl_6 que foi utilizado pela primeira vez em 1945 como fungicida para proteger a cebola, o trigo e o sorgo. Também foi utilizado como solvente e aditivo na produção de borracha, PVC, foguetes e munições. Atualmente é subproduto de solventes clorados e pesticidas. Pode ser liberado durante a queima de resíduos domésticos de forma incorreta (UNEP, 2003). O HCB tem toxicidade aguda moderada, mas alta toxicidade crônica, pois é bioacumulativo (NAKAGAWA, 2003). No ser humano pode afetar os rins, fígado e tireoide. É

considerada uma potencial substância carcinogênica pela Agência Internacional para a Pesquisa de Câncer (IARC) (UNEP, 2003).

O HCH, ou hexaclorociclohexano, é um composto organoclorado caracterizado por vários isômeros (α , β , γ e δ). O lindano, ou γ -HCH, é o inseticida mais utilizado (UNEP, 2003). Foi empregado como inseticida doméstico, bem como no combate à doença de Chagas atualmente no Brasil, é utilizado como protetor de madeiras (ANVISA, 2012). No Brasil, constatarem-se casos de contaminação por HCH na Cidade dos Meninos (no Rio de Janeiro), onde foram abandonados rejeitos e parte da produção de uma fábrica de HCH desativada em 1955, em Santa Maria (Rio Grande do Sul), devido a presença de resíduos de lindano e alfa-HCH em salsichas do tipo hot-dog, e na antiga SUCAM de Feira de Santa (na Bahia) onde era armazenado e manipulado para campanhas de saúde pública (ANVISA, 2012).

O Mirex é um inseticida organoclorado muito utilizado no controle de formigas desde a sua descoberta, na década de 1950. Também foi empregado como retardante de chamas para plástico, borrachas e materiais elétricos (UNEP, 2003). É considerado o pesticida mais estável e persistente no ambiente, com meia-vida de aproximadamente 10 anos no solo, o alto número de átomos de cloro em sua composição pode ser a causa da alta persistência (VIDAL, 2010). Por exemplo, um estudo sobre a contaminação no Lago Ontário, entre 1950 e 1970, revelou que após 20 anos 80% do Mirex depositado ainda permanecia no local (HODGSON, 2004). Em vertebrados foram encontrados vários efeitos tóxicos, como infertilidade, problemas no fígado, rim, tireoide e olhos (UNEP, 2003).

3.3 Aves aquáticas como bioindicadoras

Ambientes costeiros e marinhos estão entre os habitats mais ameaçados do planeta. A degradação, a intensa exploração e a perda da diversidade nestes ecossistemas são bem menos perceptíveis que nos espaços terrestres (RAY, 1997; MMA, 2010). Além disso, também carecem de mecanismos de proteção efetiva. Das cinco mil áreas de conservação existentes no mundo, apenas 1,3 mil incluem componentes marinhos e costeiros (MMA, 2010). No Brasil, menos de 10% dos ambientes marinhos estão protegidos (MMA, 2010).

Os ambientes aquáticos e marinhos são particularmente mais propensos a riscos por poluentes, pois o movimento dos contaminantes é mais rápido que em áreas terrestres (BURGER e GOSHFELD, 2002, 2004). Os elementos-traço e compostos organoclorados são reconhecidamente tóxicos e bioacumulativos nos tecidos dos organismos expostos às

águas contaminadas. Devido às suas características físico-químicas, possuem afinidade por componentes celulares da biota (DEL GRANDE et al., 2003).

Existe um aumento em relação a preocupação com a saúde e o bem estar do ambiente, tanto por parte do poder público como da iniciativa privada. Entretanto, não é possível avaliar todos os ambientes e todos os organismos. Por isso, é necessário selecionar indicadores de degradação ambiental que possam ser utilizados na avaliação da saúde do ambiente (BURGER e GOGHFIELD, 1997b).

Geralmente, os sítios de forrageamento das aves aquáticas estão sujeitos as consequências nocivas da expansão urbana, como a poluição por elementos-traço (KIM e KOO, 2007) e organoclorados (FINDHOLT, 1984). Assim, são considerados como indicadores de desequilíbrio ambiental, pois se situam nos níveis mais altos da cadeia trófica, são conspícuos e possuem vida longa (MAXWELL II e KALE II, 1977; ROSÁRIO, 1996; BURGER e GOSHFELD, 1997; KIM e KOO, 2007).

No Brasil, pesquisas utilizando aves como bioindicadoras de ambiente são ínfimas. Gomes et al., (2009) realizaram o primeiro estudo em ambiente amazônico utilizando penas de *Ardea alba* para a determinação de mercúrio total. Na Baía de Sepetiba, a análise de sedimento, água e órgãos de savacu (*Nycticorax nycticorax*) revelaram a presença de altas concentrações de zinco, cobre, chumbo, cádmio, cromo e níquel, onde o sedimento e apresentou maiores concentrações para cádmio, e a água e o *N. nycticorax* para todos os metais analisados. Os resultados indicaram que a contaminação do savacu reflete a contaminação do ecossistema local (FERREIRA et al., 2010). Barbieri et al., (2007) analisaram a concentração de metais, como cádmio, cobre, chumbo, manganês e níquel em fígado e rins de jovens e adultos de *Puffinus gravis* do nordeste brasileiro, no qual se verificou que os metais não essenciais apresentaram concentrações menores daquelas encontradas na América do Norte, com 10,52 ppm para cádmio de fígados de indivíduos adultos, seguido de 4,32 ppm para níquel e 0,28 ppm para chumbo.

Estudos utilizando as aves aquáticas como bioindicadores de elementos-traço já foram realizados empregando diferentes tecidos, como penas de *Ardeola ralloides*, *Nycticorax nycticorax*, *Ardea cinerea*, *Egretta garzetta*, *E. intermedia* e *Bubulcus ibis* (GOUTNER et al., 2001; BONCOMPAGNI et al., 2003, KIM e KOO, 2007); ovos de *Egretta garzetta*, *E. intermedia*, *Bubulcus ibis*, *N. nycticorax* e *Sterna anaethetus* (BONCOMPAGNI et al., 2003; LAM et al., 2004; LAM et al., 2005; BOSTAN et al., 2007); regurgitos de *B. ibis* (BOSTAN et al., 2007); fígado e rim de *N. nycticorax* (FERREIRA et al., 2010).

Poucos estudos abordando os efeitos adversos da toxicidade nas aves foram realizados, pois além das análises terem um elevado custo, é difícil relacionar os níveis de concentração em determinado tipo de tecido com os potenciais efeitos adversos; além disso,

também necessita-se de longo tempo de trabalho e muitos laboratórios comerciais não costumam relatar os resultados (BURGER e GOSHFELD, 1997; 2002). Algumas pesquisas que avaliaram as consequências nocivas de elementos-traço em aves aquáticas constataram falhas na reprodução, malformações e declínio das populações de ardeídeos (LAM et al., 2005; BOSTAN et al., 2007).

Penas de aves são comumente utilizadas em pesquisas relacionadas à contaminação por elementos-traço, e podem avaliar poluentes crônicos ou exposições agudas (BURGER e GOSHFELD, 1997; GOUTNER et al., 2001; BURGUER e GOSHFELD, 2004). São estruturas epidérmicas de queratina, ricas em pontes dissulfeto, e que são facilmente reduzidas ao grupo sulfidril, possuindo alta afinidade com elementos-traço. Quando a pena está totalmente formada, depois de 3 a 4 semanas, o suprimento de sangue cessa e desta forma reflete os níveis de elementos-traço contidos no sangue durante o período de formação. Uma pena pode durar na ave cerca de 6 a 12 meses (BURGER e GOSHFELD, 1997; BURGER e GOSHFELD, 2002).

A utilização de penas em amostragens apresenta algumas vantagens: as amostras são diretas, não agressivas às aves, podem ser replicadas, grandes amostras podem ser reunidas, tanto de indivíduos vivos ou mortos, o sucesso reprodutivo pode ser monitorado sem interferência, e há uma abundância de material em museus, que pode ser utilizado para estudos temporais e comparações geográficas (BURGER, 1996; BURGER e GOSHFELD, 1997; KIM e KOO, 2007). As aves adultas alimentam os filhotes capturando as presas num raio de poucos quilômetros ao redor da colônia, assim, os resultados são um reflexo da contaminação das áreas reprodutivas num curto espaço de tempo (KIM et al., 1998; KIM e KOO, 2007).

Pesquisas envolvendo a contaminação de aves aquáticas por compostos organoclorados foram realizadas utilizando vários tipos de amostras, como ovos (OHLENDORF et al., 1978; CUSTER et al., 1983; FINDHOLT, 1984; ALBANIS et al., 1996; CONNEL et al., 2003; LAVENGOOD et al., 2007), filhotes mortos (ALBANIS et al., 1996), cérebro de filhotes (HENSHEL et al., 1995), fígado e gordura subcutânea (SAKELLARIDES et al., 2006).

Consequências dos efeitos tóxicos de ordem reprodutiva, como afinamento na casca de ovos, malformações e declínio nas populações, foram relatadas em diferentes pesquisas (FINDHOLT, 1984; LAVENGOOD et al., 2007).

Para a análise de compostos organoclorados em aves aquáticas e marinhas é comum a utilização de ovos (BURGER e GOSHFELD, 2002). No período reprodutivo as fêmeas necessitam de grandes quantidades de energia para a postura dos ovos. Por serem lipofílicos, os contaminantes assimilados pela fêmea são transferidas para os ovos,

juntamente com as proteínas e gorduras aos quais eles estão associados (CIFUENTES et al., 2003).

4. MATERIAIS E MÉTODOS

4.1 Área de estudo

O estuário da Baía da Babitonga localiza-se na porção norte do litoral catarinense (26°02'-26°28' S e 48°28'-48°50' W). A baía é contornada em sua porção noroeste pela Unidade Geomorfológica da Serra do Mar, segundo o mapa geomorfológico do Atlas de Santa Catarina, e a sudeste pela Ilha de São Francisco. Apresenta, desta forma, um complexo que pode ser dividido em três grandes segmentos: a região do Canal do Linguado, que contorna a Ilha na sua porção sul, a região do rio Palmital ao norte, com características estuarinas em boa parte de sua extensão, e o corpo central da baía propriamente dita (IBAMA, 1998).

É o maior complexo estuarino de Santa Catarina (VIEIRA et al., 2008). Sua área compreende aproximadamente 160 km², com um comprimento máximo de 20 km e até 5 km de largura. Seu entorno limita-se com os municípios de São Francisco do Sul, Araquari, Barra do Sul, Itapoá, Garuva e Joinville. A comunicação da baía com o Oceano Atlântico ocorre através de um profundo canal, com cerca de 1,7 km de largura, situado a nordeste (CREMER, 2006).

A região apresenta uma área de 6.201,54 ha coberta por bosques de mangue (IBAMA, 1998). Além dos manguezais, suas margens são formadas também por praias arenosas e margens rochosas, apresentado em seu interior cerca de 24 ilhas, lajes e planícies de maré. A baía recebe o aporte de vários rios, sendo considerado, contudo, um estuário homogêneo, ou seja, sem a ocorrência de gradientes verticais físico-químicos significativos (IBAMA, 1998). A profundidade atinge um máximo de 28 metros no canal principal de acesso ao porto de cargas de São Francisco do Sul, com uma média de 6 metros, e áreas extremamente rasas que ficam expostas na maré baixa, chamadas coroas ou planícies de maré. A amplitude da maré pode alcançar 2,3 metros, com duração máxima de 6 horas (CREMER, 2006). O clima na região é caracterizado como mesotérmico, com temperatura média anual de 20,3°C. A precipitação média na região é de e 1.874 mm por ano, com aproximadamente 180 dias de chuva, o que representa um elevado índice pluviométrico devido a umidade marítima (GAPLAN, 1986). Informações sobre precipitação mensal e dias de chuva em Joinville e São Francisco do Sul foram fornecidas pela Epagri e Comitê da Bacia do Rio Cubatão e Cachoeira.

4.2 Identificação das colônias reprodutivas no estuário da Baía da Babitonga

Entre agosto de 2011 e fevereiro de 2012, considerado o principal período reprodutivo de Pelecaniformes desde o Rio de Janeiro até o Uruguai (OLMOS e SILVA-SILVA, 2003; GIANUCA, 2010), inclusive na Baía da Babitonga (GROSE, 2012), foram realizadas varreduras com embarcação a motor ao longo das margens de todo o estuário

para a localização de colônias reprodutivas, passando próximo das ilhas existentes, percorrendo cerca de 100 km. Em locais de profundidade reduzida foi utilizada uma embarcação a remo (caiaque), com duas rotas de 7 km cada (figura 1). Foi realizado um esforço total de 25 horas de navegação para a localização de colônias reprodutivas na Baía da Babitonga.

Cada colônia encontrada foi georreferenciada, utilizando o GPS Garmim Etrex HCX Legend. Em alguns pontos, quando necessário, foram realizadas incursões a pé em margens e ilhas para a busca de ninhais.

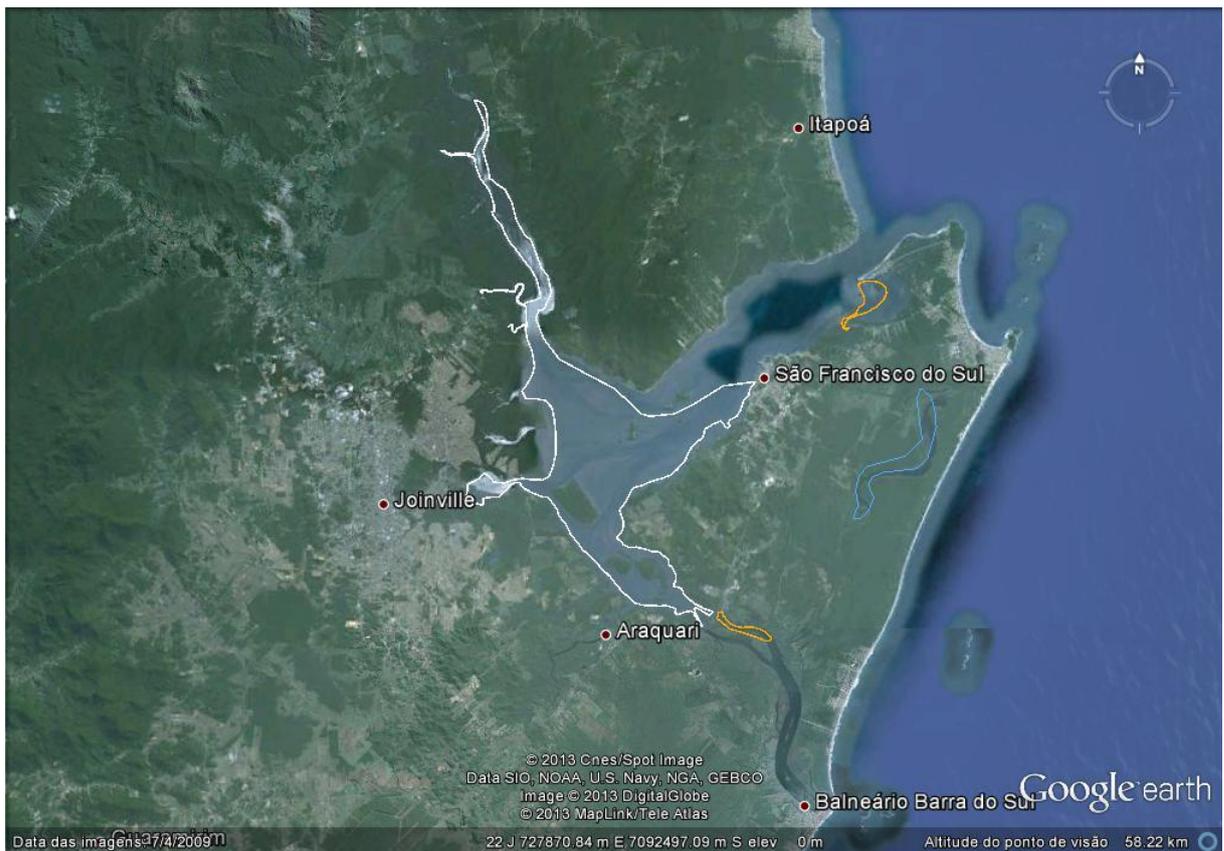


Figura 1: Rota percorrida com embarcação a motor (linha branca) e rotas percorridas com caiaque (linhas amarelas) para localização das colônias reprodutivas na Baía da Babitonga, litoral norte de Santa Catarina. Fonte: Google Earth.

4.3 Coleta de dados sobre as colônias reprodutivas

De agosto de 2011 a março de 2012 foram realizadas visitas quinzenais em cada colônia com o intuito de registrar todas as espécies que utilizavam a área, indicando aquelas que estavam reproduzindo.

Para estimar a abundância de indivíduos adultos que utilizavam as colônias, a cada amostragem foram percorridas transecções pré-estabelecidas, definidas para cada colônia em função de suas características estruturais. Durante as transecções foram registrados todos os indivíduos detectados visualmente pelo observador (DEVELEY, 2004), nos dois lados da linha da transecção (BIBBY et al., 1998; GREGORY et al., 2004).

Dependendo das condições de cada área, as transecções foram percorridas de barco ou a pé, em baixa velocidade. O dia e o horário de amostragem foram determinados em função da maré. Para as áreas que foram percorridas de barco foi escolhido o período de maré alta e para as áreas que foram percorridas a pé foi selecionado o período de maré baixa. Informações sobre as marés foram obtidas na “Tábua de Marés” publicada pela Diretoria de Hidrografia e Navegação da Marinha para o Porto de São Francisco do Sul (disponível em [www. mar.mil.br/dhn/chm/tabuas/index.htm](http://www.mar.mil.br/dhn/chm/tabuas/index.htm)). Dados sobre abundância não foram coletados apenas no mês de dezembro de 2011, quando foi realizada a coleta de amostras biológicas para análise de contaminantes.

Durante cada amostragem, foram anotadas informações comportamentais de alguns indivíduos em atividade reprodutiva, como corte, defesa, construção de ninhos e aves em posição de incubação, assim como a presença de ovos e filhotes. Estas informações forneceram dados de cronologia reprodutiva de cada espécie. Definiu-se como início das atividades reprodutivas a presença de casais, comportamentos de exibição de cortejo e defesa de território (GIANUCA, 2010). A presença de juvenis com capacidade para realização de pequenos voos (GIANUCA et al., 2010), em formação de creches ou não, foi definida como o final da atividade reprodutiva.

Para os registros visuais foi utilizado binóculo Nikon Monarch 8x42, nos fotográficos foi utilizada câmera fotográfica digital Nikon Coolpix P500. Guias de campo (DE LA PENA e RUMBOLL, 1998; SIGRIST, 2009) auxiliaram na identificação das espécies. Na contagem foi utilizado um contador manual de 4 dígitos. A nomenclatura adotada seguiu o Comitê Brasileiro de Registros Ornitológicos (CBRO, 2011).

4.4 Coleta de amostras para análise de elementos-traço

Para a análise de elementos-traço foram coletadas penas de filhotes (BONCOMPAGNI et al., 2003; KIM e KOO, 2007) do savacu-de-coroa, *Nyctanassa violacea*, com a licença do Sisbio (nº 29035-1) e do Comitê de Ética em Pesquisa da Univille (nº do protocolo: 01/0611, nº do processo 010/2011). A escolha desta espécie se deve ao fato que esta nidificou nas três colônias encontradas durante a realização do presente trabalho. No período reprodutivo, foram capturados 10 filhotes em cada colônia reprodutiva, totalizando 30 indivíduos. Foi estabelecida como critério para a coleta de penas a captura de apenas um indivíduo por ninho, em ninhos que continham mais de dois filhotes. O estágio de filhote foi definido como aquele com pronunciado desenvolvimento das rêmiges (asas) e capacidade de locomoção pelos galhos da vegetação em que se encontra o ninho (GIANUCA, 2010). Para observar o tamanho do filhote no ninho, foi utilizado um bastão de alumínio com um espelho na ponta.

Para alcançar os filhotes nos ninhos foi utilizada uma escada de alumínio. Os filhotes foram capturados manualmente e colocados dentro de sacos de pano, com a finalidade de reduzir o stress. Retirou-se manualmente de 0,5 a 1 grama de penas do peito de cada indivíduo, seguindo as orientações de Burger (1996), Becker (2000) e Kim e Koo (2007). Os filhotes capturados foram anilhados no tarso com anéis de alumínio numerados, letra T, fornecidos pelo CEMAVE – Centro de Pesquisas para a Conservação de Aves Silvestres – ICMBio. Após todo o procedimento, o filhote foi retirado do saco de pano e devolvido ao ninho de origem. Os ninhos dos filhotes capturados foram etiquetados com um lacre numérico e georreferenciados.

Além das penas dos filhotes de *N. violacea*, foram também coletadas penas do peito, asa e cauda de sete exemplares de aves da família Ardeidae. Estes exemplares estavam tombados no Acervo Biológico Iperoba, Coleção Aves, e congelados a uma temperatura de -16°C, sendo provenientes das colônias reprodutivas da Baía da Babitonga (tabela 1).

As penas coletadas foram colocadas em saquinhos plásticos do tipo “zip” e armazenadas num armário seco, em temperatura ambiente. Todas as análises foram realizadas no Laboratório de Mamíferos Aquáticos e Bioindicadores (MAQUA), da Universidade do Estado do Rio de Janeiro.

Tabela 1: Exemplares de aves da família Ardeidae, espécies e suas respectivas informações, estágio (A=adulto; J=jovem; F=filhote), peso, comprimento total sem penas, data e local de coleta (Ilha do Maracujá = IM; Ilha Jarivatuba = IJ).

Espécie/número tombo	Estágio	Peso (g)	Comprimento total (cm)	Data de coleta	Local de coleta
<i>Nycticorax nycticorax</i> (329)	F	350	36	21/12/10	IM
<i>Nycticorax nycticorax</i> (288)	J	425	40	18/12/08	IM
<i>Nyctanassa violacea</i> (287)	F	305	24	04/12/08	IM
<i>Nyctanassa violacea</i> (381)	J	402	41	20/12/11	IJ
<i>Nyctanassa violacea</i> (395)	J	476	45	06/12/11	IJ
<i>Egretta caerulea</i> (299)	A	246	43	24/11/09	IM
<i>Egretta caerulea</i> (332)	A	284	47	08/02/11	IM

4.4.1 Limpeza de penas para análise de HgT e Se

O procedimento de limpeza das penas teve como finalidade a eliminação da contaminação externa. Para a limpeza das penas foi feita a lavagem de cada amostra com solução EDTA a 0,01% (BASTOS et al., 1998), e agitado manualmente por cerca de 1 minuto. Após a retirada da solução de EDTA, foram realizadas três lavagens de água

deionizada. As amostras de penas foram acondicionadas em Beckers e permaneceram por 24 horas em estufa a 50°C. Após a secagem, as penas foram picotadas e armazenadas em frascos de vidro com tampa até a sua utilização para as análises.

4.4.2 Análise da presença de HgT

Para a determinação de mercúrio total (HgT) foi pesada uma fração de cerca de 0,1 g de massa seca de penas, em duplicata de cada indivíduo, e 0,1g de material certificado (DOLT-4). Após a pesagem foi adicionado 2 mL de solução aquosa de peróxido de hidrogênio (H₂O₂) e 5 mL de solução sulfonítrica (HNO₃ - H₂SO₄) em cada amostra. Na seqüência, as amostras seguiram para o banho-maria à 60° C constante durante duas horas e meia. Com o término, as amostras foram retiradas do banho e foi adicionado 5 mL de permanganato de potássio (KMnO₄). As amostras seguiram novamente ao banho-maria, por um período de 15 minutos.

Após este último banho as amostras foram cobertas e descansaram até o dia seguinte, quando então receberam 2 gotas de hidroxilamina (HONH₃) e foram avolumadas a 14 mL com água mili-Q. Para finalizar, as amostras seguiram para determinação de HgT no espectrofotômetro de absorção atômica com gerador de vapor frio (FIMS- 400 - Perkin Elmer). A concentração final de HgT por indivíduo foi conseguida pelo cálculo da leitura da amostra (µg/L), subtraída da média do branco (µg/L), multiplicada pelas diluições, e com este valor dividido pela massa da amostra (g). (BASTOS et al., 1998; MALM et al.,1989).O software utilizado para leitura das amostras em AAS foi o WinLab32 (Perkin-Elmer).

4.4.2.1 Certificação do método de análise da presença de HgT

Foi utilizado o material certificado DOLT-4 (fígado de peixe) adquirido do *National Research Council*, Canadá. Foram realizadas leituras em todas as baterias do trabalho, totalizando 4 réplicas. Os resultados foram considerados satisfatórios. A concentração média das réplicas foi de 2,56 ± 0,057 mg.Kg⁻¹, o que representou 99,23% do valor certificado (tabela 2).

Tabela 2: Resultados obtidos para certificação do método e valores pré-estabelecidos pelo NRCC- National Research Council Canada (DOLT-4 *Dogfish Liver Certified Reference Material for Trace Metals*).

Material Certificado	Resultado HgT em mg.Kg ⁻¹	Valor do Material Certificado (NRCC)	Coefficiente de Variação (%)	Desvio Padrão	Recuperação do Material
Dolt 4	2,56	2,58 ± 0,22	2,22	0,057	99,23%

4.4.2.2 Limite de detecção

O limite de detecção do método foi calculado utilizando o desvio padrão dos brancos e a massa média das amostras, conforme dados da tabela 3.

Tabela 3: Parâmetros utilizados para o cálculo do limite de detecção do equipamento e do método nas penas.

Desvio padrão (ng.mL ⁻¹)	Limite de detecção do equipamento (ng.mL ⁻¹)	Média das massas de penas (g)	Limite de detecção do método – penas (µg/Kg)
0,0004	0,028	0,1024	3,92

4.4.3 Análise da presença de Se

Para quantificar o nível de Se, alíquotas de aproximadamente 0,1g de penas (em duplicata de cada indivíduo) e 0,1g de material certificado (DOLT-4) foram digeridos com 2 mL de ácido nítrico (HNO₃) em 65% em frascos de vidro. Posteriormente, as amostras ficaram em descanso por vinte quatro horas. Após este período, as amostras seguiram para banho-maria à 60°C durante duas horas. Para a determinação do selênio as amostras seguiram para o espectrofotômetro de absorção atômica com atomização eletrotérmica, e com corretor de fundo de efeito Zeeman (ZeeNit-650 - Analytic Jena). O nitrato de paládio foi utilizado como modificador químico (LAILSON-BRITO, 2007; SEIXAS et al., 2007).

4.4.3.1 Certificação do método de análise da presença de Se

Foi utilizado o material certificado DOLT-4 (fígado de peixe) adquirido do *National Research Council*, Canadá. Foram realizadas leituras em todas as baterias do trabalho. Os resultados foram considerados satisfatórios. A concentração média das réplicas foi de 8,03 ± 0,526mg.Kg⁻¹ o que representou 96,77% do valor certificado (tabela 4).

Tabela 4: Resultados obtidos para certificação do método e valores pré-estabelecidos pelo NRCC- National Research Council Canada (DOLT-4 *Dogfish Liver Certified Reference Material for Trace Metals*).

Material Certificado	Resultado Se em mg.Kg ⁻¹	Valor do Material Certificado (NRCC)	Coeficiente de Variação (%)	Desvio Padrão	Recuperação do Material
Dolt 4	8,03	8,3 ± 1,3	6,54	0,526	96,77%

4.4.3.2 Limite de detecção

O limite de detecção do método foi calculado utilizando o desvio padrão dos brancos e a massa média das amostras (tabela 5).

Tabela 5: Parâmetros utilizados para o cálculo do limite de detecção do equipamento e do método nas penas.

Desvio padrão (ng.mL ⁻¹)	Limite de detecção do equipamento (ng.mL ⁻¹)	Média das massas de penas (g)	Limite de detecção do método – penas (µg/Kg)
0,17	54,92	0,1012	10

4.5 Coleta de ovos para análise de compostos organoclorados

Para a análise da contaminação por compostos organoclorados foram coletados 11 ovos de savacu (*Nycticorax nycticorax*) na Ilha do Maracujá (sendo que um não foi analisado pois ficou acima do limite de recuperação) e 6 ovos na Ilha Jarivatuba, número menor pois haviam menos indivíduos se reproduzindo. Na terceira área não foi realizada a coleta de ovos, pois a espécie não se reproduziu no local neste ano. A escolha desta espécie foi devido a existência de mais dados na literatura para comparação.

Para a coleta de ovos foi utilizada uma escada de alumínio para alcance dos ninhos. Foi retirado apenas um ovo por ninho, somente em ninhos que continham três ou mais ovos. Os ninhos em que foram coletados os ovos foram etiquetados com lacre numérico e georeferenciados. Os ovos foram devidamente embalados, evitando a quebra, e numerados. Além disso, foram pesados utilizando uma pesola de 100g com precisão de 1g e medidas de comprimento e largura foram feitas com paquímetro de metal com precisão de 0,05mm. Os ovos foram armazenados em câmara fria a -16°C. As análises de compostos organoclorados nos ovos coletados foram realizadas no Laboratório de Mamíferos Aquáticos e Bioindicadores (MAQUA) da Universidade do Estado do Rio de Janeiro.

4.5.1 Análise de compostos organoclorados

A metodologia empregada para a preparação das amostras foi baseada no trabalho de Cunha (2009). Entretanto, algumas adaptações foram feitas para ajustar o processo de preparação das amostras.

Os reagentes e solventes utilizados foram: n-hexano P.A - Tedia® (C₆H₁₄), água deionizada (Milli-Q Water Sistem®), sulfato de sódio - Merck® (Na₂SO₄) e ácido sulfúrico 95% P.A. – Tedia® (H₂SO₄). Para a análise dos compostos organoclorados (DDT, PCB e

Mirex), os ovos foram descongelados por 24 h, dentro de Beckers. Foram retiradas 2g da gema, que foi homogeneizada com 23g de sulfato de sódio descontaminado, e ativado em mufla a 450°C. Esta mistura foi embrulhada em filtro de papel e colocada em aparelho soxhlet acoplado a um condensador e um balão de vidro de 125 mL, aquecido por manta térmica. Foram adicionados às amostras os padrões internos PCB 103 e PCB 198. A extração durou 8 horas com a solução de n-hexano: diclorometano (3:1).

Depois da extração, a amostra foi retirada do balão volumétrico, enxaguada 3 vezes com 2 mL de n-hexano, e colocada em tubos de ensaio de 80mL para ser reduzida em concentrador Turbo Vap® a 2mL. A amostra foi transferida para tubo de ensaio de 10mL pré-pesado, para cálculo de concentração lipídica. O extrato foi colocado no dissecador à vácuo para a secagem por 48h, e após este período o tubo de ensaio foi pesado em balança. O conteúdo lipídico foi determinado gravimetricamente.

Para a digestão da gordura presente na amostra, foi colocado 1 mL de ácido sulfúrico e 2 mL de n-hexano. Durante 5 minutos a mistura foi agitada manualmente e centrifugada com por 4 horas a 2000 rpm. A primeira fração hexânica foi retirada e colocada em tubo de ensaio. Para certificar que todos os analitos fossem retirados da amostra digerida foram acrescentados mais 2 mL de n-hexano e a mistura foi novamente agitada por 5 minutos e colocada na centrífuga por mais 3 horas a 2000 rpm.

A segunda fração hexânica foi acrescentada à anterior e esta mistura foi colocada no concentrador de corrente de N para redução. A amostra foi retirada do tubo de ensaio, enxaguado com n-hexano 3 vezes, e colocado em vial graduado e reduzido a aproximadamente 0,25 mL com corrente de N. Foi adicionada a amostra 0,25 mL do padrão interno cromatográfico, o TCMX, do laboratório *AccuStandard*.

As concentrações foram determinadas a partir de um cromatógrafo a gás da Agilent Technologies GC-7890 com detector de captura de elétrons (ECD). A aquisição, integração e quantificação do analito foram realizadas com o programa *Ezchrom 3.2.1*. Para o desenvolvimento da curva analítica, foram utilizados os padrões do laboratório *AccuStandard*. *WHO/NIST/NOAA Congener List e Congener Mix for West Coast Fish Studies* para os PCBs, e *Pesticide Mix* para os pesticidas.

4.5.1.1 Condições cromatográficas

As análises dos compostos organoclorados foram realizadas em um cromatógrafo de fase gasosa com detector de captura de elétrons (CG-DCE), da marca *Agilent Technologies*, modelo 7890, com fonte radioativa de ⁶³Ni, acoplado ao injetor automático da *Agilent Technologies*, modelo 7683B. A coluna capilar de sílica fundida utilizada foi a DB-5 da *Agilent Technologies* (5% de difenil e 95% de dimetilpolisiloxano), com 30 m de comprimento; 0,25 mm de diâmetro interno e 1µm de espessura de filme.

Foram injetados 2 μ L de amostra com o injetor operando sem divisão de fluxo (*splitless*) por 30 segundos, com a temperatura de 280°C. O gás de arraste foi o hidrogênio ultra puro (99,999% de pureza), com pressão constante de 13 psi na coluna. A temperatura do detector foi de 320°C e o nitrogênio ultra puro (99,999% de pureza) foi utilizado como gás auxiliar (*make-up*) com um fluxo de 60 mL.min⁻¹.

O programa de aquecimento utilizado na separação dos compostos permaneceu a 70°C por 1 min, aumentaram 40°C. min⁻¹ até 170°C, depois 1,5°C. min⁻¹ até 240°C e por fim elevou-se até 300°C, a 15°C. min⁻¹, mantendo-se estável nessa temperatura por 11 min, totalizando 65,167 min.

4.5.1.2 Curva analítica

A partir das soluções padrão, foram construídas as curvas analíticas. Para a construção da curva de cada analito foram utilizadas 10 concentrações esperadas das amostras: 2, 5, 10, 20, 50, 80, 100, 150, 200 e 250 μ g.mL⁻¹. Todos os pontos possuíam o padrão interno e o padrão interno cromatográfico na concentração de 100 μ g.mL⁻¹.

Para as curvas de cada analito foi considerado um coeficiente de correlação maior ou igual a 99,5% ($r=0,995$).

4.5.1.3 Limite de detecção

O cálculo do limite de detecção foi realizado por Vidal (2010). Para o cálculo do limite de detecção foi multiplicado três vezes o desvio padrão de replicatas da injeção das frações de trabalho ($n=7$). Os valores do limite de detecção estão na tabela 6.

Tabela 6: Limite de detecção dos compostos organoclorados analisados.

Composto	Limite de detecção	Composto	Limite de detecção
op-DDE	0,27	PCB 151	0,28
pp-DDE	0,29	PCB 153	0,55
op-DDD	0,36	PCB 158	0,56
pp-DDD	0,89	PCB 170	0,98
pp-DDT	0,32	PCB 174	0,53
Mirex	0,52	PCB 177	0,55
PCB 28	0,37	PCB 180	0,69
PCB 44	0,40	PCB 183	0,44
PCB 49	1,77	PCB 187	0,39
PCB 52	0,27	PCB 194	1,68
PCB 97	0,36	PCB 195	1,07

PCB 101	0,28	PCB 199	0,60
PCB 105	1,04	PCB 203	0,72
PCB 132	0,57	PCB 206	1,15
PCB 138	0,60	PCB 209	1,08
PCB 141	0,48		

4.5.1.4 Validação do método

Com o intuito de validar a metodologia aqui utilizada para a determinação de compostos organoclorados, foram utilizados os materiais de referência SRM 1588a e SRM 1945 do *National Institute of Standards and Technology* (NIST). O primeiro é um óleo de fígado de bacalhau, e o segundo é o tecido adiposo subcutâneo de baleia. A validação foi realizada por Vidal (2010).

A análise dos compostos organoclorados nos materiais de referência foi gerida por Vidal (2010). Os critérios para validação utilizados foram baseados em Wade; Cantillo (1994), aceitando-se concentrações entre 65 e 135% em relação aquelas fornecidas pelo laboratório de referência. A tabela 7 apresenta os compostos certificados, assim como suas porcentagens de recuperação.

Tabela 7: Porcentagem média de recuperação dos compostos certificados pelos materiais de referência.

Composto	Recuperação (%)	Composto	Recuperação (%)
op-DDE	87,74	PCB 151	108,04
pp-DDE	67,02	PCB 153	90,89
pp-DDD	83,06	PCB 156	89,96
pp-DDT	124,14	PCB 158	108,31
Mirex	105,99	PCB 170	116,93
PCB 28	68,89	PCB 174	128,16
PCB 44	101,81	PCB 177	107
PCB 49	79,69	PCB 180	109,83
PCB 52	83,61	PCB 183	84,36
PCB 97	68,28	PCB 187	103,58
PCB 101	105,94	PCB 194	131,32
PCB 105	100,12	PCB 195	131,79
PCB 118	109,7	PCB 199	119,03
PCB 132	114,56	PCB 206	104,26
PCB 138	125,15	PCB 209	116,92
PCB 141	111,66		

Ao longo do texto o termo Σ DDT foi utilizado para indicar a soma dos metabólitos pp DDT, pp DDD, op DDE e pp DDE. E o termo Σ PCB foi usado para designar a soma dos seguintes PCBs: 28, 44, 49, 52, 97, 101, 105, 118, 132, 138, 141, 151, 153, 156, 158, 170, 174, 177, 180, 183, 187, 194, 195, 199, 206 e 209.

Para avaliar a fonte de organoclorado com maior gravidade no local, emprega-se a relação Σ DDT/ Σ PCB (LAILSON-BRITO, 2007; VIDAL, 2010). Assim, com a finalidade de caracterizar a amplitude das fontes de origem agrícola (ou de combate a vetores de doenças) sobre as fontes de origem industrial utiliza-se a razão entre as concentrações médias de Σ DDT/ Σ PCB (LAILSON-BRITO, 2007; VIDAL, 2010).

A razão do p,p' -DDE com o somatório do p,p' -DDT, p,p' -DDD e p,p' -DDE, é usada para determinar a cronologia de entrada do DDT no ambiente (LAILSON-BRITO, 2007).

4.6 Análise dos dados

4.6.1 Abundância relativa (P_i)

A abundância relativa resulta da proporção entre o número de indivíduos observados de uma espécie e o número total de indivíduos registrados (DURIGAN, 2004). Foi calculada a abundância relativa de cada espécie de ave nidificante para cada colônia reprodutiva. Para esta análise foram consideradas apenas as maiores abundâncias de indivíduos adultos registrados por meio das transecções quinzenais. A abundância relativa foi calculada pela seguinte fórmula:

$$P_i = \frac{n_i}{n}$$

Onde,
 n_i = número de indivíduos da espécie i .
 n = número total de indivíduos.

Para o cálculo de correlação entre a abundância mensal de indivíduos adultos e a precipitação foi utilizado o coeficiente de correlação linear de Pearson ($p < 0,05$).

4.6.2 Contaminantes

Para as análises estatísticas foi utilizado o programa *Statística 7*. A estatística descritiva foi usada para determinar a média, mínimo e máximo e desvio padrão das concentrações de mercúrio total e selênio. Para avaliar se a distribuição dessas concentrações em cada uma das regiões era normal foi aplicado o teste W de Shapiro-Wilk.

Para avaliar diferenças nas concentrações de mercúrio total e selênio entre as colônias reprodutivas foi utilizado o teste de Kruskal-Wallis com ($p < 0,05$).

Da mesma forma, para os compostos organoclorados foi feita a estatística descritiva. Para avaliar as diferenças nas concentrações encontradas nos ovos entre as colônias reprodutivas foi empregado o teste U de Mann-Whitney com ($p < 0,05$).

5. RESULTADOS

5.1.1 Identificação das colônias

Foram identificadas três colônias reprodutivas ativas: uma na desembocadura do Rio Pedreira, uma na Ilha do Maracujá e outra na Ilha Jarivatuba, na lagoa do Saguazu (figura 2). Durante a realização das varreduras, recebemos relatos de moradores indicando que havia uma colônia de savacu (*Nycticorax nycticorax*) na Ilha do Baiacu ($26^{\circ}19'91,64''\text{S}$ e $48^{\circ}58'11,94''\text{W}$) e de outra da mesma espécie nas proximidades do canal do Linguado ($26^{\circ}33'91,32''\text{S}$ e $48^{\circ}68'19,14''\text{W}$), ambas no município de São Francisco do Sul. Contudo, segundo os próprios moradores, estas colônias não existem mais.

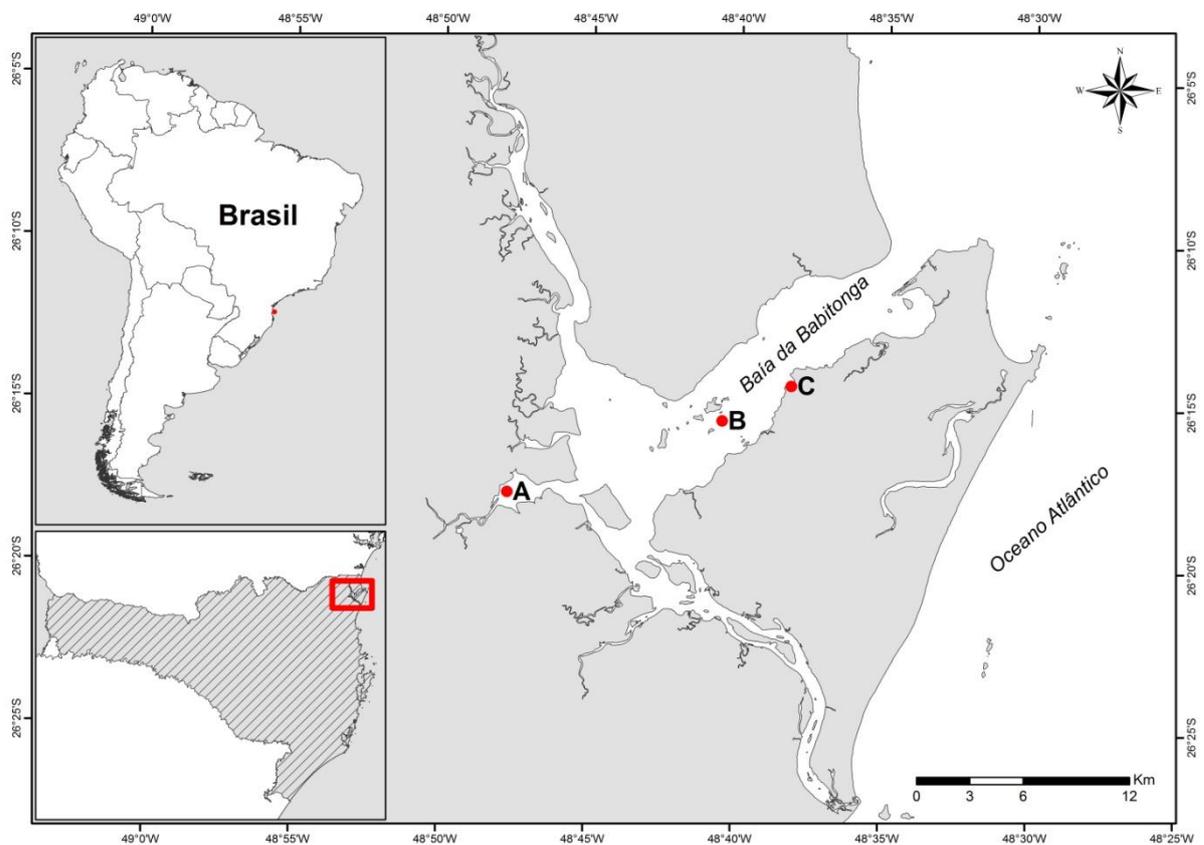


Figura 2: Localização das colônias reprodutivas ativas de aves aquáticas na Baía da Babitonga. A: Ilha Jarivatuba; B: Ilha do Maracujá; C: desembocadura do Rio Pedreira.

A colônia reprodutiva do Rio Pedreira está localizada em ambas as margens, próxima a sua desembocadura e junto ao centro histórico de São Francisco do Sul, ao lado do porto de São Francisco do Sul. Sua vegetação é caracterizada por manguezal, principalmente pela espécie *Avicennia schaueriana* (mangue-preto) e alguns exemplares de *Rhizophora mangle* (mangue-vermelho). Apresenta uma área de 20.866 m² e está localizada nas coordenadas $26^{\circ}24'02,80''\text{S}$ e $48^{\circ}63'63,03''\text{W}$.

A Ilha do Maracujá, também localizada em São Francisco do Sul, é uma formação rochosa, coberta por floresta ombrófila densa, composta por espécies pioneiras de restinga e manguezal. Possui grande quantidade de espécies de lianas (trepadeiras e cipós), como *Pithecoctenium crucigerum* (pente-de-macaco) e *Cissus sicyodes* (uva-brava), que ocupam grande parte das árvores no local e que, provavelmente, foram responsáveis pela denominação do nome da ilha. Em alguns setores da ilha inexitem espécies arbóreas, e as samambaias, como *Pteridium aracnoides*, cobrem toda a extensão do solo. Está localizada nas coordenadas 26°15'33,09"S e 48°40'31,92"W, possuindo uma área total de 10.397 m² (GROSE, 2012).

A área total da Ilha Jarivatuba, na lagoa do Saguçu, é de 136.645 m² e está localizada nas coordenadas 26°29'66,45"S e 48°79'58,14"W. Esta ilha está situada no município de Joinville, na foz do rio Cachoeira (CREMER e GROSE, 2010), nas proximidades do Joinville Iate Clube. É uma ilha de formação recente, com vários ilhotes cobertos por manguezal. As espécies vegetais mais encontradas nas proximidades são *A. schaueriana* e *Laguncularia racemosa* (mangue-branco) (IBAMA, 1998). O local sofre influência da variação da maré.

5.1.2 Riqueza de espécies nas colônias

No Rio Pedreira foram encontradas três espécies de Ardeidae reproduzindo: o savacu-de-coroa (*Nyctanassa violacea*) (figura 3B), a garça-branca-pequena (*Egretta thula*) (figura 3D) e a garça-azul (*Egretta caerulea*) (figura 3E) (tabela 8).

Na Ilha do Maracujá foram registradas três espécies de aves aquáticas se reproduzindo. Duas espécies são da família Ardeidae: o savacu (*Nycticorax nycticorax*) (figura 3A) e o *N. violacea* e uma espécie é da família Threskiornithidae, o tapicuru-da-cara-pelada (*Phimosus infuscatus*) (figura 3H) (tabela 8).

Na Ilha Jarivatuba, sete espécies foram registradas utilizando o local para reprodução, sendo cinco da família Ardeidae (*N. nycticorax*, *N. violacea*, *Bubulcus ibis*, *E. thula*, *E. caerulea*) e duas da família Threskiornithidae (*Eudocimus ruber* e *Plegadis chihi*) (figura 3). Uma sexta espécie da família Ardeidae, a garça-branca-grande (*Ardea alba*), foi observada construindo ninho, mas não foram registrados filhotes.



A



B



C



D



E



F



G



H

Figura 3: A) Savacu (*Nycticorax Nycticorax*), B) savacu-de-coroa (*Nyctanassa violacea*), C) garça-vaqueira (*Bubulcus ibis*), D) garça-branca-pequena (*Egretta thula*), E) garça-azul (*E. caerulea*), F) guará (*Eudocimus ruber*), G) caraúna-de-cara-branca (*Plegadis chihi*), H) tapicuru-da-cara-pelada (*Phimosus infuscatus*). Fotos: D. Fink. Ordem segue CBRO (2011).

Tabela 8: Ordem, família e espécies de aves registradas nidificando nas colônias reprodutivas da Baía da Babitonga.

Ordem, Família e Espécies	Rio Pedreira	Ilha do Maracujá	Ilha Jarivatuba
PELECANIFORMES			
ARDEIDAE			
<i>Nycticorax nycticorax</i>		X	X
<i>Nyctanassa violacea</i>	X	X	X
<i>Bubulcus ibis</i>			X
<i>Egretta thula</i>	X		X
<i>Egretta caerulea</i>	X		X
THRESKIORNITHIDAE			
<i>Eudocimus ruber</i>			X
<i>Plegadis chihi</i>			X
<i>Phimosus infuscatus</i>		X	

Na Ilha Jarivatuba foram observadas várias espécies potenciais predadoras de ovos e filhotes de aves aquáticas sobrevoando o local, como o urubu-de-cabeça-vermelha (*Catartes aura*), o urubu-de-cabeça-preta (*Coragyps atratus*), o gavião-carijó (*Rupornis magnirostris*), o carcará (*Caracara plancus*) e o carrapateiro (*Mivalgo chimachima*). Contudo, o único episódio de predação observado foi o de um gavião-preto (*Urubitinga urubitinga*) atacando um ninho de guará (*Eudocimus ruber*) onde haviam filhotes.

Na Ilha do Maracujá foi registrada a presença de *C. atratus* e *C. plancus*, aves consideradas potenciais predadoras. No Rio Pedreira o *C. atratus* e o *M. chimachima* foram encontrados no local, além de dois indivíduos de ratazanas (*Rattus norvegicus*), o único mamífero potencial predador, movendo-se nas margens do local.

5.1.3 Abundância

A maior colônia na Baía da Babitonga foi a da Ilha Jarivatuba e a espécie mais abundante desta colônia foi *N. violacea*, representando 37,43% das aves reprodutivas, seguido do *P. chihi*, com 18,27% (tabela 9).

O Rio Pedreira foi a segunda maior colônia na Baía da Babitonga, em abundância de indivíduos adultos. *Nyctanassa violacea* também foi a espécie mais representativa da área, com 51,13%, seguida de *E. caerulea*, com 26,14%, e de *E. thula*, com 22,73%.

Na Ilha do Maracujá a espécie mais abundante foi *N. nycticorax*, com 66,18%, seguida de *N. violacea*, com 17,64%, e de *P. infuscatus*, com 16,18%.

Tabela 9: Número máximo de indivíduos adultos registrados para cada espécie nas colônias reprodutivas da Baía da Babitonga. Os maiores valores foram considerados como a melhor estimativa de abundância.

Espécies	Rio Pedreira	Ilha do Maracujá	Ilha Jarivatuba
<i>Nycticorax nycticorax</i>		45	26
<i>Nyctanassa violacea</i>	45	12	213
<i>Bubulcus ibis</i>			63
<i>Egretta thula</i>	20		37
<i>Egretta caerulea</i>	23		55
<i>Eudocimus ruber</i>			71
<i>Plegadis chihi</i>			104
<i>Phimosus infuscatus</i>		11	
TOTAL	88	68	569

Ao relacionarmos a precipitação mensal de Joinville e a abundância de adultos por mês na Ilha Jarivatuba, o coeficiente de Pearson indicou uma correlação fraca positiva ($r=0,13$). Também em São Francisco do Sul o coeficiente de Pearson mostrou uma correlação ínfima positiva ($r=0,018$) entre a abundância de indivíduos adultos da Ilha do Maracujá e Rio Pedreira com a precipitação no município. Portanto, não houve relação entre precipitação e abundância de indivíduos adultos em atividade reprodutiva (figuras 4 e 5).

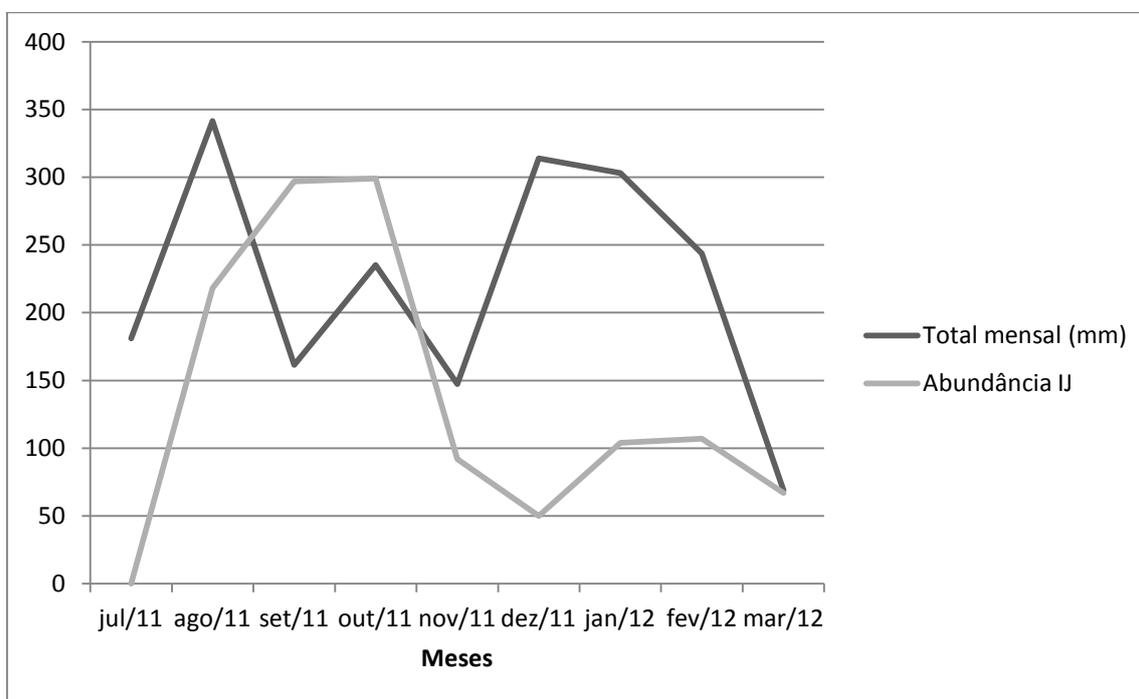


Figura 4: Precipitação mensal em mm no município de Joinville e a abundância mensal de aves aquáticas adultas na Ilha Jarivatuba.

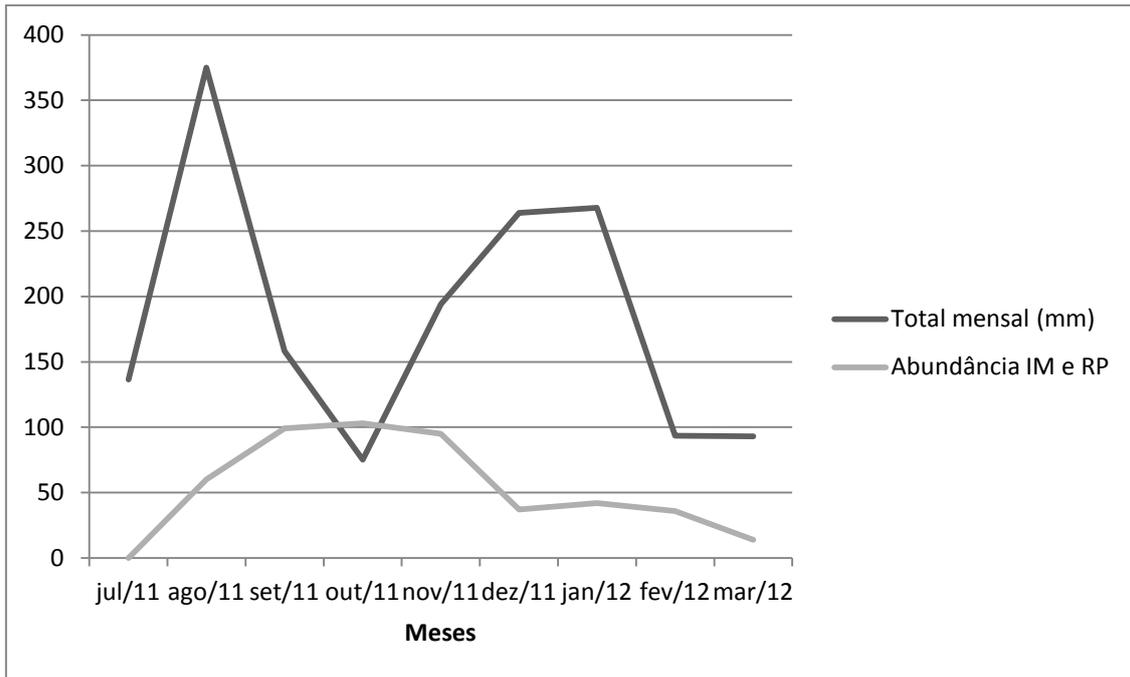


Figura 5: Precipitação mensal em mm no município de São Francisco do Sul e a abundância mensal de aves aquáticas adultas na Ilha do Maracujá e Rio Pedreira.

5.1.4 Cronologia reprodutiva das aves aquáticas

O período reprodutivo das aves aquáticas na Baía da Babitonga iniciou no inverno, a partir de agosto de 2011, e finalizou no verão, em março de 2012. O *N. violacea* foi a primeira espécie de ave aquática a ocupar todas as colônias e começar suas atividades reprodutivas (tabelas 10, 11 e 12).

Agosto de 2011 foi um mês chuvoso na região da Baía da Babitonga, com precipitação média de aproximadamente 350 mm em Joinville e São Francisco do Sul (figuras 6 e 7). Neste período de grande pluviosidade, iniciaram as atividades reprodutivas das aves aquáticas nas colônias, principalmente para *N. nycticorax*, *N. violacea* e *P. infuscatus* (tabelas 10, 11 e 12).

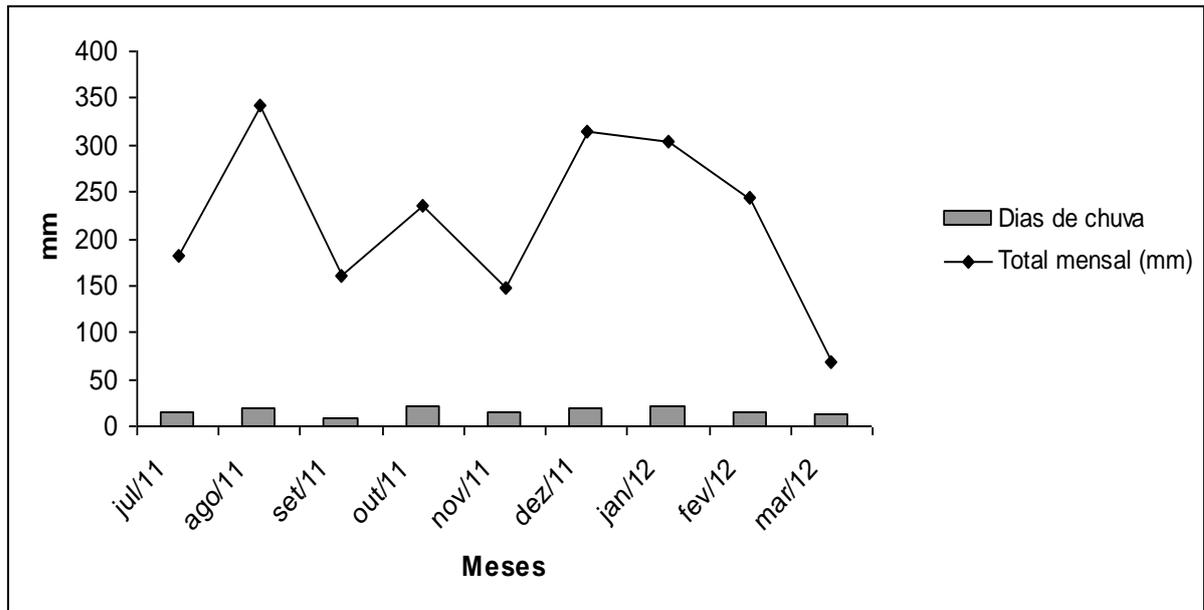


Figura 6: Precipitação mensal e dias de chuva, de julho de 2011 a março de 2012 em Joinville, SC. Fonte: Comitê da Bacia do Rio Cubatão e Cachoeira.

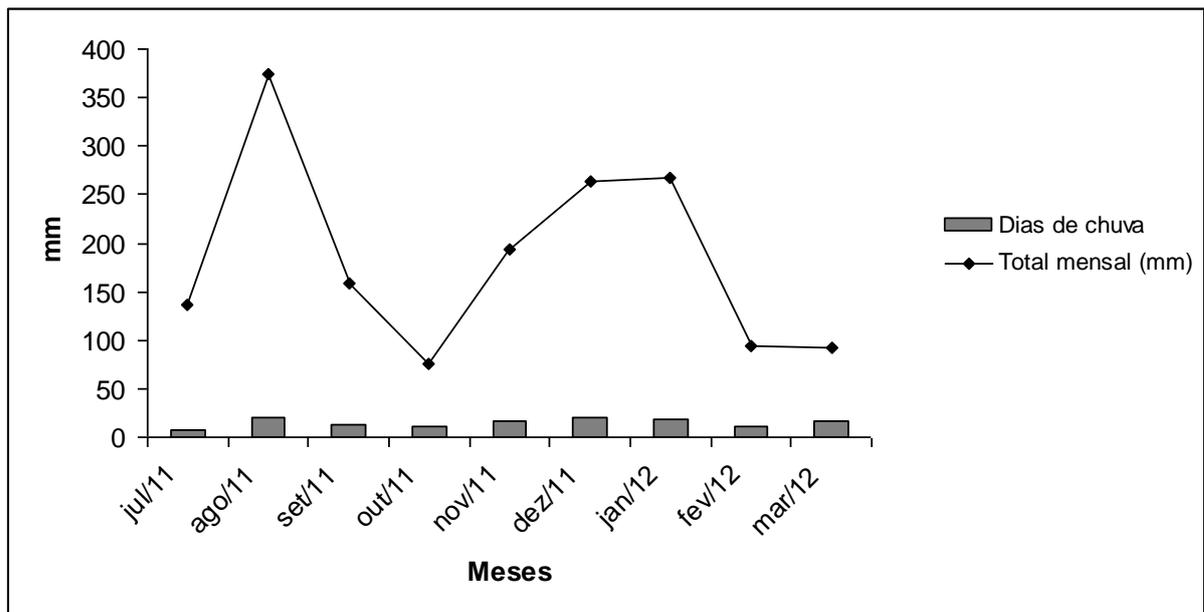


Figura 7: Precipitação mensal e dias de chuva, de julho de 2011 a março de 2012, em São Francisco do Sul, SC. Fonte: Epagri.

Ninhal do Rio Pedreira

Na colônia do Rio Pedreira, as três espécies de aves aquáticas utilizaram o local para as atividades reprodutivas por cerca de seis meses. O período reprodutivo de *N. violacea* se estendeu até janeiro, quando os juvenis puderam ser registrados se alimentando no solo próximo da colônia (tabela 10).

Tabela 10: Atividade reprodutiva das espécies de aves aquáticas na colônia do Rio Pedreira, durante 2011/2012 na Baía da Babitonga. Espécies: NV: *Nyctanassa violacea*; ET: *Egretta thula*; EC: *Egretta caerulea*.

Espécies	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Jan	Fev	Mar
NV								
ET								
EC								

Legendas: =corte; =ninho com ovos; =filhotes; =juvenis.

Tanto *E. thula* como *E. caerulea* iniciaram suas atividades reprodutivas na primavera, em outubro, e apresentaram um segundo pulso reprodutivo no mês de janeiro. A partir do mês de março foram registrados apenas juvenis na área.

O período de maior atividade reprodutiva, considerando as três espécies, foi entre outubro e janeiro.

Ninhal da Ilha do Maracujá

No final do mês de agosto foram observados os primeiros indivíduos de *N. violacea* se reunindo na Ilha do Maracujá, e em setembro a espécie foi observada construindo os ninhos e em posição de postura e incubação dos ovos. Também foi a primeira espécie a desocupar a colônia, em janeiro (tabela 11).

Tabela 11: Atividade reprodutiva das espécies de aves aquáticas na colônia da Ilha do Maracujá, durante 2011/2012 na Baía da Babitonga. Espécies: NN: *Nycticorax nycticorax*; NV: *Nyctanassa violacea*; PI: *Phimosus infuscatus*.

Spp.	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Jan	Fev	Mar
NN								
NV								
PI								

Legendas: =corte; =ninho com ovos; =filhotes; =juvenis.

Nycticorax nycticorax e *P. infuscatus* iniciaram suas atividades reprodutivas no mês de setembro, e realizaram um segundo pulso reprodutivo em janeiro. Em março foram avistados os últimos juvenis no local, de ambas as espécies.

Novembro e dezembro foi um período de intensa atividade reprodutiva no local.

Ninhal da Ilha Jarivatuba

Na Ilha Jarivatuba, a maioria das espécies iniciou a ocupação do local no final do inverno, nos meses de agosto e setembro, permanecendo até o final do verão, nos meses de fevereiro e março (tabela 12).

Tabela 12: Atividade reprodutiva das espécies de aves aquáticas na colônia da Ilha Jarivatuba, lagoa do Saguçu, durante 2011/2012 na Baía da Babitonga. Espécies: NN: *Nycticorax nycticorax*; NV: *Nyctanassa violacea*; BI: *Bubulcus ibis*; ET: *Egretta thula*; EC: *Egretta caerulea*; ER: *Eudocimus ruber*; PC: *Plegadis chihi*.

Spp.	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Jan	Fev	Mar
NN								
NV								
BI								
ET								
EC								
ER								
PC								

Legendas: =corte; =ninho com ovos; =filhotes; =juvenis.

Apenas um pulso reprodutivo foi registrado para *E. ruber* e *P. chihi*. *Plegadis chihi* iniciou a sua reprodução em outubro, quando foram observados vários indivíduos adultos reunidos e disputando território. Em novembro foram observados ninhos com ovos e filhotes, e em dezembro foram registrados apenas filhotes e juvenis.

Eudocimus ruber foi a espécie que iniciou mais tardiamente a atividade reprodutiva, no verão. No final do mês de dezembro os adultos foram observados reunindo-se na ilha e disputando território. Estes apresentavam a plumagem vermelho vivo, com o bico preto, e realizavam voos coletivos, típicos de exibição da espécie. Dos sete núcleos reprodutivos monitorados e georeferenciados na Ilha Jarivatuba, seis estavam localizados na região central da ilha e um na borda da ilha (figura 8). Os ninhos foram construídos muito próximos uns dos outros, feitos com gravetos dispostos irregularmente e em forma de uma bacia grosseira (figura 9A).



Figura 8: Ilha Jarivatuba na Lagoa do Saguçu, Joinville/SC. Os pontos brancos representam os núcleos reprodutivos de *E. ruber*. Fonte: Google Earth.

No dia 20 de janeiro foram registrados os primeiros filhotes no ninho (figura 7A), apresentando uma penugem preta, muito rala, bico laranja com manchas pretas. Neste período os filhotes quase não se movimentavam. Não foi possível a contagem dos filhotes, pois foi mantida uma distância de segurança para reduzir o estresse dos adultos, o que dificultou a visualização e contagem. Onze dias depois, os filhotes apresentavam uma plumagem preta e ventre branco, e bico preto com uma pequena mancha laranja, depois da ponta do bico. Estes filhotes conseguiam se movimentar no ninho e alcançavam os galhos mais próximos com o auxílio de garras na ponta de cada asa (figura 9B).



Figura 9: A) Ninho com filhote de guará (*Eudocimus ruber*) com cerca de uma semana de vida; B) filhote com cerca de três semanas; C) formação de creche e realização de voos curtos; D) juvenis forrageando. Fotos: D. Fink

No dia 17 de fevereiro os filhotes apresentavam coloração cinza com o ventre branco e bico preto, e conseguiam realizar pequenos voos (figura 9C). Foram registradas quatro creches dentro da colônia no dia 6 de março, com os filhotes realizando voos coletivos curtos, acompanhados de poucos adultos. O número de filhotes em cada creche variou, com o agrupamento de 6 filhotes, 8 filhotes (acompanhados de 3 adultos), 11 filhotes (acompanhados de 2 adultos) e 22 filhotes (acompanhados de um adulto). Neste período os filhotes apresentavam plumagem cinza, ventre branco e bico preto.

A presença de creches foi novamente documentada em 20 de março, com a presença de 2 grupos dentro da colônia, um contendo 13 juvenis e 3 adultos e outro com 14 juvenis e 4 adultos. Acredita-se que muitos juvenis saíram da colônia, devido à capacidade de realizar voos mais longos, pois foi possível a observação de 12 juvenis nas proximidades.

O último registro deste trabalho ocorreu no dia 18 de abril, quando 14 juvenis foram observados forrageando ao longo do Rio Cachoeira, aos pares ou sozinhos (figura 9D). Um grupo de adultos se manteve na Ilha de Jarivatuba, embora não estivessem mais

em atividade reprodutiva, e apenas um filhote estava forrageando na planície de maré, junto ao grupo de adultos.

5.2 Presença de HgT

Na tabela 13 são apresentados os valores de mercúrio total nas penas de filhotes de *N. violacea* coletadas nas três colônias da Baía da Babitonga. Não houve diferença significativa entre as concentrações das áreas analisadas (teste *Kruskal-Wallis* $H_{2,30}=4,77$; $p=0,0920$).

A maior concentração de mercúrio total foi encontrada em uma amostra do Rio Pedreira (439,05 $\mu\text{g}/\text{kg}$) e a menor foi registrada na Ilha do Maracujá (29,14 $\mu\text{g}/\text{kg}$) (tabela 13).

Tabela 13: Média, desvio padrão, valores mínimos e máximos das concentrações de mercúrio total (HgT) ($\mu\text{g}/\text{kg}$ peso seco) nas penas dos filhotes de savacu-de-coroa (*Nyctanassa violacea*) da Ilha Jarivatuba, Ilha do Maracujá e Rio Pedreira.

	Ilha Jarivatuba (n=10)	Ilha do Maracujá (n=10)	Rio Pedreira (n=10)
Média \pm DP	83,16 \pm 56,64	65,09 \pm 33,68	130,26 \pm 113,38
Mínimo - Máximo	46,72 - 238,59	29,14 - 139,58	47,36 - 439,05

As carcaças analisadas dos exemplares da família Ardeidae, tiveram diferenças de concentração de mercúrio total entre as espécies (figura 10) e entre as penas retiradas de partes distintas do corpo (tabela 14).

Tabela 14: Exemplares de Ardeidae, número tombo, local de coleta, concentrações de HgT em ppb ($\mu\text{g}/\text{kg}$ peso seco) nas penas do peito, asa, cauda e média (peito, asa e cauda).

Espécie/número tombo	Local de coleta	Peito	Asa	Cauda	Média
<i>Nycticorax nycticorax</i> (329)	Ilha do Maracujá	2.123,62	2.197,66	2.983,83	2.435,04
<i>Nycticorax nycticorax</i> (288)	Ilha do Maracujá	3.729,06	3.468,15		3.598,6
<i>Nyctanassa violacea</i> (287)	Ilha do Maracujá	42,94	64,88		53,91
<i>Nyctanassa violacea</i> (381)	Ilha Jarivatuba	91,36	65,35	65,56	74,09
<i>Nyctanassa violacea</i> (395)	Ilha Jarivatuba	66,74	63,72	61,65	64,04
<i>Egretta caerulea</i> (299)	Ilha do Maracujá	941,29	879,08	841,5	887,29
<i>Egretta caerulea</i> (332)	Ilha do Maracujá	1.599,21	1.021,57	954,26	1.191,68

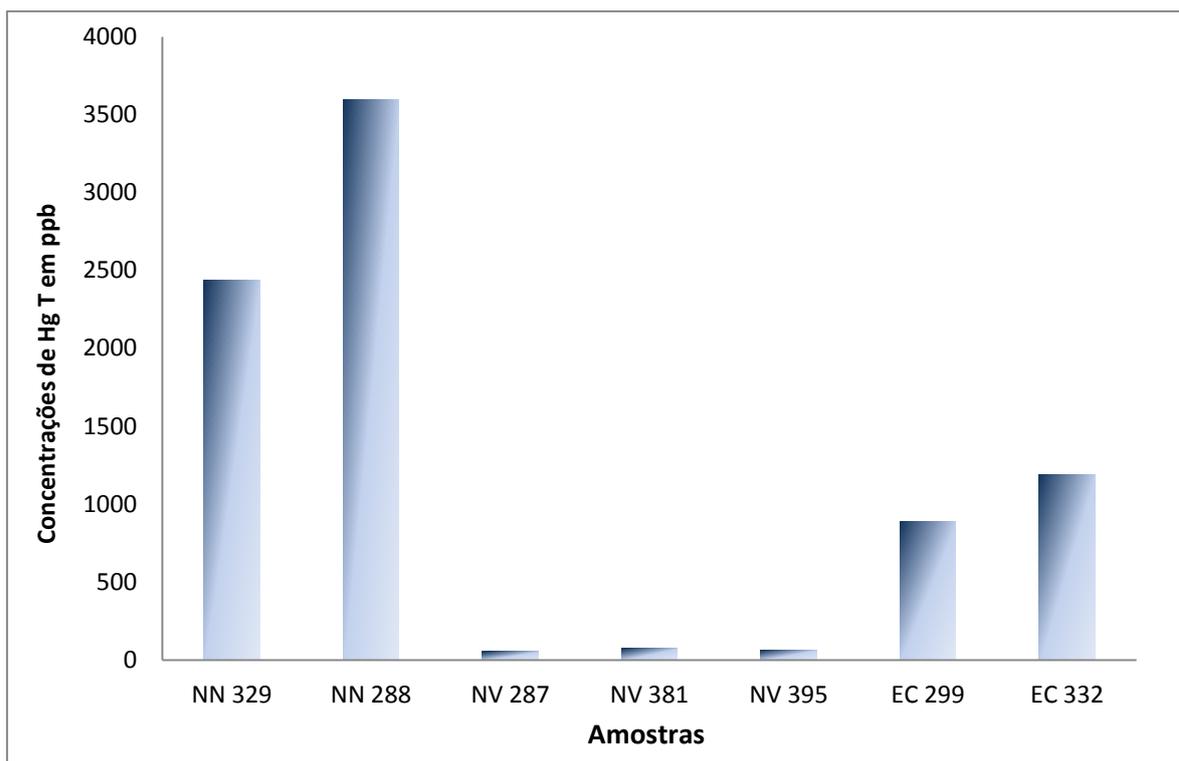


Figura 10: Concentrações médias de HgT em ppb ($\mu\text{g}/\text{kg}$ peso seco) das penas de carcaças (NN= *Nycticorax nycticorax*; NV= *Nyctanassa violacea*; EC= *Egretta caerulea*).

5.3 Presença de Se

Os valores de concentração de selênio nas penas de filhotes de *N. violacea* estão apresentados na tabela 15. A concentração deste elemento não foi diferente entre as áreas amostradas (teste *Kruskal-Wallis* $H_{2,30}=1,22$; $p=0,5433$).

Tabela 15: Média, desvio padrão, valores mínimos e máximos das concentrações de selênio em ppb ($\mu\text{g}/\text{kg}$ peso seco) nas penas dos filhotes de savacu-de-coroa (*Nyctanassa violacea*) da Ilha Jarivatuba, Ilha do Maracujá e Rio Pedreira.

	Ilha Jarivatuba (n=10)	Ilha do Maracujá (n=10)	Rio Pedreira (n=10)
Média \pm DP	995,71 \pm 117,20	1.027,41 \pm 141,46	1.127,25 \pm 370,26
Mínimo - Máximo	854,15 - 1222	781,9 - 1292	913,85 - 2.153,5

Da mesma forma que para o mercúrio total, a colônia do Rio Pedreira apresentou a maior concentração de selênio, verificada em uma das amostras (2.153,5 $\mu\text{g}/\text{kg}$), e a Ilha do Maracujá obteve o menor valor (781,9 $\mu\text{g}/\text{kg}$) (tabela 16).

Sobre os valores médios de selênio nas amostras de penas das carcaças, a maior concentração foi encontrada nas de *E. caerulea* (figura 11). Verificou-se que existem diferenças de concentração entre penas removidas das diversas partes do corpo das aves (tabela 16).

Tabela 16: Exemplos de Ardeidae, número tombo, local de coleta, concentrações de Se em $\mu\text{g}/\text{kg}$ nas penas do peito, asa, cauda e média (peito, asa e cauda).

Espécie/número tombo	Local de coleta	Peito	Asa	Cauda	Média
<i>Nycticorax nycticorax</i> (329)	Ilha do Maracujá	883,55	913	1.019,5	938,68
<i>Nycticorax nycticorax</i> (288)	Ilha do Maracujá	1.223,5	1.578,5		1401
<i>Nyctanassa violacea</i> (287)	Ilha do Maracujá	767,1	968,1		867,6
<i>Nyctanassa violacea</i> (381)	Ilha Jarivatuba	1.060,5	1.440	1.445,5	1.315,3
<i>Nyctanassa violacea</i> (395)	Ilha Jarivatuba	812,9	1.201	1.212	1.075,3
<i>Egretta caerulea</i> (299)	Ilha do Maracujá	1.249,5	1.318,5	1.753	1.440,3
<i>Egretta caerulea</i> (332)	Ilha do Maracujá	1.898	1.522	1.498,5	1.639,5

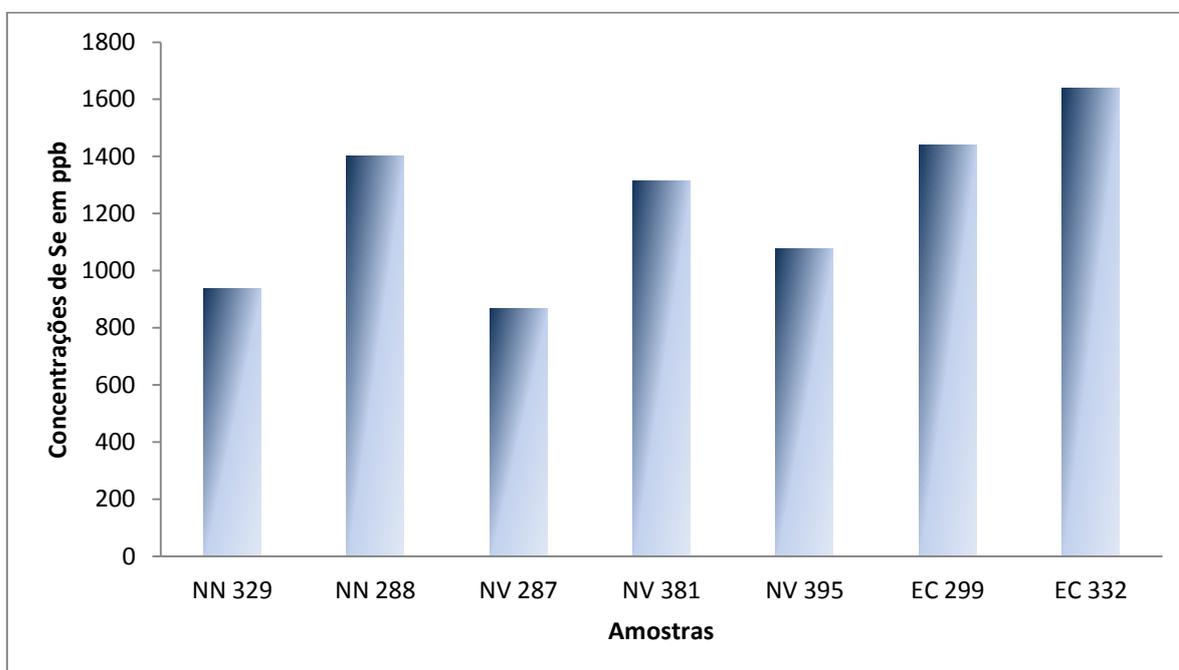


Figura 11: Concentrações médias de Se em ppb ($\mu\text{g}/\text{kg}$ peso seco) das amostras de penas de carcaças (NN= *Nycticorax nycticorax*; NV= *Nyctanassa violacea*; EC= *Egretta caerulea*).

5.4 Compostos organoclorados

As maiores concentrações de compostos organoclorados foram registradas nos ovos coletados da Ilha Jarivatuba (tabela 17). Aplicando o teste *U Mann-Whitney*, os metabólitos que apresentaram diferenças significativas entre as colônias foram: PCB 105, PCB 138, PCB 141, PCB 153, PCB 156, PCB 158, PCB170, PCB 174, PCB 180, PCB 183, PCB 194 e pp DDD (tabela 17).

O teste também demonstrou que a Ilha Jarivatuba diferiu da Ilha do Maracujá para as concentrações de ΣDDT e ΣPCB (tabela 17). Dos principais compostos

organoclorados que tiveram menores concentrações, o Σ HCH, o HCB e o Mirex (comparados aos Σ DDT e Σ PCB), apenas o HCB teve diferenças significativas entre as colônias (tabela 17).

Tabela 17: Média, desvio padrão, valores mínimos e máximos da concentração de compostos organoclorados em ppb (ng.g^{-1} peso úmido) dos ovos de savacu (*Nycticorax nycticorax*) da Ilha Jarivatuba e Ilha do Maracujá. Em negrito os somatórios dos metabólitos de PCB, HCH e DDT. Teste *U Mann-Whitney* comparando as concentrações das duas colônias reprodutivas. Diferenças significativas estão sublinhadas.

Metabólitos	Ilha Jarivatuba (n=6)	Ilha do Maracujá (n=10)	Teste <i>U Mann-Whitney</i>(p<0,05)
PCB 28	0,313 ± 0,766 0 - 1,877	0,0445 ± 0,1408 0 - 0,445	0,79
PCB 44	0,341 ± 0,647 0 - 1,613	0,157 ± 0,342 0 - 0,966	0,71
PCB 49	ND	ND	-
PCB 52	ND	ND	-
PCB 97	ND	ND	-
PCB 101	2,302 ± 1,805 0 - 5,049	0,5108 ± 0,3564 0 - 0,945	0,07
PCB 105	9,470 ± 7,318 2,055 - 18,046	2,166 ± 1,642 0 - 6,054	<u>0,007</u>
PCB 118	17,319 ± 29,501 0 - 76,659	1,833 ± 1,958 0 - 6,093	0,22
PCB 132	ND	ND	-
PCB 138	40,168 ± 33,874 7,808 - 87,347	7,108 ± 5,876 0 - 17,543	<u>0,015</u>
PCB 141	0,676 ± 0,646 0 - 1,442	0,034 ± 0,109 0 - 0,343	<u>0,004</u>
PCB 151	0,198 ± 0,370 0 - 0,931	ND	-
PCB 153	62,739 ± 63,887 12,314 - 175,830	10,645 ± 8,152 3,234 - 28,776	<u>0,007</u>
PCB 156	8,661 ± 4,907 3,987 - 16,028	3,496 ± 1,590 0 - 5,548	<u>0,010</u>
PCB 158	3,497 ± 3,155 0,610 - 7,543	0,411 ± 0,445 0 - 1,328	<u>0,007</u>
PCB 170	7,392 ± 6,860	1,857 ± 1,523	<u>0,015</u>

	1,749 - 19,900	0,562 - 5,724	
PCB 174	5,544 ± 4,161 1,026 - 10,243	0,919 ± 0,861 0 - 2,506	<u>0,004</u>
PCB 177	3,110 ± 2,158 0,676 - 5,618	1,324 ± 0,988 0 - 3,127	0,18
PCB 180	15,556 ± 15,856 3,917 - 45,786	4,121 ± 3,347 1,181 - 12,669	<u>0,031</u>
PCB 183	4,226 ± 4,584 0,599 - 11,997	0,643 ± 0,899 0 - 2,926	<u>0,015</u>
PCB 187	5,478 ± 5,053 0,961 - 12,379	1,137 ± 1,156 0 - 3,369	0,07
PCB 194	2,195 ± 0,702 1,302 - 3,062	1,319 ± 0,766 0 - 3,143	<u>0,031</u>
PCB 195	0,8278 ± 0,5941 0 - 1,780	0,406 ± 0,383 0 - 1,015	0,15
PCB 199	0,629 ± 0,879 0 - 2,200	0,048 ± 0,152 0 - 0,480	0,07
PCB 206	3,241 ± 3,594 0,585 - 9,911	2,834 ± 2,251 0 - 5,270	0,87
PCB 209	0,252 ± 0,233 0 - 0,546	0,077 ± 0,163 0 - 0,431	0,15
∑ PCB	194,133 ± 171,940 51,237 - 497,129	41,091 ± 25,847 11,831 - 95,049	<u>0,004</u>
a-HCH	0,181 ± 0,444 0 - 1,088	ND	-
g-HCH	0,160 ± 0,391 0 - 0,959	0,175 ± 0,370 0 - 0,943	1,00
∑ HCH	0,341 ± 0,530 0 - 1,088	0,175 ± 0,370 0 - 0,943	0,56
HCB	1,826 ± 0,837 0,939 - 3,316	0,932 ± 0,310 0,458 - 1,513	<u>0,010</u>
Mirex	10,502 ± 7,808 1,921 - 20,890	8,082 ± 4,656 1,780 - 19,454	0,56
op-DDE	1,938 ± 0,940 0,593 - 3,304	0,787 ± 1,202 0 - 3,433	0,055
pp-DDE	73,003 ± 57,464	44,769 ± 44,306	0,18

	27,953 - 162,907	0 - 121,340	
pp-DDD	7,542 ± 7,632 0 - 19,869	0,433 ± 1,368 0 - 4,327	<u>0,041</u>
pp-DDT	45,332 ± 58,231 0 - 152,781	3,778 ± 3,959 0 - 9,693	0,15
∑ DDT	127,815 ± 111,554 44,581 - 324,991	49,766 ± 44,125 0 - 127,011	<u>0,041</u>

ND= Não detectado

Na Ilha Jarivatuba, dos 26 congêneres de PCBs analisados, quatro não foram encontrados nas amostras de ovos de savacu deste local (tabela 17). O \sum PCB apresentou a maior concentração média dos principais compostos organoclorados, com 194,1 ng.g⁻¹ (tabela 17). A figura 12 apresenta a contribuição percentual de cada congêneres de PCB nas duas áreas amostradas. O PCB 153 representou mais de 32% do \sum PCB na Ilha Jarivatuba, seguido do PCB 138 que chegou a 20,69%, depois o PCB 118 com 8,92%, o PCB 180 com 8% e finalmente o PCB 105 com 4,88% (figura 12). O somatório destes PCB representou 74,82% da contaminação de \sum PCB encontrada no local.

Na Ilha do Maracujá, dos 26 congêneres de PCB analisados, cinco não foram encontrados (tabela 17). O \sum PCB apresentou uma concentração menor que o \sum DDT, ficando em média com 41,1 ng.g⁻¹ (tabela 17). Sobre o \sum PCB, o PCB 153 obteve a mais elevada concentração comparada aos outros, representando 25,91%. Na sequência, a ordem de contribuição relativa foi: o PCB 138 com 17,29%, o PCB 180 com 10,6%, o PCB 156 com 8,51% e o PCB 206 com 6,9% (figura 12). Juntos estes cinco PCB totalizaram 69,21 % do \sum PCB na Ilha do Maracujá.

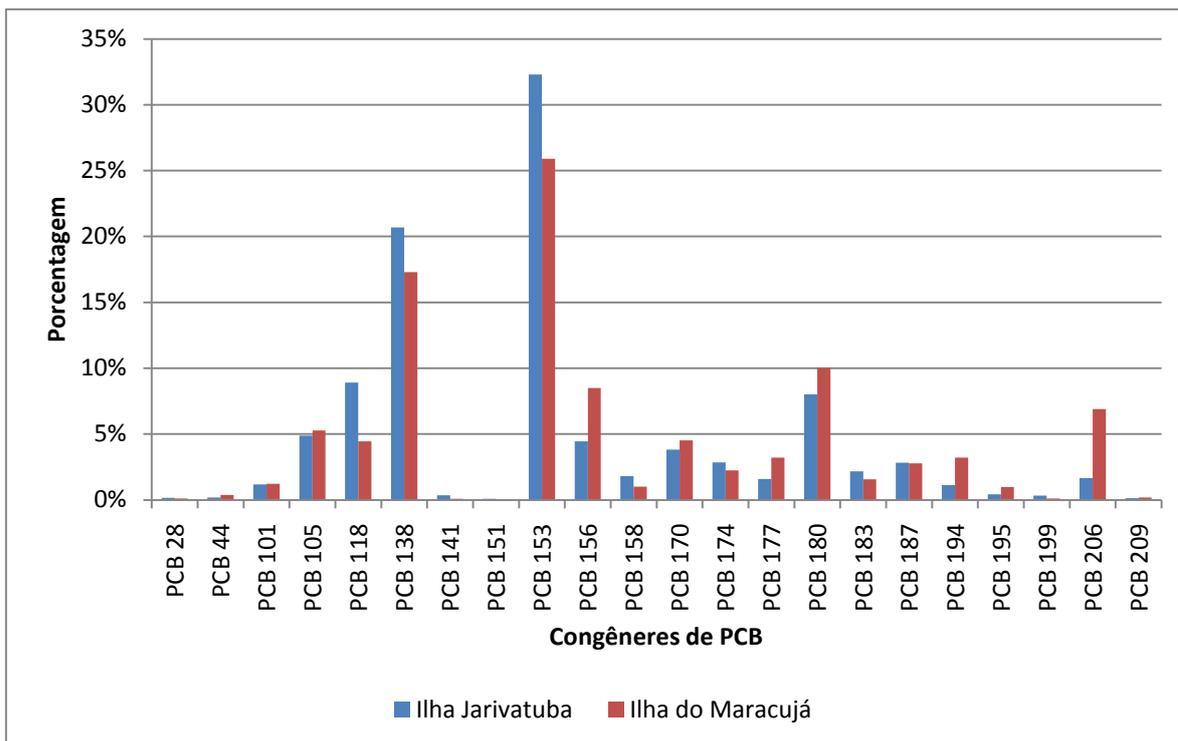


Figura 12: Contribuição relativa dos diferentes isômeros de Σ PCB nos ovos de *N. nycticorax* da Ilha Jarivatuba e Ilha do Maracujá.

Na Ilha Jarivatuba, o HCB e o Mirex foram encontradas em todas as amostras de ovos, e a que apresentou maior valor de HCB foi de $3,31 \text{ ng.g}^{-1}$. A mais elevada concentração de Mirex, correspondeu a $20,89 \text{ ng.g}^{-1}$ (tabela 17). O a-HCH foi encontrado em apenas uma amostra de ovos e o g-HCH também. O Σ HCH foi o composto organoclorado que obteve a menor concentração e proporção na Ilha Jarivatuba e Ilha do Maracujá (tabela 17 e figura 13).

Na Ilha do Maracujá, o HCB e o Mirex também foram encontrados em todas as amostras de ovos, e a mesma amostra obteve a maior concentração de HCB e Mirex, com $1,513 \text{ ng.g}^{-1}$ e $19,453 \text{ ng.g}^{-1}$, respectivamente (tabela 17). Apenas o g-HCH foi encontrado em duas amostras.

A contribuição relativa (percentual) dos principais grupos de organoclorados foi diferente nas duas colônias (figura 13). Na Ilha Jarivatuba prevaleceram as concentrações de Σ PCB, seguidas por Σ DDT, Mirex, HCB e Σ HCH. Na Ilha do Maracujá predominaram as concentrações de Σ DDT, Σ PCB, Mirex, HCB e Σ HCH.

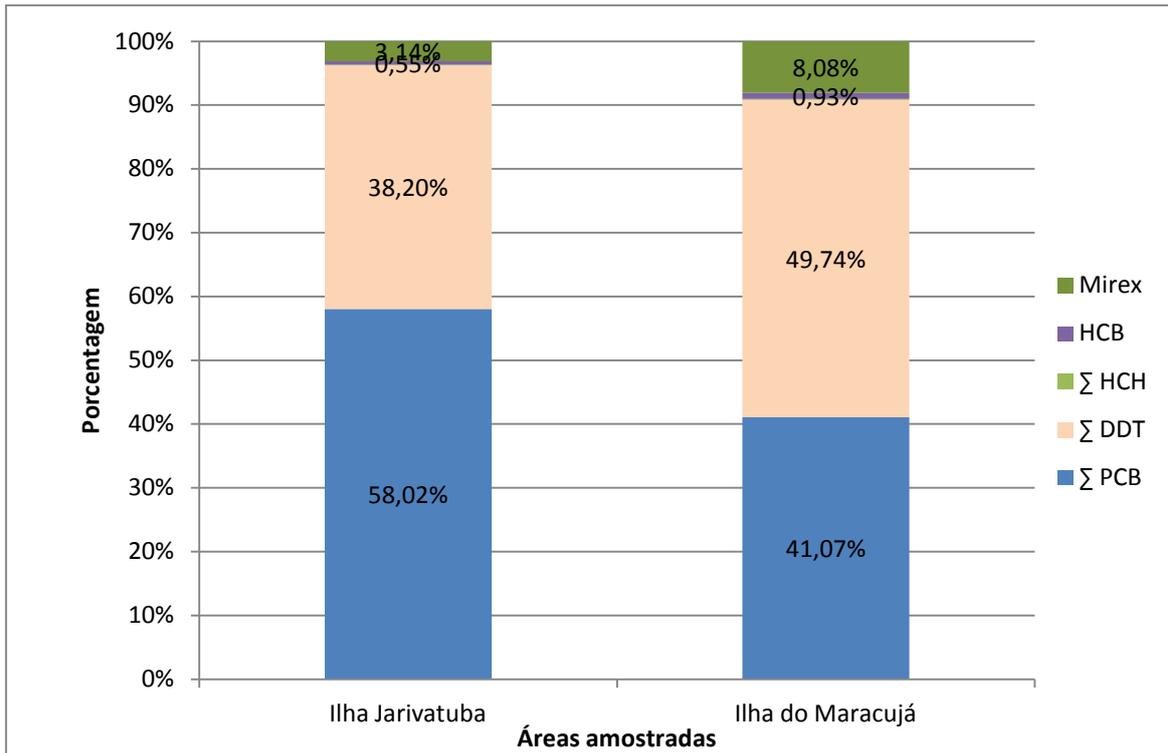


Figura 13: Distribuição relativa dos principais composto organoclorados (Σ PCB, Σ DDT, Σ HCH, Mirex e HCB) nos ovos de savacu (*N. nycticorax*), Ilha Jarivatuba e Ilha do Maracujá.

Ao avaliar a relação Σ DDT/ Σ PCB, a maior razão foi para a Ilha do Maracujá (1,21) que para a Ilha Jarivatuba (0,66), ou seja, os ovos provenientes da primeira ilha possuem maior concentração de compostos de origem agrícola, os DDTs.

No caso do Σ DDT, nas duas colônias houve o predomínio de pp DDE. A distribuição percentual em ambas as ilhas foi a seguinte: pp DDE > pp DDT > pp DDD > op DDE (figura 14).

Ao analisar a cronologia de entrada de DDT, a Ilha Jarivatuba apresentou 57,12% de DDE do Σ DDT, enquanto que na Ilha do Maracujá os níveis DDE são de aproximadamente 90% (figura 14). Portanto, a Ilha Jarivatuba apresenta maiores níveis de DDT sendo exposta mais recentemente a este poluente, quando comparada a Ilha do Maracujá.

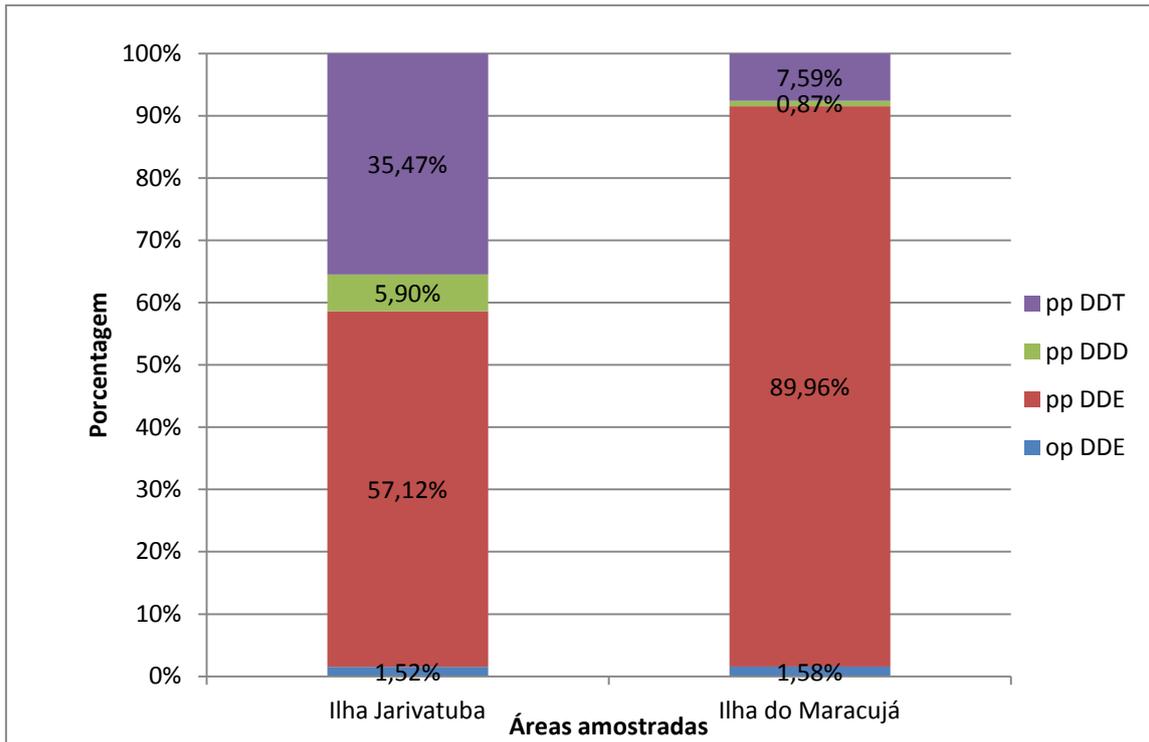


Figura 14: Proporção de cada metabólito de Σ DDT nos ovos de savacu (*Nycticorax nycticorax*), Ilha Jarivatuba (n=6) e Ilha do Maracujá (n=10).

6. DISCUSSÃO

6.1 Colônias reprodutivas

As colônias reprodutivas encontradas na Baía da Babitonga diferiram em tamanho, características estruturais e vegetação. A Ilha do Maracujá é uma pequena formação rochosa, composta por uma vegetação de restinga, manguezal e muitas lianas (GROSE, 2012). As colônias do Rio Pedreira e da Ilha Jarivatuba apresentam maior semelhança entre si do que em relação a Ilha do Maracujá, principalmente por ambas apresentarem vegetação de manguezal e sofrerem influência da maré.

A Ilha Jarivatuba foi a maior colônia de aves aquáticas, em número de espécies reprodutivas e indivíduos, encontrada na Baía da Babitonga. Está situada muito próxima a zona urbana, mas seu acesso é somente com uso de embarcação e não apresenta terreno firme, o que dificulta a entrada das pessoas.

Em Florianópolis e Itajaí foram localizadas colônias reprodutivas de *N. violacea*, sendo uma em área de manguezal, na zona urbana, e outra em manchas de manguezal rodeadas por marismas (GIANUCA et al., 2010). Na Ilha dos Pássaros, Arquipélago dos Tamboretas, Branco e Fracasso (2005) acompanharam a reprodução de *N. nycticorax*. O local é uma ilha rochosa, distante a 5 km da costa, composta por restinga arbustiva e arbórea.

Nos manguezais de Santos-Cubatão foram encontrados até quatro colônias de Ardeidae em um determinado ano, uma em área de restinga alterada, onde a garça-moura (*Ardea coco*) nidificou. Outra grande colônia foi registrada no rio Sabóo, região insular de Santos, ao lado de um pátio de contêineres e estacionamento de caminhões, semelhante ao Rio Pedreira. Uma terceira foi localizada ao lado da ponte da Rodovia Imigrantes, que podia ser observada da rodovia, e por último uma pequena colônia de *N. violacea* foi registrada no rio Capivari (OLMOS e SILVA-SILVA, 2003). Em três localidades do Rio Grande do Sul, Scherer (2010) encontrou três ninhais de Ardeidae, sendo um em Porto Alegre, caracterizado como área úmida constituída por juncos, eucaliptos e *Mimosa bimucronata*, o segundo em Lindolfo Collor, situado numa ilha composta por *M. bimucronata* e o terceiro ninhal localizado no município de Triunfo, uma área úmida composta por *M. bimucronata* e *Cephalnatus glabratus*.

Moura (2009), investigando potenciais habitats para reprodução de aves aquáticas, localizou 15 colônias reprodutivas num setor de zona costeira gaúcha. Segundo o mesmo autor, o principal fator relacionado à escolha de colônias reprodutivas por parte das aves aquáticas é a estrutura da paisagem. Assim, as aves aquáticas coloniais tendem a nidificar em áreas úmidas de grande dimensão, densa cobertura vegetal e vegetação arbórea, ocupando uma ampla área (MOURA, 2009).

É difícil saber qual o critério de escolha de uma colônia reprodutiva de aves aquáticas. Na Baía da Babitonga, como acontece em Santos/Cubatão (OLMOS e SILVA-SILVA, 2003), algumas hipóteses podem ser levantadas: alimento abundante para as aves aquáticas, ou seja, existem muitos bancos de lodo ou planícies de maré que são habitats de caranguejos e vermes poliquetos, além de camarões e peixes que habitam o estuário, fonte de alimento para as aves aquáticas. A eutrofização das águas dos manguezais, especialmente na Ilha Jarivatuba, foz do Rio Cachoeira, no Rio Pedreira e no Rio Olaria (próximo a Ilha do Maracujá), poderia ser outro fator, favorecendo o crescimento das algas e consequentemente aumentando a produtividade primária.

Este trabalho identificou áreas importantes para as populações de Pelecaniformes em Santa Catarina. Assim, ilhas rochosas e áreas de manguezais necessitam de fiscalização constante devido à ocupação desordenada e irregular, turismo indisciplinado e coleta de ovos.

6.1.2 Espécies coloniais

A maioria das espécies de Pelecaniformes encontradas nas colônias da Baía da Babitonga pode ser considerada comum para Santa Catarina, principalmente *N. nycticorax*, *E.thula*, *E. caerulea*, *B.ibis*, *P. chihi* e *P. infuscatus*, devido ao grande número de registros (ROSÁRIO, 1996; PIACENTINI et al., 2009; GROSE 2012).

Nycticorax nycticorax é uma espécie cosmopolita e oportunista, com hábitos crepusculares e noturnos (SICK, 1997; SIGRIST, 2009). A espécie já foi registrada nidificando com *Ardea alba* no Arquipélago dos Tamborettes e isoladamente em Laguna, no sul de Santa Catarina (BRANCO e FRACASSO, 2005). Na Lagoa dos Patos, Rio Grande do Sul, a espécie já foi descrita nidificando com *N. violacea* e *Butorides striata* (GIANUCA et al., 2010).

Nyctanassa violacea é uma espécie limitada a habitats estuarinos, especialmente o manguezal, já foi considerada rara para Santa Catarina (ROSÁRIO, 1996) e está presente na Lista Vermelha de espécies ameaçadas do Paraná na categoria “em perigo” (STRAUBE et al. 2004). O conhecimento sobre a espécie vem aumentando no sul do Brasil, sobretudo no aspecto reprodutivo (RECHETELO, 2009; GIANUCA et al., 2010; GROSE, 2012). Em 2002 esta espécie expandiu sua distribuição por 400 km e se reproduziu na Lagoa dos Patos, Rio Grande do Sul (GIANUCA, 2007). Segundo Rechetelo (2009), a espécie reutiliza ninhos de uma estação reprodutiva para outra. No litoral do Paraná, a construção de ninhos foi associada a presença de cursos d'água (gamboa) e ao alagamento permanente no Parque Pereque.

Egretta thula distribui-se por todo o país e é considerada uma das espécies mais comuns da América do Sul. Pesca em rios, represas, lagoas, estuários e manguezais (SICK,

1997; SIGRIST, 2009). No Rio Grande do Sul se reproduziu numa colônia mista com outras sete espécies de Pelecaniformes (*N.nycticorax*, *N. violacea*, *E. caerulea*, *Ardea alba*, *Ardea cocoi*, *B. ibis* e *Platalea ajaja*) (GIANUCA, 2010) e em Santos/Cubatão com quatro espécies (*N.nycticorax*, *N. violacea*, *E. caerulea* e *Ardea alba*).

O primeiro trabalho sobre a reprodução de *E. caerulea* em Santa Catarina foi na Ilha do Maracujá, onde Grose (2012) encontrou apenas cinco ninhos da espécie. Porém, na temporada reprodutiva seguinte, esta espécie não nidificou no local, mas no Rio Pedreira e na Ilha Jarivatuba. Um dos motivos para que a área não fosse intensamente utilizada por *E. caerulea* poderia ser o fato de que a espécie prefere territórios de exibição mais expostos, ou seja, relacionados ao local onde os ninhos serão construídos (OLMOS E SILVA-SILVA, 2002). Assim, devido a grande quantidade de lianas na ilha, isso dificultaria a exibição da espécie, pois as lianas atrapalham a visibilidade e locomoção no local. Do contrário, as colônias reprodutivas do Rio Pedreira e Ilha Jarivatuba são em áreas de manguezal e a vegetação não possui lianas, o que facilitaria a exibição das aves. Além da presença de poucos ninhos na Ilha do Maracujá, as outras espécies de aves estavam em número maior, o que pode ter representado uma competição por espaço e material para confecção de ninhos, visto que estes são muito semelhantes entre os Pelecaniformes.

Bubulcus ibis foi registrada pela primeira vez no Brasil em 1964, na Ilha do Marajó, inclusive nidificando numa colônia reprodutiva (SICK, 1997). Informações sobre sua reprodução no sul do país relatam que a espécie compartilha o espaço da colônia reprodutiva com *E. thula*, *N. nycticorax*, *P. infuscatus* e *P. chihi*. Em Lindolfo Collor, Rio Grande do Sul, foi a espécie mais abundante durante dois períodos reprodutivos, com 1.265 ninhos na primeira estação e 1.179 na segunda (PETRY e FONSECA, 2005). Percorrendo todo o Estado da Paraíba, pesquisadores encontraram sete colônias, sendo quatro mistas e três monoespecíficas, uma delas considerada a maior colônia reprodutiva da espécie no Brasil, com 14.000 indivíduos (ARAUJO e NISHIDA, 2004). Em Pernambuco foram registradas três colônias reprodutivas e apenas uma era mista, com *A. alba* (BELLA e AZEVEDO-JUNIOR, 2004).

A ocupação e reprodução de *P. infuscatus* nas regiões litorâneas de Santa Catarina são eventos muito recentes. A partir de 2009 uma grande quantidade de indivíduos foi registrada em vários habitats, principalmente antrópizos (PIACENTINI et al., 2009). Esta espécie adaptou-se rapidamente à região da Baía da Babitonga, onde podem ser observados bandos se alimentando em planícies de maré e trilhos de trem. Se reproduziu na Ilha do Maracujá (GROSE, 2012) por duas estações consecutivas entre os anos de 2010 e 2011. Somente com a continuidade do monitoramento desta colônia é que será possível verificar se ela compete com as demais aves por espaço e material para a construção dos ninhos.

Plegadis chihi é migratória, sendo que indivíduos anilhados na Argentina foram encontrados no Rio Grande do Sul, cerca de 1.400 km de distância do local de origem (SICK, 1997). Costuma habitar banhados, campos inundados e arrozais (ROSÁRIO, 1996; SICK, 1997). Sua dieta é à base de peixes, anfíbios, moluscos e insetos aquáticos. Nidifica juntamente com a gaivota (*Chroicocephalus maculipennis*) no Taim, Rio Grande do Sul, em colônias que contém cerca de 12.000 ninhos (SIGRIST, 2009). Foi registrada apenas na Ilha Jarivatuba, provavelmente devido à proximidade com as arrozais localizadas em Joinville, um dos locais de alimentação da espécie. É extremamente dependente de ambientes aquáticos e, pelo fato de ser migratória e possuir poucos registros, foi categorizada como “quase ameaçada” no Livro Vermelho da Fauna Ameaçada do Paraná (STRAUBE et al., 2004).

As espécies que nidificaram nas colônias reprodutivas na Baía da Babitonga costumam nidificar em colônias mistas, corroborando com outros trabalhos no sul do Brasil (PETRY e FONSECA, 2005; GIANUCA, 2010; GIANUCA et al., 2010; GROSE, 2012). A única espécie exótica, *B. ibis*, e outra de recente colonização no litoral catarinense, *P. infuscatus*, devem ser pesquisados sobre uma possível influência negativa em relação as demais espécies reprodutivas.

6.1.2.1 O retorno de *Eudocimus ruber*

Os registros do guará para Santa Catarina eram somente históricos, remontando aos séculos XVIII e XIX (ROSÁRIO, 1996). Há uma lacuna na ocorrência em Santa Catarina de cerca de 150 anos, fazendo com que o guará fosse reconhecido como espécie extinta no Estado (ROSÁRIO, 1996; NAKA e RODRIGUES, 2000).

O relato de James Henderson, em seu livro sobre sua viagem ao Brasil publicado em 1821, descreve um grande número dessas aves na Baía da Babitonga. Apesar de August Saint Hilaire ter explorado a Baía da Babitonga na mesma época, em 1820, não há nenhum tipo de comentário do naturalista que mencione o guará na região (SAINT-HILAIRE, 1936). Recentemente, Wasilewski et al., (2008) relataram a ocorrência da espécie em Santa Catarina a partir de dois registros: um na Baía da Babitonga, fornecido por meio de comunicação pessoal de dois pesquisadores, sem ano específico; e o outro registro referente a baía de São Francisco do Sul, em 2007, também por comunicação pessoal. É possível que o segundo registro esteja relacionado a região do rio Palmital, referenciado em alguns mapas como Baía de São Francisco do Sul. Uma informação muito importante seria a localização exata, ou o município onde foram realizados os registros, visto que a Baía da Babitonga possui seis municípios no entorno.

O deslocamento de populações de guará para diferentes regiões foi registrado no Estado de São Paulo por meio da captura e marcação com anilhas. Verificou-se que

indivíduos provenientes de Santos/Cubatão voaram para o complexo Cananéia-Iguapé-Ilha Comprida onde formaram novas colônias reprodutivas. Esse trajeto tem 140 km em linha reta (SILVA e SILVA, 2005). No caso da Baía da Babitonga, a hipótese mais provável é de que os indivíduos foram oriundos da colônia de guarás existente em Ilha Comprida (PALLUDO et al., 2005), a mais próxima registrada até o momento. Neste caso, os indivíduos teriam percorrido cerca de 200 km em linha reta. Há relatos de indivíduos jovens no Estado do Paraná, contudo ainda não foram encontradas colônias reprodutivas da espécie na região. O último registro é de 1820 (OLMOS e SILVA-SILVA, 2003).

Uma das hipóteses do guará ter reproduzido na ilha Jarivatuba é a segurança contra predadores, pois uma colônia mista aparentemente é um local mais protegido, onde outras espécies se reproduzem (BURGER, 1981; COULSON, 2002). A Ilha Jarivatuba também não sofre, aparentemente, nenhum tipo de distúrbio antrópico direto, como a captura de ovos e filhotes e a caça, que são fatores que podem fazer com que o guará mude de local de reprodução de uma temporada para a outra (HASS et al., 1999; OLMOS e SILVA-SILVA, 2003). Apenas com a continuidade das pesquisas nesta colônia será possível avaliar a permanência ou não da espécie na região.

Um dos fatores que pode ter influenciado no período reprodutivo da espécie na região foi a pluviosidade (RODRIGUES, 1995). A reprodução do guará ocorreu num período de alta pluviosidade (a partir do mês de dezembro), quando foram registrados 314 mm de chuva em 20 dias. Alguns autores sugerem que a espécie inicia o período reprodutivo quando estimulada pela pluviosidade elevada, ou seja, em período chuvoso (SILVA E SILVA, 2007), pois muitos dos itens alimentares, como crustáceos, peixes e insetos, se reproduzem em estações chuvosas, quando são mais abundantes (SICK, 1997).

Olmos e Silva (2001, 2003) e Olmos (2003) relatam que no manguezal Santos/Cubatão, os guarás tiveram três pulsos reprodutivos em 1996/1997. O primeiro iniciou em novembro, com 133 pares reprodutivos, o segundo em dezembro, com 128 pares. O terceiro pulso ocorreu em janeiro; entretanto todos os filhotes foram predados pelo gavião-asa-da-telha (*Parabuteo unicinctus*). Nesta região, o guará foi a espécie que iniciou a reprodução na colônia, onde também reproduziram *N. nycticorax*, *E. caerulea* e *E. thula*. Ao contrário, na Baía da Babitonga os guarás foram os últimos a reproduzir. Este grupo poderia ser composto por indivíduos retardatários, vindos de outras colônias, e o fato de estarem reproduzindo pela primeira vez na região pode ter influenciado neste retardo. A ocorrência de apenas um pulso reprodutivo na Baía da Babitonga também pode estar associada ao fato de este ter sido o primeiro evento reprodutivo da espécie na região. Normalmente, garças e íbis têm dois picos reprodutivos, chamado de padrão bimodal, sendo que a segunda postura seria para reposição de pares que não tiveram sucesso no início da temporada reprodutiva, ou aves migrantes que chegaram tardiamente (RODGERS, 1980). Aves coloniais que

nidificam tardiamente tendem a ter menos sucesso reprodutivo, fenômeno conhecido como *late breeder*, e costuma ocorrer com indivíduos inexperientes ou jovens (RODGERS, 1980; OLMOS e SILVA-SILVA, 2003). Outra possibilidade é que esses indivíduos de guará eram aves migrantes, adultas e experientes, que chegaram tardiamente por terem seus ninhos destruídos em outra colônia reprodutiva.

A reprodução de *E. ruber* na Baía da Babitonga é um fato importante, visto que é a única colônia ativa registrada até o momento no sul do país. A espécie está na lista da fauna ameaçada de extinção de Santa Catarina na categoria “criticamente em perigo” (SANTA CATARINA, 2011). Portanto, a continuidade dos estudos e o monitoramento da colônia são importantes para as aves da região e devem ser priorizados. Além disso, o local merece atenção especial por parte do poder público e a criação de uma área de proteção ou unidade de conservação seria uma estratégia de longo prazo para a conservação desta espécie e de todas as outras que dependem dos manguezais.

6.1.3 Cronologia reprodutiva

A grande disponibilidade de alimentos e as condições climáticas amenas podem influenciar na sazonalidade reprodutiva dos Pelecaniformes (KUSHLAN e HANCOCK, 2005). Segundo Sick (1997), a fase reprodutiva das aves aquáticas está atrelada a estação de chuvas, pois é o período em que aumenta a disponibilidade de presas. A época reprodutiva das aves aquáticas da Baía da Babitonga seguiu a sazonalidade encontrada nas regiões temperadas dos hemisférios norte e sul, iniciando o período reprodutivo no final do inverno e finalizando no verão (KUSHLAN e HANCOCK, 2005) e em estudos realizados em outras regiões do Brasil (OLMOS e SILVA-SILVA, 2003; BRANCO e FRACASSO, 2005; RECHETELO, 2009; GIANUCA, 2010; GIANUCA et al., 2010; GROSE, 2012).

Há evidência que suporta a correlação de reprodução colonial e formação de dormitórios em garças como uma adaptação para suas condições alimentares (HAFNER, 2000). As espécies que compõe a alimentação (peixes, caranguejos) destas aves possuem ciclos de abundância na primavera e verão, com maior abundância principalmente após períodos de chuvas intensas (RODRIGUES, 1995; SICK, 1997). A alta pluviosidade pode influenciar no aumento da disponibilidade de recursos alimentares e, conseqüentemente, no início das atividades reprodutivas das aves aquáticas (SICK, 1997; FREDERICK, 2002). Apesar de não haver correlação entre abundância de indivíduos adultos com precipitação neste estudo, foi identificado o início da atividade reprodutiva com altos índices pluviométricos na Baía da Babitonga.

A primeira espécie a nidificar na Baía da Babitonga foi *N. violacea*. em agosto, sendo que o término do ciclo reprodutivo ocorreu em janeiro (Rio Pedreira e Ilha do Maracujá) e fevereiro (Ilha Jarivatuba), quando os últimos jovens foram registrados. Outros

trabalhos também registraram um período reprodutivo semelhante para a espécie, iniciando em setembro e estendendo-se até janeiro e fevereiro no Rio Grande do Sul (RECHETELO, 2009; GIANUCA et al., 2010).

O período reprodutivo de *N. nycticorax* costuma iniciar em setembro e finalizar em janeiro (BRANCO e FRACASSO, 2005). Nas duas colônias reprodutivas em que a espécie nidificou na Baía da Babitonga, o período reprodutivo também iniciou em setembro, sendo que a espécie abandonou os locais de reprodução no início de março. O período reprodutivo da espécie foi idêntico na temporada reprodutiva anterior na Ilha do Maracujá, começando em setembro e finalizando no final de fevereiro (GROSE, 2012). A espécie, portanto, ocupou o mesmo ninhal durante dois ciclos reprodutivos. Segundo Branco e Fracasso (2005), a utilização contínua da mesma colônia reprodutiva pode estar associada com o uso de ninhos do período reprodutivo anterior.

A estação reprodutiva de *E. thula* e *E. caerulea* foi semelhante. Ambas nidificaram no Rio Pedreira, ocupando a colônia em outubro e abandonado em março, e na Ilha Jarivatuba, iniciando em setembro e finalizando em março. O mesmo período reprodutivo foi observado na Lagoa dos Patos (setembro a março), para ambas as espécies (GIANUCA, 2010).

Bubulcus ibis se reproduziu apenas na Ilha Jarivatuba, iniciando o período reprodutivo em setembro e terminando em fevereiro. O período reprodutivo desta espécie varia no Brasil, dependendo da região. Gianuca (2010) registrou período similar a este trabalho na Lagoa dos Patos, enquanto Scherer (2010) relatou o começo da fase reprodutiva em agosto, finalizando em fevereiro. Entretanto, a espécie foi registrada se reproduzindo durante o ano todo no Rio de Janeiro (SICK, 1997) e na região nordeste (NASCIMENTO, 1999; BELLA e AZEVEDO-JUNIOR, 2004; ARAUJO e NISHIDA, 2007). Esta variação se deve possivelmente a sazonalidade climática, que pode intervir de formas diferentes na estação reprodutiva dependendo da região do país (BELLA e AZEVEDO-JUNIOR, 2004).

Phimosus infuscatus teve uma pequena variação no período reprodutivo na Ilha do Maracujá. A espécie foi observada no local em setembro, e no começo de março os juvenis foram registrados pela última vez. Na fase reprodutiva anterior, a espécie teve o período reprodutivo mais curto, de outubro a janeiro (GROSE, 2012).

A espécie que permaneceu por menos tempo na colônia reprodutiva foi *P. chihi*, iniciando em outubro e deixando a colônia em dezembro. São poucas as informações sobre a respeito da espécie no Brasil e em Santa Catarina não há nenhum outro registro sobre sua reprodução.

De modo geral, as espécies de aves aquáticas que reproduzem na Baía da Babitonga apresentaram uma sazonalidade semelhante a outros trabalhos no sul do país

(BRANCO e FRACASSO, 2005; RECHETELO, 2009; GIANUCA, 2010; GIANUCA et al., 2010; GROSE, 2012).

6.1.4 Abundância

Nyctanassa violacea foi a ave aquática mais abundante no Rio Pedreira e na Ilha Jarivatuba, com 51,13% e 37,43%, respectivamente. Bisinela (2012) registrou 60 ninhos desta espécie no mesmo período no Rio Pedreira. Entretanto, como não foi possível a diferenciação dos ninhos de *E. caerulea* e *E. thulla*, não foi plausível identificar a espécie mais abundante (BISINELA, 2012).

Na Ilha do Maracujá a espécie mais abundante foi *N. nycticorax*, corroborando com o trabalho de Grose (2012). Desta forma, a espécie foi a mais abundante por duas estações reprodutivas no local. Entretanto, Grose (2012) estimou o número de indivíduos adultos pelo número de ninhos contabilizados, e totalizou 158 indivíduos reprodutivos. Neste trabalho a maior contagem foi de 45 indivíduos adultos. A abundância das espécies neste trabalho pode estar subestimada, visto que a contagem ocorreu apenas em horários no qual era possível navegar, ou seja, de acordo com a maré. O ideal são contagens realizadas no início da manhã e final da tarde, horário de maior atividade das aves (SICK, 1997; OLMOS e SILVA-SILVA, 2003; GIANUCA, 2010). O uso de embarcação a motor, na Ilha Jarivatuba e na Ilha do Maracujá, provavelmente contribui no afastamento de muitas aves dos locais, levando a uma subestimativa.

A quantidade de indivíduos reprodutivos de aves aquáticas numa colônia pode variar de alguns pares (RECHETELO, 2009; GIANUCA et al., 2010), passando por centenas (OLMOS e SILVA-SILVA, 2003; PETRY e FONSECA, 2005) a milhares de indivíduos numa colônia reprodutiva (NASCIMENTO, 1999; GIANUCA, 2010). Em Santa Catarina, foram registrados 26 pares reprodutivos de *N. violacea* no Saco da Fazenda (Itajaí) e estimados 74 pares reprodutivos, da mesma espécie, em Florianópolis (GIANUCA et al., 2010). Na Ilha dos Pássaros o número de casais reprodutivos de *N. nycticorax* variou de 152 a 248 pares (BRANCO e FRACASSO, 2005). A Ilha do Maracujá foi considerada uma colônia de tamanho intermediário, segundo Grose (2012), que comparou com outras encontradas em Santa Catarina. Neste caso, o Rio Pedreira também pode ser inserido na categoria de intermediário. Já a Ilha Jarivatuba pode ser enquadrada como uma colônia grande, sendo a maior da Baía da Babitonga.

6.1.5 Predação

O único evento de predação registrado ocorreu na Ilha Jarivatuba, e foi realizado por um gavião-preto (*U. urubitinga*). Em Santos-Cubatão foi observada a predação de filhotes de *E. ruber* por um gavião-asa-de-telha (*P. unicintus*), principal predador no local, e

pelo falcão peregrino (*Falco peregrinus*), também observado predando um filhote. No mesmo local não foi registrada nenhuma predação por parte de mamíferos (como o gambá, o rato e a mão-pelada) ou répteis, como o jacaré-do-papo-amarelo, que habitam o local (OLMOS e SILVA-SILVA, 2003). Não foi observado nenhum mamífero provável predador na Ilha Jarivatuba.

Na Ilha do Maracujá foram registradas duas aves potenciais predadoras, enquanto que Grose (2012) registrou cinco espécies, o gavião carrapateiro (*Mivalgo chimachima*), o urubu-de-cabeça-vermelha (*Cathartes aura*) e o gaivotão (*Larus dominicanus*). Na Ilha dos Pássaros, o principal predador de ovos e filhotes de foi *C. atratus*; além desse, outro predador que causou impacto na colônia reprodutiva foi o carcará (*Caracara plancus*), que alimentava seus ninhegos com filhotes de *N. nycticorax* (BRANCO e FRACASSO, 2005).

Rattus norvegicus foi o único mamífero observado percorrendo as margens do Rio Pedreira. A localização desta colônia, nas imediações do porto, da ferrovia e da cidade de São Francisco do Sul, favorece a ocorrência de espécies como a ratazana que são atraídas por restos de grãos de soja acumulados nas proximidades, o que pode representar um risco para a reprodução das aves neste colônia. Em Santos-Cubatão, essa espécie foi observada andando no lodo sob as árvores que abrigavam ninhos e alimentando-se de filhotes de garças caídos no chão (OLMOS e SILVA-SILVA, 2003).

Os potenciais predadores de ovos e filhotes de aves aquáticas nas colônias são outras aves, fato semelhante a outros trabalhos (OLMOS e SILVA-SILVA, 2003; BRANCO e FRACASSO, 2005; GROSE, 2012). Portanto, a predação em ninhais necessita de uma avaliação mais intensa, pois pode ter influência no sucesso reprodutivo das espécies (GROSE, 2012).

6.2 Contaminantes

6.2.1 HgT e Se

Na Baía da Babitonga a concentração de mercúrio total nas penas dos filhotes de *N. violacea* foi baixa, quando comparada com as de *N. nycticorax* e de *Egretta caerulea*. A hipótese mais provável para a diferença na concentração de mercúrio entre as espécies é a diferença na dieta. *Nyctanassa violacea* se alimenta basicamente de caranguejos, principalmente o caranguejo-uçá (*Ucides cordatus*) (FREDERICK, 2002; RECHETELO, 2009). Este caranguejo se alimenta principalmente de folhas em decomposição e frutos de *A. schaueriana*, ou seja, está situado na base da cadeia alimentar (BRANCO, 1993). As outras espécies de Ardeidae, mais generalistas, se alimentam de peixes, crustáceos e anfíbios, entre outras (SICK, 1997; OLMOS e SILVA-SILVA, 2003). Dessa forma, *N. nycticorax* e *E.*

caerulea estão situadas um nível acima de *N. violacea* e, por esse motivo, poderiam bioacumular mais mercúrio em seu organismo.

Burger e Gochfield (1997a), num trabalho que avaliou a presença de elementos-traço e selênio em penas (peso seco), constataram que a garça-vaqueira (*Bubulcus ibis*) apresentou menores valores de concentração de mercúrio, com a média de 60 ppb na colônia de Sulawesi e 383 ppb na colônia de Bali. A garça-pequena (*Egretta garzetta*) e a garça-intermediária (*E. intermedia*) apresentaram valores de 563 e 1.127 ppb, respectivamente, tendo portanto uma diferença significativa nos valores. Desta forma, o estudo concluiu que espécies de maior porte e nos níveis altos da cadeia alimentar, como *E. garzetta* e *E. intermedia*, que se alimentam de peixes e outros pequenos vertebrados, tendem a apresentar maiores concentrações de mercúrio quando comparadas as espécies insetívoras, como *B. ibis*.

Contudo, em outros estudos não foram encontradas diferenças na concentração de mercúrio entre as espécies. Na Itália, *Egretta garzetta* e *N. nycticorax* apresentaram valores de 2.598 e 1.982 ppm (peso seco), respectivamente (FASOLA et al., 1998). Estas espécies nidificaram no mesmo local e estão no mesmo nível trófico. Boncompagni et al. (2003), no Paquistão, também não encontraram diferenças de concentração de mercúrio nas penas de filhotes de *E. garzetta* (0,21 ppm, peso seco) e *E. intermedia* (0,16 ppm) no ninhal do lago Haleji, assim como no ninhal de Taunsa para *E. garzetta* (0,97 ppm) e *B. ibis* (0,41 ppm). Segundo os autores, o fato de não haver diferença entre as espécies se deve a alimentação dos filhotes com presas vindas de habitats semelhantes, em volta das colônias reprodutivas.

O mercúrio é um contaminante universal (BONCOMPAGNI et al., 2003). Entretanto, existem poucos estudos que analisam os efeitos adversos deste contaminante em penas de aves que apresentam altas concentrações (GOMES et al., 2009). As consequências relatadas para aves estão relacionados a falhas na reprodução, em que concentrações em torno de 5 a 40 ppm podem causar alguma implicação adversa na casca dos ovos (BURGER e GOCHFELD, 1997b). Connel et al., (2002) relatam que concentrações entre 3 a 5 ppm (peso seco) em penas de Ardeidae seriam suficientes para causar problemas no sucesso reprodutivo. No caso de *N. nycticorax*, um nível de 10 ppm (peso seco) em penas de filhotes foi responsável pela inibição de crescimento dos filhotes (GOUNTNER e FURNESS, 1997). Neste estudo, apenas um filhote de *N. nycticorax* apresentou o valor médio de 3.598,6 ppb ou 3,6 ppm nas penas.

Diferenças de concentração de mercúrio entre colônias reprodutivas podem ser constatadas principalmente quando se compara área agrícola com área industrial. Burger e Gochfield (1997a) verificaram diferenças na concentração de mercúrio nas penas de *B. ibis* entre Bali, área mais antropizada, e Sulawesi, na Indonésia. Quando se compara

concentrações entre países, a diferença é bem definida. Na Flórida, por exemplo, penas de *Mycteria americana* apresentaram valores de mercúrio (1,870 ppb peso seco) maiores que as da Costa Rica (530 ppb peso seco); a concentração de mercúrio na Flórida foi mais alta pois existem indústrias e queima de carvão para celulose (BURGER et al., 1993).

Para o selênio, a concentração encontrada nas penas dos filhotes de *N. violacea* foi semelhante a registrada para as penas de carcaças de *N. nycticorax* e *E. caerulea*. Os valores de selênio registrados são similares a outros trabalhos com aves aquáticas. Para *E. garzetta* a média ficou em 1,7 ppm, para *E. alba* em 1,3 ppm e para *Bubulcus ibis* em 1,2 ppm (BURGER e GOCHFELD, 1993). Burger et al. (1992) pesquisaram a concentração de selênio em penas de garça-vaqueira (*Bubulcus ibis*) e os valores variaram de 0,3 (Cairo, Egito) a 1,6 (Delawera, USA) ppm (peso seco). Em duas regiões da China as concentrações encontradas nas penas de filhotes de *N. nycticorax* variaram de 2 a 2,8 ppm (peso seco). Num estudo sobre metais pesados em penas de *Larus pipixcan*, Burger (1996) encontrou concentrações de selênio maiores nas penas dos filhotes que adultos (entre 870 a 3800 ppb).

As maiores concentrações de mercúrio total foram encontradas nas penas do peito na maioria das carcaças. Da mesma forma, as concentrações de mercúrio das penas do corpo de *Ardea alba* (2,2 ppm) foram maiores que as das asas (1,3 ppm) na Amazônia (GOMES et al., 2007). Burger e Gochfield (1992) relataram que no caso de jovens de *Sterna hirundo* a diferença de concentração de mercúrio foi devida a formação inicial das penas do peito e depois da asa, o que pode refletir em mudanças no nível sanguíneo. As penas do corpo, como as do peito, evidenciam concentrações mais representativas das amostras para o mercúrio (FURNESS e KESS, 1997).

O selênio é um elemento que pode se tornar tóxico, apesar de essencial. Os efeitos tóxicos deste elemento para as aves são deficiências reprodutivas e no sucesso de eclosão (LAM et al., 2005). Em ovos de aves aquáticas, a concentração de risco é em torno de 0,3 a 2,1 ppm em peso seco (BURGER e GOCHFELD, 1993) e em peso úmido o risco existe com valores de 3 a 5 ppm (BONCOMPAGNI et al., 2003). Segundo Lam et al., (2005) *apud* USDI (1998), o limiar de efeitos adversos do selênio em aves ocorre em concentrações 3 a 6 ppm (peso seco) é preocupante, acima de 6 ppm (peso seco) nível tóxico. Portanto os valores registrados nas penas de aves aquáticas da Baía da Babitonga ficaram abaixo de 3 ppm (peso seco) e não apresentam risco a reprodução das aves.

Contudo, para o selênio não houve um padrão entre as concentrações nas penas analisadas das diferentes partes das carcaças de Ardeidae. Em jovens de *Sterna hirundo*, as concentrações de selênio não obtiveram diferenças significativas entre as penas do peito e da asa (BURGER e GOCHFELD, 1992), segundo os autores os níveis deste elemento

são regulados pelo sangue, permanecendo semelhantes ao longo de três semanas durante a formação destas penas.

No geral, as diferenças encontradas nas três colônias reprodutivas da Baía da Babitonga foram menos acentuadas do que previsto inicialmente. A expectativa era de que os locais mais próximos a áreas degradadas (Rio Pedreira e Ilha Jarivatuba) fossem mais contaminados, pois o Rio Pedreira fica ao lado do porto de São Francisco do Sul e atravessa a cidade de São Francisco do Sul, enquanto a Ilha Jarivatuba fica próxima a fundição Tupy e recebe o aporte do rio Cachoeira, que drena toda a cidade de Joinville. Mas esta hipótese não foi confirmada. Isto provavelmente se deve ao fato que esses locais estão situados relativamente próximos uns dos outros. Por exemplo, o Rio Pedreira fica a 4 km da Ilha do Maracujá, que por sua vez está situada a 12 km da Ilha Jarivatuba.

Na Baía da Babitonga, Tureck et al., (2006) constataram que as maiores concentrações de arsênio, cobre, cádmio, níquel e zinco em ostras (*Crassostrea gigas*), também considerada uma espécie bioindicadora, foram encontradas no verão e que os valores estavam acima do permitido pela legislação brasileira. Segundo Demori (2008), um dos locais mais preocupantes no estuário é a Lagoa do Saguacu, onde os níveis de mercúrio no sedimento extrapolam o limite estabelecido pela legislação. Outros elementos, como cádmio, chumbo e zinco apresentam riscos de remobilização no sedimento, caso haja alguma dragagem. Oliveira et al. (2006) encontraram maiores concentrações de elementos traço (arsênio, chumbo, cobre, cádmio, cromo, zinco, mercúrio e níquel) em sedimentos na Lagoa do Saguacu, onde é a foz do Rio Cachoeira, que recebe efluentes industriais do setor metalmeccânico e doméstico de Joinville.

Assim, o monitoramento de elementos traço na Baía da Babitonga em sedimento e com a utilização de bioindicadores no topo da cadeia alimentar é importante para a compreensão da disponibilização de contaminantes no estuário. Esta situação é ainda mais preocupante em relação ao mercúrio, que apresentou altas concentrações nas penas de *N. nycticorax*.

6.2.2 Compostos organoclorados

Pesquisas envolvendo a utilização de aves como bioindicadoras de contaminação por compostos organoclorados no Brasil foram realizadas apenas por Weber (1983) e Cunha (2009). Ambos os estudos analisaram a concentração de Σ DDT e Σ PCB em atobá-marron (*Sula leucogaster*) em ilhas oceânicas no Brasil. Desta forma, este estudo configura-se como pioneiro no sul do país e principalmente dentro de um estuário.

6.2.2.1 DDT

Apesar do DDT ter proibição do seu uso e comercialização no Brasil, e liberado apenas em situação de epidemia, sua presença foi constatada em 10 dos 16 ovos analisados no presente estudo. A presença do DDT indica exposição recente das aves ao pesticida (HOTHEN et al., 2006). Isto significa que este pesticida foi recentemente utilizado na agricultura ou para eliminar vetores de doenças.

O DDT originalmente é um composto predominantemente pp' DDT. Quando este composto é espalhado no ambiente se degrada em DDE e DDD (CONNEL et al., 2002). O DDE é o metabólito mais persistente no meio ambiente. Pode-se utilizar a razão entre pp'-DDE e o somatório do pp'-DDT, p,p'-DDE e pp'-DDD para se determinar o tempo que este poluente está presente no ecossistema (LAILSON-BRITO, 2007). Neste trabalho, foi constatado que as aves da Ilha Jarivatuba foram expostas ao DDT mais recentemente.

Os níveis de DDE encontrados na Baía da Babitonga são menores que aqueles relatados em outras regiões, principalmente nos Estados Unidos. Estudos indicam que falhas na reprodução de *N. nycticorax* foram constatadas em concentrações de 4 ppm (CUSTER et al., 1983), 8 ppm (HENNY et al., 1984) e 12 ppm (BLUS, 1984) nos ovos. Ao avaliar os riscos para a reprodução de duas espécies de aves aquáticas na China, Connel et al., (2002) constataram que concentrações de 1.200 ppb de DDE em ovos de *E. garzetta*, e de 600 ppb em ovos *N. nycticorax*, foram associados a efeitos adversos na sobrevivência de filhotes de ambas as espécies, e principalmente de *E. garzetta*. Diferenças de concentração de DDE entre as espécies se deve a dieta distinta, local de forrageamento e local de reprodução.

Entretanto, Hothem et al. (2006) encontraram valores de concentração de DDE na Califórnia de 1.740 ppb em 1996 e de 499 ppb em 1999. Neste caso, os ovos falhados apresentaram 303 ppb (peso úmido), mas os valores não apresentaram diferenças significativas e o número de amostras foi muito baixo, dificultando avaliar potenciais efeitos do DDE.

Fasola et al., (1998), na Itália, também encontraram valores baixos de DDE em *N. nycticorax*, com média 14 ppb em ovos da década de 1990. Nas amostras da década de 1980 os valores foram maiores, com média de 820 ppb (peso úmido). O DDT foi proibido na Itália em 1982 e, portanto, houve uma diminuição acentuada no uso deste composto organoclorado. Albanis et al., (1996) também encontraram valores baixos para DDE em tecidos de filhote de *N. nycticorax* (1,46 ppb peso seco) e que não representaram riscos a estas aves na Grécia, onde os inseticidas clorados foram banidos em 1972.

Adverso ao presente trabalho, Malik et al., (2011) observaram que o padrão de contaminação dos metabólitos do Σ DDT seguiu a ordem de DDD>DDE>p,p'DDT>o,p'DDT nos ovos de *Bubulcus ibis* no Paquistão. Os autores afirmam que a maior concentração de DDD está relacionada a transformação metabólica de DDT em DDD devido as condições

anaeróbicas, e conseqüentemente a uma degradação mais rápida que o DDE, que indica que no local foi recentemente na agricultura utilizado devido ao seu baixo custo.

A razão Σ DDT e Σ PCB é empregada para verificar a entrada de compostos organoclorados de origem agrícola (DDT) ou industrial (PCB) (LAILSON-BRITO, 2007). Os valores encontrados indicam que a Ilha do Maracujá recebe mais contaminantes de fonte agrícola que a Ilha Jarivatuba. Cunha (2009) registrou valores mais baixos nos ovos de *Sula leucogaster* dos Arquipélagos de São Pedro e São Paulo, Abrolhos e Cagarras (0,3; 0,2 e 0,2 respectivamente), mostrando que nas três localidades a contribuição industrial foi superior. Segundo a autora, os poluentes chegaram aos locais mais distantes da costa por meio da alimentação das aves, que é composta por peixes migratórios como *Cypselurus cyanopterus*, *Exocoetus volitans* e *Oxyporhamphus micropterus*.

As concentrações encontradas nos ovos de *N. nycticorax* originaram dados relevantes para a Baía da Babitonga e podem ser utilizados como referência para outros trabalhos. Apesar das concentrações não apresentarem riscos à população de aves aquáticas, quando comparado a outros trabalhos, é necessário que haja fiscalização por parte dos órgãos competentes quanto a sua disponibilização.

6.2.2.2 PCB

Os níveis médios de Σ PCB deste estudo ficaram acima dos níveis encontrados em ovos de *N. nycticorax* na Itália, que continham em média 40 ppb (peso úmido) (FASOLA et al., 1998). No entanto, ficaram abaixo dos níveis médios registrados nos Estados Unidos, com 617 ppb em 1996 e 395 ppb (peso úmido) em 1999, embora não tenha sido possível verificar a diferença entre os anos devido ao reduzido tamanho amostral (HOTHEM et al., 2006). Para os níveis registrados na China, Connel et al., (2002) encontraram uma concentração média de 230 ppb (peso úmido) para *N. nycticorax*.

Falhas na reprodução e eclosão são efeitos associados a níveis médios de Σ PCB de 23 ppm (peso úmido) em ovos de aves de *Phalacrocorax auritus* no Canadá (WESELOH et al., 1983). Outro estudo no mesmo local e com a mesma espécie registrou a ocorrência de deformidades e malformações em concentrações de 3,6 a 7,3 ppm (peso úmido) (YAMASHITA et al., 1993).

O congênere PCB 153 apresentou concentrações altas nas amostras de ambas as colônias reprodutivas na Baía da Babitonga, quando comparado com os outros congêneres. Nos Arquipélagos de São Pedro e São Paulo (33%), Abrolhos (20%) e Cagarras (21%), o PCB 153 também apresentou as maiores concentrações comparado aos outros congêneres (CUNHA, 2009). Além de ser um dos congêneres mais difundidos no mundo (FOCARDI et al., 1988), o PCB 153 e outros que possuem maior número de átomos de cloro em sua composição são mais resistentes a degradação ambiental e a

metabolização em peixes e aves (AZEVEDO e SILVA, 2004). Portanto, em muitos trabalhos verifica-se a predominância de grupos com maior número de átomos de cloro (MORA, 1997; AZEVEDO e SILVA, 2004; CUNHA, 2009)

Mora (1997) também constatou que o PCB 153 foi o congênere que apresentou as maiores concentrações em ovos (20%) de *Sterna caspia* e *Ardea erodias*, no Texas. Para *Egretta thula* e *E. tricolor* o PCB 138 foi o congênere que apresentou maiores concentrações do Σ PCB analisados para as espécies, representando 15% e 13% do total, respectivamente. O autor sugere que as diferenças entre as espécies estão relacionadas aos itens alimentares, pois as aves com dietas a base de peixe tendem a predominar concentrações de bifenilos superiores e espécies com dietas mais variadas apresentam maiores concentrações de bifenilos inferiores.

A Ilha Jarivatuba mostrou concentrações maiores de PCB em relação a Ilha do Maracujá. Portanto, os contaminantes de origem industrial se sobressaíram aos de origem agrícola. Isto parece ser lógico, pois a Ilha Jarivatuba está situada em Joinville, considerado o maior pólo industrial e populacional de Santa Catarina (CREMER, 2006).

São poucos os dados sobre a composição e a quantidade de PCB que foram utilizados no país. Produtos comercializados a base de PCB, na verdade, são formados por misturas com quantidades variáveis de átomos de cloro. O Aroclor, ou Askarel®, é identificado por um código de quatro números, no qual o 12 representa as bifenilas policloradas e o 54 a tetrafenila policlorada. A quantidade de cloro na mistura é identificada pelos dois últimos números (PENTEADO e VAZ, 2010). Desta forma, o Aroclor 1260, produzido pela Monsanto nos Estado Unidos, possui bifenilas policloradas (12) e 60% de átomos de cloro dos hexaclorobifenilas (PEREIRA, 2004).

Cunha et al., (2012) relatam que os congêneres contendo cinco, seis e sete átomos de carbono predominaram nas concentrações médias de PCB dos ovos de *S. leucogaster* e sugerem que o Aroclor 1260 foi a mistura mais encontrada no estudo. O Aroclor 1260 foi usado em diversos setores industriais, como em transformadores elétricos, resinas plastificantes e aditivos antichamas (PENTEADO e VAZ, 2001).

Segundo Hurtado et al., (2012), transformadores que usavam o óleo de Askarel® puro em Joinville foram leiloados ou descartados, e não foi possível comprovar o destino destes. Caso a disposição final destes equipamentos esteja irregular, estes podem sofrer algum acidente e contaminar o ambiente e os organismos. Portanto, poderiam ser a fonte de contaminação por PCB na região. Contudo, mais investigações seriam necessárias para saber a origem deste contaminante.

6.2.2.3 HCH, HCB e Mirex

O Σ HCH foi o composto organoclorado que teve a menor concentração nas colônias reprodutivas da Baía da Babitonga (<1ppb). Connel et al., (2002) encontraram uma concentração média de 21 ppb em ovos de *N. nycticorax* na China, sendo este também o composto organoclorado com menor concentração registrada no estudo. Os autores concluem que o risco que estes compostos representam para o sucesso reprodutivo de Ardeidae é mínimo, pois as concentrações são muito baixas quando comparadas ao DDT. Malik et al. (2011) detectaram valores mais altos de Σ HCH em colônias reprodutivas do Paquistão, com médias de 114,7 a 334,3 ppb em ovos de *B. ibis*.

O HCB apresentou concentrações diferentes entre as colônias reprodutivas. As concentrações variaram de 0,93 a 1,826 ppb. Aurigi et al. (2000) registraram níveis de HCB em ovos de *N. nycticorax* que variaram de 3,62 a 5,12 ppb (peso seco) na Romênia. Contudo, em ovos de *E. garzetta* as concentrações ficaram acima, com média de 1.393,48 ppb (peso seco). Como *E. garzetta* tem hábitos migratórios, e pode percorrer locais onde este organoclorado não foi restringido, este seria o motivo para que a espécie apresentasse valores altos de HCB e também DDT (AURIGI et al., 2000).

Foram quantificadas as concentrações de Mirex em ovos de *Pandion haliaetus* em sete áreas próximas a indústrias de celulose nos rios Columbia e Fraser (EUA, Canadá). As médias geométricas variaram entre 0,10 a 0,58 ppm (peso lipídico)(ELLIOT et al., 2001). Os níveis de Mirex encontrados neste estudo foi de 10,50 ppb nos ovos de *N. nycticorax* da Ilha Jarivatuba e de 8,08 ppb (peso úmido) na Ilha do Maracujá.

As informações sobre concentrações de compostos organoclorados, como HCH, HCB e Mirex são inéditas no país, principalmente utilizando ovos de aves aquáticas para as análises. Existem poucos trabalhos para uma possível comparação, embora tais compostos sejam utilizados em muitos países (AURIGI et al., 2000; ELLIOT et al., 2001; MALIK et al., 2011).

6.3 Conservação dos ninhais da Baía da Babitonga

Distúrbios humanos estão entre as mais graves ameaças em ninhais de garças. Embora possamos encontrar colônias de garças em áreas urbanas, intrusos humanos e distúrbios indiretos em colônias, causados por atividades humanas, tem sido o principal fator que afeta negativamente a reprodução das espécies por séculos (HAFNER, 2000). Apesar de alguns sítios reprodutivos serem protegidos, muitos foram rapidamente invadidos por empreendimentos como marinas, campos de golfe, casas e indústrias. Além disso, por serem áreas espetaculares, o turismo desenfreado pode causar algum tipo de vandalismo (HAFNER, 2000).

Todas as colônias reprodutivas encontradas neste estudo sofrem de alguma forma com a ação humana. A Ilha do Maracujá está situada na porção central da Baía da

Babitonga e, apesar de não possuir nenhum tipo de construção, é visível a presença de pessoas que acampam no local principalmente na época reprodutiva (período em que foi realizada a pesquisa), ou seja, estação mais quente. Restos de fogueiras acesas já foram encontrados na área (GROSE, 2012). Esta ocupação traz riscos para aves adultas e filhotes, que dependem do local para a reprodução.

Vários estudos têm documentado a presença de colônias reprodutivas nas proximidades de áreas muito antropizadas, com indústrias, aeroporto e margens de estradas (NASCIMENTO, 1999; OLMOS e SILVA e SILVA, 2003; SCHERER et al. 2006; ARAÚJO e NISHIDA, 2007; GIANUCA et al. 2010; SCHERER, 2010). Na China, Fasola et al. (2004) relatam que várias espécies de garças, dentre elas *B. ibis* e *N. nycticorax*, são tolerantes a presença humana próximo aos ninhais. Entretanto, segundo os autores, na Europa e na América do Norte tais aves preferem evitar ambientes antropizados. No Rio Grande do Sul também não houve diferença no sucesso reprodutivo de garças entre diferentes colônias reprodutivas, com indícios de que os indivíduos da colônia mais antropizada estariam adaptados à presença humana (SCHERER, 2010). Em outras colônias reprodutivas (NASCIMENTO, 1999; SCHERER et al. 2006; ARAÚJO e NISHIDA, 2007) a espécie predominante é *B. ibis*, que é uma exótica e tolerante a perturbação antrópica (RODGER e SMITH, 1995).

Informações recebidas de moradores indicam que duas colônias não existem mais ou foram abandonadas na região, provavelmente por terem sofrido algum tipo de intervenção humana. Conforme o relato do morador da Ilha do Baiacu, a coleta de ovos de savacu era uma prática comum no local. Provavelmente este foi um fator decisivo para a espécie procurar outro local para nidificar. No manguezal de Santos/Cubatão, a coleta de ovos e filhotes e a caça de adultos fez com que o guará (*Eudocimus ruber*) interrompesse a reprodução no local (OLMOS e SILVA-SILVA, 2003). Na Ilha do Cajual, *E. ruber* utilizou diferentes setores do local para o estabelecimento da colônia durante os cinco anos de pesquisa devido ao corte de árvores e a captura de filhotes para alimentação humana (HASS et al., 1999). Na Flórida, Rodger e Smith (1995) recomendam uma distância mínima de 180 m para atenuar efeitos antrópicos sobre colônias mistas de Ardeidae.

7. CONCLUSÃO:

Foram encontradas três colônias reprodutivas ativas de aves aquáticas na Baía da Babitonga, sendo uma em Joinville, na Ilha Jarivatuba, e duas em São Francisco do Sul, na Ilha do Maracujá e na desembocadura do Rio Pedreira.

A primeira espécie a se reproduzir em todas as colônias reprodutivas foi *Nyctanassa violacea*, iniciando suas atividades no final do inverno.

A maior colônia foi na Ilha Jarivatuba, com sete espécies de aves aquáticas nidificando no local.

Foi registrada a reprodução inédita de *Eudocimus ruber* para Santa Catarina, após 150 anos de extinção local. A espécie está inserida na lista vermelha da fauna de Santa Catarina como criticamente em perigo. Evidencia-se, portanto, a continuação de estudos sobre aspectos reprodutivos esta espécie no local.

Não houve diferença nas concentrações de mercúrio total e selênio nas penas de filhotes de *N. violacea* nas três colônias reprodutivas. Entretanto, foram encontradas altas concentrações de mercúrio total nas penas de carcaças de filhotes de *Nycticorax nycticorax*, que poderiam trazer consequências relacionadas ao sucesso reprodutivo da espécie. É necessário realizar mais pesquisas que envolvam outras espécies de aves aquáticas para comparação de contaminantes entre diferentes guildas tróficas. Outros elementos-traço também precisam ser analisados, devido a sua disponibilidade na região, conforme já detectado em outros estudos.

A alta proporção do metabólito DDT em relação ao metabólito DDE encontrada na Ilha Jarivatuba indica que este local passou por uma recente contaminação por DDT. É importante realizar um monitoramento constante para avaliar se estas concentrações permanecerão nos níveis encontrados, aumentarão ou diminuirão.

8. REFERÊNCIAS:

- ACCORDI, I. A.; BARCELLOS, A. Novas ocorrências e registros notáveis sobre distribuição de aves em Santa Catarina, sul do Brasil. **Biotemas**, v.21, n.1, p. 85-93, 2008.
- ALBANIS, T. A.; HELA, D.; PAPAKOSTAS, G.; GOUTNER, V. Concentration and bioaccumulation of organochlorine pesticide residues in herons and their prey in wetlands of Thermaikos Gulf, Macedonia, Greece. **The Science of the Total Environment**, n. 182, p. 11-19, 1996.
- ALMEIDA, B. J. M.; BARBIERI, E. Biodiversidade das aves do manguezal 13 de julho em Aracaju, Sergipe. **O mundo da saúde São Paulo**, v. 32, n.3, p. 317-328, 2008.
- AMARAL, C. Ocorrência do gavião-belo *Busarellus nigricollis* no estado de Santa Catarina. **Ararajuba**, v.10, n.2, p. 245-245, 2002.
- AMORIM, J. F.; PIACENTINI, V. Q. Novos registros de aves raras em Santa Catarina, Sul do Brasil, incluindo os primeiros registros documentados de algumas espécies para o Estado. **Revista Brasileira de Ornitologia**, v.14, n.2, p.145-149, 2006.
- AN, W.; HU, J. H.; YAO, F. A method of assessing ecological risk to night heron, *Nycticorax nycticorax*, population persistent from dichlorodiphenyltrichethane exposure. **Environmental Toxicology and Chemistry**, v. 25, n. 1, p. 281-286, 2006.
- ANVISA, Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Nota técnica sobre a reavaliação toxicológica do ingrediente ativo lindano. Portal.anvisa.gov.br/wps/wcm/connect/.../lindano.pdf Acesso em 10/12/2012.
- ANVISA, Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Portaria n^o 685, de 27 de agosto de 1998. Princípios gerais para o estabelecimento de níveis máximos de contaminantes químicos em alimentos.
- ANVISA, Agência Nacional de Vigilância Sanitária Reavaliação de agrotóxicos: dez anos de proteção a população.<http://www.anvisa.gov.br/divulga/noticias/2009/020409.htm> Acesso em: 03/11/2012.
- ARAÚJO, H. F. P.; RODRIGUES, R. C.; NISHIDA, A. K. Composição da avifauna em complexos estuarinos no estado da Paraíba, Brasil. **Revista Brasileira de Ornitologia**, v. 14, n. 3, p. 249-259, 2006.
- ARAÚJO, H. F. P.; A. K. NISHIDA, A. K. Considerações sobre colônias de garças (Ciconiiformes, Ardeidae) no Estado da Paraíba, Brasil. **Ornithologia**, n. 2, p. 34-40, 2007.
- Agency for Toxic Substances and Disease Registry (ATSDR). **Mercury**. Atlanta, GA: U.S. Department of Health and Human Services, Public Health Service. 1999.
- AURIGI, S.; FOCARDI, S.; HULEA, D.; RENZONI, A. Organochlorine contamination in bird's eggs from the Danube Delta, **Environmental Pollution**, v.109, p.61-67, 2000.
- AZEVEDO A., LAILSON-BRITO, J.; TORRES, J.P.M.; MALM, O. Polychlorinated biphenyls and DDT in swordfish (*Xiphias gladius*) and blue shark (*Prionace glauca*) from Brazilian coast. doi:10.1016/j.Chemosphere, 2006.05.089, 2007.
- AZEVEDO e SILVA, C. E. Diclorodifeniltricloroetano (DDT) e Bifenilas Policloradas (PCB) em duas espécies pelágicas da costa do Brasil: *Prionace glauca* (Linnaeus,

1758) e *Xiphias gladius* Linnaeus, 1758. Dissertação de Mestrado, IBCCF/UFRJ, Rio de Janeiro, RJ, Brasil. 2004.

AZEVEDO e SILVA, C. E.; TORRES, J.P.M.; MALM, O. Toxicologia das Bifenilas Policloradas, **Oecologia Brasiliensis**, v. 11, n. 2, p. 179-187, 2007.

BASTOS, W. R.; MALM, O.; PFEIFFER, W. C.; CLEARY, D. Establishment and analytical quality control of laboratories for Hg determination in biological and geological samples in the Amazon, Brasil. **Ciência e Cultura**, v. 50, n. 4, p. 255-260, 1998.

BARBIERI, E.; GARCIA, C. A. B.; PASSOS, E. A.; ARAGÃO, K. A. S.; ALVES, J. P. H. Heavy metal concentration in tissues of *Puffinus gravis* sampled on the Brazilian coast. **Revista Brasileira de Ornitologia** v.15, n.1, p. 69-72, 2007.

BECKER, P. H. Mercury levels in pink-footed shearwaters (*Puffinus creatopus*) breeding on Mocha Island, Chile. **Ornitologia Neotropical**, n.11, p. 165–168, 2000.

BELLA, D. S.; AZEVEDO-JR, S. M. Considerações sobre a ocorrência da garça-vaqueira, *Bubulcus ibis* (Linnaeus) (Aves, Ardeidae) em Pernambuco, Brasil. **Revista Brasileira de Zoologia**, v.21, n.1, p. 57-63, 2004.

BENCKE, G. A.; MAURICIO, G. N.; DEVELEY, P. F.; GOERCK, J. M. **Áreas Importantes para a Conservação das Aves do Brasil.** Parte I – Estados do Domínio da Mata Atlântica. Birdlife International – SAVE. 494 p., 2006.

BIBBY C.; JONES M.; MARSDEN S. Expedition Field Techniques. **Bird Surveys**. Expedition Advisory Centre, Royal Geographical Society, London. <http://www.rgs.org/NR/rdonlyres/E9386FEB-F085-47DA-8F9D-74E6F9633743/0/BirdSurveysupdated.pdf>. 1998. Acesso em: 02/05/2011

BISINELA, G. C. **Ecologia reprodutiva de aves aquáticas no ninhal do Rio Pedreira, Santa Catarina. Trabalho de conclusão de curso**, Univille, São Francisco do Sul, SC. 2012.

BLANCO, D.E. Los humedales como habitat de aves acuaticas, p. 208-217. In: A.I. MALVÁREZ (Ed.). **Tópicos sobre Humedales Subtropicales y Templados en Sudamérica**. Montevideo, Orcyt-Unesco, 308p., 1999.

BLUS, L. J. DDE in birds' eggs: comparison of two methods for estimating critical levels. **Wilson Bull**, n. 96, p. 268–276, 1984

BONCOMPAGNI, E.; MUHAMMAD A.; JABEEN, R.; ORVINI, E.; GANDINI, C.; SANPERA, C.; RUIZ, X.; FAZOLA, M. Egrets as Monitors of Trace-Metal Contamination in Wetlands of Pakistan. **Archives of Environment Contamination and Toxicology**, n. 45, p. 399–406, 2003.

BOSTAN, N.; ASHRAF, M.; MUMTAZ, A. S.; AHMAD, I. Diagnosis of heavy metal contamination in agro-ecology of Gujranwala, Pakistan using cattle egret (*Bubulcus ibis*) as bioindicator. **Ecotoxicology**, n.16, p.247–251, 2007.

BRANCO, J. O. Aspectos bioecológicos do caranguejo *Ucides cordatus* (Linnaeus 1763) (Crustacea, Cecapoda) do manguezal do Itacorubi, Santa Catarina, BR. **Brazilian Archives of Biology and Tecnology**., v. 36 n.1, p. 133-148, 1993.

BRANCO, J. O. Avifauna aquática do Saco da Fazenda (Itajaí, Santa Catarina, Brasil): uma década de monitoramento. **Revista Brasileira de Zoologia**, v. 24, n. 4, p. 873–882, 2007.

BRANCO, J. O.; FRACASSO, H. A. A. Reprodução de *Nycticorax nycticorax* (Linnaeus) no litoral de Santa Catarina, Brasil. **Revista Brasileira de Zoologia**, v. 22, n. 2, p.424-429, 2005.

BURGER, J. A model for evolution of mixed-colony of Ciconiiforms. **The Quarterly Review of Biology**, n.56, p. 143-167,1981.

BURGER, J. Heavy metal and selenium levels in feathers of franklin's gulls in interior North America. **The Auk**, v.113, n. 2, p.399-407, 1996.

BURGER, J. Assessment and management of risk to wildlife from cadmium. **Science of the total environment**, n. 389, p.37-45, 2008.

BURGER, J.; GOCHFELD, M. Heavy metal and selenium levels in feathers of young egrets and herons from Hong Kong and Szechuan, China. **Archives of Environment Contamination and Toxicology**, n.25, p.322–327. 1993.

BURGER, J.; PARSONS K.; BENSON T.; SHUKLA T.; ROTHSTEIN D.; GOCHFELD M. Heavy metal and selenium levels in young Cattle Egrets from nesting colonies in the Northeastern United States, Puerto Rico, and Egypt. **Archives of Environment Contamination and Toxicology**, n.23, p.435–439, 1992.

BURGER, J.; GOCHFELD, M. Trace element distribution in growing feathers: additional excretion in feather sheaths. **Archives of Environment Contamination and Toxicology**, n.23, p.105–108, 1992.

BURGER, J.; GOCHFELD, M. Heavy Metal and selenium levels in feathers of young egrets and herons from Hong Kong and Szechuan, China. **Archives of Environment Contamination and Toxicology**, n.25, p.322-327, 1993.

BURGER, J.; GOCHFELD, M. Heavy metal and selenium concentrations in feathers of egrets from Bali and Sulawesi, Indonesia. **Archives of Environment Contamination and Toxicology**, n.32, p. 217–221, 1997a.

BURGER, J.; GOCHFELD, M. Risk, mercury levels, and birds: relating adverse laboratory effects to field biomonitoring. **Environmental Research**, n.75, p.160–172, 1997b.

BURGER, J.; GOCHFELD, M. Effects of chemicals and pollution on seabirds. In: SCHREIBER, E. A. ; BURGER, J. (Edts). 2002. **Biology of marine birds**. CRC Press.742 p.2002.

BURGER, J.; GOCHFELD, M. Marine birds as sentinels of environmental pollution. **Ecohealth.**, n. 1, p. 263-274, 2004.

CIFUENTES, J. M.; BECKER, P.; SOMMER, U; PACHECO, P.; SCHLATTER, R. Seabird eggs as bioindicators of chemical contamination in Chile. **Environmental Pollution**, n.126, p. 123–137, 2003.

CONSEMA, 2011. Resolução Consema nº002, de 6 de dezembro de 2011. Reconhece a Lista Oficial de Espécies Ameaçadas de Extinção no Estado de Santa Catarina e dá outras providências. <http://www.doe.sea.sc.gov.br/Portal/VisualizarCanal.aspx?cdCanal=42>. Acesso em 16/05/2012.

COMITÊ BRASILEIRO DE REGISTROS ORNITOLÓGICOS. **Listas das aves do Brasil. 10ª Edição.** Disponível em <<http://www.cbro.org.br>>. 2011. Acesso em: 07/02/2011.

CONNELL, D. W.; FUNG, T. B.; MINH, T. B.; TANABE, S.; LAM, P. K. S.; WONG, B. S. F.; LAM, M. H. W.; WONG, L. C.; WU, R. S. S.; RICHARDSON, B. J. Risk to breeding success of fish-eating Ardeids due to persistent organic contaminants in Hong Kong: evidence from organochlorine compounds in eggs. **Water Research**, n. 37, p. 459-467, 2003.

CONNELL, D. W.; WONG, L. C.; LAM, P. K. S.; POON, K. F.; LAM, M. H. W.; RICHARDSON, B. J.; YEN, Y. F. Risk to breeding success of Ardeids by contaminants in Hong Kong: evidence of trace metals in feathers. **Ecotoxicology**, n. 11, p. 49-59, 2002.

COULSON J.C. Colonial breeding in seabirds. In: SCHREIBER, E.A.; BURGER, J. (eds) **Biology of marine birds**. CRC Press, New York, p 87–113, 2002.

CREMER, M. J. O estuário da Baía da Babitonga. In: CREMER, M. J.; MORALES, P. R. D.; OLIVEIRA, T. M. N. (Orgs.). 2006. **Diagnóstico ambiental da Baía da Babitonga**. Joinville: Editora Univille.

CREMER, M. J.; CERCAL, E. J.; AGE, E. C.; GROSE, A. V. A avifauna de planície de maré sob influência antrópica na Baía da Babitonga, norte de Santa Catarina, Brasil. **Revista Brasileira de Ornitologia**, v. 19, n. 4, p. 498-504, 2011.

CREMER, M. J.; GROSE, A. **Aves no estuário da Baía da Babitonga e litoral de São Francisco do Sul**. Joinville: Editora Univille. 192 p. 2010a.

CREMER, M. J.; GROSE, A. Ocorrência de aves marinhas no estuário da Baía da Babitonga, costa norte de Santa Catarina, sul do Brasil. **Revista Brasileira de Ornitologia**, v. 18, n. 3, p. 176-182, 2010b.

CREMER, M. J.; CERCAL, E. J.; AGE, E. C.; GROSE, A. V. A avifauna de planícies de maré sob influência antrópica na Baía da Babitonga, norte de Santa Catarina, Brasil. **Revista Brasileira de Ornitologia**, v.19, n. 4, p. 498-504, 2011.

CUNHA, L. S. T. **Concentração de poluentes orgânicos persistentes em ovos de atobá-marrom (*Sula leucogaster*, Aves: Sulidae) e sua possível influência na estrutura da casca do ovo**. Dissertação de mestrado, Universidade Federal do Rio de Janeiro. p. 50, 2009.

CUSTER, T. W.; OSBORN, R.G. Feeding habitat use by colonially-breeding herons, egrets, and ibises in North Carolina. **The Auk**, n. 95, p. 733-743, 1978.

CUSTER, T. W.; OSBORN, R. G.; STOUT, W. F. Distribution, species abundance, and nesting-site use of Atlantic coast colonies of herons and their allies. **The Auk**, n.97, p. 591-600, 1980.

CUSTER, T. W.; HENSLER, G. L.; KAISER, T. E. Clutch size, reproductive success, and organochlorine contaminants in Atlantic coast black-crowned night-herons. **The Auk**, n.100, p. 699-710, 1983.

D'AMATO, C., TORRES, J.P.M., MALM, O. "DDT (Dicloro DifenilTricloroetano): Toxicidade e Contaminação Ambiental – Uma Revisão", **Química Nova**, v. 25, n. 6, p. 995-1002, 2002.

DE LA PEÑA, M. R.; RUMBOLL, M. **Birds of southern South America and Antarctica**. Harper Collins Publishers, London, UK, 304 p.1998.

DEL GRANDE, M.; REZENDE, M. O. O.; ROCHA, O. Distribuição de compostos organoclorados nas águas e sedimentos da bacia do rio Piracicaba/SP – Brasil. **Química Nova**, v.26, n. 5, p. 678-686, 2003.

DEMORI, J. **Análise histórica da contaminação por metais pesados na Baía da Babitonga, SC**. Dissertação de mestrado, Universidade do Vale do Itajaí. 94p.2008.

DEVELEY, P. F. 2004. Métodos para estudos com aves. In: CULLEN JR, L.; RUDRAN, R. & VALLADARES-PADUA, C. (orgs.). 2004. **Métodos de estudos em biologia da conservação e manejo da vida silvestre**. Curitiba: Ed. da UFPR; Fundação O Boticário de Proteção à Natureza. 667 p.

DURIGAN, G. 2004. Métodos para análise de vegetação arbórea. In: CULLEN JR, L.; RUDRAN, R. & VALLADARES-PADUA, C. (orgs.). 2004. **Métodos de estudos em biologia da conservação e manejo da vida silvestre**. Curitiba: Ed. da UFPR; Fundação O Boticário de Proteção à Natureza. 667 p.

ELLIOT, J. E.; WILSON, L. K.; HENRY, C. J.; TRUDEAU, S. F.; LEIGHTON, F. A.; KENNEDY, S. W. Assessment of biological effects of chlorinated hydrocarbons in osprey chicks. **Environmental Toxicology and Chemistry**, n.20, p. 866–879, 2001.

FASOLA, M.; MOVALLI, P. A.; GANDINI, C. Heavy metal, organochlorine pesticide, and PCB Residues in eggs and feathers of herons breeding in Northern Italy. **Archives of Environment Contamination and Toxicology**, n. 34, p.87–93, 1998.

FERNANDEZ, F. A. S. Efeitos da fragmentação de ecossistemas: a situação das Unidades de Conservação. Anais do Congresso Brasileiro de Unidades de Conservação, Curitiba, Unilivre, p. 48-68. 1997.

FERREIRA, A. P.; HORTA, M. A. P; CUNHA, C. L. N. Avaliação das concentrações de metais pesados no sedimento, na água e nos órgãos de *Nycticorax nycticorax*(Garça-da-noite) na Baía de Sepetiba, RJ, Brasil. **Revista da Gestão Costeira Integrada**, v. 10, n. 2, p. 229-241, 2010.

FINDHOLT, S. L. Organochlorine residues, eggshell thickness, and reproductive success of snowy egrets nesting in Idaho. **The Condor**, n. 86, p.163-169, 1984.

FLORES, A. V.; RIBEIRO, J. N.; NEVES, A. A.; QUEIROZ, E. L. R. Organoclorados: um problema de saúde pública. **Ambiente & Sociedade**, v. VII, n. 2, p. 111-124, jul./dez. 2004.

FREDERICK, P. C.. Wading birds in the marine environment. In: SCHREIBER, E. A.; J. BURGER (eds.). *Biology of Marine Birds*. Boca Raton, CRC Press: p. 618-655, 2002.

FURNESS, R. W.; KESS, C. J. Seabirds as monitor of marine environment. **Journal of Marine Science**, n.54, p. 726-737. 1997.

GAPLAN. Gabinete de Planejamento e Coordenação Geral. Rio de Janeiro. **Aerofoto Cruzeiro**. 173 p. 1986.

GIANUCA, D. **Abundância e ecologia de Pelecaniformes em uma colônia na Ilha dos Marinheiros, estuário da Lagoa dos Patos, RS**. Dissertação de mestrado, Universidade Federal do Rio Grande, Rio Grande, RS. 104 p.2010.

GIANUCA, D.; BRANCO, J. O.; VOOREN, C. W. Notes on breeding by Yellow-crowned Night Heron *Nyctanassa violacea* in southern Brazil. **Cotinga**, n.33, p. 63-72, 2010.

GHIZONI JR, I. R.; SIVA, E. S. Registro do saí-canário *Thlypopsis sordida*(d'Orbigny & Lafresnaye, 1837) (Aves, Thraupidae) no Estado de Santa Catarina, sul do Brasil. **Biotemas**, v. 19, n. 2, p. 81-82, 2006.

GOMES, A. L.; VIEIRA, J. L. F.; PINHEIRO, M. C. N.; MARCELIANO, M. L. V. A first evaluation on the use of *Ardea albus* feathers as bioindicators of mercury burden in Amazonian ecosystems. **Acta Amazonica**, v.39, n. 4, p. 969-972, 2009.

GOUTNER, V.; BECKER, P.; LIORDOS, V. Organochlorines and mercury in livers of great cormorants (*Phalacrocorax carbo sinensis*) wintering in northeastern Mediterranean wetlands in relation to area, bird age, and gender. **Science of the Total Environment**, n. 409, p. 710–718, 2011.

GOUTNER, V.; FOURNESS, R. Mercury in feathers of little egret *Egretta garzetta* and night heron *Nycticorax nycticorax* chicks and in their prey in the Axios Delta, Greece. **Archives of Environment Contamination and Toxicology**, n.32, p.211–216, 1997.

GOUTNER, V.; FOURNESS, R. W.; PAPAKOSTAS, G. Mercury in feathers of Squacco Heron (*Ardeola ralloides*) chicks in relation to age, hatching order, growth, and sampling dates. **Environmental Pollution**, n. 111, p. 107-115, 2001.

GOCHFELD, M.; BURGER, J. Temporal trends in metal levels in eggs of the endangered roseate tern (*Sterna dougallii*) in New York. **Environmental Research**, Section A, n.77, p.36-42, 1998.

GREGORY R.D.; GIBBONS D.W.; DONALD P.F. 2004. Bird census and survey techniques. In: SUTHERLAND W.J.; NEWTON I.; GREEN R. E. [eds.]. 2004. **Bird Ecology and Conservation**; a Handbook of Techniques. – Oxford University Press, Oxford, p. 17-56.

GROSE, A. V. **Reprodução de aves aquáticas na Ilha do Maracujá, estuário da Baía da Babitonga, litoral Norte de Santa Catarina**. Dissertação de mestrado, Universidade Federal do Paraná. 80 p.2012.

GUILHERME, L. R. G.; MARQUES, J. J.; PIERANGELI, M. A. P.; ZULIANI, D. Q.; CAMPOS, M. L.; MARCHI, M. Elementos-traço em solos e sistemas aquáticos. **Tópicos Ciências do Solo**, n. 4, p. 345-390, 2005.

GHIZONI JR, I. R.; SIVA, E. S. Registro do saí-canário *Thlypopsis sordida* (d'Orbigny & Lafresnaye, 1837) (Aves, Thraupidae) no Estado de Santa Catarina, sul do Brasil. **Biotemas**, v.19, n.2, p. 81-82, 2006.

HAFNER, H. Heron nest site conservation. In: KUSHLAN, J. A.; HAFNER, H. (eds.) 2000. **Heron Conservation**. San Diego: Academic Press. 480 p.2000.

HAMILTON, S. J. Review of selenium toxicity in the aquatic food chain. **Science of the Total Environment**, n. 326, p. 1–31, 2004.

HANDERSON, J. **A history of Brazil: comprising its geography, commerce, colonization, aboriginal inhabitants**. London: printed for the author, and published by Longman, Hurst, Rees, Orme and Brown. 1821.

HASS, A.; MATOS, R. H. R.; MARCONDES-MACHADO, L. O. Ecologia reprodutiva e distribuição espacial da colônia de *Eudocimus ruber* (Ciconiiformes: Threskiornithidae) na ilha do Cajual, Maranhão. **Ararajuba**, v.7, n.1, p.41:44, 1999.

HENSHEL, D. S.; MARTIN, J. W.; NOSTRON, R.; WHITEHEAD, P.; STEEVES, J. D.; CHENG, K. B. Morphometric abnormalities in brains of great blue heron hatchlings exposed in the wild to PCDDs. **Environmental Health Perspectives**, v.103, n.4, p. 61-66, 1995.

HENNY, C.J.; BLUS, L.J.; KRYNITSKY, A.J.; BUNCK, C.M. Current impact of DDE on black-crowned night herons in the intermountain west. **Journal of Wildlife Management**, n. 48, p.1-13, 1984.

HOFFMANN, D. J. Role of selenium toxicity and oxidative stress in aquatic birds. **Aquatic Toxicology**, n. 57, p. 11-26, 2002.

HOGDSON, E. **A textbook of modern toxicology**. New Jersey: John Wiley & Sons, Inc. 2004.

HOTHEM, R. L.; CRIOW, J. J.; LAW, M. A. Effects of contaminants on reproductive success of aquatic birds nesting at Edwards Air Force Base, California. **Archives of Environment Contamination and Toxicology**, n.51,p. 711-719, 2006.

HOTHEM, R. L.; ROSTER, D. L.; KING, K. A.; KELSDEN, K. J.; MAROIS, K. C.; WAINWRIGHT, S. E. Spatial and temporal trends of contaminants in eggs of wading birds from San Francisco Bay, California. **Environmental Toxicology and Chemistry**, v. 14, n.8, p. 1319-1331, 1995.

HURTADO, A. L. B.; MAGALHÃES, A. S. B.; GOUVEA, C. A. K.; FUTAMI, A. H. Levantamento do transformadores elétricos potencialmente contaminados por bifenilas policloradas em Joinville/SC. **Revista Gestão Industrial**, v.8, n.4, p.172-187. 2012.

INSTITUTO BRASILEIRO DO MEIO AMBIENTE E DOS RECURSOS NATURAIS RENOVÁVEIS (IBAMA). **Proteção e controle de ecossistemas costeiros: manguezal da Baía da Babitonga**. Brasília. (Coleção Meio Ambiente, Série Estudos-Pesca).1998.

JOSENS, M. L.; PETRELLI, M. G.; ESCALANTE, A. H. Censos de aves acuáticas en sus colonias reproductivas en lagunas del sudeste de la provincia de Buenos Aires. **Hornero**, v. 24, n.1, p. 7-12, 2009.

KIM, J.; KOO, T. H. The use of feathers to monitor heavy metal contamination in herons, Korea. **Archives of Environment Contamination and Toxicology**, n. 53, p. 435-441, 2007.

KONSTANTINOOU, I. K.; GOUTNER, V.; ALBANIS, T. A. The incidence of polychlorinated biphenyl and organochlorine pesticide residues in the eggs of the cormorant *Phalacrocorax carbo sinensis*: an evaluation of the situation in four Greek wetlands of International importance. **The Science of the Total Environment**, n. 257, p. 61-79, 2000.

KUSHLAN, J. A.; HANCOCK, J. A. **The herons**. Oxford, Oxford Academic Press, 433p., 2005.

LACERDA, L. D.; MALM, O. Contaminação por mercúrio em ecossistemas aquáticos: uma análise crítica. **Estudos Avançados**, v. 22, n. 63, p. 173-190, 2008.

LAILSON-BRITO, J. Jr. **Bioacumulação de mercúrio, selênio e organoclorados (DDT, PCB e HCB) em cetáceos (Mammalia, Cetacea) da costa Sudeste e Sul do Brasil**. Tese

de doutorado. Instituto de Biofísica Carlos Chagas Filho, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro. 260p.2007.

LAM, J. C. W.; TANABE, S.; WONG, B. S. F.; LAM, P. K. S. Trace element residues in eggs of Little Egret (*Egretta garzetta*) and Black-crowned Night Heron (*Nycticorax nycticorax*) from Hong Kong, China. **Baseline / Marine Pollution Bulletin**, n. 48, p. 378–402, 2004.

LAM, J. C. W.; TANABE, S.; LAM, M. H. W.; LAM, P. K. S. Risk to breeding success of waterbirds by contaminants in Hong Kong: evidence from trace elements in eggs. **Environmental Pollution**, n. 135, p. 481-490, 2005.

LEGAT, L. N. A; LAILSON-BRITO, J. O mercúrio em Cetáceos (Mamalia, Cetacea): uma revisão. **Oecologia australis**, v. 14, n. 4, p. 1021-1035, 2010.

LEVENGOOD, J. M.; WIEDENMANN, L.; CUSTER, T. W.; SCHAEFFER, D. J.; MATSON, C. W.; MELANCON, M. J.; HOFFMANN, J. W. S.; TALBOTT, J. L.; BORDSON, G. O.; BICKHAM, J. W.; RATTNER, B. A.; GOLDEN, N. H. Contaminant exposure and biomarker response in embryos of black-crowned night-heron (*Nycticorax nycticorax*) nesting near Lake Calumet, Illinois. **Journal of Great Lakes Research**, n. 33, p. 791-805, 2007.

LYONS, M. P.; PAPAZYAN, T. T.; SURAI, P. F. Selenium in food chain and animal nutrition: lessons from nature. **Asian-Australian Journal Animal Science**, v.20, n. 7, p. 1135-1155. 2007

MACHADO, A. B. M.; MARTINS, C. S.; DRUMMOND, G.M (editores). **Lista da fauna brasileira ameaçada de extinção: incluindo as listas das espécies quase ameaçadas e deficientes de dados**. Fundação Biodiversitas. Belo Horizonte, MG. Brasil.2005.

MACHADO, D. A. **Estudo de populações de aves silvestres da região do Salto Pirai e uma proposta de conservação para a Estação Ecológica do Bracinho, Joinville – SC**. Dissertação de mestrado, Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz – USP, São Paulo. 148p.1996.

MALIK, R. N.; RAUF, S.; MOHAMMAD, A.; EQANI, S.; AHAD, K. Organochlorine residual concentrations in cattle egret from the Punjab Province, Pakistan. **Environmental Monitoring and Assessment**, n. 173, p.325–341, 2011.

MALM, O., PFEIFFER, W. C., BASTOS, W.; SOUZA, C. M. M. Utilização do acessório de vapor frio para investigação de mercúrio em amostras ambientais por espectrofotometria de absorção atômica. **Ciência e Cultura**, n. 41, p. 88-92, 1989.

MAXWELL II, G. R.; KALE II, H. W. Breeding biology of five species of herons in coastal Florida. **Auk**, n. 94, p. 689-700, 1977.

MICARONI, R. C. C.M.; BUENO, M. I. M. S; JARDIM, W. F. Compostos de mercúrio. Revisão de métodos de determinação, tratamento e descarte. **Química Nova**, v.23, n.4, p. 487-495. 2000.

MIÑO, C. I.; DEL LAMA, S. N. Sistemas de acasalamento e biologia reprodutiva em aves aquáticas neotropicais. **Oecologia Brasiliensis**, v. 13, n. 1, p. 141-152, 2009.

MMA. Gerência de Biodiversidade Aquática e Recursos Pesqueiros. **Panorama da conservação dos ecossistemas costeiros e marinhos no Brasil**. Brasília: MMA/SBF/GBA. 148 p.2010.

- MORA, M. A. Transboundary pollution: persistent organochlorine pesticides in migrant birds of the southwestern United States and Mexico. **Environmental Toxicology and Chemistry**, v. 16, n. 1, p. 3–11, 1997.
- MORALES, G. Herons in South America. In: KUSHLAN, J. A.; HAFNER, H. (eds.) 2000. **Heron Conservation**. San Diego: Academic Press. 480p.,2000.
- MOURA, R. G. **Fatores do hábitat e da paisagem associados a presença de colônias de nidificação de aves aquáticas**. Dissertação de mestrado, Universidade do Vale dos Sinos – Unisinos, São Leopoldo. 36 p.,2009.
- NAKA, L. N. & RODRIGUES, M. **As aves da Ilha de Santa Catarina**. Florianópolis: Editora da UFSC. 2000.
- NAKAGAWA, L. E. **Alteração de características do solo para remoção de hexaclorobenzeno de área contaminada**. Tese de doutorado, Universidade de São Paulo – USP, São Paulo. 55 p. 2003.
- NASCIMENTO, J. L. X. Registros de ninhas de garças (Ciconiiformes, Ardeidae) na Paraíba, Brasil. **Airo**, v. 10, n. 1, p. 39-42, 1999.
- ODUM, E. P. **Ecologia**. Rio de Janeiro: Editora Guanabara. 434 p. 1988.
- OHLENDORF, H. M.; KLASS, E. E.; KAISER, T. E. Organochlorine residues and eggshell thinning in wood storks and anhingas. **Wilson Bulletin**, v. 90, n. 4, p.608-618, 1978.
- OHLENDORF, H. M.; HOTHEN, R. L.; WELSH, D. Nest success, cause-specific nest failure, and hatchability of aquatic birds at selenium-contaminated Kesterson Reservoir and a reference site. **The Condor**, n. 91, p. 787-796, 1989.
- OLIVEIRA, T. M. N.; TURECK, C. R.; BASSFELD, J.; FARIA, J.; BRASIL, K. E TORRENS, B. M. O. (2006). Integridade ambiental da Baía da Babitonga: características físico-químicas, microbiológica e ecotoxicidade, p. 2080. Em: M. J. CREMER, P. R. D. MORALES T. M. N. OLIVEIRA (org.). **Diagnóstico ambiental da Baía da Babitonga**. Joinville: Ed. Univille.
- OLMOS, F. Nest location, clutch size and nest success in the Scarlet ibis *Eudocimus ruber*. **Ibis**, n.145, p. E12-E18, 2003.
- OLMOS, F. SILVA-SILVA, R. S. Breeding biology of the little blue heron (*Egretta caerulea*) in Southeastern Brazil. **Ornitologia Neotropical**, n. 13, p. 17-30, 2002.
- OLMOS, F. SILVA-SILVA, R. S. **Guará: ambiente, flora e fauna dos manguezais de Santos – Cubatão**. São Paulo: Empresa das Artes. 216p. 2003.
- PAPPAS, A. C.; KARADAS, F.; SURAI, P. F.; WOOD, N. A. R.; CASSEY, P. BORTOLOTTI, G. R.; BRIAN K. SPEAKE, B. K. Interspecies variation in yolk selenium concentrations among eggs of free-living birds: the effect of phylogeny. **Journal of Trace Elements in Medicine and Biology**, n. 20, p. 155–160, 2006.
- PALUDO, D. CAMPOS, F. P.; MARTUSCELLI, P. Atualização dos dados sobre a ocorrência e reprodução do guará-vermelho *Eudocimus ruber* no complexo lagunar Iguapé-Cananéia-Ilha Comprida, São Paulo, Brasil. In Resumos XII Congresso Brasileiro de Ornitologia. Museu Paraense Emílio Goeldi e Universidade Federal do Pará, Belém, p. 198. 2005.

PENTEADO, J. C. P.; VAZ, J. M. O legado das bifenilas policloradas (PCBs). *Química Nova*, v. 24, n.3, p. 390-398. 2001.

PEREIRA, M.S. "Polychlorinated dibenzo-p-dioxins (PCDD), dibenzofurans (PCDF) and polychlorinated biphenyls (PCB): Main sources, environmental behaviour and risk to man and biota", *Química Nova*, v. 27, n. 6, pp. 934-943. 2004.

PETRY, M.V.; FONSECA, V. S. S. Breeding success of the colonist species *Bubulcis ibis* (Linnaeus, 1758) and four native species. *Acta Zoologica*, n.86, p. 217-221.2005.

PIACENTINI, V. Q.; GHIZONI-JR, I. R.; AZEVEDO, M. A. G.; CARRANO, E.; BORCHARDT-JR, C. A.; AMORIM, J. F.; GROSE, A. V. Ocorrência, expansão e distribuição do maçarico-de-cara-pelada *Phimosus infuscatus* (Lichtenstein, 1823) (Ciconiiformes: Threskiornithidae) no Estado de Santa Catarina, sul do Brasil.. *Revista Brasileira de Ornitologia*, v. 17, p. 107-112. 2009.

PIACENTINI, V. Q.; GHIZONI-JR, I. R.; AZEVEDO, M. A. G. & KIRWAN, G. M. Sobre a distribuição de aves em Santa Catarina, Brasil, parte I: registros relevantes para o Estado ou inéditos para a Ilha de Santa Catarina. *Cotinga*, n. 26, p. 25-31, 2006.

PRIMACK, R. B.; RODRIGUES, E. **Biologia da conservação**. - Londrina : Ed. dos Autores. 328 p.2001.

PROBIO [**Projeto de Conservação e Utilização Sustentável da Diversidade Biológica Brasileira**]. *Áreas prioritárias para a conservação, utilização sustentável e repartição de benefícios da biodiversidade brasileira*. Projeto de conservação e utilização sustentável da diversidade biológica brasileira. Brasília: Editora MMA/SB. 2003.

RAY, G. C. Diversidade ecológica em zonas costeiras e oceanos. In: WILSON, E. O. (ed).1997. **Biodiversidade**. Rio de Janeiro: Nova Fronteira. 700p. 1997.

RECHETELO, J. **Biologia reprodutiva e dieta do socó-do-mangue *Nyctanassa violacea* no Parque Natural Municipal do Manguezal do Rio Perequê, no Estado do Paraná, Brasil**. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal do Paraná. UFPR. 108 p. 2009.

RICKLEFS, R. E. **A economia da Natureza**. 5. ed. Rio de Janeiro: Guanabara-Koogan, 503p.2003.

RODGER, J. A. Little blue heron breeding behavior. *The Auk*, n. 97, p. 371-384, 1980.

RODGER, J. A.; SMITH, H. T. Set-back distances to protect nesting bird colonies from human disturbance in Florida. *Conservation Biology*, v. 9, n. 1, p.89-99.

RODRIGUES, A. A. F.; Ocorrência da reprodução de *Eudocimus ruber* na Ilha do Cajual, Maranhão, Brasil (Ciconiiformes: Threskiornithidae). *Ararajuba*, n. 3, p. 67-68, 1995.

RODRIGUES, M.; MICHELIN, V.B. Riqueza e diversidade de aves aquáticas de uma lagoa natural no sudeste do Brasil. *Revista Brasileira de Zoologia*, v.22, n.4, p. 928-935, 2005.

ROSÁRIO, L. A. **As Aves em Santa Catarina**: distribuição geográfica e meio ambiente. FATMA. Florianópolis. 326 p.1996.

RUPP, A. E.; FINK, D.; SILVA, G. T.; ZERMIANI, M.; LAPS, R. R. & ZIMMERMANN, C. E. Novas espécies de aves para o Estado de Santa Catarina, sul do Brasil. *Biotemas*, v. 21, n. 3, p. 165-169, 2008.

SAINT-HILAIRE, A. **Viagem a provincial de Santa Catarina**. São Paulo: Companhia Editora Nacional. 1936.

SAKELLARIDES, T. M.; KONSTANTINOOU, I. K.; HELA, D. G.; LAMBROPOULOU, D.; IMOU, A.; ALBANIS, T. A. Accumulation profiles of persistent organochlorines in liver and fat tissues of various waterbird species from Greece. **Chemosphere**, n. 63, p. 1392–140. 2006.

SCHERER, J. F. M. **Biologia reprodutiva de Ardeidae em três ninhais do Rio Grande do Sul, Brasil**. Dissertação de mestrado, Universidade do Vale dos Sinos – Unisinos, São Leopoldo. 58 p.2010.

SEIXAS, T. G.; KEHRIG, H. A. 2007. O selênio no meio ambiente. **Oecologia Brasiliensis**, v.11, n.2, p. 264-276, 2007.

SEIXAS, T. G.; MOREIRA, I.; KEHRIG, H. A.; MALM, O. Distribuição de selênio em organismos marinhos da Baía da Guanabara/RJ. **Química Nova**, v. 30, n. 3, p. 554-559, 2007.

SICK, H. **Ornitologia brasileira**. Nova Fronteira, Rio de Janeiro, 862 p. 1997.

SIGRIST, T. **Guia de campo Avis Brasilis: Avifauna Brasileira**. São Paulo: Avis Brasilis. 492p. 2009.

SILVA-SILVA, R. **Guarás vermelhos no Brasil**. São Paulo: Avis Brasilis. 240p. 2005.

STRAUBE, F. C.; URBEN-FILHO, A.; KAJIWARA, D. Aves. In: MIKICH, S. B.; BÉRNILS, R. S. **Livro vermelho da Fauna Ameaçada no Estado do Paraná**. Curitiba. IAP. 2004.

TREVISAN, R. **Marcadores de estresse oxidativo e outros parâmetros biológicos em peixes e bivalves como ferramentas de monitoramento ambiental: análise de dois ecossistemas catarinenses**. Trabalho de conclusão de curso, Universidade Federal de Santa Catarina, 70 p. 2008.

TURECK, C.R.; OLIVEIRA, T. M. N.; CREMER, M. J.; BASSFELD, J. C. Avaliação da concentração de metais pesados em tecidos de ostras *Crassostrea gigas* (Molusca, Bivalve) cultivadas na Baía da Babitonga, litoral norte de Santa Catarina. **Pesticida: Revista de Ecotoxicologia e Meio Ambiente**, v.16, p. 53-62, 2006.

UNEP. Global report. **Regionally based assesment of persistent toxic substance**. UNEP Chemicals 11-13, Switzerland. 221 p. 2003.

VIDAL. L. G. **O uso do boto-cinza (*Sotalia guianensis*) como sentinela da poluição ambiental por compostos organoclorados (DDT, PCB, HCH, HCB e Mirex) em baías costeiras do Estado do Rio de Janeiro**. Dissertação de mestrado, Universidade do Estado do Rio de Janeiro – Rio de Janeiro. 87 p. 2010.

VIEIRA, V. C.; HORN FILHO, N. O.; BONETTI, C. V. D. H. C.; BONETTI, J. Caracterização morfosedimentar e setorização do complexo estuarino da Baía da Babitonga/SC. **Boletim Paranaense de Geociências**, n. 62-63, p. 85-105, 2008.

VOOREN, C. M. & BRUSQUE, L. F. **As Aves do Ambiente Costeiro do Brasil: Biodiversidade e Conservação**. Rio de Janeiro: FUNBIO, 139p.1999.

WASILLEWSKI, M.; SILVA, F.C.; NASCIMENTO, M.; SHCERER-NETO, P. Ocorrência e registro documentado de guará *Eudocimus ruber* (Threskiornithidae, Aves) na Baía de Guaratuba, Paraná. **Atualidades Ornitológicas**, n. 145, p. 10-11, 2008.

WEBER, R.R. ΣDDT and PCBs in Equatorial Atlantic Organisms. **Marine Pollution Bulletin**, v. 14, n. 7, p. 274-275, 1983.

WESELOH, D.V.; TEEPLE, S.M.; GILBERTSON, M. Double-crested Cormorants of the Great Lakes: egg-laying parameters, reproductive failure, and contaminant residues in eggs, Lake Huron 1972-1973. **Canadian Journal of Zoology**, n.61, p.427-436. 1983.

WILSON, E. O. A situação atual da diversidade biológica. In: WILSON, E. O. (ed).1997.**Biodiversidade**. Rio de Janeiro: Nova Fronteira. 700p.1997.

WORLD HEALTH ORGANIZATION (WHO). **Polychlorinated Biphenyls and Terphenyls. Environmental Health Criteria**. Geneva: World Health Organisation, v. 68, 1993.

YAMASHITA, N.; TANABE, S.; LUDWIG, J. P.; KURITA, H.; LUDWIG, M. E.; TATSUKAWA, R. Embryonic abnormalities and organochlorine contamination in double-crested cormorants (*Phalacrocorax auritus*) and caspian terns (*Hydroprogne caspia*) from the upper Great Lakes in 1988. **Environmental Pollution**, n.79, p.163–173. 1993.