

Prevalência e Tipos de Plásticos em Albatrozes e Petréis (Aves: Procellariiformes): Recorte Espacial da Costa Sudeste e Sul do Brasil, de 2015 a 2019

Gabriel D. do Nascimento¹, Alice Pereira², Guilherme R. R. Brito¹, Cristiane K. M. Kolesnikovas³ & Patricia Pereira Serafini⁴

Recebido em 30/11/2020 – Aceito em 05/08/2021

¹ Universidade Federal de Santa Catarina/UFSC, Florianópolis/SC, Brasil. <gabrielnsctufsc@gmail.com, g.brito@ufsc.br>

² Projeto Albatroz, Florianópolis/SC, Brasil. <apereira@projetoalbatroz.org.br>

³ Associação R3 Animal, Florianópolis/SC, Brasil. <criskolesnikovas@gmail.com>

⁴ Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade/ICMBio, Centro Nacional de Pesquisa e Conservação de Aves Silvestres/CEMAVE, Florianópolis/SC, Brasil. CEP: 88.053-700. <patricia.serafini@icmbio.gov.br>

RESUMO – A ordem Procellariiformes reúne grande número de espécies ameaçadas de extinção, e sua diversidade no Brasil implica responsabilidades para a conservação. Ameaças como a ingestão de plásticos impactam negativamente os albatrozes e petréis em nível global. Assim, realizamos a quantificação e classificação de resíduos poliméricos em espécimes de Procellariiformes encontrados em praias de Florianópolis ou capturados incidentalmente na pesca industrial no sul e sudeste do Brasil. Foram analisados tratos digestórios de 44 espécimes pertencentes a nove espécies. Para identificação da localização dos itens ingeridos, o trato digestivo foi separado em três porções – esôfago, proventrículo e ventrículo. Os resíduos > 5mm foram medidos e classificados em “fragmentos plásticos”, *pellets*, *nylon* e outros. Macroplásticos foram encontrados em 13 indivíduos de seis espécies das famílias Diomedidae e Procellariidae. *Procellaria aequinoctialis* apresentou as maiores frequências de macroplástico (80%) dos espécimes analisados. No geral, os fragmentos plásticos foram o tipo de resíduo mais frequente. O ventrículo foi a porção do trato digestório com maior quantidade de macroplástico. Evidências deste estudo reforçam que Procellariiformes estão consumindo plástico no Atlântico Sul. A quantificação, o monitoramento e a padronização de análises são importantes para subsidiar e orientar medidas de manejo e a implementação da Política Nacional de Resíduos Sólidos, visando a conservação dos ambientes marinhos e fauna associada.

Palavras-chave: Atlântico Sul; resíduos sólidos; aves marinhas.

Prevalence and Type of Plastic in Albatrosses and Petrels (Birds: Procellariiformes): Spatial Clipping from Brazil’s Southeast and South Coast from 2015 until 2019

ABSTRACT – Procellariiformes includes many threatened species and its diversity in Brazil implies responsibilities for conservation. Threats such as the ingestion of plastics negatively affect albatrosses and petrels globally. In this context, we carried out the quantification and classification of polymeric residues in Procellariiformes found in beaches of Florianópolis and captured incidentally by industrial fishing in other regions of southern Brazil. To identify the location of ingested items, digestive tracts of 44 specimens of nine species were analyzed, and these were separated into esophagus, proventricle and ventricle. Debris > 5 mm were measured and classified into plastic fragments, *pellets*, *nylon* and others. Macroplastic was found in 13 specimens of six individuals from families Diomedidae and Procellariidae. *Procellaria aequinoctialis* presented higher frequencies of macroplastic (80%) of the analyzed specimens. Plastic fragments were the most frequent type of debris. The ventricle was the portion of the digestive tract with the largest amount of macroplastic. This study provides additional evidence that Procellariiformes are consuming plastics in the South Atlantic. The quantification, monitoring and standardization of analyzes are important to support and guide measures for the management and implementation of the Brazilian Solid Waste Policy, aiming at the conservation of marine environments and associated fauna.

Keywords: Solid waste; seabirds; South Atlantic.

Prevalencia y Tipo de Plástico en Albatros y Petreles (Aves: Procellariiformes): Recorte Espacial de la Costa Sureste y Sur de Brasil de 2015 hasta 2019

RESUMEN – La Orden Procellariiformes reúne una gran cantidad de especies en peligro de extinción y su diversidad en Brasil implica responsabilidades de conservación. Amenazas como la ingestión de plásticos afectan negativamente a los albatros y petreles a nivel mundial. Así, realizamos la cuantificación y clasificación de residuos poliméricos encontrados en las playas de Florianópolis y capturados incidentalmente en la pesca industrial en el sur de Brasil. Con el fin de identificar la ubicación de los elementos ingeridos, se analizaron tractos digestivos de 44 especímenes de nueve especies, y estos tractos se separaron en esófago, proventrículo y ventrículo. Los residuos > 5 mm se midieron y clasificaron en “fragmentos de plástico”, *pellets*, *nailon* y otros. Se encontró macroplástico en 13 individuos de seis especies: familias Diomedéidae y Procellariidae. *Procellaria aequinoctialis* presentó mayores frecuencias de macroplástico (80%) de los especímenes analizados. Los “fragmentos de plástico” fueron los tipos de debris más frecuentes. El ventrículo fue la porción del tracto digestivo con la mayor cantidad de macroplástico. Este estudio corrobora la hipótesis de que los Procellariiformes están consumiendo plásticos en el Atlántico Sur. La cuantificación, seguimiento y estandarización de los análisis son importantes para sustentar y orientar las medidas de gestión e implementación de la política nacional de residuos sólidos, mirando a la conservación de los ambientes marinos y la fauna asociada.

Palabras clave: Residuos sólidos; aves marinas; Atlántico Sur.

Introdução

Bioindicadores são organismos que fornecem informações sobre a qualidade do meio ambiente, desde ecossistemas marinhos profundos até *habitat* terrestres (Burger, 2006; Holt & Miller, 2011; Bonanno & Orlando-Bonaca, 2018). As aves marinhas são empregadas em diversos estudos para monitorar mudanças climáticas e ambientais nos ecossistemas marinhos (Ramos, 2010). Esses animais são considerados bons bioindicadores, pois são fáceis de avistar no ambiente em relação a outras espécies subaquáticas, possuem comportamento de reprodução colonial, são longevos, entre outros (Piatt *et al.*, 2007). Esse grupo engloba aves pelágicas, que podem realizar longas viagens, cobrindo milhares de quilômetros em busca de alimento (Jouventin & Weimerskirch, 1990; Phillips *et al.*, 2016). Há registros de, pelo menos, 45 espécies de albatrozes e petréis no Brasil (Saviolli *et al.*, 2020, Pacheco *et al.*, 2021), sendo as águas adjacentes à costa da região sul importantes áreas de alimentação para essas aves (Carneiro *et al.*, 2020).

Procellariiformes sofrem diversas ameaças concomitantes, o que torna essa ordem a que apresenta a maior proporção de espécies ameaçadas de extinção na classe Aves (Phillips *et al.*, 2016). Uma das ameaças identificadas é o contato com diferentes tipos de resíduos derivados

do petróleo pertencentes ao grupo dos polímeros, também conhecidos como resíduos plásticos, presentes nos oceanos, devido ao descarte inadequado oriundo de atividades antrópicas (Roman *et al.*, 2019). Os resíduos poliméricos ingeridos podem ser classificados por tamanho (Kershaw, 2019). O macroplástico já foi registrado em numerosos estudos sobre conteúdo estomacal de aves marinhas (Fry *et al.*, 1987; Huin & Croxall, 1996; Colabuono *et al.*, 2009; Jiménez *et al.*, 2015; Cartraud *et al.*, 2019; Baak *et al.*, 2020). Duas classes de macroplástico são mais frequentes (Ryan, 1987): fragmentos de plástico e *pellets*. Fragmentos de plástico são pequenos pedaços provenientes de estruturas maiores, descartados intencional ou acidentalmente no mar (Merrell, 1980). *Pellets*, por sua vez, são esferas ou cilindros de polietileno ou polipropileno de variados tamanhos, usados como matéria-prima pela indústria, ou seja, são um estágio intermediário na manufatura do plástico (Karlsson *et al.* 2018), que podem chegar aos oceanos por erros de manejo e transporte (Sheavly & Register, 2007).

Após a ingestão, esses resíduos poliméricos passam pelo esófago e chegam ao proventrículo e ventrículo. O proventrículo é responsável pela secreção gástrica para a digestão (Battley & Piersma, 2005), enquanto o ventrículo retém itens não digeridos, que são triturados para que possam ser eliminados pela cloaca (Colabuono & Vooren,

2007). Os albatrozes conseguem regurgitar restos alimentares de difícil digestão ou não digeridos, mas, nos petréis, tais restos alimentares ficam retidos no ventrículo por mais tempo. Quanto a isso, é importante entender que a maioria dos Procellariidae apresentam constrição acentuada entre os dois compartimentos, impedindo que os materiais no ventrículo retornem ao proventrículo (Ryan, 1988; Colabuono *et al.*, 2009; Jiménez *et al.*, 2015).

O acúmulo de macropástico no trato digestivo pode causar redução do volume funcional do proventrículo e ventrículo (Connors & Smith, 1982), ulcerações (Bourne & Imber, 1982), sufocamento ou obstrução do trato gastrointestinal e óbito (Roman *et al.*, 2019). Além disso, a acumulação de compostos químicos derivados da degradação dos resíduos poliméricos (e.g. aditivos como plastificantes e retardantes de chama) já foi documentada na fauna marinha (Hardesty *et al.*, 2015; Provencher *et al.*, 2020). Muitos desses compostos são potencialmente tóxicos e conhecidos por induzir uma variedade de efeitos crônicos e subletais, incluindo disfunção endócrina, disrupção de resposta do sistema imune, mutagênese e carcinogênese (Finkelstein *et al.*, 2007; Fossi *et al.*, 2018). A acumulação desses compostos por um longo tempo (e.g. lixiviação crônica de partículas de plástico retidos no estômago) pode afetar o ciclo de vida e o sucesso reprodutivo das espécies, levando a danos em níveis populacionais no longo prazo (Finkelstein *et al.*, 2007; Hardesty *et al.*, 2015).

O Acordo Internacional para a Conservação dos Albatrozes e Petréis (ACAP), vinculado à Convenção sobre Espécies Migratórias (CMS) das Nações Unidas (ONU), bem como a Convenção para a Conservação dos Recursos Vivos Marinhos Antárticos (CCAMLR) e a Organização Internacional Marítima (IMO), classificam como preocupantes os impactos de macro e micropástico na dieta e no ambiente das aves marinhas. Isso é especialmente grave sobre as espécies ameaçadas de extinção, como albatrozes e petréis (Roman *et al.*, 2020). O objetivo deste estudo foi quantificar e qualificar macropásticos em tratos digestórios de Procellariiformes amostrados na costa sul e sudeste do Brasil, entre 2015 e 2019.

Material e Métodos

Tratos digestórios foram obtidos de aves Procellariiformes encalhadas em praias ou capturadas incidentalmente pela pesca (Tabela 1), entre 2015 e 2019. Os espécimes de Procellariiformes encontrados mortos, ou que vieram a óbito no período de reabilitação, foram obtidos entre abril e dezembro de 2019, além de um espécime de agosto de 2018. Essas aves foram coletadas no âmbito do Projeto de Monitoramento de Praias da Petrobras/Bacia de Santos (PMP-BS), coordenado pela UNIVALI (Universidade do Vale do Itajaí) e executado pela Associação R3 Animal, em Florianópolis, Santa Catarina. O PMP monitora as praias do Sul e Sudeste em busca de animais encalhados, sejam debilitados ou carcaças, atendendo à condicionante do licenciamento ambiental federal, conduzido pelo Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e Recursos Naturais Renováveis (IBAMA) para as atividades de produção e escoamento de petróleo e gás natural. As aves Procellariiformes mortas incidentalmente pela pesca industrial foram capturadas em embarques ocorridos de 2015 a 2017, entre 20°S e 33°S, abrangendo a região Sul e Sudeste do litoral brasileiro e cedidas pelo Projeto Albatroz ao Banco Nacional de Amostras Biológicas de Albatrozes e Petréis (BAAP). O Projeto Albatroz participa como convidado nas atividades de pesca industrial realizando pesquisas relacionadas à mitigação da mortalidade de albatrozes e petréis pela pesca de espinhel de superfície.

Para a coleta e classificação de macropástico no trato gastrointestinal, seguiu-se Colabuono *et al.* (2009), com modificações feitas por Van Franeker *et al.* (2011) e Jiménez *et al.* (2015). Os tratos digestórios foram descongelados em temperatura ambiente por duas horas, e, então, seccionados e separados em esôfago, proventrículo e ventrículo. Em seguida, cada porção foi processada separadamente, e seu conteúdo colocado em uma peneira de malha de 5mm. Os resíduos plásticos presentes na peneira foram transferidos para a placa de Petri, e esta foi tampada, a fim de secar a temperatura ambiente de 24 a 48 horas. Posteriormente, os itens foram classificados nas seguintes categorias:

- A. Fragmentos de plástico (pedaços rígidos de objetos maiores ou pedaços de sacos plásticos e embalagens);
- B. *Pellets*;
- C. Linhas de nylon;
- D. Outros (resíduos não-poliméricos, como folha de alumínio, papel, madeira, metais, e outros materiais).

Tabela 1 – Lista das aves analisadas neste estudo. O número de tomo se refere a tombamento em duas instituições: Banco Nacional de Amostras Biológicas e Albatrozes e Petréis (BAAP) e códigos numéricos com o identificador do indivíduo (ii) são das amostras e registros no âmbito do Projeto de Monitoramento de Praias da Petrobras/Bacia de Santos (PMP-BS), coletadas entre 2015 e 2019.

Espécie	Família	Origem	Número de tomo
<i>Thalassarche melanophris</i>	Diomedidae	Captura incidental pela pesca	BAAP11
<i>Diomedea dabbenena</i>	Diomedidae	Captura incidental pela pesca	BAAP147
<i>Thalassarche melanophris</i>	Diomedidae	Captura incidental pela pesca	BAAP148
<i>Procellaria aequinoctialis</i>	Procellariidae	Captura incidental pela pesca	BAAP149
<i>Procellaria aequinoctialis</i>	Procellariidae	Captura incidental pela pesca	BAAP160
<i>Procellaria aequinoctialis</i>	Procellariidae	Captura incidental pela pesca	BAAP161
<i>Procellaria aequinoctialis</i>	Procellariidae	Captura incidental pela pesca	BAAP162
<i>Thalassarche melanophris</i>	Diomedidae	Captura incidental pela pesca	BAAP163
<i>Thalassarche melanophris</i>	Diomedidae	Captura incidental pela pesca	BAAP217
<i>Procellaria aequinoctialis</i>	Procellariidae	Captura incidental pela pesca	BAAP218
<i>Procellaria aequinoctialis</i>	Procellariidae	Captura incidental pela pesca	BAAP220
<i>Thalassarche melanophris</i>	Diomedidae	Captura incidental pela pesca	BAAP221
<i>Thalassarche melanophris</i>	Diomedidae	Captura incidental pela pesca	BAAP225
<i>Thalassarche melanophris</i>	Diomedidae	Captura incidental pela pesca	BAAP229
<i>Thalassarche melanophris</i>	Diomedidae	Captura incidental pela pesca	BAAP231
<i>Thalassarche melanophris</i>	Diomedidae	Captura incidental pela pesca	BAAP232
<i>Procellaria aequinoctialis</i>	Procellariidae	Captura incidental pela pesca	BAAP293
<i>Procellaria aequinoctialis</i>	Procellariidae	Captura incidental pela pesca	BAAP294
<i>Thalassarche melanophris</i>	Diomedidae	Encalhe em Florianópolis	ii054343
<i>Thalassarche chlororhynchos</i>	Diomedidae	Encalhe em Florianópolis	ii054281
<i>Calonectris borealis</i>	Procellariidae	Encalhe em Florianópolis	ii054293
<i>Macronectes giganteus</i>	Procellariidae	Encalhe em Florianópolis	ii101590
<i>Oceanites oceanicus</i>	Hydrobatidae	Encalhe em Florianópolis	ii106415
<i>Calonectris borealis</i>	Procellariidae	Encalhe em Florianópolis	ii106416
<i>Calonectris borealis</i>	Procellariidae	Encalhe em Florianópolis	ii106417
<i>Procellaria aequinoctialis</i>	Procellariidae	Encalhe em Florianópolis	ii126969
<i>Calonectris borealis</i>	Procellariidae	Encalhe em Florianópolis	ii128226
<i>Macronectes giganteus</i>	Procellariidae	Encalhe em Florianópolis	ii134289
<i>Calonectris borealis</i>	Procellariidae	Encalhe em Florianópolis	ii137775
<i>Thalassarche melanophris</i>	Diomedidae	Encalhe em Florianópolis	ii143695
<i>Macronectes giganteus</i>	Procellariidae	Encalhe em Florianópolis	ii147734
<i>Macronectes giganteus</i>	Procellariidae	Encalhe em Florianópolis	ii148039
<i>Puffinus puffinus</i>	Procellariidae	Encalhe em Florianópolis	ii154621
<i>Puffinus puffinus</i>	Procellariidae	Encalhe em Florianópolis	ii154630
<i>Procellaria aequinoctialis</i>	Procellariidae	Encalhe em Florianópolis	ii155041
<i>Puffinus puffinus</i>	Procellariidae	Encalhe em Florianópolis	ii156794
<i>Puffinus puffinus</i>	Procellariidae	Encalhe em Florianópolis	ii156897
<i>Pterodroma incerta</i>	Procellariidae	Encalhe em Florianópolis	ii167164
<i>Puffinus puffinus</i>	Procellariidae	Encalhe em Florianópolis	ii168617

<i>Puffinus puffinus</i>	Procellariidae	Encalhe em Florianópolis	ii168954
<i>Puffinus puffinus</i>	Procellariidae	Encalhe em Florianópolis	ii177983
<i>Puffinus puffinus</i>	Procellariidae	Encalhe em Florianópolis	ii178278
<i>Puffinus puffinus</i>	Procellariidae	Encalhe em Florianópolis	ii179196
<i>Thalassarche chlororhynchos</i>	Diomedidae	Encalhe em Florianópolis	ii181558

Fonte: Banco de dados do BAAP (www.baap.org.br) e do Sistema de Informação de Monitoramento de Biota aquática (SIMBA) <<https://simba.petrobras.com.br/simba/web/sistema/>> Acesso em: 30/07/2020.

Para averiguar se houve diferença na frequência de plásticos entre animais encalhados e na captura incidental, foi utilizado o método de qui-quadrado; e para a estatística descritiva (média, porcentagem e frequência de ocorrência), foi utilizado o software Microsoft Office Excel®.

Resultados

Três famílias da ordem Procellariiformes foram amostradas, sendo possível observar macroplástico em 100% das espécies da família Procellariidae (petréis e pardelas), 33% das espécies de Diomedidae (albatrozes) e em nenhuma ave da família Hydrobatidae (*Oceanites oceanicus*). Das nove espécies analisadas, seis (67%) apresentaram plástico, entre essas, 13 indivíduos possuíam macroplástico em seu trato digestório, representando 30% do total das amostras de Procellariiformes. Em outras três espécies, não foram registrados quaisquer resíduos em seu trato digestório, sendo elas *Diomedea dabbenena*, *Thalassarche chlororhynchos* e *O. oceanicus*.

Quarenta e quatro tratos digestórios de Procellariiformes foram analisados, sendo eles: um de *D. dabbenena*; 11 de *T. melanophris*; dois de

T. chlororhynchos; 10 de *Procellaria aequinoctialis*; nove de *Puffinus puffinus*; cinco de *Calonectris borealis*; quatro de *Macronectes giganteus*; um de *Pterodroma incerta* e um de *O. oceanicus*.

Entre as cinco espécies da família Procellariidae, *P. aequinoctialis* apresentou macroplástico em 80% dos indivíduos. Para as outras espécies dessa família, a frequência de macroplástico foi de 25% para *M. giganteus*; 22% em *P. puffinus*; 20% em *C. borealis*, e presente no único indivíduo de *P. incerta* analisado. Na família Diomedidae, foi encontrado macroplástico em apenas um indivíduo de *T. melanophris*.

Considerando as categorias de macroplástico, os fragmentos plásticos estavam presentes em 63% das amostras, seguido por pellets (16%), nylon (11%) e outros (10%). Os fragmentos plásticos foram o tipo de macroplástico mais frequente em *P. aequinoctialis* e *P. puffinus* e o único tipo de macroplástico encontrado em *C. borealis*. Além disso, *P. aequinoctialis*, apesar de ter apenas dois indivíduos com presença de macroplástico, foi a única espécie em que todas as categorias foram registradas (Figura 1).

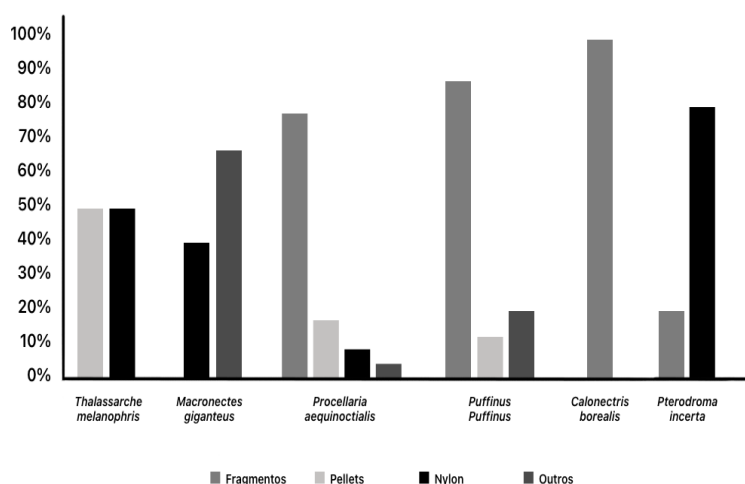


Figura 1 – Porcentagem das categorias de macroplástico encontradas nas espécies de albatrozes e petréis (Procellariiformes) coletadas e analisadas na costa sudeste e sul do Brasil, coletadas entre 2015 e 2019.

Na maioria das espécies, a maior parte dos resíduos plásticos estava no ventrículo (Figura 2). Todas as espécies apresentaram macroplástico no ventrículo e nenhuma no esôfago.

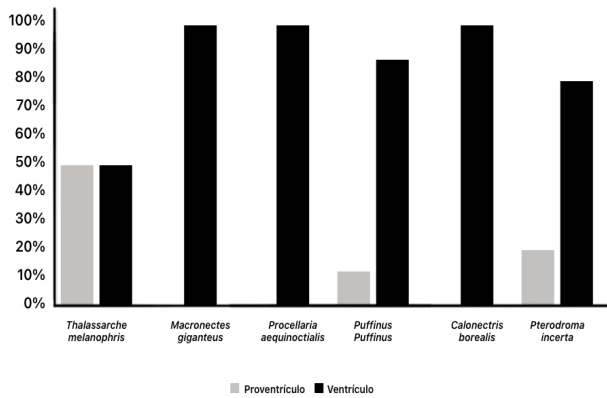


Figura 2 – Porcentagem de macroplástico encontrada no proventrículo e ventrículo de albatrozes e petréis (Procellariiformes) no sudeste e sul do Brasil, coletadas entre 2015 e 2019.

O tamanho médio do macroplástico variou de 0,8 a 67,05mm nas cinco espécies analisadas (Figura 3), e os valores médios para cada categoria de macroplástico foram: Fragmento plásticos 5,36

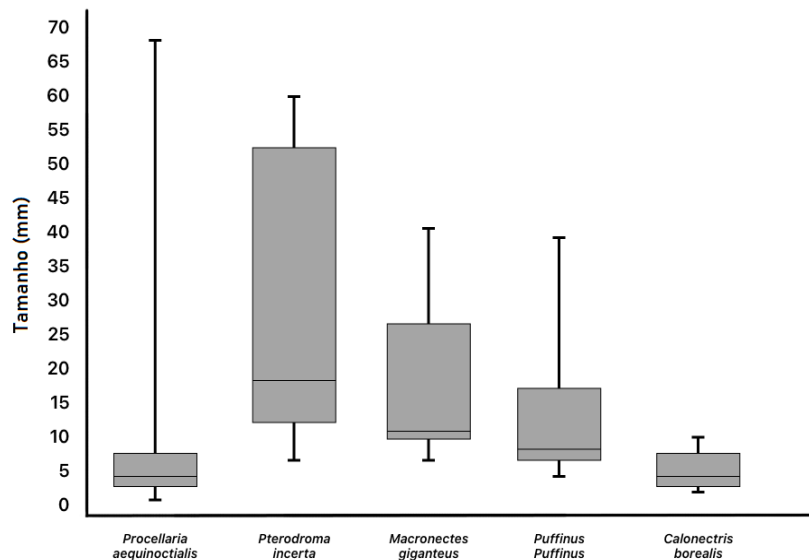


Figura 3 – Tamanho médio dos macroplásticos encontrados nas espécies de albatrozes e petréis do sudeste e sul do Brasil, coletadas entre os anos de 2015 e 2019.

$\pm 2,60\text{mm}$ (máximo de 11,3mm); *Pellets* 2,61mm $\pm 1,62\text{mm}$ (máx. de 4,3mm); *nylon* 85,40mm $\pm 155,84\text{mm}$ (máx. de 496,9mm) e outros 13,81mm e $\pm 10,20\text{mm}$ (máx. de 40,7mm).

Os valores médios do tamanho dos macroplásticos para cada espécie foram: *C. borealis* 4,65mm $\pm 1,94\text{mm}$ (máximo de 7,3mm); *P. aequinoctialis* 6,47mm $\pm 9,07\text{mm}$ (máx. de 67,05mm); *P. puffinus* 8,21 mm $\pm 5,72\text{mm}$ (máx. de 18mm); *M. giganteus* 14,48 mm $\pm 13,66\text{mm}$ (máx. de 39,2mm); *P. incerta* 29,38mm $\pm 22,94\text{mm}$ (máx. de 60,1mm) e *T. melanophris* 249,45mm $\pm 349,94\text{mm}$ (máx. de 496,9mm). *Thalassarche melanophris* não foi incluído na análise do tamanho médio do macroplástico por causa do número baixo de resíduos encontrados no trato digestório (um *pellet* de 2mm e um fio de *nylon* de 496,9mm).

Foi observado que seis aves oriundas da pesca incidental e sete espécies encalhadas em praias possuíam plástico em seu trato digestivo. Após análise de qui-quadrado, não houve diferenças estatísticas na frequência de macroplástico entre os dois grupos de amostras ($\chi^2 = 0,193$, $df = 1$, $P > 0.05$).

Discussão

Os resultados reforçam o panorama preocupante da ingestão de plástico pelas aves marinhas pelágicas, bem como a importância dessas aves como indicadores da qualidade dos oceanos (Piatt *et al.*, 2007; Ramos 2010; Bonanno & Orlando-Bonaca, 2018).

A utilização de metodologia empregada por Colabuono *et al.* (2009), com modificações feitas por Van Franeker *et al.* (2011) e Jiménez *et al.* (2015), e também contemplada pelo protocolo definido pelo ACAP, permitem o norteamento para uma metodologia padronizada, sendo essencial para o conjunto de pesquisas nessa área, para que estudos de diferentes países possam ser compartilhadas, comparáveis e complementares, pois os Procellariiformes distribuem-se globalmente.

Colabuono *et al.* (2009), ao avaliarem a presença de plástico em 193 aves Procellariiformes coletados entre 1994 a 2005, detectaram plástico em 38,3% dos animais amostrados, sendo em 62% dos petréis e 12% dos albatrozes. A proporção de espécimes e famílias (Procellariidae 100%, Diomedidae 33%) que ingeriram plástico são similares à do presente estudo, embora nossa amostragem tenha ocorrido em menor período de tempo (de 2015 a 2019).

Foram identificadas quatro categorias de resíduos e maior frequência de ingestão de macrolástico em *Procellaria aequinoctialis*, resultado pode ter sido influenciado pelo número amostral de *P. aequinoctialis* (10 indivíduos), no entanto outras espécies com tamanhos amostrais semelhantes, como *T. melanophris* (n = 11) e *P. puffinus* (n = 9) não apresentaram prevalências semelhantes. *P. aequinoctialis* e *T. melanophris* estão entre as espécies mais abundantes das regiões pelágicas do sul e sudeste do país, e ambas possuem o hábito de seguir embarcações de pesca.

Bourne & Imber (1982) sugerem que animais mortos por espinhel teriam maior frequência de ingestão de plástico, uma vez que esse resíduo comumente é descartado pelas tripulações nos oceanos, disponibilizando-as para a ingestão por essas espécies oceânicas. Todavia, Colabuono *et al.* (2009), analisando 115 aves encontradas mortas em praias no estado do Rio Grande do Sul e 78 capturados incidentalmente por pesca pelágica, não observaram diferenças significativas na frequência de plástico nos tratos digestórios entre as aves encontradas mortas em praias e

oriundas da pesca incidental. Esses resultados corroboram com os dados deste estudo, embora seja evidente o a desigualdade do número de aves analisadas entre os estudos.

Todas as espécies que ingeriram macrolástico apresentaram esses itens no ventrículo, semelhante ao reportado em outros estudos (Colabuono *et al.*, 2009, Donnelly-Greenan *et al.*, 2015, Jiménez *et al.*, 2015; Perez, 2016). Espécies da família Procellariidae possuem o estreitamento na região entre o proventrículo e ventrículo (*Isthmus gastris*), que é mais comprimido do que nos albatrozes (Ryan, 1988; Colabuono & Vooren, 2007). O menor diâmetro dessa região em Procellariidae pode impedir que os indivíduos regurgitem macrolástico e outros resíduos após a passagem por essa porção do trato, levando ao acúmulo de material no ventrículo (Colabuono *et al.*, 2009; Perez, 2016). Essa particularidade anatômica poderia explicar a maior frequência de macrolástico no ventrículo de Procellariidae e a menor incidência de plásticos em Diomedidae. É provável que a ausência de resíduos poliméricos no presente estudo para *O. oceanicus*, *T. chlororhynchos* e *D. dabbenena* seja devida ao menor tamanho amostral.

Petry e Benemann (2017) investigaram a frequência e quantidade de detritos marinhos ingeridos por *P. aequinoctialis* (n = 114) mortas nas praias de Balneário Pinhal e Mostardas, no estado do Rio Grande do Sul, no sul do Brasil, nas últimas três décadas. Os autores sugerem que a frequência de resíduos sólidos ingeridos por *P. aequinoctialis* tem aumentado ao longo do tempo, influenciado pela maior disponibilidade de plásticos em áreas de alimentação, estratégia de forrageamento e características anatômicas das aves. Dessa forma, a maior frequência observada neste estudo é um possível efeito da combinação desses fenômenos.

Fragmentos plásticos foi a categoria prevalente no trato digestório das espécies, padrão observado nos últimos anos também para outras espécies como *Oceanodroma tristrami* no Pacífico (Rapp *et al.*, 2017), famílias Diomedidae e Procellariidae (Ryan, 2008; Barbier, 2009; Bond *et al.*, 2014; Van Franeker & Law, 2015), e em *Stercorarius antarcticus* (Ibañez *et al.*, 2020) no oceano Atlântico. Esses estudos sugerem que a maior quantidade de resíduos sólidos disponíveis para as aves nos oceanos seria constituída por

plástico já manufaturado e posteriormente, fragmentado pela ação do tempo (Ryan, 2008; Van Franeker & Law, 2015; Petry & Benemann, 2017).

O nylon teve o maior tamanho médio em relação às outras categorias de resíduos, e isso pode ser explicado pelo fato de esse material ser comercializado em diferentes metragens para a confecção de linhas e redes de pesca. Os *pellets*, que foram os menores objetos encontrados, são utilizados como matéria-prima para manufatura de objetos plásticos e possuem tamanhos mais padronizados (Karlsson *et al.*, 2018).

Apesar do número amostral não expressivo, observamos que as espécies de Procellariiformes são vulneráveis ao plástico, e que a sua ingestão é um fenômeno comum. Através do método utilizado, foi possível identificar qual o tipo de resíduo plástico mais impacta negativamente as aves e em qual região do trato digestivo há maior acúmulo. Nossos resultados ressaltam a necessária continuidade de investigações para monitorar a prevalência de ingestão de macropástico regularmente, em diferentes áreas geográficas. Tais informações são essenciais para ampliar o conhecimento desse impacto antrópico sobre as populações de aves marinhas e subsidiar ações de educação, manejo adequado dos resíduos e fiscalização para a efetiva implementação da Política Nacional de Resíduos Sólidos.

Agradecimentos

Agradecemos ao CEMAVE/ICMBio, à UFSC, ao Projeto Albatroz, ao Banco Nacional de Amostras de Albatrozes e Petréis (BAAP), à Associação R3 Animal, ao LaBOAC/UFSC, à bolsa fornecida pelo programa PIBIC/ICMBio, e a todos os órgãos e pessoas que – direta ou indiretamente – permitiram que este estudo pudesse ser realizado. O PMP-BS é uma atividade desenvolvida para o atendimento de condicionante do licenciamento ambiental federal, conduzido pelo IBAMA, das atividades da Petrobras de produção e escoamento de petróleo e gás natural na bacia de Santos, sob licença ABIO nº 640/2015.

Referências

- Baak JE, *et al.* Plastic ingestion by seabirds in the circumpolar Arctic: a review. *Environmental Reviews*, 28(4): 506-516, 2020.
- Battley PF, Piersma T. Adaptive Interplay Between Feeding Ecology and Features of the Digestive Tract in Birds. 2005.
- Bonanno G, Orlando-Bonaca M. Perspectives on using marine species as bioindicators of plastic pollution. *Marine Pollution Bulletin*, 137: 209-221, 2018.
- Bond AL, Provencher JF, Daoust PY, Lucas ZN. Plastic ingestion by fulmars and shearwaters at Sable Island, Nova Scotia, Canada. *Marine Pollution Bulletin*, 87(1-2): 68-75, 2014.
- Bourne WRP, Imber MJ. Plastic pellets collected by a prion on Gough Island, Central South America. *Marine Pollution Bulletin*, 13(1): 20-21, 1982.
- Burger J. Bioindicators: types, development, and use in ecological assessment and research. *Environmental Bioindicators*, 1(1): 22-39, 2006.
- Carneiro APB, *et al.* A framework for mapping the distribution of seabirds by integrating tracking, demography and phenology. *Journal of Applied Ecology*, 57(3): 514-525, 2020.
- Cartraud AE, Corre ML, Turquet J, Tourmetz J. Plastic ingestion in seabirds of the western Indian Ocean. *Marine Pollution Bulletin*, 140: 308-314, 2019.
- Colabuono FI, Vooren CM. Diet of Black-browed *Thalassarche melanophrys* and Atlantic Yellow-nosed *T. chlororhynchos* Albatrosses and White-chinned *Procellaria aequinoctialis* and Spectacled *P. conspicillata* Petrels off southern Brazil. *Marine Ornithology*, 35(1): 9-20, 2007.
- Colabuono FI, Barquete V, Domingues BS, Montone RC. Plastic ingestion by Procellariiformes in Southern Brazil. *Marine Pollution Bulletin*, 58(1): 93-96, 2009.
- Connors PG, Smith KG. Oceanic plastic particle pollution: suspected effect on fat deposition in red phalaropes. *Marine Pollution Bulletin*, 13(1): 18-20, 1982.
- Donnelly-Greenan E, Hyrenbach D, Beck J, Fitzgerald S, Nevins H, Hester M. First quantification of plastic ingestion by Short-tailed Albatross *Phoebastria albatrus*. *Marine Ornithology*, 46(1): 79-84, 2015.
- Finkelstein ME, *et al.* Contaminant-associated alteration of immune function in black-footed albatross (*Phoebastria nigripes*), a North Pacific predator. *Environmental Toxicology and Chemistry: An International Journal* 26: 1896-1903, 2007.

- Fossi MC, Panti C, Baini M, Lavers JL. A review of plastic-associated pressures: cetaceans of the Mediterranean Sea and Eastern Australian shearwaters as case studies. *Frontiers in Marine Science*, 5: 173, 2018.
- 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.
- Hardesty BD, Holdsworth D, Revill AT, Wilcox C. A biochemical approach for identifying plastics exposure in live wildlife. *Methods in Ecology and Evolution* 6: 92-98, 2015.
- Holt EA, Miller SW. Bioindicators: using organisms to measure environmental impacts. *Nature Education Knowledge*, 2(2): 1-8, 2011.
- Huin N, Croxall JP. Fishing Gear, Oil and Marine Debris Associated with Seabirds at Bird Island, South Georgia, During 1993/1994. *Marine Ornithology*, 24(9): 19-22, 1996.
- Ibañez, AE, et al. Plastic ingestion risk is related to the anthropogenic activity and breeding stage in an Antarctic top predator seabird species. *Marine Pollution Bulletin*, 157: 111351, 2020.
- Jiménez S, Domingo A, Brazeiro A, Defeo O, Phillips RA. Marine debris ingestion by albatrosses in the southwest Atlantic Ocean. *Marine Pollution Bulletin*, 96(2): 149-154, 2015.
- Jouventin P, Weimerskirch H. Satellite tracking of wandering albatrosses. *Nature*, 343(6260): 746-748, 1990.
- Karlsson TM, Arneborg L, Brostrom G, Almroth BC, Gipperth L, Hasselov M. The unaccountability case of plastic pellet pollution. *Marine Pollution Bulletin*, 129(1): 52-60, 2018.
- Kershaw PJ, Turra A, Galgani F. Guidelines for the monitoring and assessment of plastic litter and microplastics in the ocean. Group of Experts on the Scientific Aspects of Marine Environmental Protection (GESAMP). 130p. 2019.
- Merrell TR. Accumulation of plastic litter on beaches of Amchitka Island, Alaska. *Marine Environmental Research*, 3(3): 171-184, 1980.
- Pacheco JF, et al. Lista comentada das aves do Brasil pelo Comitê Brasileiro de Registros Ornitológicos. *Zenodo*, 2: 32-34, 2021.
- Perez MS. Conteúdo gastrointestinal de petréis (Aves: Procellariiformes) no Litoral do Rio Grande do Sul, Brasil: análise dos itens alimentares e resíduos poliméricos. Dissertação (Mestrado em Biociências). Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul. 47p. 2016.
- Petry MV, Benemann VRF. Ingestion of marine debris by the White-chinned Petrel (*Procellaria aequinoctialis*): is it increasing over time off southern Brazil? *Marine Pollution Bulletin*, 117(1-2): 131-135, 2017.
- Phillips RA, et al. The conservation status and priorities for albatrosses and large petrels. *Biol. Conserv.* 201: 169-183, 2016.
- Piatt JF, Sydeman WJ, Wiese F. Seabirds as indicators of marine ecosystems. *Marine Ecology Progress Series*, 352(0): 199-204, 2007.
- Provencher JF, Avery-Gomm S, Braune BM, Letcher RJ, Dey CJ & Mallory ML. Are phthalate ester contaminants in northern fulmar preen oil higher in birds that have ingested more plastic? *Marine Pollution Bulletin*, 150: 110679, 2020.
- Ramos JA. As Aves marinhas Como Indicadores Ecológicos. Universidade de Coimbra, 2010.
- Rapp DC, Youngren SM, Hartzell, P & Hyrenbach KD. Community-wide patterns of plastic ingestion in seabirds breeding at French Frigate Shoals, Northwestern Hawaiian Islands. *Marine Pollution Bulletin*, 123(1-2), 269-278. 2017.
- 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.
- Roman L, et al. Plastic ingestion is an underestimated cause of death for southern hemisphere albatrosses. *Conservation Letters*. 12785, 2020.
- Rossi LC, Scherer AL, Petry MV. First record of debris ingestion by the shorebird American Oystercatcher (*Haematopus palliatus*) on the Southern coast of Brazil. *Marine Pollution Bulletin*, (138): 235-240, 2019.
- Ryan PG. The incidence and characteristics of plastic particles ingested by seabirds. *Marine Environmental Research*, 23(3): 175-206, 1987.
- Ryan PG. Effects of ingested plastic on seabird feeding: evidence from chickens. *Marine Pollution Bulletin*, 19(3): 125-128, 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.
- Saviolli JY, Vanstreels RET, Neves T. *Biologia Geral e Espécies com Ocorrência no Brasil*, p. 14-18. In: Hurtado R, Saviolli, JY, Vanstreels RET (orgs.). *Reabilitação de Procellariiformes: (albatrozes, petréis, pardelas)*. 110p. 2020.

Sheavly SB, Register KM. Marine debris & plastics: environmental concerns, sources, impacts and solutions. *Journal of Polymers and the Environment*, 15(4): 301-305, 2007.

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

Van Franeker JA, Law KL. Seabirds, gyres and global trends in plastic pollution. *Environmental Pollution*, 203: 89-96, 2015.

Biodiversidade Brasileira – BioBrasil.

Edição Temática: PIBIC

n. 1, 2022

<http://www.icmbio.gov.br/revistaeletronica/index.php/BioBR>

Biodiversidade Brasileira é uma publicação eletrônica científica do Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade (ICMBio) que tem como objetivo fomentar a discussão e a disseminação de experiências em conservação e manejo, com foco em unidades de conservação e espécies ameaçadas.

ISSN: 2236-2886