**Sentinelas dos Oceanos: Investigação da Prevalência e Tipo de Macroplástico Presente em Albatrozes e Petréis Encontrados na Costa Brasileira.**

**Ocean Sentinels: Investigation of Prevalence and Type of Macroplastic in Albatrosses**

**and Petrels in the Brazilian Coast.**

**Centinelas de los Océanos: Investigación de Prevalencia y Tipo de Macroplástico en**

**Albatros y Petreles Encontrados en la Costa Brasileña.**

**Gabriel D. do Nascimento1,2, Guilherme R. R. Brito2, Alice Pereira3, Cristiane K. M. Kolesnikovas4, Patricia P. Serafini5**

**Afiliação**

**¹**Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade/ICMBio, Centro Nacional de Pesquisa e Conservação de Aves Silvestres/Cemave, Florianópolis/SC, Brasil. CEP: 88053-700.

**²**Universidade Federal de Santa Catarina/UFSC, Departamento de Ecologia e Zoologia/ECZ Campus de Florianópolis/SC, Brasil. CEP: 88037-000.

**3**Projeto Albatroz, Florianópolis/SC, Brasil. CEP: 88061-500.

**4** Associação R3 Animal, Florianópolis/SC, Brasil. CEP: 88061-500.

**5**Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade/ICMBio, Centro Nacional de Pesquisa e Conservação de Aves Silvestres/Cemave, Florianópolis/SC, Brasil. CEP: 88053-700.

**Email**

**¹**gabrielnsctufsc@gmail.com, **²**g.brito@ufsc.br, 3apereira@projetoalbatroz.org.br, **4**criskolesnikovas@gmail.com, **5**patricia.serafini@icmbio.gov.

**RESUMO -** Muitas espécies de Procellariiformes ocorrem no Brasil, esta grande diversidade nos coloca enorme responsabilidade pois diversas ameaças, como macroplásticos, os impactam negativamente. Assim, realizamos a quantificação e classificação de resíduos plásticos em carcaças de Procellariiformes encontrados no litoral catarinense e capturados incidentalmente na pesca industrial. Os tratos digestórios das aves foram separados em esôfago, proventrículo e ventrículo para identificar itens ingeridos. Detritos foram classificados em fragmentos plásticos, pellets, nylon e outros, e medidos. Foram analisados 44 tratos digestórios pertencentes a nove espécies. Macroplástico foi encontrado em 14 indivíduos de seis espécies pertencentes a duas famílias, sendo 100% das espécies de Procellariidae e 9% em Diomedeidae. Procellaria aequinoctialis apresentou maiores frequências de plástico - 80%. P. aequinoctialis também apresentou a maior variação de tamanho de detritos e Calonectris borealis a menor. Houveram diferenças significativas no tamanhos dos debris entre Thalassarche melanophris e espécies da família Procellariidae. O tamanho dos animais demonstrou não ser o fator determinante para o tamanho dos detritos ingeridos para a família Procellariidae. A presença de nylon foi o fator determinante para os maiores tamanhos dos resíduos encontrados. Fragmentos de plástico foram os tipos de resíduos mais encontrados. O ventrículo foi a porção do trato digestório em que havia maior quantidade de debris. Este estudo corrobora evidências de que Procellariiformes estão consumindo macroplástico no Atlântico Sul. A quantificação, o monitoramento e padronização de análises deste fenômeno são importantes para subsidiar e orientar medidas de manejo e descarte de resíduos visando a conservação dos ambientes marinhos e fauna associada.

**Palavras-chave**: Atlântico Sul; detritos; Procellariiformes.

*ABSTRACT - Several species of Procellariiformes occur in Brazil. Along with this diversity comes enormous responsibilities in terms of conservation since threats, such as macroplastics, negatively impact the group . So the quantification and classification of plastic residues was carried out in carcasses of albatrosses and petrels gathered on Santa Catarina's coastline and also as fisheries bycatch. Digestive tracts were separated in esophagus, proventricle and ventricle. Plastic debris were classified in plastic fragments, pellets, nylon and others, and measured. We analyzed 44 digestive tracts of nine different species of Procellariiformes. Macroplastic was found in 14 individuals in six species from two families: 100% of Procellariidae species and 9 % in Diomedeidae.* **Procellaria aequinoctialis** *presented the highest frequency of macroplastic presence among the studied samples (80%).* **P. aequinoctialis** *had the largest variation in size and* **Calonectris borealis** *the lesser. There were significant size differences between* **Thalassarche melanophris** *and Procellariidae family. The size of the individuals proved not be determinant to the size of ingested debris for Procellaridae. Nylon was determinant to debris size*. *Plastic fragments were the prevalent debris in most analyzed individuals. The ventricle was the portion of the digestive tract with the greatest amount of plastic debris. This study reinforces previous evidence that Procellariiformes in Southwestern Atlantic are consuming plastic debris. The quantification, monitoring and padronization of analyzes of this phenomenon are important for guidance on proper management and plastic discard, focusing on conservation of marine habitats and its associated fauna.*

**Keywords**: Debris; Procellariiformes; South Atlantic.

*Resumo - Muchas especies de Procellariiformes se encuentran en Brasil, esta diversidad es una responsabilidad porque varias amenazas, como los macroplásticos, los impactan negativamente. Realizamos la cuantificación y clasificación de residuos plásticos en Procellariiformes encontrados en la costa de Santa Catarina y capturados incidentalmente en la pesca. Los tractos digestivos de las aves se separaron en el esófago, proventrículo y el ventrículo para identificar los plásticos. Los debris se clasificaron en fragmentos de plástico, gránulos, nylon y otros, y se midieron. Se analizaron 44 tractos digestivos de nueve especies. Hubo macroplástico en 14 individuos de seis especies de dos familias; 100% de Procellariidae, 9% de Diomedeidae.* **Procellaria aequinoctialis** *presentó frecuencias más altas de plástico - 80% - y la más grande variación en el tamaño de los debris,* **Calonectris borealis** *la más pequeña. Hubo diferencias significativas en el tamaño de los debris entre* **Thalassarche melanophris** *y las especies de la familia Procellariidae. El tamaño de los animales demostró no ser el factor determinante para el tamaño de los detritos ingeridos para la familia Procellariidae. Nylon fue el factor determinante para los mayores tamaños de residuos. Fragmentos de plástico fueron los tipos más comunes de debris. El ventrículo fue la porción del tracto digestivo en el que había mayor cantidad de debris. Este estudio corrobora la evidencia de que los Procellariiformes consumen macroplásticos en el Atlántico Sur. Los monitoreo y análisis de este fenómeno son importantes para guiar las medidas de gestión y reducción de desechos, con el objetivo de conservar la fauna marinos.*

**Palabras clave**: Debris; Procellariiformes; Atlántico Sur.

**Introdução**

Estando entre as aves marinhas com os hábitos mais pelágicos (Olmos *et al.*, 2006), a ordem Procellariiformes é um grupo diverso e distribuído globalmente nos oceanos (Chown *et al*., 1997), englobando 147 espécies incluídas em quatro famílias (Oceanitidae, Diomedeidae, Hydrobatidae e Procellariidae) (Gill & Donsker, 2019), e grande representação no hemisfério sul com 97 espécies registradas (Neves et al., 2006), podendo realizar viagens para alimentação que cobrem milhares de quilômetros (Jouventin & Weimerslirch, 1990). Na chamada plataforma sul (Carlos, 2011), a região sul do Brasil é uma importante área de alimentação de diversas aves marinhas (Perez, 2016), influenciada pelas descargas da Lagoa dos Patos e do Rio da Prata e recebendo nutrientes trazidos pela Corrente das Malvinas/Falklands, concentrando alta biomassa de presas importantes para as aves marinhas, como lulas e pequenos peixes (Seeliger *et al.*, 1998).

Os resíduos poliméricos, comumente chamados de plástico, são materiais amplamente utilizados pela humanidade atualmente. Entretanto, este material tanto na fase pré-manufatura quanto no pós-consumo é transportado e descartado de forma inadequada, podendo ser carreados por rios, drenagens, sistemas de esgoto ou vento (Chelshier *et al*. 2009; MMA, 2013). Os sistemas pluviais e fluviais tem seu destino final no mar, no qual correntes marítimas podem transportar materiais para os lugares mais remotos do planeta (Chelshier *et al*. 2009; Eriksen *et al.* 2014). Materiais resistentes e leves podem flutuar na superfície dos oceanos (Morris, 1980) ali sofrendo alterações físico-químicas, como a absorção de toxinas provenientes da atividade humana, liberação de outros resíduos no ambiente e também fragmentação em partículas menores (Tanaka *et al.* 2013; Eriksen *et al.* 2014).

Os resíduos plásticos foram encontrados no conteúdo estomacal de uma variedade de Procellariiformes até o momento (Fry *et al*., 1987; Huin & Croxall, 1996; Colabuono *et al.* 2009; Jimémez *et al.* 2015; Cartraud *et al.* 2019). Duas classes de macroplástico são mais frequentes (Ryan, 1987): fragmentos de plástico e *pellets*. *Pellets* são um estágio intermediário na manufatura do plástico (Colton *et al*., 1974) e chegam aos oceanos durante o transporte marítimo. Fragmentos de plástico são pequenos pedaços quebrados de estruturas maiores, descartados intencional ou acidentalmente no mar (Merrell, 1980). Após a ingestão, o plástico pode causar diversos efeitos nas aves, como: redução do volume funcional do proventrículo e ventrículo (Connors & Smith, 1982), ulcerações (Bourne & Imber, 1982) e até a morte (Roman *et al.*, 2019)

O objetivo do presente estudo foi realizar a quantificação e classificação de resíduos plásticos nas amostras de albatrozes e petréis encontrados no litoral brasileiro. Este trabalho contribui para análises e decisões no âmbito do Plano de Ação Nacional para a Conservação dos Albatrozes e Petréis (PLANACAP), ao determinar a atual prevalência de macroplástico e seus tipos, ampliando o conhecimento científico sobre padrões de ingestão de plástico. Analisamos também a hipótese de que o tamanho das aves poderia influenciar e refletir no tamanho dos detritos ingeridos pelos animais, e posteriormente, se existem diferenças estatísticas relevantes no tamanho dos detritos conforme sua classificação.

**Material e Métodos**

Os tratos digestório utilizados neste trabalho foram obtidos a partir de Procellariiformes encontrados mortos ou que vieram a óbito no período de reabilitação, no âmbito do Projeto de Monitoramento de Praias da Petrobras/Bacia de Santos - Fase 1 (PMP-BS), coordenado pela UNIVALI (Universidade do Vale do Itajaí). O PMP monitora as praias em busca de animais encalhados ou debilitados atendendo a condicionante do licenciamento ambiental federal, conduzido pelo Ibama, para as atividades de produção e escoamento de petróleo e gás natural. Em Florianópolis (SC), o monitoramento é executado pela Associação R3 Animal, organização de cunho não-governamental. Os espécimes mortos pela captura incidental na pesca industrial por espinhel de superfície, abaixo dos 20° graus de latitude, também utilizados para a coleta e análise de macroplástico, podem ser vistos na tabela 1. Estes espécimes foram disponibilizados pelo Projeto Albatroz, organização não-governamental que participa como convidada nas atividades de pesca industrial realizando pesquisas na área da conservação de Albatrozes e Petréis.

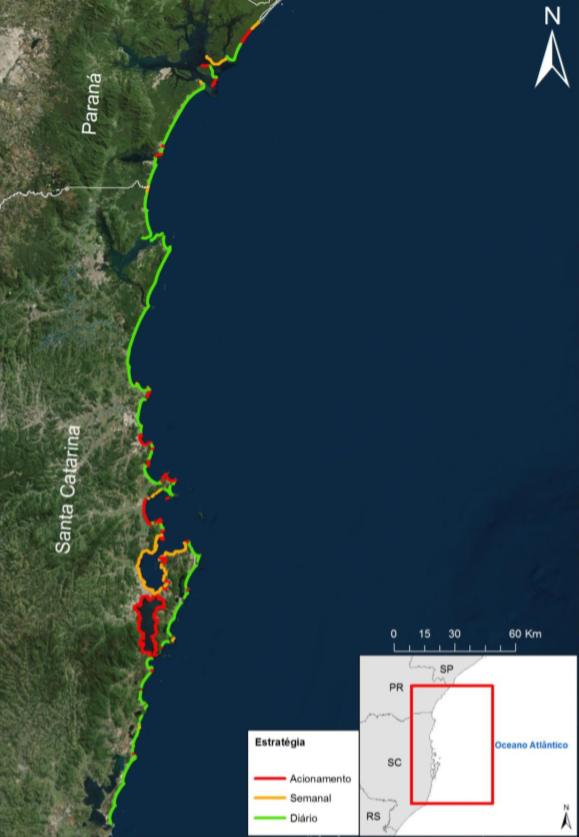
**Tabela 1** - Informações sobre as aves analisadas neste estudo.

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Espécie | Número de Campo | Método de coleta/  Localidade | Espécie | Número de campo | Método de coleta/  Localidade |
| *Thalassarche melanophris* | BAAP11 | Incidental/20° a 89° S | *Procellaria aequinoctialis* | ii155041 | Encalhe/Praia da Galheta |
| *Thalassarche melanophris* | BAAP148 | Incidental/20° a 89° S | *Macronectes giganteus* | ii101590 | Encalhe/Praia de Bombas |
| *Thalassarche melanophris* | BAAP163 | Incidental/20° a 89° S | *Macronectes giganteus* | ii134289 | Encalhe/Barra da Ibiraquera |
| *Thalassarche melanophris* | BAAP217 | Incidental/20° a 89° S | *Macronectes giganteus* | ii147734 | Encalhe/Campeche |
| *Thalassarche melanophris* | BAAP221 | Incidental/ 20° a 89° S | *Macronectes giganteus* | ii148039 | Encalhe/Praia do Moçambique |
| *Thalassarche melanophris* | BAAP225 | Incidental/20° a 89° S | *Puffinus puffinus* | ii154621 | Encalhe/Praia do Moçambique |
| *Thalassarche melanophris* | BAAP229 | Incidental/20° a 89° S | *Puffinus puffinus* | ii154630 | Encalhe/Ingleses |
| *Thalassarche melanophris* | BAAP231 | Incidental/20° a 89° S | *Puffinus puffinus* | ii156794 | Encalhe/Pântano do Sul |
| *Thalassarche melanophris* | BAAP232 | Incidental/20° a 89° S | *Puffinus puffinus* | ii156897 | Encalhe/Pântano do Sul |
| *Thalassarche melanophris* | ii054343 | Encalhe/Praia da joaquina | *Puffinus puffinus* | ii168617 | Encalhe/Ingleses |
| *Thalassarche melanophris* | ii143695 | Encalhe/Praia da joaquina | *Puffinus puffinus* | ii168954 | Encalhe/Praia do Moçambique |
| *Thalassarche chlororhynchos* | ii054281 | Encalhe/Praia da joaquina | *Puffinus puffinus* | ii177983 | Encalhe/Ingleses |
| *Thalassarche chlororhynchos* | ii181558 | Encalhe/Florianópolis | *Puffinus puffinus* | ii178278 | Encalhe/Praia da Joaquina |
| *Procellaria aequinoctialis* | BAAP149 | Incidental/20° a 89° S | *Puffinus puffinus* | ii179196 | Encalhe/Florianópolis |
| *Procellaria aequinoctialis* | BAAP160 | Incidental/20° a 89° S | *Calonectris borealis* | ii054293 | Encalhe/Campeche |
| *Procellaria aequinoctialis* | BAAP161 | Incidental/20° a 89° S | *Calonectris borealis* | ii106416 | Encalhe/Pântano do Sul |
| *Procellaria aequinoctialis* | BAAP162 | Incidental/20° a 89° S | *Calonectris borealis* | ii106417 | Encalhe/Pântano do Sul |
| *Procellaria aequinoctialis* | BAAP220 | Incidental/20° a 89° S | *Calonectris borealis* | ii128226 | Encalhe/Barra da lagoa |
| *Procellaria aequinoctialis* | BAAP218 | Incidental/20° a 89° S | *Calonectris borealis* | ii137775 | Encalhe/Campeche |
| *Procellaria aequinoctialis* | BAAP293 | Incidental/20° a 89° S | *Oceanites oceanicus* | ii106415 | Encalhe/Praia do Matadeiro |
| *Procellaria aequinoctialis* | BAAP294 | Incidental/20° a 89° S | *Diomedea dabbenena* | BAAP147 | Incidental/20° a 89° S |
| *Procellaria aequinoctialis* | ii126969 | Encalhe/Praia do Moçambique | *Pterodroma incerta* | ii167164 | Encalhe/Praia Brava |

**Fonte:** Projeto Albatroz e Sistema de Informação de Monitoramento de Biota aquática (SIMBA) <<https://simba.petrobras.com.br/simba/web/sistema/>> acesso em: 30/07/2020.

**Coleta de dados**

Examinamos um total de 44 amostras (SISBIO 24381), sendo 1 *Diomedea dabbenena*, 11 *Thalassarche melanophris*, 2 *Thalassarche chlororhynchos*, 10 *Procellaria aequinoctialis,* 5 *Calonectris borealis*, 9 *Puffinus puffinus*, 4 *Macronectes giganteus,* 1 *Pterodroma incerta* e 1 *Oceanites oceanicus*. As coletas dos tratos digestório foram realizadas por meio de necropsia (Fig. 1). Todas as amostras foram armazenadas sob congelamento a -20° C.



**Figura 1 -** Litoral do estado de Santa Catarina e do Paraná (à esquerda) e em Florianópolis (direita) monitorado pelo Projeto de Monitoramento de Praias da Bacia de Santos. Trecho em verde: monitoramento diário; trecho laranja: monitoramento semanal; trecho em vermelho: acionamento por rede de colaboradores. **Fonte**: Projeto de Monitoramento de Praias da Bacia de Santos – PMP-BS, Projeto Executivo do PMP-BS Fase 1, Volume Único. Revisão 02. Setembro/2017.

**Trato gastrointestinal (GI) - Coleta e classificação de macroplástico**

Para a coleta e classificação de macroplástico no trato gastrointestinal dos Procellariiformes, foi seguido o protocolo de Van Franeker et. al. (2011) com modificações feitas por Colabuono *et al.* (2009) e Jimémez *et al.* (2015).

Os tratos digestório foram deixados em temperatura ambiente por duas horas até o completo descongelamento, então seccionados e separados nas suas diferentes porções (esôfago, proventrículo e ventrículo) cada qual em diferentes recipientes. Em seguida, cada porção foi processada separadamente e seu conteúdo colocado em uma peneira de malha de 1mm. Os *debris* presentes na peneira foram transferidos para a placa de Petri a fim de que secassem a temperatura ambiente por 24 a 48 horas, certificando-se de que estivessem cobertos. Posteriormente os itens foram classificados nas categorias**:**

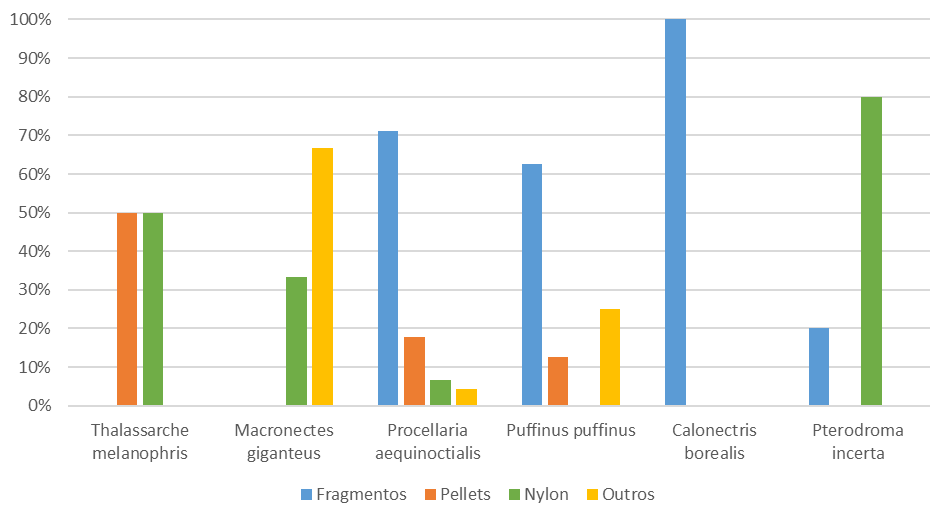
1. Fragmentos de plástico (pedaços rígidos de objetos maiores ou pedaços de sacos plásticos e embalagens);
2. *Pellets* (polietileno ou polipropileno como matéria-prima na forma de pequenas esferas ou cilindros);
3. Linhas de nylon;
4. Outros (resíduos não-poliméricos como folha de alumínio, papel, madeira, metais, e outros).

**Estatística**

Para as análises de estatística descritiva (média, porcentagem e frequência de ocorrência) utilizamos o *software* *Microsoft Office Excel®* (Microsoft Corporation, Redmond, Washington, 98052-7329, EUA), e para análises de variância (*one-way* ANOVA) e teste de Tukey o *software* utilizado foi o PAST*: Paleontological Statistics software package for education and data analysis* (Øyvind Hammer, Natural History Museum, University of Oslo). Por meio do PAST, aplicamos a análise entre as espécies, utilizando os dados dos comprimentos (sem distinção de classes) dos *debris* encontrados para cada espécie. Para a avaliação da relação entre tamanho e tipo de *debris*, utilizamos os comprimentos dos detritos em suas respectivas classificações, sem incluir as espécies. Através de médias ou medianas entre amostras, a análise de variância *one-way* ANOVA, verifica a existência de diferenças estatísticas significativas para testar a hipótese nula, presumindo-se que as amostras estejam próximas da distribuição normal e variações semelhantes. Uma vez que tais premissas sejam violadas, o software elabora a tabela do teste de Tukey, para expor os elementos que apresentaram os valores estatísticos significativos encontrados na análise de variância (Hammer *et al* 2020).

**Resultados**

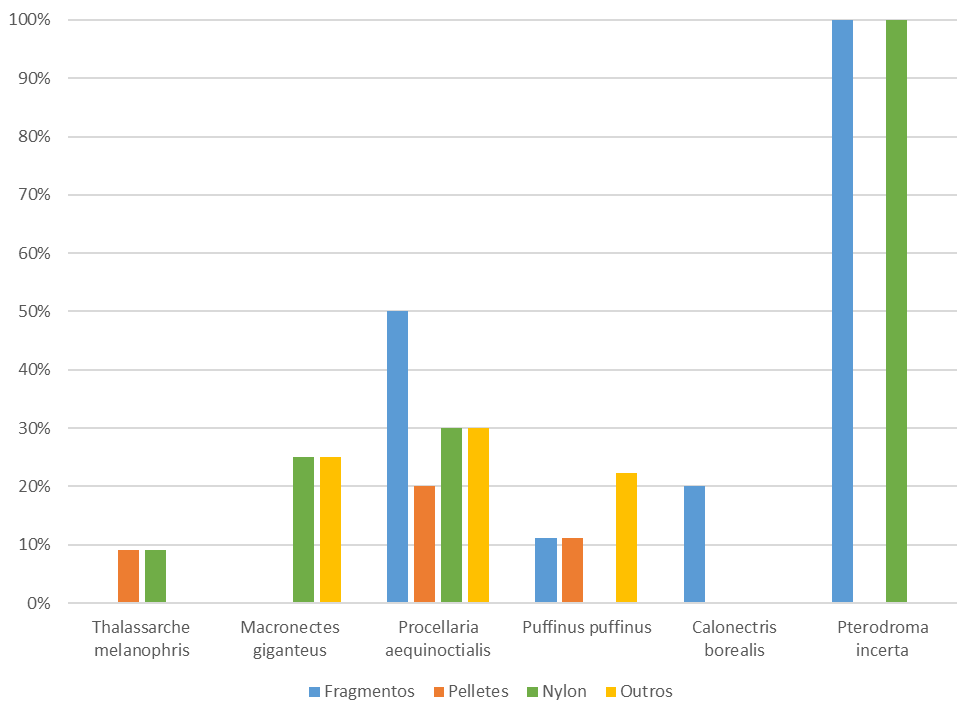
Encontramos plástico e outros *debris* em 32% (N=14) dos indivíduos analisados. Seis das nove espécies analisadas (67%) apresentaram plástico. O único indivíduo analisado da espécie *P. incerta* (N=1) apresentou plástico, enquanto a frequência de detritos encontrados em *P. aequinoctialis* foi de 80% (N=8) dos animais. Apenas um indivíduo de *M. giganteus* apresentou resíduo plástico (25% das amostras) e *P. puffinus,* dois indivíduos (22% das amostras). *C. borealis* compôs 20% das amostras e um indivíduo de *T. melanophris* compôs9% das amostras. Para *T. melanophris* e *M. giganteus* não houveram registros de fragmentos plásticos (Fig. 2). *D. dabbenena, T. chlororhynchos* e *O. oceanicus* não apresentaram plástico em seu trato digestório. A frequência de ocorrência (FO%) por tipo de plástico encontrados nas espécies está representada em gráfico (Fig. 3).



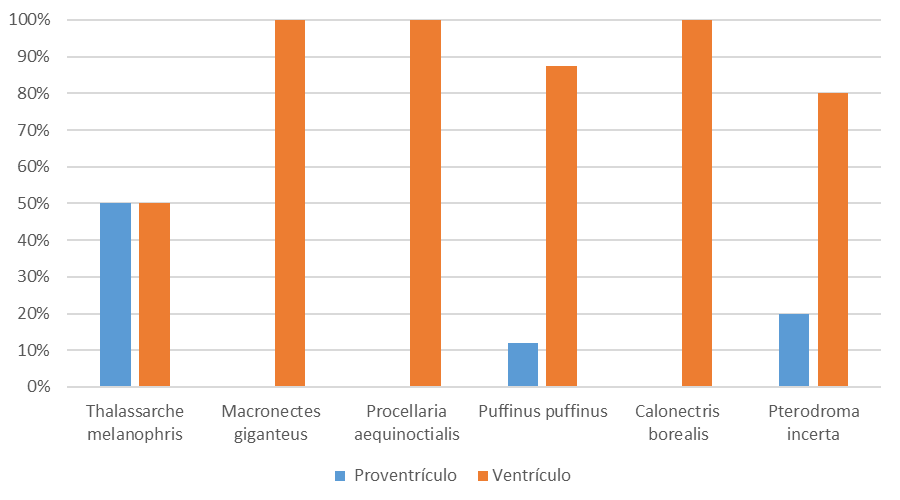
**Figura 2 -** Porcentagem dos tipos de plásticos encontrados nas espécies de albatrozes e petréis analisados.

Para as categorias de plástico, os principais resíduos encontrados foram fragmentos de plástico e *pellets*, 64% e 16% respectivamente, nylon e outros, 11% e 10% respectivamente. A maior parte dos achados estava no ventrículo (Fig 4). *T. melanophris*, *P. puffinus* e *P. incerta* apresentaram *debris* no proventrículo e no ventrículo. Não encontramos plástico no esôfago das espécies. Três famílias da ordem Procellariiformes foram analisadas. Os resíduos poliméricos pós-consumo estavam em 100% das espécies da família Procellariidae (petréis), 33% das espécies de Diomedeidae (albatrozes) e em nenhum representante da família Hydrobatidae (painhos).

Para a análise do tamanho médio e variação, em milímetros, dos macroplásticos encontrados nas espécies, foram consideradas cinco espécies: *P. aequinoctialis, P. incerta, P. puffinus, M. giganteus* e *C. borealis* (Fig. 5). *T. melanophris* não foi incluído para esta análise devido aos poucos resíduos encontrados no trato digestório (um *pellet* de 2 mm e um fio de nylon de 496,9 mm) e em favor da parcimônia das escalas do gráfico.



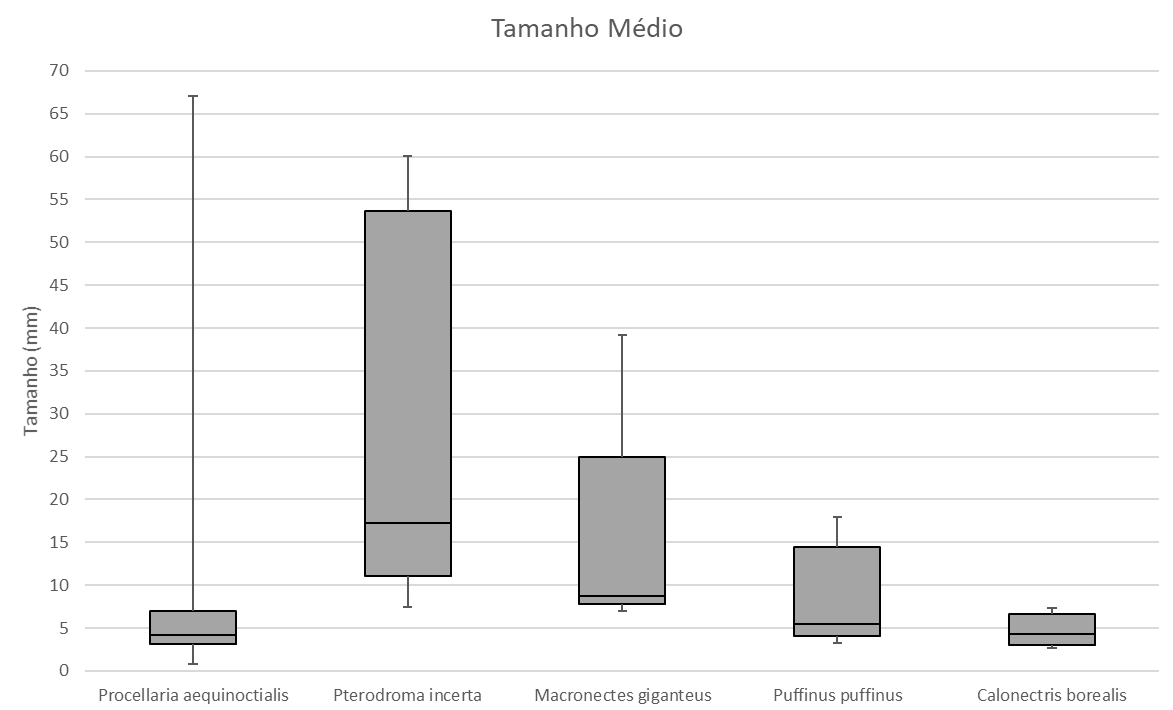
**Figura 3 -** Porcentagem de frequência de ocorrência (FO%) dos tipos de plásticos encontrados nas espécies.



**Figura 4 -** Porcentagem de plástico encontrado no proventrículo e ventrículo.

Dois exemplares de *P. aequinoctialis*, provenientes de pesca incidental, estavam com os anzóis pelos quais foram capturados. Dos anzóis encontrados, um estava preso no proventrículo com um tamanho total (cabo de aço + anzol) de 652.6 mm, o segundo estava preso no esôfago (670 mm de comprimento). Em *T. melanophris*, encontramos duas unidades de resíduos plásticos, um *pellet* de 2 mm e um fio de nylon de 496,9 mm. Esta foi a maior variação de tamanho de *debris* observada para as espécies e, dentre as que ingeriram plástico, a espécie com a menor frequência de plásticos.

Para a hipótese de que o tamanho das aves pode influenciar e refletir no tamanho dos detritos ingeridos pelos animais, não foram encontradas pelo teste de Tukey (tabela 2) diferenças estatísticas significativas no tamanho dos detritos entre as espécies da família Procellariidae (F = 16,16; *p* < 0,05). A investigação para identificar possíveis diferenças estatísticas relevantes no tamanho dos detritos conforme a sua classificação, observamos diferenças importantes do nylon em relação às outras classificações de *debris*, entretanto, não houve diferença significativa entre fragmentos, *pellets* e outros (F = 8,44; *p* < 0,05) (tabela 3).



**Figura 5 -** Tamanho médio dos detritos encontrados nas espécies de albatrozes e petréis analisados.

**Tabela 2 -** *Puffinus puffinus* (Pp), *Calonectris borealis* (Cb), *Pterodroma incerta* (Pi), *Procellaria aequinoctialis* (Pa), *Macronectes giganteus* (Mg) e *Thalassarche melanophris* (Tm). Análise de Tukey. Notar valores significativos para Tm. Variável Q da diagonal inferior, fornece a distribuição amostral da maior diferença entre médias (ABDI; WILLIAMS, 2010). Valores de *p* estão representados na porção superior da diagonal.

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  | **Pp** | **Cb** | **Pi** | **Pa** | **Mg** | **Tm** |
| **Pp** |  | 1 | 0,932 | 1 | 0,9997 | 0,0001 |
| **Cb** | 0,2115 |  | 0,9264 | 1 | 0,9987 | 0,0001 |
| **Pi** | 1,345 | 1,371 |  | 0,7821 | 0,9906 | 0,0001 |
| **Pa** | 0,164 | 0,1319 | 1,844 |  | 0,9969 | 0,0001 |
| **Mg** | 0,4235 | 0.5673 | 0,8528 | 0,677 |  | 0,0001 |
| **Tm** | 11,19 | 10,51 | 9,784 | 12,61 | 10,43 |  |

**Fonte:** Dos autores.

**Tabela 3 -** *Puffinus puffinus* (Pp), *Calonectris borealis* (Cb), *Pterodroma incerta* (Pi), *Procellaria aequinoctialis* (Pa), *Macronectes giganteus* (Mg) e *Thalassarche melanophris* (Tm).Análise de Tukey’s. Notar valores significativos em nylon (*p* < 0,05). Variável Q da diagonal inferior, fornece a distribuição amostral da maior diferença entre médias (ABDI; WILLIAMS, 2010). Valores de *p* estão representados na porção superior da diagonal.

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
|  | **Fragmentos Plásticos** | **Pellets** | **Outros** | **Nylon** |
| **Fragmentos Plásticos** |  | 0,9963 | 0,9617 | 0,0209 |
| **Pellets** | 0,3093 |  | 0,9409 | 0,0002 |
| **Outros** | 0,6897 | 0,8055 |  | 0,0105 |
| **Nylon** | 6,931 | 6,142 | 4,498 |  |

**Fonte:** Dos autores.

**Discussão**

Neste estudo, *P. aequinoctialis* (N=10) foi uma das espécies em que mais observamos resíduos poliméricos pós-consumo, sendo a única espécie a apresentar as quatro diferentes classificações de *debris.* Além disso, a espécie apresentou maiores porcentagens de frequência de ocorrência de ingestão de resíduos (80%), incluindo anzóis. Altas frequências também foram observadas por Colabuono *et al.* (2009) e Perez (2016), 49% (N=41) e 68,5% (N=32) respectivamente. Espécies como *P. aequinoctialis*, possuem o comportamento de seguir embarcações pesqueiras, Bourne & Imber (1982) sugerem que animais mortos por espinhel teriam maior frequência de ingestão de plástico. Todavia, Colabuono (2009) não observou diferença significativa na frequência de plástico nos tratos digestórios dos animais mortos relacionados à atividade pesqueira. Neste estudo, seria necessário um maior número amostral (incluindo maior número de espécies) para contribuir com este debate comparativo.

*P. incerta* apresentou a frequência de 100%, porém o N amostral foi baixo (N=1). Mäder *et al*. (2010) também relata a ingestão de plástico para esta espécie com o mesmo número amostral (N=1) e mesma frequência (100%), outros estudos como PEREZ *et al.* 2019 com N amostral maior (N=61), obteve uma frequência de 37,7%. Encontramos resíduos plásticos em 25% das amostras de *Macronectes giganteus*, representando uma frequência menor do que a encontrada por Barbieri (2009), que identificou plástico nesta espécies em número amostral de N=14 representando 64,28%. Assim, a ocorrência de resíduos plásticos nestas espécies parece ser comum.

Petréis (Procellariidae) apresentaram menor variação no comprimento dos detritos plásticos em relação a *T. melanophris*. As análises estatísticas não encontraram diferenças significativas no tamanhos dos detritos entre as espécies da família Procellariidae, espécies essas que pesam entre 400 g em *P. puffinus* (Guilford *et al.*, 2009) até 4 kg para *M. giganteus* (Copello *et al*., 2009). Entretanto, para *T. melanophris*, espécie que pesa até 4,6 kg (Olmos *et al.*, 2006), valores importantes podem ser encontradosna tabela 3. Apesar de tais resultados para *T. melanophris*, não é possível atribuir esta diferença observada ao tamanho da ave, devido a família Procellariidae não apresentar diferenças significativas no tamanhos dos detritos, mesmo com maior discrepância no tamanhos das espécies.

Em relação às variações de tamanhos dos *debris* encontrados (figura 4), nota-se que as espécies com maiores oscilações, incluindo *T. melanophris*, são as mesmas em que o nylon esteve presente no trato digestivo. Por sua vez, as espécies com menores oscilações (figura 4) não foi observado *nylon* entres os resíduos encontrados, nos gráficos 1 e 2 é possível observar quais são os tipos de *debris* encontrados nas espécies.

As análises estatísticas para os *debris* não apontaram diferenças significativas entre as médias do tamanho de fragmentos plásticos, pellets e outros. Entretanto, diferenças significativas existem para *nylon* (tabela 3). Estas diferenças do *nylon* em relação às outras classificações de resíduos poderiam ser explicadas pelo fato desse material ser manufaturado, comercializado e utilizado em diferentes metragens (linhas e redes de pesca), distinguindo-se dos *pellets*, que são sempre constituídos de pequenas esferas de plástico utilizados para manufatura de objetos plásticos maiores. Portanto, o tamanho dos animais pode não ser o fator determinante para o tamanho dos *debris* ingeridos pelas espécies, mas devido ao fragmento de *nylon* presente no trato digestivo (e. g. *nylon* encontrado em *T. melanophris*). Dessa forma, neste estudo, o *nylon* foi o fator determinante para a análise de tamanho dos *debris* encontrados.

Neste estudo, foi observado resíduos poliméricos em 9% das amostras *T. melanophris*, em outros estudos, como Colabuono *et al.* (2009), avaliou 59 indivíduos identificando uma frequência de 12%, em ambos os estudos foi a espécie que apresentou a menor frequência de detritos. Em *P. puffinus*, Colabuono *et al.* (2009) observou plástico em 60% das amostras analisadas, em um N amostral de N=25, portanto uma frequência maior que neste estudo, no qual foi de 22%.

Fragmentos de plástico foi a categoria mais presente no trato digestório das espécies neste estudo e em outros estudos já citados (e. g. Colabuono *et al.* 2009; Perez 2016), sugerindo que a maior quantidade de resíduos sólidos nos oceanos pode ser constituída por esta categoria de material, como especulado por outros estudos (Ryan, 2008). Em *C.borealis*, foram encontrados apenas fragmentos plásticos no ventrículo de um espécime, sendo esta categoria de plástico a mais frequentemente encontrado, assim como o ventrículo foi a porção do trato digestório em que a maior parte dos detritos estavam armazenados. Outros estudos executados no Rio Grande do Sul, como Petry *et al.* 2009, relatou uma frequência de plásticos ingeridos por *C. borealis* de 81%, maior que no presente (20%).

A grande maioria dos *debris* plásticos encontrados nos tratos digestório analisados estavam presentes no ventrículo, assim como o observado em Colabuono *et al.* (2009), Jimémez *et al.* (2015) e Perez (2016). Para espécies como *P. aequinoctialis, P. incerta*, *P. puffinus* e *C. borealis*, representantes da família Procellariidae, o estreitamento na região entre o proventrículo e ventrículo do trato digestório (*Isthmus gastris*) é mais evidente em relação aos albatrozes (Ryan 1988; Colabuono *et al.* 2007). O menor diâmetro da região poderia impedir que os *debris* possam ser regurgitados, levando ao acúmulo de materiais no ventrículo (Colabuono *et al.* 2009; Perez 2016). A ausência de resíduos poliméricos em *O. oceanicus*, *T. chlororhynchos* e *D. dabbenena* pode ser devido a sua anatomia interna e/ou baixo número amostral investigado aqui. Moser & Lee (1992), Colabuono *et al.* (2009), Jimémez *et al.* (2015), Ryan *et al*. (2016) e Perez (2016) encontraram plástico no trato digestório dessas espécies.

O presente estudo acrescenta novas evidências sobre a ingestão de plástico por Procellariiformes na região sul do Brasil, demonstrando panorama preocupante e reforçando a importância das aves como indicadores da saúde dos oceanos. A continuidade das análises visando um maior N amostral das espécies será de grande importância para a confirmação dos resultados apresentados. Estudos preveem que, até 2050, 99% das aves marinhas terão consumido plástico (Wilcox *et al.*, 2015), assim, estudos como este são importantes para a melhor compreensão de padrões de saúde da população destes animais e dos próprios oceanos.

**Agradecimentos**

Agradecemos à UFSC, LaBOAC, ICMBio, CEMAVE, Projeto Albatroz, Associação R3 Animal e a todos os órgãos e pessoas que direta ou indiretamente permitiram que este estudo pudesse ser realizado.

**Bibliografia**

Connolly JA, Oliver MJ, Beaulieu JM, Knight CA, Tomanek L, Moline MA. Correlated evolution of genome size and cell volume in diatoms (Bacillariophyceae). Journal of Phycology, 2(6): 34-42, 2016.

Abdi H, Williams LJ. Tukey’s Honestly Significant Difference (HSD) Test. Thousand Oaks: The University Of Texas At Dallas, 2010.

Barbieri E. Occurrence of Plastic Particles in Procellariiformes, South of São Paulo State (Brazil). Brazilian Archives of Biology and Technology, 52(2): 341-348, 2009

Barnes DKA, Galgani F, Thompson RC, Barlaz M. Accumulation and Fragmentation of Plastic Debris in Global Environments. Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences, 364(1526): 1985–1998, 2009.

Bourne WRP, Imber MJ. Plastic pellets collected by a prion on Gough Island, central South Atlantic ocean. Marine Pollution Bulletin, 13(1): 20-21, 1982.

Carlos CJ. 2011. Plataforma Sul, p. 313-315. In: Valente RM, Silva JMC, Straube FC, Nascimento JLX (orgs). Conservação de Aves Migratórias Neárticas no Brasil. 367p.

Cartraud AE, Le Corre M, Turquet J, Tourmetz J. Plastic ingestion in seabirds of the western Indian Ocean. Marine Pollution Bulletin, 130(1): 308-314, 2019.

Chelshier A, et al. UNEP / IOC Guidelines on Survey and Monitoring of Marine Litter. Nairobi, 2009.

Chown SL, Gaston KL, Williams PH. Global patterns in species richness of pelagic seabirds: the Procellariiformes. Ecography, 21(4): 342-350, 1998.

Colabouno FI, Barquete V, Domingues BS, Montone RC. Plastic ingestion by Procellariiformes in Southern Brazil. Marine Pollution Bulletin, 58(1): 93-96, 2009.

Colton JB, Burns BR, Knapp FD. Plastic Particles in Surface Waters of the Northwestern Atlantic. Science, 185(4150): 491-497, 1974.

Connors, PG, Smith KG. Oceanic plastic particle pollution: suspected effect on fat deposition in red phalaropes. Marine Pollution Bulletin, 13(1): 18-20, 1982.

Copello S, Quintana F. Breeding Biology of the Southern Giant Petrel (*Macronectes giganteus)* in Patagonia Argentina. Ornitologia Neotropical, 369-380, 2009.

Cozar A, et al. Plastic debris in the open ocean. Proceedings Of The National Academy Of Sciences, 111(28): 10239-10244, 2014.

Clarke MR, Prince PA. Cephalopod remains in regurgitations of Black-browed and Grey-headed albatrosses at South Georgia. British Antarctic Survey Bulletin, 54: 1–7, 1981.

Marcus E, et al. Plastic Pollution in the World's Oceans: More than 5 Trillion Plastic Pieces Weighing over 250,000 Tons Afloat at Sea. Plos One, 9 (12): 1-15, 2014.

Furness RW. Plastic particle pollution: Accumulation by procellariiform seabirds at Scottish Colonies. Marine Pollution Bulletin, 16(3): 103-106, 1985.

Fry DM, Fefer SI, Sileo L. Ingestion of plastic debris by Laysan Albatrosses and Wedge-tailed Shearwaters in the Hawaiian Islands. Marine Pollution Bulletin, 18(6): 339-343, 1987.

Gómez-Díaz E, González-Solís J, Peinado MA. Population structure in a highly pelagic seabird, the Cory’s shearwater Calonectris diomedea: an examination of genetics, morphology and ecology. : an examination of genetics, morphology and ecology. Marine Ecology Progress Series, 382: 197-209, 2009.

Guilford, T et al. Migration and stopover in a small pelagic seabird, the Manx shearwater Puffinus puffinus: insights from machine learning. Proceedings Of The Royal Society B: Biological Sciences, 276(1660): 1215-1223, 2009.

Huin N, Croxall J. Fishing gear, oil and marine debris associated with seabirds at Bird Island, South Georgia, during 1993/1994. Marine Ornithology, 24: 19-22, 1996.

Hammer Ø, Harper DAT, Rayn PD. PAST: Paleontological Statistics software package for education and data analysis. Paleontologia Electronica 4(1): 9, 2001.

IOC (International Ornithological Congress) World Bird List. Master List. <<https://www.worldbirdnames.org/ioc-lists/master-list-2/>>. Acesso: 27/07/2020

Jiménez S, Domingo A, Brazeiro A, Defeo O, Phillip RA. Marine debris ingestion by albatrosses in the southwest Atlantic Ocean. Marine Pollution Bulletin, 96(1): 149-154, 2015.

Joucentin P, Weimerskirch H. Satellite Tracking the Wandering Albatross. Nature 343: 746-748, 1990.

Tanaka K, et al. Accumulation of plastic-derived chemicals in tissues of seabirds ingesting marine plastics. Marine Pollution Bulletin, 69(1): 219-222, 2013.

Merrell TR. Accumulation of plastic litter on beaches of Amchitka Island, Alaska. Marine Environmental Research, 3(3): 171-184, 1980.

Mäder A, Costa AS, Casa Jr GE, Sander M. 2010. Ingestão de Lixo Marinho Por Procellariiformes Arribados nas Praias do Rio Grande do Sul, p. 01305-01307. In: Anais do III Congresso Brasileiro de Oceanografia, 3p.

MMA. 2013. IV Contribuições para IV Conferência Nacional de Meio Ambiente: Texto Orientador.

Morris RJ. Plastic debris in the surface waters of the South Atlantic. Marine

Pollution Bulletin, 11(6): 164–166, 1980.

Moser ML, Lee DS. A Fourteen-Year Survey of Plastic Ingestion by Western North Atlantic Seabirds. Colonial Waterbirds, 15(1): 83-94, 1992.

Neves T, Olmos F, Peppes F, Mohr VL. Plano de Ação Nacional para a Conservação de Albatrozes e Petréis: (planacap). Brasília: Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais RenovÁveis, 2006.

Olmos F, bugoni L, Neves T, Peppes F. 2006. Caracterização das Aves Oceânicas que Interagem com a Pesca de Espinhel no Brasil, p. 37-64. In: Neves T, Bugoni L, Rossi-Wongtschowski CLB. Aves Oceânicas e suas Interações com a Pesca na Região Sudeste-Sul do Brasil. São Paulo: Câmara Brasileira de Livros. p.104.

Petry MV, Petersen SE, Scherer JFM, Krüger L, Scherer AL. Notas sobre a ocorrência e dieta de Macronectes giganteus (Procellariiformes: Procellariidae) no Rio Grande do Sul, Brasil. Revista Brasileira de Ornitologia, 18(3): 237-239, 2010.

Perez MS. 2016. Conteúdo gastrointestinal de petréis (Aves: Procellariiformes) no Litoral do Rio Grande do Sul, Brasil: análise dos itens alimentares e resíduos poliméricos. Dissertação (Mestrado) - Curso de Faculdade de Biociências, Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul, 47p.

Perez MS, et al. Diet of the Atlantic Petrel *Pterodroma incerta* during the non-breeding season. Marine Ornithology, 47(1): 43-47, 2018.

Roman L, Hardesty BD, Hindell MA, Wilcox C. A quantitative analysis linking seabird mortality and marine debris ingestion. Scientific Reports, 9(1): 1-7, 2019.

Ryan PG. The incidence and characteristics of plastic particles ingested by seabirds. Marine Environmental Research, 23(3): 175-206, 1987.

RYAN, P. G.. Effects of ingested plastic on seabird feeding: Evidence from chickens. Marine Pollution Bulletin, [s.l] v. 19, n. 3, p. 125–128, mar. 1988.

Ryan PG. Seabirds indicate changes in the composition of plastic litter in the Atlantic and south-western Indian Oceans. Marine Pollution Bulletin, 56(8): 1406-1409, 2008.

Ryan PG, Bruyn PJN, Bester MN. Regional differences in plastic ingestion among Southern Ocean fur seals and albatrosses. Marine Pollution Bulletin, 104 (1): 207-210, 2016.

Seeliger U, Odebrecht C, Castello JP. Os Ecossistemas Costeiros e Marinho do Extremo Sul do Brasil. Rio Grande: Ecoscientia, 1998.

Sistema de Informação de Monitoramento da Biota Aquática (SIMBA). <<https://simba.petrobras.com.br/simba/web/sistema/>>. Acesso: 30/07/2020.

Franeker VJA. *et al*. Monitoring plastic ingestion by the northern fulmar Fulmarus glacialis in the North Sea. Environmental Pollution, 159(10): 10, 2609-2615, 2011.

Wilcox C, Sebille EV, Hardesty BD. Threat of plastic pollution to seabirds is global, pervasive, and increasing. Proceedings Of The National Academy Of Sciences, 112(38): 11899-11904, 2015.