

UNIVERSIDADE FEDERAL DE ALAGOAS

INSTITUTO DE CIÊNCIAS BIOLÓGICAS E DA SAÚDE – ICBS

ADRIANO CARVALHO VASCONCELOS

**AVALIAÇÃO DA INGESTÃO DE PLÁSTICO POR TARTARUGAS MARINHAS NO
LITORAL DO ESTADO DE ALAGOAS, BRASIL**

**Maceió/AL
2021**

ADRIANO CARVALHO VASCONCELOS

**AVALIAÇÃO DA INGESTÃO DE PLÁSTICO POR TARTARUGAS MARINHAS NO
LITORAL DO ESTADO DE ALAGOAS, BRASIL**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Instituto de Ciências Biológicas e da Saúde da Universidade Federal de Alagoas, como requisito para a obtenção do grau de licenciado em Ciências Biológicas.

Orientador: Prof. Dr. Robson Guimarães dos Santos.

**Maceió/AL
2021**

**Catálogo na fonte Universidade
Federal de Alagoas Biblioteca Central
Divisão de Tratamento Técnico**

Bibliotecário: Marcelino de Carvalho Freitas Neto – CRB-4 – 1767

V331a Vasconcelos, Adriano Carvalho.
Avaliação da ingestão de plástico por tartarugas marinhas no litoral do estado de Alagoas, Brasil / Adriano Carvalho Vasconcelos. – Maceió, 2021.
43 f. : il.

Orientador: Robson Guimarães dos Santos.
Monografia (Trabalho de Conclusão de Curso em Ciências Biológicas) – Universidade Federal de Alagoas. Instituto de Ciências Biológicas e da Saúde. Maceió, 2020.

Bibliografia: f. 35-43.

1. Poluição marinha - Plásticos. 2. Urbanização. 3. Ecossistemas marinhos. 4. Tartatuga-marinha - Alagoas. I. Título.

CDU: 598.133(813.5)

AGRADECIMENTOS

Agradeço ao meu orientador Prof. Dr. Robson Guimarães dos Santos pela oportunidade de realizar esse trabalho, pela amizade e compreensão em quase todo o percurso da graduação. Deixo aqui registrado todo meu carinho e admiração pelo profissional e pessoa que é.

Aos amigos de laboratório, Bibiane, Ingredy, Jacque, Larissa, Laura, Nana, Rodrigo, Thaila, João, Kallyne, Priscilla e Renata. Sem vocês o caminho seria ainda mais difícil, obrigado pelas triagens de TGI e coletas em campo.

Em especial a Julia e Cleverson, que também foram fundamentais nesse processo, e por sermos praticamente os primeiros membros do LAMARC.

A Gabi, muito obrigado pela ajuda dos mapas, sem você seria impossível ter esses mapas tão bonitos.

A equipe do Instituto Biota de Conservação, pelo apoio e aprendizado nas coletas e em outros trabalhos de campo.

Aos amigos de graduação que nesses longos cinco anos deixaram toda a caminhada mais leve.

A todos aqueles que não foram citados aqui, mas que de alguma forma me ajudou nesse trajetória durante todo o curso na UFAL.

Agradeço a todos!

Viva a ciência!

Resumo

O plástico nos oceanos é um problema crescente para a saúde dos ecossistemas marinhos. Dos impactos da poluição por plástico, a ingestão por organismos marinhos provavelmente é o mais grave e representa uma grande ameaça para a conservação das tartarugas marinhas. A ingestão de plástico pelas tartarugas tem aumentado ao longo dos últimos anos e já foi relatada para todas as espécies. Conhecer o tipo de material e o uso original dos resíduos ingeridos pelas tartarugas, bem como identificar as principais variáveis que contribuem no aporte de plástico nos ambientes marinhos costeiros é crucial para tentar prevenir a entrada deles nos ambientes e consequentemente minimizar os problemas na biota marinha. Portanto, o objetivo deste trabalho foi analisar a ingestão de plástico em tartarugas marinhas no estado de Alagoas e classificar os itens encontrados quanto ao tipo de material e ao uso original. Também foi avaliada a presença de plástico nas praias do estado e o grau de urbanização delas. Dados de imagens de satélite de luz noturna (*Night Light*) foram utilizados como *proxy* de urbanização para 15 praias ao longo da costa alagoana. Dentre os municípios analisados, Maceió apresentou praias com as maiores médias de intensidade luminosa. Para analisar a disponibilidade de plástico no ambiente, as 15 praias foram estudadas, entre os meses de fevereiro e março de 2020. Os resíduos antropogênicos encontrados foram categorizados de acordo com o tipo de material (*e.g.*, plástico rígido, plástico flexível, borracha, nylon e corda) e classificado quanto ao uso original (*e.g.*, sacolas plásticas, itens de pesca e alimentação). O plástico foi o material mais encontrado, sendo o plástico flexível mais presente, representando 40,6%, seguido do plástico rígido (19,5%) e isopor (13,8%). Para avaliação da ingestão de plástico, todo o trato digestivo das tartarugas foi analisado e todo o material encontrado foi classificado da mesma forma que os materiais encontrados nas praias. Foram analisadas 227 tartarugas marinhas da espécie *Chelonia mydas* encontradas encalhadas mortas ao longo do litoral do estado de Alagoas, entre os meses de maio de 2018 a março de 2020. Das tartarugas analisadas, 31,2% ingeriram plástico, com uma média de 6,05 itens por indivíduo. O plástico também foi o principal material ingerido, sendo o plástico flexível mais presente, representando 64,6%, seguido do nylon (24,1%). Quanto a identificação do uso original, foi possível identificar 30,3% dos itens. A maior parte dos itens (69,6%) foi classificada como fragmentos, não sendo possível determinar seu uso original. Os resultados aqui revelam a necessidade de ações mais efetivas para mitigar medidas visando a redução e/ou proibição do plástico no litoral de Alagoas, evitando assim, que esse poluente ocasione maiores danos às populações de tartarugas marinhas do local, bem como toda a biota marinha do local.

Palavras-chave: Poluição marinha. Urbanização. Ecossistema marinho. Tartaruga marinha

Abstract

Plastic in the oceans is a growing problem for the health of marine ecosystems. Regarding the impacts of plastic pollution, ingestion by marine organisms is probably the most serious and poses a major threat to sea turtle conservation. Plastic ingestion by turtles has increased over the past few years and has been reported for all species. Knowing the type of material and the original use of the debris ingested by turtles, as well as identifying the main variables that contribute to the input of plastics in coastal marine environments is crucial to try to prevent their entry into the environments and, consequently, minimize the impacts on marine biota. Therefore, the aim of this study was to analyze the plastic intake in sea turtles in the state of Alagoas and to classify the items found as to the type of material and original use. The presence of plastic on the state's beaches and the degree of beaches' urbanization was also evaluated. Data from night light satellite images were used as proxy for urbanization of 15 sampled beaches along the Alagoas coast. Among the municipalities analyzed, Maceió presented beaches with the highest average light intensity. In the same way, 15 beaches were studied regarding plastic pollution in February and March 2020. The anthropogenic debris found was categorized according to the type of material (e.g., rigid plastic, flexible plastic, rubber, nylon, and rope) and classified according to the original use (e.g., plastic bags, fishing and food items). Plastic was the most commonly found material, with flexible plastic being the most present, accounting for 40.6%, followed by rigid plastic (19.5%) and Styrofoam (13.8%). To evaluate the ingestion of plastic, the entire digestive tract of the turtles was analyzed and all the material found was classified in the same way as the materials found on the beaches. We analyzed 227 sea turtles of the species *Chelonia mydas* found stranded dead along the coast of the state of Alagoas from May 2018 to March 2020. Altogether, 31.2% of the sampled turtles ingested plastic, with an average of 6.05 items per individual. Plastic was the main material ingested, with flexible plastic being the most present (64.6%), followed by nylon (24.1%). Only one third (30.3%) of the ingested items could be identified in relation to their original use, whereas mostly (69.6%) were unidentifiable fragments. The results here reveal the need for more effective actions focusing at the reduction and/or prohibition of plastic on the coast of Alagoas, thus preventing this pollutant from causing greater damage to sea turtle populations in the area, as well as all the local marine biota.

Key-words: Marine pollution. Urbanization. Marine Ecosystem. Sea turtle

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Mapa de estudo do litoral de Alagoas, composto por 15 municípios costeiros.....	19
Figura 2: Representação das áreas criados ao longo da costa alagoana, a partir dos transectos para avaliação do lixo no ambiente.....	20
Figura 3: Representação no mapa dos pontos de coleta distribuídos nos 15 municípios alagoanos	22
Figura 4: Representação da metodologia usada em campo para avaliação da disponibilidade de plástico nas praias do estado de Alagoas.....	22
Figura 5: Representação em mapa dos dados de NL, demonstrando diferentes níveis de urbanização, com destaque para Maceió, com a maior mancha de luz noturna.....	24
Figura 6: Representação dos itens encontrados nas praias do litoral alagoano, evidenciando a alta taxa de deposição do plástico flexível, seguindo do plástico rígido e isopor. Outros materiais também foram encontrados, e com exceção de bituca de cigarro e papel, foram classificados e reunidos numa só categoria definida como “outros”	25
Figura 7: Densidade de plástico por município no sentido Norte para o Sul, evidenciando as altas taxas de Jequiá da praia, B. S. Miguel e Maceió	25
Figura 8: Uso original dos itens encontrados na costa alagoana, onde a maior parte dos itens não puderam ser identificados e classificados (58,7%). Os itens possíveis de identificação representaram 41,3% do total.	26
Figura 9: Fragmentos não identificados de plástico flexível ingeridos por indivíduo de <i>Chelonia mydas</i>	27
Figura 10: Relação entre os itens ingeridos pelas tartarugas marinhas vs itens encontrados no ambiente ao longo da costa alagoana. Para efeito comparativo, a categoria “outros” dos materiais encontrados no ambiente não foi representada no gráfico.	27
Figura 11: Relação entre a classificação do uso original dos itens ingeridos pelas tartarugas marinhas vs itens encontrados no ambiente ao longo da costa alagoana. Para efeito comparativo, a categoria “outros” do uso original dos materiais encontrados no ambiente....	28
Figura 12: Plástico flexível com uso original não identificado, porém, bastante semelhante à sacola plástica.	28
Figura 13: A) Parte central destacável de sacola plástica ingerido por tartaruga marinha; B) Itens classificados como fragmentos, porém bastante semelhantes a sacolas plásticas contrastando com a parte central destacável utilizado para a ingestão de sacolas plástica; c) Parte central destacável de sacola plástica e fragmento de copo descartável	29

Figura 14: Itens ingeridos por um indivíduo adulto de <i>Chelonia mydas</i> , destacando a variedade de formas e tipo materiais que são ingeridos por esses animais.....	30
Figura 15: Representação em mapa da densidade de lixo no ambiente em comparação com os ingeridos pelas tartarugas marinhas.	30

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	11
2	FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	12
2.1	Entrada e acúmulo do plástico nos oceanos	13
2.2	Nem todo plástico é igual.....	14
2.3	Impactos ambientais.....	15
2.4	Impactos nas tartarugas marinhas	17
3	OBJETIVOS	18
3.1	Objetivo geral:	18
3.2	Objetivos específicos:	18
4	MATERIAL E MÉTODOS	18
4.1	Área de estudo	18
4.2	Como o desenvolvimento costeiro influencia na ingestão de plástico pelas tartarugas marinhas?.....	20
4.2.1	Avaliação costeira	20
4.2.2	Poluição por plástico no ambiente	21
4.2.3	Avaliação das tartarugas marinhas.....	23
5	RESULTADOS	23
5.1	Determinação do grau de urbanização	23
5.2	Disponibilidade de plástico no ambiente.....	24
5.3	Ingestão de plástico por tartarugas marinhas.....	26
6	DISCUSSÃO	31
6.1	A influência do desenvolvimento costeiro na poluição por plástico	31
6.2	Ingestão de plástico por tartarugas.....	32
7	CONCLUSÕES	34
	REFERÊNCIAS	36

1 INTRODUÇÃO

O plástico é um material com enorme variedade de aplicações, como as indústrias de embalagens de alimento, produtos de construção civil, aplicações automotivas e hospitalares, bem como na indústria eletrônica. Por isso, a demanda de produção desse material é crescente, atingindo uma produção global de 360 milhões de toneladas em 2018 (PLASTICS EUROPE; EPRO, 2019). Com o aumento da produção, o descarte inadequado desse material no meio ambiente se torna cada vez mais comum.

A produção global de plástico aumentou rapidamente desde 2000 e tem causado preocupação na comunidade científica devido a sua onipresença dos ambientes marinhos e impactos registrados, como interações negativas com a fauna marinha (CBD, 2012), degradação do meio ambiente (BARBOZA et al., 2019; CRITCHELL et al., 2019; OSTLE et al., 2019), interferência no desenvolvimento econômico (BARNES, 2019; XANTHOS; WALKER, 2017), poluição de praias e vias navegáveis e, consequentemente, a desvalorização do turismo (QIANG; SHEN; XIE, 2020).

Por ter como característica a durabilidade e uma grande capacidade de dispersão, o plástico tem sido considerado como um poluente global, capaz de alcançar grandes distâncias (MORRISON, 1999) e, um esforço coletivo foi criado para compreender como esse material impacta os ambientes marinhos (RYAN, 2016; THOMPSON et al., 2009). Estima-se que existam quase 270.000 toneladas de partículas flutuantes de plástico nos oceanos do mundo (ERIKSEN et al., 2014), onde as maiores concentrações de microplásticos são encontradas no fundo mar (CHOY et al., 2019; KOELMANS et al., 2017)

Dos riscos acometidos à vida marinha, a ingestão, o emaranhamento e a degradação do habitat são os mais conhecidos (VEGTER et al., 2014). Diversos grupos de invertebrados e vertebrados vêm sendo afetados por esses impactos (DEUDERO; ALOMAR, 2015). Nos últimos anos tem havido um aumento no número de registros de interações para as tartarugas marinhas (KÜHN; VAN FRANEKER, 2020; SCHUYLER et al., 2013), sendo este um dos icônicos grupos de animais afetados por essa poluição, por estarem vulneráveis aos impactos desde o início do ciclo de vida.

As tartarugas marinhas têm sido usadas há muitos anos como bioindicadores de poluição (FOTI et al., 2009). Geralmente consideradas como espécie-bandeira, esses animais são capazes de atrair a atenção de diferentes grupos sociais e aumentar a consciência sobre os impactos nos ambientes marinhos (FRAZIER, 2005). Todas as sete espécies de tartarugas marinhas, listadas como Vulneráveis a Criticamente em Perigo na Lista Vermelha da União

Internacional para a Conservação da Natureza (IUCN), foram documentadas como tendo ingerido plástico (GALL; THOMPSON, 2015a; NELMS et al., 2015).

Das sete espécies de tartarugas marinhas existentes no mundo, cinco ocorrem no litoral brasileiro, sendo *Caretta caretta* (Linnaeus, 1758), *Chelonia mydas* (Linnaeus, 1758), *Eretmochelys imbricata* (Linnaeus, 1766), *Lepidochelys olivacea* (Escholtz, 1829) e *Dermochelys coriacea* (Vandelli, 1761). Com exceção da *D. coriacea*, todas as outras espécies ocorrem no litoral alagoano, utilizando essas áreas para alimentação, reprodução e nidificação.

A tartaruga verde (*Chelonia mydas*) é uma das espécies mais susceptíveis à ingestão, devido a sua dieta (SCHUYLER et al., 2013), já que esse plástico pode, ocasionalmente, ficar emaranhado entre as fontes de alimento dessa espécie, como folhas de ervas marinhas e macroalgas (AWABDI; SICILIANO; DI BENEDETTO, 2012). A probabilidade de interações entre tartarugas marinhas e plástico está diretamente ligada à ecologia alimentar e uso do habitat das espécies e/ou fases da vida e à distribuição espacial do plástico no ambiente marinho. Assim, as ameaças causadas pela poluição por plástico diferem significativamente entre espécies, populações e fases da vida (SCHUYLER et al., 2013)

Diante do exposto, o plástico se caracteriza como um dos maiores problemas ambientais de nosso tempo (LAW, 2017) e, que vem se agravando ao passar dos anos e do desenvolvimento da sociedade. Para tentar mitigar o problema, é necessária uma governança eficaz que vise promover medidas prioritárias envolvendo políticas nacionais e internacionais tencionando a redução da entrada do plástico nos oceanos.

Portanto, este trabalho tem como objetivo avaliar a ingestão das tartarugas marinhas no estado de Alagoas, bem como avaliar como o uso e desenvolvimento costeiro influenciam na deposição dos ambientes marinhos e na ingestão do plástico pelas tartarugas marinhas.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

O plástico é um polímero sintético, que teve sua produção e uso em larga escala no início da década de 1950, com a criação das poliolefinas, polipropileno e polietileno (RIBEIRO et al., 2019). Desde sua popularização na década de 1960, a produção do plástico por ano, saltou de 5 milhões de toneladas, para 360 milhões de toneladas em 2018 (PLASTICS EUROPE; EPRO, 2019). Esse crescente consumo é consequência de sua versatilidade, baixo peso, durabilidade e baixo custo de produção (HAMMER; KRAAK; PARSONS, 2012). Apesar da sua já elevada produção e uso, as estimativas atuais sugerem

que a utilização do plástico continue aumentando juntamente com os padrões de vida e o crescimento populacional (CÓZAR et al., 2014).

O polímero plástico é considerado bioquimicamente inerte devido ao seu grande tamanho molecular e, portanto, não é considerado perigoso para a saúde humana ou o meio ambiente (LITHNER; LARSSON; DAVE, 2011). Porém, monômeros residuais derivados do processo incompleto de polimerização e aditivos utilizados para realçar ou conferir propriedades ao plástico não são inertes e muitos representam riscos à saúde humana e ao meio ambiente (ARAÚJO et al., 2002; MATLACK, 2001). Os cinco polímeros mais comumente utilizados incluem polietileno (PE), policarbonato (PC), polipropileno (PP), policloreto de vinila (PVC) e tereftalato de polietileno (PET) (PLASTICS EUROPE; EPRO, 2019). Dos monômeros classificados como carcinogênicos, o policloreto de vinila (PVC) é o mais utilizado e possui uma produção global anual de 37 milhões de toneladas (LITHNER; LARSSON; DAVE, 2011).

As mesmas características do plástico que o tornam tão úteis no cotidiano da sociedade, fazem dele uma ameaça aos ecossistemas (VILLARRUBIA-GÓMEZ; CORNELL; FABRES, 2018), isso porque a produção desse material necessita atender a demanda imposta pelo alto consumo da sociedade, devido ao seu baixo valor e capacidade de ser utilizado para diversos fins. O resultado disso é o acréscimo de milhares de toneladas por dia, sendo descartados de forma incorreta nos ambientes. Devido à essa onipresença no ambiente, tem sido sugerido que o plástico seja um possível indicador geológico do Antropoceno (ZALASIEWICZ et al., 2016). Esta nova época geológica é marcada pelas influências humanas na Terra, onde os impactos antrópicos possuem grande importância na modificação da paisagem global e evolução do planeta, tanto quanto os processos naturais (CORLETT, 2015).

2.1 Entrada e acúmulo do plástico nos oceanos

Hoje, sabe-se que os itens de plástico estão consistentemente entre os mais abundantes tipos de lixo marinho (GALL; THOMPSON, 2015b), sendo estimada uma entrada global anual entre 5,3 – 19,3 milhões de toneladas por ano (LEBRETON et al., 2018). A entrada desse material nos oceanos provém do continente e embarcações marítimas (BARNES et al., 2009a). Em áreas altamente povoadas, fontes terrestres são responsáveis pela maior parcela da poluição e dominam a entrada de plástico no ambiente marinho (HAMMER; KRAAK; PARSONS, 2012; KERSHAW; ROCHMAN, 2015), sendo resultado do manejo inadequado deste material, que é transportado para o mar através dos ventos e sistemas fluviais ou canais

hídricos que desaguam nos oceanos (WILLIAMS; SIMMONS, 1997). Os rios atuam como vias principais de transporte do plástico, acrescentando aos oceanos o estimado entre 1,15 a 2,41 milhões de toneladas por ano (LEBRETON et al., 2017).

As fontes marinhas respondem por cerca de 20% do plástico nos oceanos, tendo como principal atividade a pesca comercial (LI; TSE; FOK, 2016). Atualmente, este setor é responsável por adicionar aos oceanos cerca de 640 mil toneladas de apetrechos de pesca a cada ano (GOOD et al., 2010). Ao ser lançado aos oceanos, o plástico pode se dispersar através de ventos e correntezas, se espalhando e acumulando em diversas partes do globo. Nas regiões oceânicas, o plástico se acumula: nos giros oceânicos, (SIGLER, 2014); em regiões abissais, como as fossas das Marianas (CHIBA et al., 2018); e em ilhas oceânicas (ANDRADES et al., 2018). Nas regiões costeiras, o acúmulo ocorre em recifes de corais (CHAPRON et al., 2018; LAMB et al., 2018), praias (AGUILERA et al., 2018; BARNES et al., 2009a; SANTOS; FRIEDRICH; IVAR DO SUL, 2009) e estuários (COSTA et al., 2011; SADRI; THOMPSON, 2014).

2.2 Nem todo plástico é igual

Apesar de parecerem iguais, os resíduos plásticos que entram nos ambientes marinhos diferem entre si. Isso acontece devido a fragmentação desses materiais, acarretando em pedaços cada vez menores. Alguns pesquisadores classificam esses plásticos em 3 principais categorias, baseando-se em suas classes de tamanho: macrolástico, mesoplástico e microplástico.

Macrolásticos referem-se às partes maiores de detritos plásticos (> 20 mm a vários metros) (VAN EMMERIK; SCHWARZ, 2020). Sendo estes, a forma mais visível e perceptível dessa poluição nos oceanos e ambientes marinhos costeiros (JEYASANTA et al., 2020). Os mais diversos tipos de materiais, como materiais eletrônicos, sapatos, peças de carro e entre outros, podem ser encontrados nos oceanos. Um fragmento de plástico importante e frequentemente encontrado é a “rede fantasma”, que são redes de pesca abandonadas ou perdidas por embarcações que percorrem diversos quilômetros (HAMMER; KRAAK; PARSONS, 2012).

Itens plásticos que possuem diâmetro entre 5 – 20 mm são conhecidos como mesoplásticos (VAN CAUWENBERGHE et al., 2015), também sendo originários da fragmentação de plásticos maiores. Diferente dos macrolásticos, são itens que muitas vezes estão enterrados e geralmente passam despercebidos nas ações de limpeza (JEYASANTA et al., 2020).

Plásticos menores que 5 mm de diâmetro são classificados como microplásticos (THOMPSON et al., 2004), inseridos também em outra classificação: primários, produzidos com a finalidade de fazer parte da composição de produtos de cuidados pessoais (ZITKO; HANLON, 1991), e secundários, resultantes da quebra de plásticos maiores, nos ambientes marinhos e terrestres (RYAN et al., 2009; THOMPSON et al., 2004). A fragmentação de plásticos maiores ocorre devido a exposição desses materiais a processos físicos, químicos e biológicos, como ação dos raios solares e radiação ultravioleta (UV) (ANDRADY, 2011; BARNES et al., 2009a; MOORE, 2008) e nos ambientes marinhos soma-se às ações dos choques mecânicos provocados pelas ondas e correntes marítimas (BARNES et al., 2009b; BROWNE; GALLOWAY; THOMPSON, 2007).

Recentemente, pesquisadores observaram que os microplásticos também podem se degradar e formar partículas ainda menores, classificados como nanoplásticos. Estes fragmentos plásticos são menores que 1 micrômetro de diâmetro (COLE; GALLOWAY, 2015) e estão relacionados, assim como os microplásticos, à indústria cosmética (HERNANDEZ; YOUSEFI; TUFENKJI, 2017) e podem ser adicionados também a tintas, adesivos e equipamentos eletrônicos (KOELMANS; BESSELING; SHIM, 2015).

A ingestão de nanoplásticos por peixes pode causar neurotoxicidade nas atividades locomotoras (CHEN, 2015), sendo demonstrado que essas minúsculas partículas atravessam as membranas celulares, causando danos aos tecidos (GESAMP, 2015) Essas partículas também possuem uma alta capacidade de absorver poluentes orgânicos, contribuindo na bioacumulação na teia trófica (MAES et al., 2017).

2.3 Impactos ambientais

Quando se acumulam nos ecossistemas, os plásticos podem causar impactos prejudiciais, tanto a vida selvagem, representando uma ameaça à biodiversidade, como a saúde humana (GALL; THOMPSON, 2015; DERRAIK, 2002; LAIST, 1997; THOMPSON et al., 2009). Por serem duráveis, permanecem no ambiente por longos períodos, caracterizando uma poluição crônica (ANDRADY; GREGORY, 2003).

O acúmulo no ambiente marinho foi inicialmente ignorado ou considerado um problema isolado, retratado como uma preocupação estética (DERRAIK, 2002; LAIST, 1987). Os primeiros relatos da presença de plástico nos ambientes marinhos apareceram na literatura científica na década de 1970. Nos artigos os autores já demonstravam preocupação com a elevada produção desse material e os possíveis efeitos destes no ambiente (CARPENTER et al., 1972; ROTHSTEIN, 1973). Hoje, 914 espécies, desde organismos

planctônicos a baleias, já foram registradas tendo interação com o plástico, sendo os principais impactos atribuídos ao emaranhamento e a ingestão (KÜHN; VAN FRANEKER, 2020). A poluição por plástico também pode favorecer o transporte de biota via *rafting*.

O emaranhamento acontece quando um animal é pego por um objeto de plástico, reduzindo parcial ou totalmente sua movimentação natural, podendo levar ao estrangulamento ou sufocamento (ALLEN et al., 2012). Os efeitos do emaranhamento em plástico nos ambientes marinhos são bastante conhecidos pela comunidade científica, por serem mais visíveis do que outros impactos, como por exemplo a ingestão (GALL; THOMPSON, 2015b). Atualmente o impacto do emaranhamento já foi documentado para mais de 354 espécies de animais marinhos, sendo principalmente relatado para aves marinhas, tartarugas marinhas e mamíferos (KÜHN; VAN FRANEKER, 2020).

A ingestão é um dos impactos que vem sendo investigados pela comunidade científica e, nas últimas décadas, os registros de espécies atingidas têm crescido rapidamente (ALEXIADOU; FOSKOLOS; FRANTZIS, 2019; LAIST, 1997; LUSHER; MCHUGH; THOMPSON, 2013; MARKIC et al., 2020; RYAN, 1987; TANAKA et al., 2019). O impacto causado pela ingestão de plástico já foi registrado para todas as sete espécies de tartarugas marinhas, 56,1% de todas as espécies de mamíferos marinhos e 56% de todas as espécies de aves marinhas (GALL; THOMPSON, 2015b; KÜHN; VAN FRANEKER, 2020).

A ingestão do plástico afeta processos fisiológicos, comportamentais e ecológicos dos organismos, sendo demonstrado efeitos deletérios sobre os indivíduos, com efeitos letais e subletais (CBD, 2012). Dentre os prejuízos para a biota marinha, estão incluídos a diminuição da nutrição devido ao bloqueio intestinal, sufocamento, diminuição da mobilidade e sensação de saciedade, o que pode resultar em um estado duradouro de desnutrição e, conseqüentemente, à morte (KÜHN; BRAVO REBOLLEDO; VAN FRANEKER, 2015; GREGORY, 2009b).

Devido a sua composição, o plástico possui uma alta capacidade de absorver e liberar contaminantes nos oceanos, como metais pesados (ASHTON; HOLMES; TURNER, 2010) e poluentes orgânicos persistentes (ENDO et al., 2005; TEUTEN et al., 2009). Por não se degradarem facilmente, esses contaminantes podem entrar na teia trófica causando bioacumulação nos organismos (PETERSON; ANKLEY; LEONARD, 1996; RIOS; MOORE; JONES, 2007) resultando na desregulação das taxas de crescimento e reprodução (WRIGHT; THOMPSON; GALLOWAY, 2013). Em ambientes recifais, a probabilidade de ocasionar doenças em corais aumenta de 4% para 89% quando estes estão em contato com o

plástico, causando grandes impactos em um ecossistema que abriga uma elevada e rica biodiversidade (LAMB et al., 2018).

O *rafting* pode ser facilitado pelo plástico (MASÓ et al., 2016) e, isso ocorre devido à fluutuabilidade e à durabilidade deste material, tornando-se um excelente vetor para o transporte de espécies de diversos organismos não nativos por longas distâncias para novas áreas, auxiliando na expansão do habitat de espécies invasoras (BARNES, 2002; LEWIS; RIDDLE; SMITH, 2005). Além do transporte de espécies não nativas, o plástico pode transportar patógenos causadores de doenças, como o ciliado foliculinídeo (*Halofolliculina* spp.) que causa erosão esquelética nos corais (RODRÍGUEZ et al., 2009).

2.4 Impactos nas tartarugas marinhas

Existem sete espécies de tartarugas marinhas, distribuídas em duas famílias. A família Cheloniidae abrange a maioria das espécies, que são *Chelonia mydas*, *Eretmochelys imbricata*, *Lepidochelys olivacea*, *Lepidochelys kempii*, *Caretta caretta* e *Natator depressus*. A família Dermochelyidae compreende uma única espécie vivente, *Dermochelys coriacea*. No Brasil ocorrem cinco espécies (*D. coriacea*, *C. mydas*, *C. caretta*, *E. imbricata* e *L. olivacea*), que utilizam as áreas costeiras durante seu ciclo de vida (MARCOVALDI; MARCOVALDI, 1999). A ingestão de plástico já foi registrada para todas as 7 espécies de tartarugas marinhas (DUNCAN et al., 2019) e devido ao aumento dessa poluição, apresenta uma tendência de aumento ao longo do tempo (SCHUYLER et al., 2014).

As tartarugas marinhas possuem características como longevidade e comportamento migratório, que permite explorar diversos ambientes ao longo do ciclo de vida, sendo particularmente vulneráveis a poluição por plástico nos oceanos (EASTMAN et al., 2020). Nos primeiros estágios de vida das tartarugas neonatas em fase oceânica estes animais já são expostos a ingestão por plástico, registrando uma frequência de ingestão de 92,8%, maior do que a relatada em fases posteriores (EASTMAN et al., 2020). Isso ocorre devido ao hábito alimentar generalista (NELMS et al., 2015), juntamente com os habitats utilizados para alimentação e crescimento, como bancos de *Sargassum* que são capazes de acumular o plástico por longos períodos (WITHERINGTON; HIRAMA; HARDY, 2012).

À medida que crescem, as tartarugas se aproximam dos ambientes costeiros e podem encontrar densidades e tipos diferentes de plástico e, portanto, podem ter diferentes probabilidades de ingerir esse material (SCHUYLER et al., 2013). Dos impactos causados pelo plástico sobre as tartarugas marinhas, a ingestão provavelmente é o mais grave. A ingestão de pequenas quantidades de plástico é suficiente para levar uma tartaruga verde,

Chelonia mydas, à morte (SANTOS et al., 2015). Além disso, a ingestão do plástico pode causar efeitos subletais como diminuição do ganho nutricional, induzindo mudanças no comportamento alimentar e exposição aos produtos químicos presentes no plástico (MARN et al., 2020; SANTOS et al., 2020).

Diante do exposto, pelas tartarugas marinhas estarem vulneráveis a poluição por plástico e por esse tipo de poluição ser de ordem crescente e exponencial faz-se necessário entender como os fatores que contribuem para isso se relacionam e como estes podem influenciar na disponibilidade do plástico no ambiente e conseqüentemente na ingestão por esse grupo de animais.

3 OBJETIVOS

3.1 Objetivo geral

- Analisar a ingestão de plástico pelas tartarugas marinhas em Alagoas, Brasil.

3.2 Objetivos específicos

- Identificar e quantificar os itens encontrados no trato gastrointestinal de indivíduos de tartarugas marinhas.
- Avaliar como o uso e desenvolvimento costeiro influenciam na ingestão de plástico pelas tartarugas marinhas;

4 MATERIAL E MÉTODOS

4.1 Área de estudo

A zona costeira do litoral do estado de Alagoas possui 230 km de extensão, incluindo três regiões litorâneas, norte, centro e sul (CORREIA; SOVIERZOSKI, 2008), entre as coordenadas geográficas 8°8'12" S e 10°29'12" S. Sua região costeira é marcada pela presença de praias e mangues estuarinos (Fig. 1). A região norte compreende o litoral entre a divisa do estado de Alagoas com o estado de Pernambuco e o rio Barra de Santo Antônio, caracterizado pela grande ocorrência de afloramentos de arenitos de praia e recifes de coral (recifes tipo barreira) ou ligados a praia (recifes tipo franja).

A região central estende-se do rio Barra de Santo Antônio ao rio Barra de São Miguel, englobando a cidade de Maceió. A planície costeira é mais desenvolvida neste trecho, e os recifes de coral e/ou algálicos mais escassos, com exceção da região da cidade de Maceió (Pajuçara), onde correm os recifes tipo franja.

Por fim, a região sul compreende o litoral entre o rio Barra de São Miguel e o limite sul do estado de Alagoas, delimitado pela desembocadura do rio São Francisco. Esta região é caracterizada na sua porção norte pelas falésias vivas da Formação Barreiras em contato direto com a praia, e uma planície associada a desembocadura do rio São Francisco em sua porção sul.

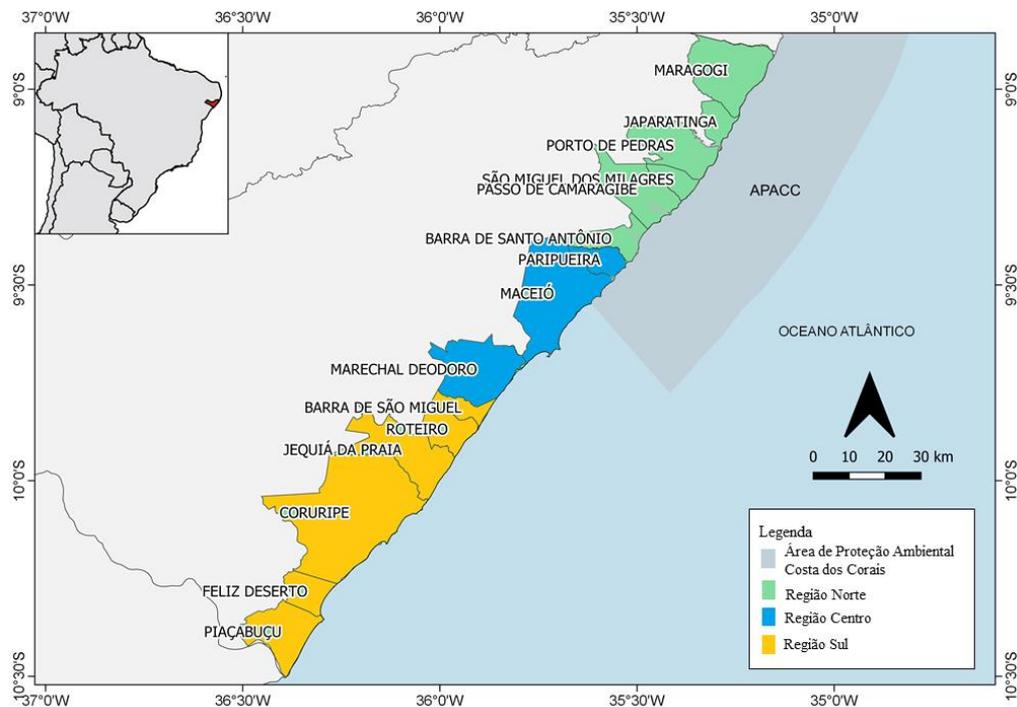


Figura 1: Mapa de estudo do litoral de Alagoas, composto por 15 municípios costeiros.

O Estado de Alagoas possui 3.337.357 habitantes e uma densidade demográfica de 112,33 hab/km² (IBGE 2010; 2019). As populações residentes na costa alagoana utilizam as praias e os mangues estuarinos de diferentes formas, sendo direta ou indiretamente utilizados, principalmente através da pesca artesanal (CORREIA; SOVIERZOSKI, 2005). O estado é marcado pela intensa atividade turística, o que promoveu ao longo dos anos a agregação de hotéis, pousadas, restaurantes e diversos outros tipos de serviço nas orlas marítimas (VASCONCELOS, 2016).

Nas regiões centro e norte alagoana encontra-se a Área de Proteção Costa dos Corais (APACC), que é a maior Unidade de Conservação (UC) Marinha Costeira do Brasil e possui

cerca de 120 km de extensão, compreendendo parte dos estados de Alagoas e Pernambuco. Essa UC propicia refúgio para uma ampla diversidade biológica, incluindo espécies ameaçadas de extinção, como as tartarugas marinhas, que utilizam essa área para alimentação, reprodução e nidificação.

4.2 Como o desenvolvimento costeiro influencia na ingestão de plástico pelas tartarugas marinhas?

4.2.1 Avaliação costeira

A determinação do grau de urbanização fornece uma estimativa da população nesses ambientes e torna-se importante para prever os possíveis impactos antrópicos. Portanto, para testar se a ocupação costeira influencia na poluição por plástico nos ambientes marinhos, foram utilizadas imagens de satélites para verificar os possíveis graus de urbanização nas praias selecionadas para esse estudo, através da obtenção dos dados de luzes visíveis à noite (*Night Light – NL*). Sendo assim, para essa análise foi utilizado o *software* de geoprocessamento *Qgis* (Versão 3.10).

Além do *NL*, foi utilizado também como medida de impacto antrópico, a quantidade de lixo encontrado ao longo da área de estudo. Para isso, foram criadas 36 áreas que consiste em círculos de 4,5km de raio, com o conjunto de 3 transectos na parte central de cada área (Fig. 2). Dentro das áreas, 208 tartarugas marinhas encalharam mortas.

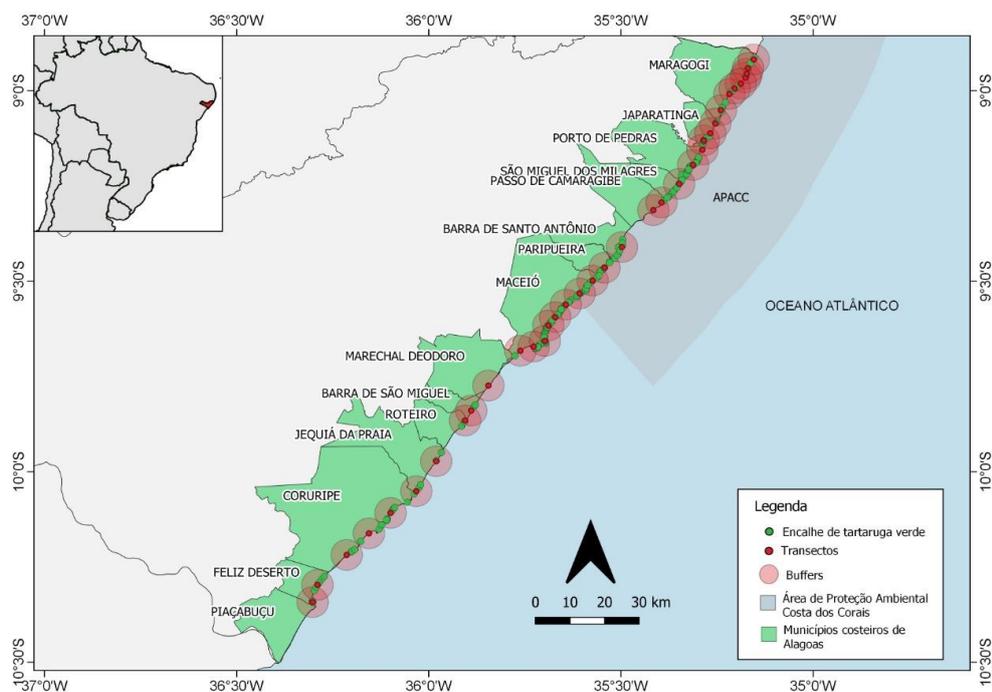


Figura 2: Representação das áreas criadas ao longo da costa alagoana, a partir dos transectos para avaliação do lixo no ambiente

A partir dos pontos de encalhes das tartarugas e as áreas correspondentes, foram extraídos a média de iluminação noturna, fazendo uso de imagens de satélites capazes de captar essa luz. Foram utilizados dados públicos, obtidos através de imagens de um satélite de 2016 do sensor *Visible Infrared Imaging Radiometer Suite* (VIIRS), monitorada e divulgada pela instituição norte-americana *National Oceanic and Atmospheric Administration* (NOAA).

Na imagem gerada pelo satélite VIIRS, as manchas possuem valores de níveis de intensidade em cor que varia de acordo com a localidade, evidenciando as manchas urbanas e seus possíveis graus de urbanização. Os dados de *Night Light* foram analisados em conjunto com o número de itens ingeridos por cada indivíduo de tartaruga marinha juntamente com a densidade de plástico encontradas nas praias onde houve encalhes de tartarugas. Para isso, foi utilizado o *software* estatístico *Rstudio* sendo realizados testes de correlação de *Pearson* (*Versão 1.3.1073*).

4.2.2 Poluição por plástico no ambiente

Para análise de plástico nos ambientes marinhos costeiros, foram escolhidas praias localizadas nos 15 municípios costeiros de Alagoas que fazem parte da área desse estudo. As campanhas foram realizadas entre os meses de fevereiro e março de 2020, sendo escolhidos aleatoriamente três pontos em cada praia com uma distância média de 200 metros entre eles, utilizando *transects* com a largura fixa de 2 metros e comprimento variável, compreendendo a distância entre a linha de maré alta e o término da faixa de areia (Fig. 3).

As praias foram escolhidas de acordo com a acessibilidade para a realização dos campos de coletas. A região norte do estado possui uma acessibilidade facilitada e, portanto, teve mais praias analisadas. Em relação a região sul, a acessibilidade é dificultada devido ao grande número de propriedades privadas, dificultando então, o acesso as praias. Foram analisados um total de 108 *transects* realizados em 36 locais (Fig. 4).

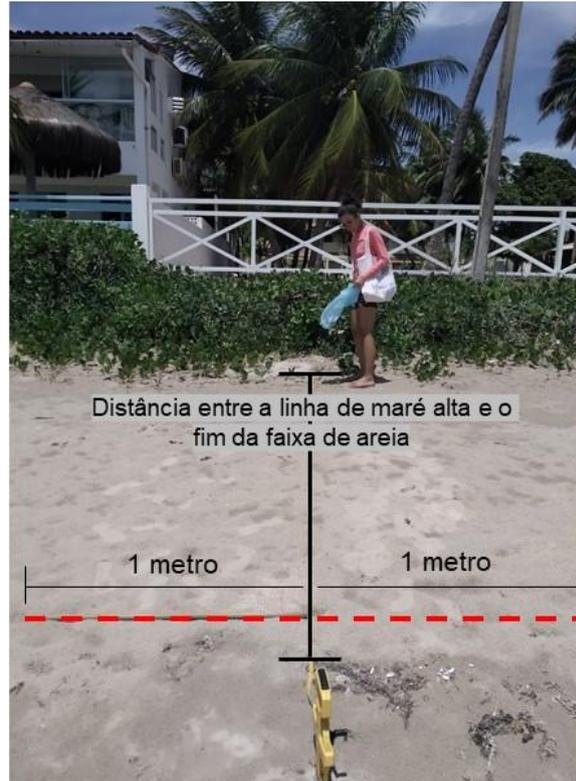


Figura 3: Representação no mapa dos pontos de coleta distribuídos nos 15 municípios alagoanos

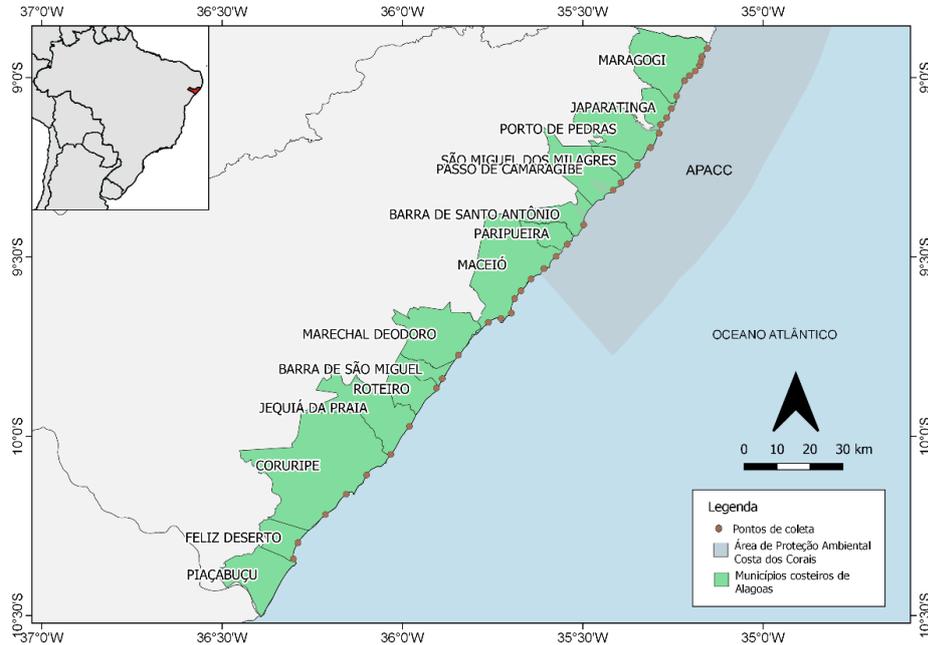


Figura 4: Representação da metodologia usada em campo para avaliação da disponibilidade de plástico nas praias do estado de Alagoas

Os materiais encontrados *in situ* foram recolhidos e levados ao laboratório onde foram higienizados e catalogados, segundo o tipo de material (plástico - rígido ou flexível -, isopor,

vidro, borracha, corda e outros), tamanho, uso original e possível origem (ANDRADES et al., 2020).

4.2.3 Avaliação das tartarugas marinhas

Ao longo do litoral alagoano foram coletadas amostras de 227 tartarugas da espécie *Chelonia mydas* encalhadas mortas, durante o período de maio de 2018 a março de 2020. Os indivíduos tiveram o trato gastrointestinal (TGI) coletado *in situ* e levados ao laboratório para análise. O conteúdo do trato gastrointestinal de cada animal foi analisado para avaliação da ingestão de plástico.

O conteúdo foi triado e quando encontrado algum resíduo antrópico, este foi separado, higienizado e seco a temperatura ambiente. Cada item foi classificado de acordo com o tipo de material (*e.g.* plástico rígido, plástico flexível, borracha, nylon, entre outros) e avaliado em relação ao seu uso original (*e.g.* itens relacionados à alimentação, sacolas plásticas, pesca, entre outros) (SANTOS et al., 2015).

A frequência de ocorrência (FO), peso e número de itens foi calculado para todas as categorias encontradas. Os itens de cada categoria foram contados e pesados em balança digital, com precisão de 0,01 g. A frequência de ocorrência (FO) de ingestão de lixo foi calculada da seguinte forma:

$$FO = \frac{\text{N}^\circ \text{ de tartarugas que ingeriram lixo} \times 100}{\text{N}^\circ \text{ total de tartarugas encalhadas mortas}}$$

5 RESULTADOS

5.1 Determinação do grau de urbanização

A partir dos dados disponibilizados pelo IBGE no último censo demográfico, dentre os municípios analisados, Maceió é o município mais populoso de Alagoas, possuindo 1854,1 hab/km², com a maior urbanização (32,7%). Foi encontrada correlação entre a densidade demográfica e a média de NL ($r: 0,9949137$ e $p: < 0,001$). As maiores médias de intensidade de luzes noturnas foram registradas em praias localizadas em Maceió (Praia do Pontal da Barra – 26,98 W/m²; Praia de Jacarecica – 35,53 W/m²; Praia da Avenida – 71,40 W/m² e Praia da Ponta Verde – 76,46 W/m²) e em uma praia em Maragogi (26,67 W/m²) (Fig. 5). As menores médias foram encontradas em praias dos municípios de Jequiá da Praia (Praia de Lagoa Azeda – 0,40 W/m² e Praia de Jequiá – 0,80 W/m²) situada no litoral sul e em uma praia situada no norte do estado, em Passo de Camaragibe (0,63 W/m²). As demais

localidades apresentaram valores de intensidade luminosa que variaram entre 1,10 a 12,66 W/m².

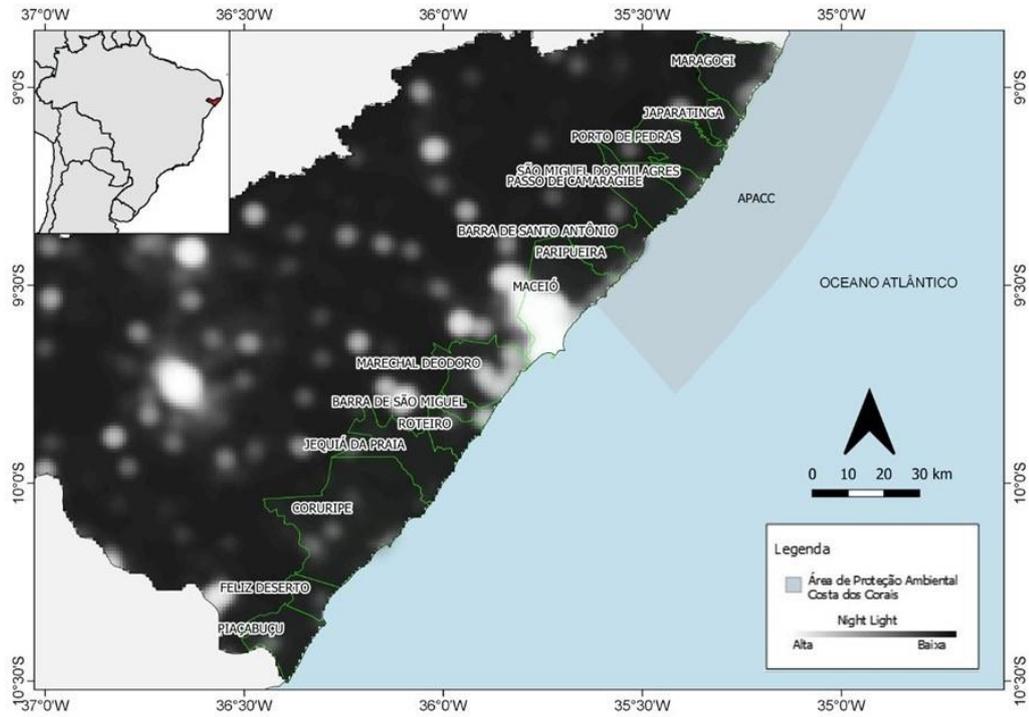


Figura 5: Representação em mapa dos dados de NL, demonstrando diferentes níveis de urbanização, com destaque para Maceió, com a maior mancha de luz noturna.

5.2 Disponibilidade de plástico no ambiente

No total foram encontrados 2.431 itens, onde o plástico (flexível e rígido) foi o mais abundante. Outros itens foram coletados e classificados quanto ao tipo de material (Fig. 6).

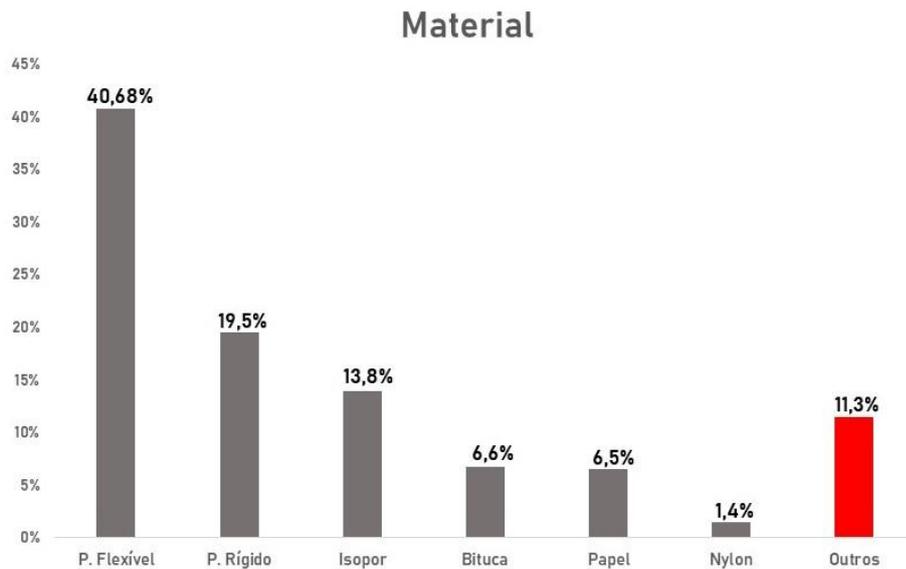


Figura 6: Representação dos itens encontrados nas praias do litoral alagoano, evidenciando a alta taxa de deposição do plástico flexível, seguindo do plástico rígido e isopor. Outros materiais também foram encontrados, e com exceção de bituca de cigarro e papel, foram classificados e reunidos numa só categoria definida como “outros”

As maiores densidades de itens/m² ocorreram nas regiões sul e centro do litoral do estado de Alagoas, sendo as maiores atribuídas aos municípios de Jequiá da Praia, Barra de São Miguel e Maceió (Fig. 7). Foi encontrada correlação positiva entre a densidade de plástico nas praias e a média de *NL* nessas praias ($r: 0,41320228$ e $p: 0,01225$).

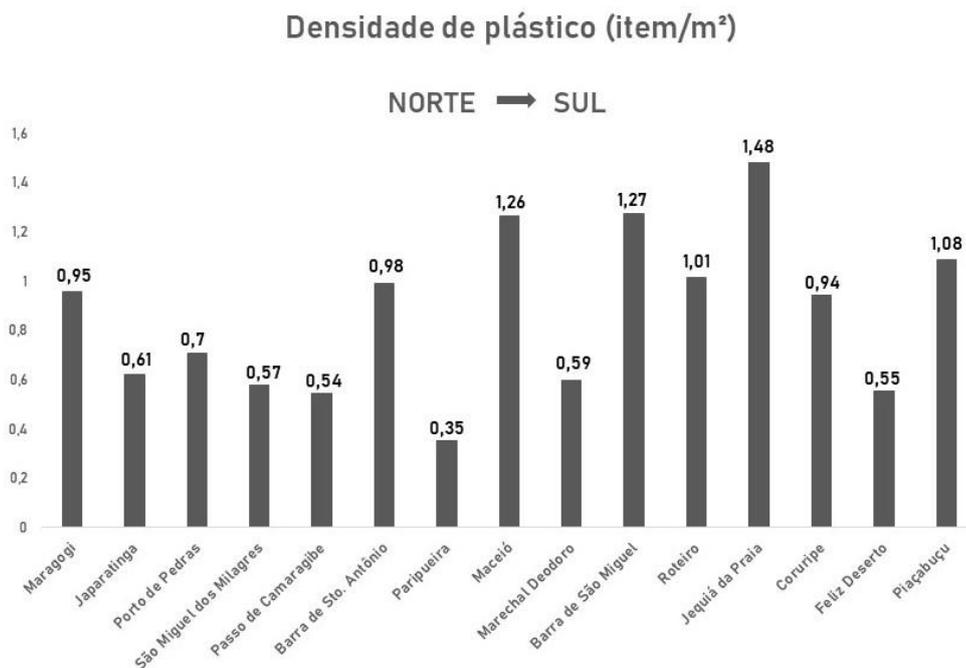


Figura 7: Densidade de plástico por município no sentido Norte para o Sul, evidenciando as altas taxas de Jequiá da praia, B. S. Miguel e Maceió

A maior parte dos materiais coletados na costa alagoana não foi classificada em seus usos originais, devido a seu estado de degradação, sendo identificados como fragmentos. Dos itens identificados, destaca-se os itens relacionados à “alimentação”, “fumo” e “higiene”. Itens encontrados em menores quantidades foram identificados e tiveram seu uso original classificados como "construção", "sacola", "pessoal", "hospitalar", "limpeza", "escolar" e “brinquedos” e pela pequena representação, foram reunidas na categoria de "outros". Aqui destaca-se a presença não usual na literatura, de itens de uso hospitalares, correspondendo a 0,45% do total.

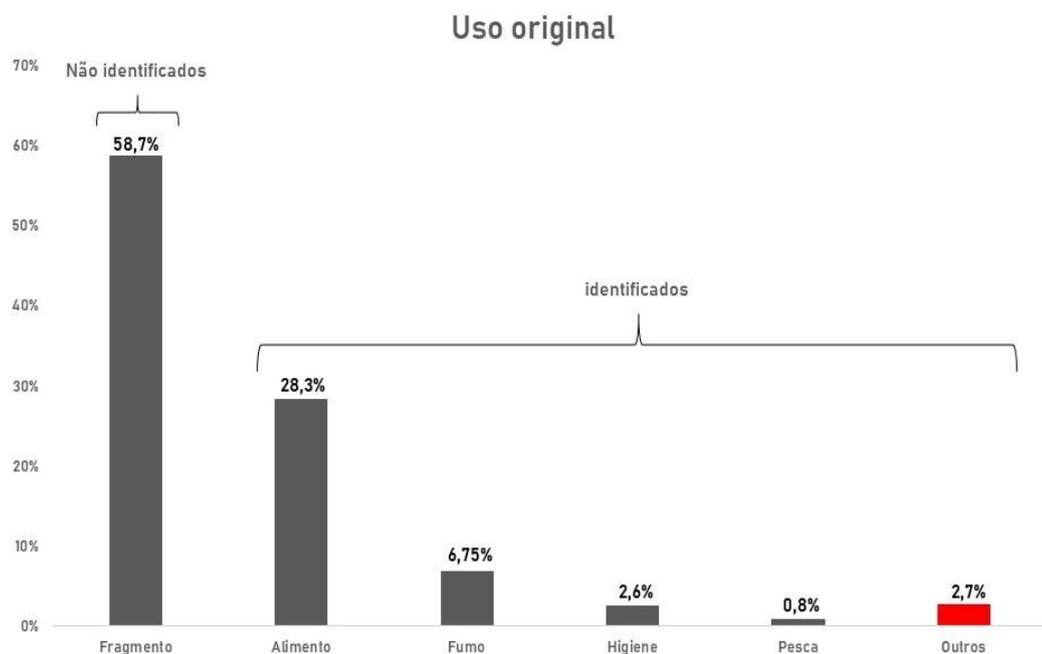


Figura 8: Uso original dos itens encontrados na costa alagoana, onde a maior parte dos itens não puderam ser identificados e classificados (58,7%). Os itens possíveis de identificação representaram 41,3% do total.

5.3 Ingestão de plástico por tartarugas marinhas

Foram analisados o conteúdo gastrointestinal de 227 indivíduos de tartarugas marinhas da espécie *Chelonia mydas*, que apresentaram um CCC médio de 56,86 cm (DP: 17,33; min – máx: 25-120,3), onde 90,3% foram considerados juvenis e 9,7% adultos. Destes, 31,2% (N = 71) ingeriram plástico (Fig. 9), com peso total de 14,4 g de plástico, e peso médio de 0,20 g por indivíduo (DP: 1,92; min - max: < 0,01 a 7,99 g). No total, foram encontrados 430 itens (DP: 15,32; min-máx: 1-91) de origem antrópica, com uma média de 6,05 itens por indivíduo.



Figura 9: Fragmentos não identificados de plástico flexível ingeridos por indivíduo de *Chelonia mydas*

O plástico flexível foi o material mais ingerido pelas tartarugas marinhas, sendo este também o material mais coletado no ambiente (Fig. 10). Além do plástico flexível, também foram ingeridas quantidades significativas de nylon e tecido. Outros materiais também foram ingeridos, porém em menores quantidades.

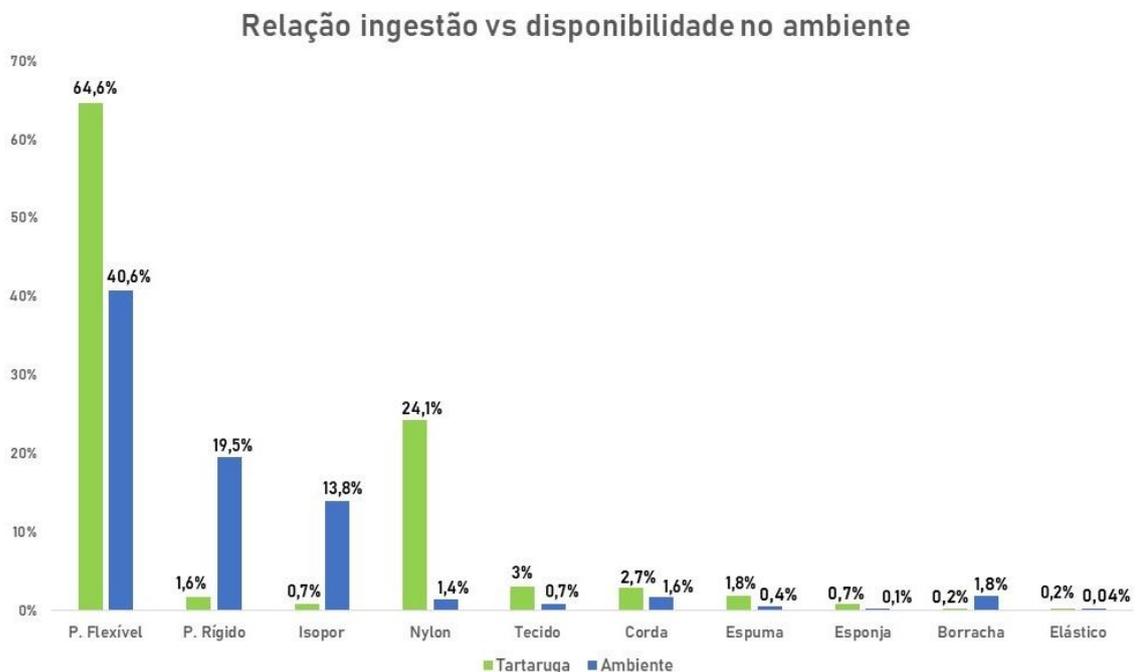


Figura 10: Relação entre os itens ingeridos pelas tartarugas marinhas vs itens encontrados no ambiente ao longo da costa alagoana. Para efeito comparativo, a categoria “outros” dos materiais encontrados no ambiente não foi representada no gráfico.

A maior parte dos itens ingeridos pelas tartarugas não apresentou possibilidade de identificação e classificação. Os itens identificados foram classificados nas categorias de "pesca", "alimentos", "sacola" e "higiene" (Fig. 11).

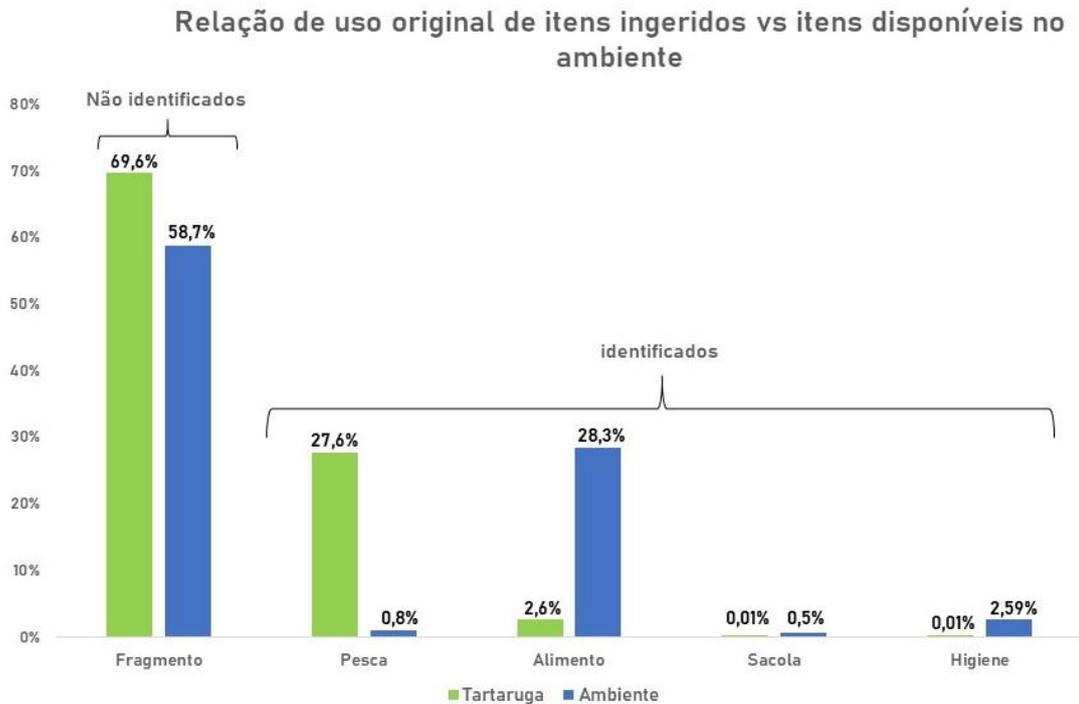


Figura 11: Relação entre a classificação do uso original dos itens ingeridos pelas tartarugas marinhas vs itens encontrados no ambiente ao longo da costa alagoana. Para efeito comparativo, a categoria “outros” do uso original dos materiais encontrados no ambiente

Alguns itens de plástico flexível, pela dificuldade de classificar quanto ao uso original, foram classificados como fragmento. No entanto, devido à alta semelhança com sacolas plásticas, inferimos que 18,6% destes materiais (Fig. 12) podem estar relacionados a sacolas.



Figura 12: Plástico flexível com uso original não identificado, porém, bastante semelhante à sacola plástica.

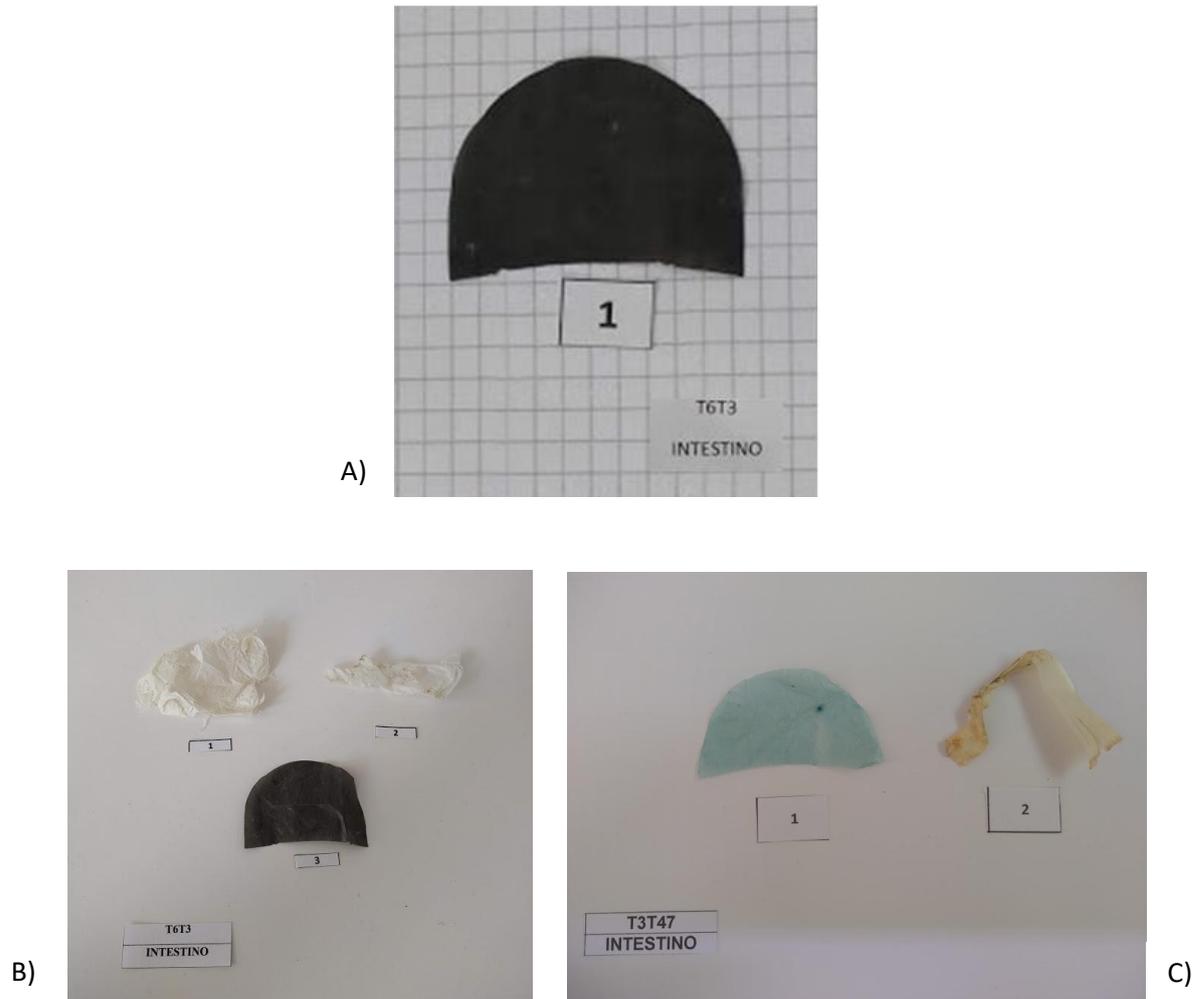


Figura 13: A) Parte central destacável de sacola plástica ingerido por tartaruga marinha; B) Itens classificados como fragmentos, porém bastante semelhantes a sacolas plásticas contrastando com a parte central destacável utilizado para a ingestão de sacolas plástica; c) Parte central destacável de sacola plástica e fragmento de copo descartável

As maiores ingestões de números de itens por indivíduos foram encontradas em dois indivíduos, um juvenil (CCC: 38,5 cm; 85 itens) e um adulto (CCC:106 cm; 91 itens) (Fig. 14), encalhados mortos no município de Feliz Deserto. Não foram encontradas correlações entre o CCC dos indivíduos e o número de itens ingeridos ($r: 0,09249726$ e $p: 0,443$) nem entre o CCC e o peso desses itens ingeridos ($r: 0,2739638$ e $p: 0,02078$).



Figura 14: Itens ingeridos por um indivíduo adulto de *Chelonia mydas*, destacando a variedade de formas e tipo materiais que são ingeridos por esses animais

Também não foi encontrada correlação entre a quantidade de itens ingeridos pelas tartarugas e a densidade de plástico nas praias ($r: 0,04092343$ e $p: 0,7521$) (Fig. 15) nem entre a quantidade de itens ingeridos pelas tartarugas marinhas e a média de *NL* ($r: 0,01569417$ e $p: 0,9036$).

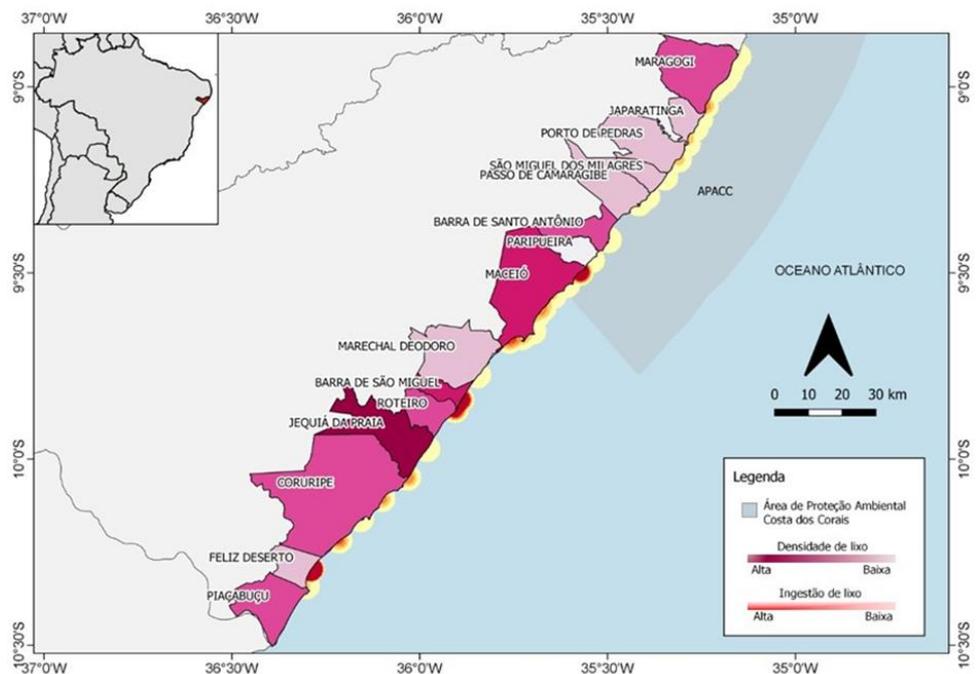


Figura 15: Representação em mapa da densidade de lixo no ambiente em comparação com os ingeridos pelas tartarugas marinhas.

6 DISCUSSÃO

6.1 A influência do desenvolvimento costeiro na poluição por plástico

O plástico foi registrado de forma abundante nas praias de Alagoas, correspondendo a 40,6% do total de itens recolhidos, o que está de acordo com o encontrado em outras áreas de estudo (ANDRADES et al., 2020). Essa quantificação reforça a premissa de que o plástico é onipresente nos ambientes marinhos e costeiros (GALGANI; HANKE; MAES, 2015), proposição essa, que pode ser explicada pelo elevado uso deste material e seu fácil transporte e acúmulo desse material nos ambientes, devido à combinação de características como baixo peso e alta durabilidade (HAMMER; KRAAK; PARSONS, 2012).

Neste trabalho foi demonstrado que praias localizadas em áreas com diferentes níveis de urbanização estão sujeitas ao acúmulo de plástico, havendo correlação com a urbanização. No entanto, foi observada a elevada densidade desse material em praias localizadas situadas em municípios pouco urbanizados, o que sugere que essa deposição nos ambientes pode ser explicada por fatores que vão além das variáveis de urbanização, como a influência de rios na região.

Dessa forma, os rios são fundamentais no aporte de lixo terrestre nesses ambientes (BARNES et al., 2009c; DERRAIK, 2002; GREGORY, 1991; PRUTER, 1987), onde cerca de entre 1,15 a 2,41 milhões de toneladas de plástico entram atualmente nos oceanos a partir deles (LEBRETON et al., 2017). Por isso, os rios na região são facilitadores na poluição, carreando esse material ao oceano, onde são transportados ao litoral através dos ventos e correntes marítimas e depositados nos ambientes costeiros (MCDERMID; MCMULLEN, 2004).

Em algumas dessas praias localizadas próximas a rios — praia de coruripe e lagoa do pau (Coruripe), praia de lagoa azeda e de jequiá da praia (Jequiá da Praia), praia de barra de são Miguel (Barra de São Miguel) e praia da avenida e trapiche da barra (Maceió) — foram encontrados materiais com uso original incomuns, e que não são frequentes na literatura (ARAÚJO E COSTA, 2006, IVAR DO SUL et al., 2011), como materiais de uso hospitalar (*e.g.* seringas, agulhas de seringas, cartelas e frascos de comprimidos) e, por isso, inferimos que tais materiais podem ter sido transportados pelos rios da região e depositados nos ambientes costeiros através dos ventos e correntes marítimas. Em nossas análises, materiais de uso hospitalar representaram 0,45%, apesar de não ser um número expressivo, a ocorrência destes no ambiente é altamente prejudicial a vida humana e ao ecossistema e, levanta preocupação pela falta de gerenciamento destes materiais.

O turismo e a recreação são fatores contribuintes para o aumento das taxas de deposição de plástico nas praias (HOELLEIN et al., 2015; THIEL et al., 2003). Isso pode ser observado quando analisados os itens encontrados nas praias que recebem uma alta demanda de frequentadores, como as praias de fácil acesso aos usuários. Dos materiais com uso original possíveis de serem identificados, 28,3% destes estavam relacionados a alimentação (*e.g.* embalagens de alimentos ultra processados e itens descartáveis: copos, pratos e talheres descartáveis; esses itens normalmente são atribuídos aos banhistas e usuários das praias que não descartam esses materiais corretamente (IVAR DO SUL et al., 2011). Além disso, as bitucas de cigarros representaram 6,6%, apesar deste ser o item mais comum da poluição por plástico recolhido em ações de limpeza de praias (OCEAN CONSERVANCY, 2017), devido ao seu tamanho não são efetivamente removidos pelos serviços de limpeza urbanos (SANTOS et al., 2002).

6.2 Ingestão de plástico por tartarugas

O presente estudo evidencia que as tartarugas verdes que habitam a costa alagoana estão expostas à poluição por plástico e ingerindo-o regularmente. Essa susceptibilidade da espécie em ingerir plástico, pode ser explicada pelo fato de estarem próximas às potenciais fontes poluidoras, como centros urbanizados (DAUVERGNE, 2018), favorecendo assim, uma alta disponibilidade deste material em uma importante área de utilização da espécie. Ao comparar as taxas de ocorrência de frequência de ingestão com aquelas relatadas globalmente, estas estão abaixo das observadas em outras áreas no Brasil (SANTOS et al., 2015) e na América do Sul (GONZÁLEZ CARMAN et al., 2014; VÉLEZ-RUBIO et al., 2018).

Com frequentes estudos relacionados a ingestão de plástico com as tartarugas verdes, foi constatada por Santos (2015) que uma pequena quantidade de plástico é o suficiente para levar um indivíduo a morte, além do autor discutir que a morte pela ingestão desse material é um processo crônico, onde o potencial de letalidade é muito maior do que a mortalidade observada.

A maioria dos materiais ingeridos pelas tartarugas verdes pertenceram a categoria de plástico flexível (64,6%), que se deve a onipresença desse material nos ecossistemas marinhos (CASALE et al., 2008). A maior parte dos itens não foram possíveis de serem identificados devido a dificuldade causada pela fragmentação desse material nos ambientes marinhos ou dentro do trato dos animais. No entanto, alguns plásticos flexíveis possuíam características semelhantes a sacolas plásticas, mas devido a falta de confirmação e para evitar vieses, neste

estudo apenas foi considerado como sacola plástica, a ingestão da parte central plástica destacável, essa sendo uma parte bastante específica para identificação delas (Fig. 13A/B/C).

A impossibilidade de identificar o uso original dos fragmentos, pode ocultar a significativa presença de sacolas plásticas no ambiente e como este item está afetando as tartarugas verdes (SANTOS et al., 2015).

Aqueles itens que puderam ser identificados e classificados, podem ter seu uso original associados a itens relacionados à alimentação (*e.g.* embalagens de alimentos ultra processados) e à descartáveis (*e.g.* copos descartáveis) sendo comumente relatados na literatura a ingestão destes por tartarugas marinhas (AWABDI; SICILIANO; DI BENEDETTO, 2012; MACEDO et al., 2011; POLI et al., 2015; REIS et al., 2010; RIZZI et al., 2019; SANTOS et al., 2015).

Schuyler (2014) também demonstra em sua revisão, o elevado aparecimento dos materiais descartáveis entre os materiais ingeridos, sendo reflexo da alta produção do plástico direcionado a embalagens, onde muitas destas são utilizadas por um curto período e por serem altamente duráveis e com alta capacidade de dispersão, podem permanecer no ambiente por longos períodos (CÓZAR et al., 2014; GEYER; JAMBECK; LAW, 2017). Apesar de alguns materiais como plástico rígido, isopor, cordas de pesca e borracha aparecerem em pequenas quantidades, são itens cada vez mais frequentes na literatura (FUKUOKA et al., 2016; VÉLEZ-RUBIO et al., 2018).

O nylon sendo o segundo material mais ingerido pelas tartarugas marinhas analisadas nesse trabalho (21%), e apesar da baixa presença deste material nas praias (1,4%), é um item frequentemente relatado em outras áreas de estudo (AWABDI; SICILIANO; DI BENEDETTO, 2012; GUEBERT-BARTHOLO et al., 2011; MACEDO et al., 2011; REIS et al., 2010; RIZZI et al., 2019). Ainda que a pesca em Alagoas seja essencialmente artesanal e de pequena escala, as atividades pesqueiras são fontes de entrada de plástico nos oceanos. Esses itens podem ser descartados de forma intencional ou não, promovendo uma interação das tartarugas com este material, sendo a ingestão do nylon uma das principais causas atuais de morte das tartarugas verdes (SANTOS et al., 2015). A ingestão desse material ocasiona a formação de úlceras e impede a movimentação do bolo alimentar, podendo causar anomalias gástricas e intestinais, levando o animal à morte (BJORNDAL; BOLTEN; LAGUEUX, 1994)

Embora essa atividade exerça um importante papel socioeconômico na geração de renda e ser fundamental para a economia das comunidades litorâneas (DOS SANTOS; SAMPAIO, 2013), órgãos fiscalizadores juntamente com ações de sensibilização junto aos

pescadores, precisam ser efetivos para minimizar a entrada intencional ou não desse material nos oceanos.

Além da mortalidade direta (CAMPANI et al., 2013; NICOLAU et al., 2016; SCHUYLER et al., 2013), os efeitos subletais são sugeridos como principal risco às tartarugas verdes (OEHLMANN et al., 2009) por serem difíceis de detectar e pela provável frequência. Os efeitos subletais podem incluir a diminuição da alimentação, alterações nas taxas de crescimento e maturação sexual retardada (CAMPANI et al., 2013; NICOLAU et al., 2016). A ingestão do plástico também pode desregular o metabolismo lipídico das tartarugas marinhas, resultando no acúmulo de gases intestinais e distúrbios de fluabilidade associados (YAGHMOUR et al., 2018). Isso restringe as capacidades locomotoras do animal, como forrageamento e fuga de predadores e aumenta o risco de acidentes com embarcações marítimas (COLFERAI et al., 2017)

A ampla distribuição de plástico no ambiente marinho, a ingestão e outras formas de impactos pelo plástico nas tartarugas marinhas tornaram-se fatalmente uma das ameaças mais importantes para esse grupo de animais. Apesar da relação entre a disponibilidade de plástico no ambiente e urbanização através dos dados de *NL* terem sido fraca, é possível que essas variáveis possam servir como um proxy para o plástico ingerido pelas tartarugas marinhas, mesmo que ainda não se conheça a fundo todos os fatores e como estes se relacionam. Contudo, a probabilidade de interações entre tartarugas marinhas e o plástico está diretamente ligado a ecologia alimentar e comportamento de forrageamento da espécie e a disponibilidade deste material nos oceanos.

Dada a história de vida complexa, ampla distribuição e serem classificados Vulneráveis a Criticamente em Perigo no *status* de conservação (IUCN, 2020), os impactos negativos registrados aqui, causados pela poluição por plástico nessas populações de tartarugas verdes que habitam a costa alagoana, precisam ser mitigados a fim de evitar que o problema cresça, impactando ainda mais essas populações residentes e as futuras.

Dentre as propostas para minimizar a entrada desses materiais nos ambientes marinhos, as ações de sensibilização junto aos frequentadores e usuários da região, bem como pescadores e outras pessoas que utilizam a zona costeira de alguma maneira, são uma das medidas mais simples de serem adotadas e que podem surtir efeitos positivos. Faz-se importante também ações de fiscalização por órgãos responsáveis e leis que regularizem o uso e distribuição do plástico nas praias do estado de Alagoas.

7 CONCLUSÕES

Este foi o primeiro estudo a analisar a ingestão de plástico por tartarugas marinhas no estado de Alagoas e os fatores ligados a esse tipo de poluição.

O plástico foi o material mais abundante tanto nos itens ingeridos pelas tartarugas, como nas praias analisadas. Esse resultado está de acordo com diversos estudos a respeito desse tipo de poluição, demonstrando como esse material é amplamente utilizado pela sociedade e como ele pode facilmente chegar, após descartado incorretamente, aos mais variados ambientes, sendo praticamente impossível de ser removido.

As tartarugas da espécie *Chelonia mydas* que utilizam a costa alagoana estão ameaçadas pela deposição de resíduos plásticos nos ambientes marinhos. A cidade de Maceió, como capital do estado, é amplamente explorada pelo turismo e, apresenta altos índices de poluição por plástico, tanto na deposição destes materiais em praias, como na ingestão por tartarugas marinhas.

Sugerimos novos e contínuos estudos, para melhor compreender como os fatores que contribuem para a ingestão de plástico pelas tartarugas marinhas se relacionam. Identificar as principais variáveis que contribuam no aporte de plástico nos ambientes marinhos costeiros, é imprescindível para mitigar esse problema, a fim de evitar que, não só as tartarugas marinhas, mas toda a fauna local, sejam impactadas pelos diversos danos ocasionados pela interação com este material.

Portanto, pela magnitude dessa problemática, faz-se necessário a união de esforços de diversas esferas responsáveis pelas tomadas de decisões, como governos, comunidade científica, indústria do plástico e a sociedade civil. O sucesso dessa colaboração irá auxiliar na compreensão de como os ecossistemas marinhos estão respondendo a poluição por plástico, para então, buscar soluções através de ações efetivas que coíbam o avanço desse material na natureza, que ocasiona diversos problemas, não só ambientais como também socioeconômicos.

REFERÊNCIAS

- AGUILERA, M. et al. Marine debris as a barrier: Assessing the impacts on sea turtle hatchlings on their way to the ocean. **Marine Pollution Bulletin**, v. 137, n. October, p. 481–487, 2018.
- ALEXIADOU, P.; FOSKOLOS, I.; FRANTZIS, A. Ingestion of macroplastics by odontocetes of the Greek Seas, Eastern Mediterranean: Often deadly! **Marine pollution bulletin**, v. 146, p. 67–75, 2019.
- ALLEN, R. et al. Entanglement of grey seals *Halichoerus grypus* at a haul out site in Cornwall, UK. **Marine Pollution Bulletin**, v. 64, n. 12, p. 2815–2819, 2012.
- ANDRADES, R. et al. Marine debris in Trindade Island, a remote island of the South Atlantic. **Marine Pollution Bulletin**, v. 137, p. 180–184, 2018.
- ANDRADES, R. et al. Anthropogenic litter on Brazilian beaches: Baseline, trends and recommendations for future approaches. **Marine Pollution Bulletin**, v. 151, p. 110842, 2020.
- ANDRADY, A. L. Microplastics in the marine environment. **Marine Pollution Bulletin**, v. 62, n. 8, p. 1596–1605, 2011.
- ARAÚJO, P. H. H. et al. Techniques for reducing residual monomer content in polymers: a review. **Polymer Engineering & Science**, v. 42, n. 7, p. 1442–1468, 2002.
- ASHTON, K.; HOLMES, L.; TURNER, A. Association of metals with plastic production pellets in the marine environment. **Marine Pollution Bulletin**, v. 60, n. 11, p. 2050–2055, 2010.
- AWABDI, D. R.; SICILIANO, S.; DI BENEDITTO, A. P. M. Ingestão de resíduos sólidos por tartarugas-verdes juvenis, *Chelonia mydas* (L. 1758), na costa leste do estado do Rio de Janeiro, Brasil. **Biotemas**; v. 26, 2012.
- BARBOZA, L. G. A. et al. Chapter 17 - Macroplastics Pollution in the Marine Environment. In: SHEPPARD, C. B. T.-W. S. AN E. E. (SECOND E. (Ed.). **Academic Press**, 2019. p. 305–328.
- BARNES, D. K. A. Invasions by marine life on plastic debris. **Nature**, v. 416, n. 6883, p. 808–809, 2002.
- BARNES, D. K. A. et al. Accumulation and fragmentation of plastic debris in global environments. **Philosophical Transactions of the Royal Society of London B: Biological Sciences**, v. 364, n. 1526, p. 1985–1998, 2009a.
- BARNES, D. K. A. et al. Accumulation and fragmentation of plastic debris in global environments Accumulation and fragmentation of plastic debris in global environments. p. 1985–1998, 2009b.
- BARNES, D. K. A. et al. Accumulation and fragmentation of plastic debris in global environments. **Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences**, v.

364, n. 1526, p. 1985–1998, jul. 2009c.

BARNES, S. J. Understanding plastics pollution: The role of economic development and technological research. **Environmental Pollution**, v. 249, p. 812–821, 2019.

BJORNDAL, K. A.; BOLTEN, A. B.; LAGUEUX, C. J. Ingestion of marine debris by juvenile sea turtles in coastal Florida habitats. **Marine Pollution Bulletin**, v. 28, n. 3, p. 154–158, 1994.

BROWNE, M. A.; GALLOWAY, T.; THOMPSON, R. Microplastic—an emerging contaminant of potential concern? **Integrated Environmental Assessment and Management: An International Journal**, v. 3, n. 4, p. 559–561, 2007.

CAMPANI, T. et al. Presence of plastic debris in loggerhead turtle stranded along the Tuscany coasts of the Pelagos Sanctuary for Mediterranean Marine Mammals (Italy). **Marine Pollution Bulletin**, v. 74, n. 1, p. 225–230, 2013.

CASALE, P. et al. Foraging ecology of loggerhead sea turtles *Caretta caretta* in the central Mediterranean Sea: evidence for a relaxed life history model. **Marine Ecology Progress Series**, v. 372, p. 265–276, 2008.

CBD, S.-G. Impacts of Marine Debris on Biodiversity: Current Status and Potential Solutions. **Technical Series No**, v. 67, 2012.

CHAPRON, L. et al. Macro- and microplastics affect cold-water corals growth, feeding and behaviour. **Scientific Reports**, v. 8, n. 1, p. 15299, 2018.

CHEN, C. L. **Regulation and management of marine litter.**

CHIBA, S. et al. Human footprint in the abyss: 30 year records of deep-sea plastic debris. **Marine Policy**, v. 96, p. 204–212, 2018.

CHOY, C. A. et al. The vertical distribution and biological transport of marine microplastics across the epipelagic and mesopelagic water column. **Scientific Reports**, v. 9, n. 1, p. 7843, 2019.

COLE, M.; GALLOWAY, T. S. Ingestion of nanoplastics and microplastics by Pacific oyster larvae. **Environmental science & technology**, v. 49, n. 24, p. 14625–14632, 2015.

COLFERAI, A. S. et al. Distribution pattern of anthropogenic marine debris along the gastrointestinal tract of green turtles (*Chelonia mydas*) as implications for rehabilitation. **Marine Pollution Bulletin**, v. 119, n. 1, p. 231–237, 2017.

CORLETT, R. T. The Anthropocene concept in ecology and conservation. **Trends in Ecology & Evolution**, v. 30, n. 1, p. 36–41, 2015.

CORREIA, M. D.; SOVIERZOSKI, H. H. Ecosystemas Marinhas : recifes, praias e manguezais. **Edufal**, p. 55, 2005.

CORREIA, M. D.; SOVIERZOSKI, H. H. Management and Sustainable Development in

Alagoas State's Coastal Zone , Brazil. **Revista de Gestão Costeira Integrada**, v. 8(2), n. 1646–8872, p. 25–45, 2008.

COSTA, M. F. et al. Plastics buried in the inter-tidal plain of a tropical estuarine ecosystem. **Journal of Coastal Research**, p. 339–343, 9 abr. 2011.

CÓZAR, A. et al. Plastic debris in the open ocean. p. 1–6, 2014.

CRITCHELL, K. et al. Chapter 34 - Plastic Pollution in the Coastal Environment: Current Challenges and Future Solutions. In: WOLANSKI, E. et al. (Eds.). **Elsevier**, 2019. p. 595–609.

DAUVERGNE, P. Why is the global governance of plastic failing the oceans? **Global Environmental Change**, v. 51, p. 22–31, 2018.

DERRAIK, J. G. B. The pollution of the marine environment by plastic debris : a review. **Marine Pollution Bulletin**, v. 44, p. 842–852, 2002.

DEUDERO, S.; ALOMAR, C. Mediterranean marine biodiversity under threat: Reviewing influence of marine litter on species. **Marine Pollution Bulletin**, v. 98, n. 1, p. 58–68, 2015.

DOS SANTOS, E. C.; SAMPAIO, C. L. S. A pesca artesanal na comunidade de Fernão Velho, Maceió (Alagoas, Brasil): de tradicional a marginal. **Revista de Gestão Costeira Integrada-Journal of Integrated Coastal Zone Management**, v. 13, n. 4, p. 513–524, 2013.

DUNCAN, E. M. et al. Microplastic ingestion ubiquitous in marine turtles. **Global Change Biology**, v. 25, n. 2, p. 744–752, 1 fev. 2019.

EASTMAN, C. B. et al. Plastic Ingestion in Post-hatchling Sea Turtles: Assessing a Major Threat in Florida Near Shore Waters. **Frontiers in Marine Science**, 2020.

ENDO, S. et al. Concentration of polychlorinated biphenyls (PCBs) in beached resin pellets: Variability among individual particles and regional differences. **Marine Pollution Bulletin**, v. 50, n. 10, p. 1103–1114, 2005.

ERIKSEN, M. 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**, v. 9, n. 12, p. e111913, 10 dez. 2014.

FOTI, M. et al. Antibiotic Resistance of Gram Negatives isolates from loggerhead sea turtles (*Caretta caretta*) in the central Mediterranean Sea. **Marine Pollution Bulletin**, v. 58, n. 9, p. 1363–1366, 2009.

FRAZIER, J. G. Marine turtles: the role of flagship species in interactions between people and the sea. **Mast**, 2005.

FUKUOKA, T. et al. The feeding habit of sea turtles influences their reaction to artificial marine debris. **Scientific Reports**, v. 6, p. 1–11, 2016.

GALGANI, F.; HANKE, G.; MAES, T. Global Distribution, Composition and Abundance of

Marine Litter BT - Marine Anthropogenic Litter. In: BERGMANN, M.; GUTOW, L.; KLAGES, M. (Eds.). **Cham: Springer International Publishing**, 2015. p. 29–56.

GALL, S. C.; THOMPSON, R. C. The impact of debris on marine life. **Marine Pollution Bulletin**, v. 92, n. 1, p. 170–179, 2015a.

GALL, S. C.; THOMPSON, R. C. The impact of debris on marine life. **Marine pollution bulletin**, 2015b.

GESAMP, S. **fate and effects of microplastics in the marine environment: a global assessment**, ed. PJ Kershaw. [s.l.] IMO/FAO/UNESCO-IOC/UNIDO/WMO/IAEA/UN/UNEP/UNDP Joint Group of Experts on the, 2015.

GEYER, R.; JAMBECK, J. R.; LAW, K. L. Production, use, and fate of all plastics ever made. **Science Advances**, v. 3, n. 7, p. e1700782, 1 jul. 2017.

GONZÁLEZ CARMAN, V. et al. Young green turtles, *Chelonia mydas*, exposed to plastic in a frontal area of the SW Atlantic. **Marine Pollution Bulletin**, v. 78, n. 1, p. 56–62, 2014.

GOOD, T. P. et al. Derelict fishing nets in Puget Sound and the Northwest Straits: Patterns and threats to marine fauna. **Marine Pollution Bulletin**, v. 60, n. 1, p. 39–50, 2010.

GREGORY, M. R. The hazards of persistent marine pollution: drift plastics and conservation islands. **Journal of the Royal Society of New Zealand**, v. 21, n. 2, p. 83–100, 1 jun. 1991.

GUEBERT-BARTHOLO, F. M. et al. Using gut contents to assess foraging patterns of juvenile green turtles *Chelonia mydas* in the Paranaguá Estuary, Brazil. **Endangered Species Research**, v. 13, n. 2, p. 131–143, 2011.

HAMMER, J.; KRAAK, M. H. S.; PARSONS, J. R. Plastics in the Marine Environment: The Dark Side of a Modern Gift. In: WHITACRE, D. M. (Ed.). **Reviews of Environmental Contamination and Toxicology**. New York, NY: Springer New York, 2012. v. 220p. 1–44.

HERNANDEZ, L. M.; YOUSEFI, N.; TUFENKJI, N. Are there nanoplastics in your personal care products? **Environmental Science & Technology Letters**, v. 4, n. 7, p. 280–285, 2017.

HOELLEIN, T. J. et al. Abundance and environmental drivers of anthropogenic litter on 5 Lake Michigan beaches: A study facilitated by citizen science data collection. **Journal of Great Lakes Research**, v. 41, n. 1, p. 78–86, 2015.

IVAR DO SUL, J. A. et al. Plastic Pollution at a Sea Turtle Conservation Area in NE Brazil: Contrasting Developed and Undeveloped Beaches. **Estuaries and Coasts**, v. 34, n. 4, p. 814–823, 2011.

JEYASANTA, K. I. et al. Macro-, meso- and microplastic debris in the beaches of Tuticorin district, Southeast coast of India. **Marine Pollution Bulletin**, v. 154, p. 111055, 2020.

KERSHAW, P. J.; ROCHMAN, C. M. Sources, fate and effects of microplastics in the marine environment: part 2 of a global assessment. **Reports and Studies-IMO/FAO/Unesco-IOC/WMO/IAEA/UN/UNEP Joint Group of Experts on the Scientific Aspects of Marine**

Environmental Protection (GESAMP) Eng No. 93, 2015.

KOELMANS, A. A. et al. All is not lost: deriving a top-down mass budget of plastic at sea. **Environmental Research Letters**, v. 12, n. 11, p. 114028, 2017.

KOELMANS, A. A.; BESSELING, E.; SHIM, W. J. Nanoplastics in the Aquatic Environment. Critical Review BT - Marine Anthropogenic Litter. In: BERGMANN, M.; GUTOW, L.; KLAGES, M. (Eds.). **Cham: Springer International Publishing**, 2015. p. 325–340.

KÜHN, S.; VAN FRANEKER, J. A. Quantitative overview of marine debris ingested by marine megafauna. **Marine Pollution Bulletin**, v. 151, p. 110858, 2020.

LAIST, D. W. Impacts of Marine Debris: Entanglement of Marine Life in Marine Debris Including a Comprehensive List of Species with Entanglement and Ingestion Records BT - Marine Debris: Sources, Impacts, and Solutions. In: COE, J. M.; ROGERS, D. B. (Eds.). New York, NY: Springer New York, 1997. p. 99–139.

LAMB, J. B. et al. Plastic waste associated with disease on coral reefs. **Science**, v. 359, n. 6374, p. 460 LP – 462, 26 jan. 2018.

LAW, K. L. Plastics in the Marine Environment. **Annual Review of Marine Science**, v. 9, n. 1, p. 205–229, 3 jan. 2017.

LEBRETON, L. et al. Evidence that the Great Pacific Garbage Patch is rapidly accumulating plastic. **Scientific Reports**, v. 8, n. 1, p. 4666, 2018.

LEBRETON, L. C. M. et al. River plastic emissions to the world's oceans. **Nature Communications**, v. 8, n. 1, p. 15611, 2017.

LEWIS, P. N.; RIDDLE, M. J.; SMITH, S. D. A. Assisted passage or passive drift: a comparison of alternative transport mechanisms for non-indigenous coastal species into the Southern Ocean. **Antarctic Science**, v. 17, n. 2, p. 183–191, 2005.

LI, W. C.; TSE, H. F.; FOK, L. Plastic waste in the marine environment: A review of sources, occurrence and effects. **Science of The Total Environment**, v. 566–567, p. 333–349, 2016.

LITHNER, D.; LARSSON, A.; DAVE, G. Environmental and health hazard ranking and assessment of plastic polymers based on chemical composition. **Science of the Total Environment**, v. 409, n. 18, p. 3309–3324, 2011.

LUSHER, A. L.; MCHUGH, M.; THOMPSON, R. C. Occurrence of microplastics in the gastrointestinal tract of pelagic and demersal fish from the English Channel. **Marine Pollution Bulletin**, v. 67, n. 1–2, p. 94–99, 2013.

MACEDO, G. R. et al. Anthropogenic debris ingestion by sea turtles in the northern coast of Bahia, Brazil. **Ciencia Rural**, v. 41, n. 11, p. 1938–1943, 2011.

MAES, T. et al. A rapid-screening approach to detect and quantify microplastics based on fluorescent tagging with Nile Red. **Scientific Reports**, v. 7, n. 1, p. 44501, 2017.

- MARCOVALDI, M. Â.; MARCOVALDI, G. G. **1999_Marine_Turtles_of_Brazil.pdf**, 1999. Disponível em:
<http://www.projetotamar.org.br/publicacoes_html/pdf/1999/1999_Marine_Turtles_of_Brazil.pdf>
- MARKIC, A. et al. Plastic ingestion by marine fish in the wild. **Critical Reviews in Environmental Science and Technology**, v. 50, n. 7, p. 657–697, 2020.
- MARN, N. et al. Quantifying impacts of plastic debris on marine wildlife identifies ecological breakpoints. **Ecology Letters**, v. 23, n. 10, p. 1479–1487, 1 out. 2020.
- MASÓ, M. et al. Microfouling communities from pelagic and benthic marine plastic debris sampled across Mediterranean coastal waters. **Scientia Marina**, v. 80, n. S1, p. 117–127, 2016.
- MATLACK, A. **Introduction to Green Chemistry**. [s.l.] CRC Press, 2001.
- MCDERMID, K. J.; MCMULLEN, T. L. Quantitative analysis of small-plastic debris on beaches in the Hawaiian archipelago. **Marine Pollution Bulletin**, v. 48, n. 7–8, p. 790–794, 2004.
- MOORE, C. J. Synthetic polymers in the marine environment: A rapidly increasing, long-term threat. **Environmental Research**, v. 108, n. 2, p. 131–139, 2008.
- NELMS, S. E. et al. Plastic and marine turtles: a review and call for research. **ICES Journal of Marine Science: Journal du Conseil**, out. 2015.
- NICOLAU, L. et al. Ingestion of marine litter by loggerhead sea turtles, *Caretta caretta*, in Portuguese continental waters. **Marine Pollution Bulletin**, v. 103, n. 1, p. 179–185, 2016.
- OCEAN CONSERVANCY. Together for our Ocean - International Coastal Cleanup 2017 Report. p. 28, 2017.
- OEHLMANN, J. et al. A critical analysis of the biological impacts of plasticizers on wildlife. A critical analysis of the biological impacts of plasticizers on wildlife. 2009.
- OSTLE, C. et al. The rise in ocean plastics evidenced from a 60-year time series. **Nature Communications**, v. 10, n. 1, p. 1622, 2019.
- PETERSON, G. S.; ANKLEY, G. T.; LEONARD, E. N. Effect of bioturbation on metal-sulfide oxidation in surficial freshwater sediments. **Environmental Toxicology and Chemistry**, v. 15, n. 12, p. 2147–2155, 1 dez. 1996.
- PLASTICS EUROPE; EPRO. **Plastics - the Facts 2019**. p. 38, 2019.
- POLI, C. et al. **Plastic ingestion by sea turtles in Paraíba State, Northeast Brazil Iheringia. Série Zoologia** scielo, 2015.
- PRUTER, A. T. Sources, quantities and distribution of persistent plastics in the marine environment. **Marine Pollution Bulletin**, v. 18, n. 6, Supplement B, p. 305–310, 1987.

- QIANG, M.; SHEN, M.; XIE, H. Loss of tourism revenue induced by coastal environmental pollution: a length-of-stay perspective. **Journal of Sustainable Tourism**, v. 28, n. 4, p. 550–567, 2 abr. 2020.
- REIS, E. C. et al. Condição de saúde das tartarugas marinhas do litoral centro-norte do estado do rio de janeiro, brasil: avaliação sobre a presença de agentes bacterianos, fibropapilomatose e interação com resíduos antropogênicos. **Oecologia Australis; Vol 14, No 3 (2010): Interações Ecológicas e Dinâmica de Doenças**, 30 abr. 2010.
- RIBEIRO, F. et al. Accumulation and fate of nano- and micro-plastics and associated contaminants in organisms. **TrAC Trends in Analytical Chemistry**, v. 111, p. 139–147, 2019.
- RIOS, L. M.; MOORE, C.; JONES, P. R. Persistent organic pollutants carried by synthetic polymers in the ocean environment. **Marine Pollution Bulletin**, v. 54, n. 8, p. 1230–1237, 2007.
- RIZZI, M. et al. Ingestion of plastic marine litter by sea turtles in southern Brazil: abundance, characteristics and potential selectivity. **Marine Pollution Bulletin**, v. 140, p. 536–548, 2019.
- RODRÍGUEZ, S. et al. A mechanism of transmission and factors affecting coral susceptibility to *Halofolliculina* sp. infection. **Coral Reefs**, v. 28, n. 1, p. 67–77, 2009.
- RYAN, P. G. The incidence and characteristics of plastic particles ingested by seabirds. **Marine Environmental Research**, v. 23, n. 3, p. 175–206, 1987.
- RYAN, P. G. et al. Monitoring the abundance of plastic debris in the marine environment. **Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences**, v. 364, n. 1526, p. 1999–2012, 2009.
- RYAN, P. G. Ingestion of Plastics by Marine Organisms. 2016.
- SADRI, S. S.; THOMPSON, R. C. On the quantity and composition of floating plastic debris entering and leaving the Tamar Estuary, Southwest England. **Marine Pollution Bulletin**, v. 81, n. 1, p. 55–60, 2014.
- SANTOS, I. R. D. O. S. et al. Geração De Resíduos Sólidos Pelos Usuários Da Praia Do Cassino, Rs, Brasil Litter Production By Beach-Users At Cassino Beach (Rs, Brazil). **International Journal**, p. 12–14, 2002.
- SANTOS, I. R.; FRIEDRICH, A. C.; IVAR DO SUL, J. A. Marine debris contamination along undeveloped tropical beaches from northeast Brazil. **Environmental Monitoring and Assessment**, v. 148, n. 1–4, p. 455–462, 2009.
- SANTOS, R. G. et al. Debris ingestion by juvenile marine turtles : An underestimated problem. v. 93, p. 37–43, 2015.
- SANTOS, R. G. et al. Exploring plastic-induced satiety in foraging green turtles. **Environmental Pollution**, v. 265, p. 114918, 2020.

- SCHUYLER, Q. et al. Global Analysis of Anthropogenic Debris Ingestion by Sea Turtles. v. 00, n. 00, p. 1–11, 2013.
- SCHUYLER, Q. et al. Global Analysis of Anthropogenic Debris Ingestion by Sea Turtles. **Conservation Biology**, v. 28, n. 1, p. 129–139, 1 fev. 2014.
- SIGLER, M. The effects of plastic pollution on aquatic wildlife: Current situations and future solutions. **Water, Air, and Soil Pollution**, v. 225, n. 11, 2014.
- TANAKA, K. et al. Piece-by-piece analysis of additives and manufacturing byproducts in plastics ingested by seabirds: Implication for risk of exposure to seabirds. **Marine pollution bulletin**, v. 145, p. 36–41, 2019.
- TEUTEN, E. L. et al. Transport and release of chemicals from plastics to the environment and to wildlife. **Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences**, v. 364, n. 1526, p. 2027–2045, 27 jul. 2009.
- THIEL, M. et al. Floating marine debris in coastal waters of the SE-Pacific (Chile). **Marine Pollution Bulletin**, v. 46, n. 2, p. 224–231, 2003.
- THOMPSON, R. C. et al. Lost at Sea : Where Is All the Plastic ? v. 304, n. May, p. 2004, 2004.
- THOMPSON, R. C. et al. Plastics , the environment and human health : current consensus and future trends. **Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences**, v. 364, n. 1526, p. 2153–2166, 2009.
- VAN CAUWENBERGHE, L. et al. Microplastics in sediments: A review of techniques, occurrence and effects. **Marine Environmental Research**, v. 111, p. 5–17, 2015.
- VAN EMMERIK, T.; SCHWARZ, A. Plastic debris in rivers. **WIREs Water** , v. 7, n. 1, p. e1398, 1 jan. 2020.
- VASCONCELOS, D. A. L. DE. Evolução histórica do destino turístico Maceió-Alagoas-Brasil : de antecedentes à atual situação. **Revista Iberoamericana de Turismo- RITUR**, v. 6, p. 139–164, 2016.
- VEGTER, A. C. et al. Global research priorities to mitigate plastic pollution impacts on marine wildlife. **Endangered Species Research**, v. 25, n. 3, p. 225–247, 2014.
- VÉLEZ-RUBIO, G. M. et al. Differential impact of marine debris ingestion during ontogenetic dietary shift of green turtles in Uruguayan waters. **Marine pollution bulletin**, v. 127, p. 603–611, 2018.
- VILLARRUBIA-GÓMEZ, P.; CORNELL, S. E.; FABRES, J. Marine plastic pollution as a planetary boundary threat – The drifting piece in the sustainability puzzle. **Marine Policy**, v. 96, n. August, p. 213–220, 2018.
- WILLIAMS, A. T.; SIMMONS, S. L. Estuarine Litter at the River/Beach Interface in the

Bristol Channel, United Kingdom. **Journal of Coastal Research**, v. 13, n. 4, p. 1159–1165, 22 jun. 1997.

WITHERINGTON, B.; HIRAMA, S.; HARDY, R. Young sea turtles of the pelagic Sargassum-dominated drift community: Habitat use, population density, and threats. **Marine Ecology Progress Series**, v. 463, p. 1–22, 2012.

WRIGHT, S. L.; THOMPSON, R. C.; GALLOWAY, T. S. The physical impacts of microplastics on marine organisms: A review. **Environmental Pollution**, v. 178, p. 483–492, 2013.

XANTHOS, D.; WALKER, T. R. International policies to reduce plastic marine pollution from single-use plastics (plastic bags and microbeads): A review. **Marine Pollution Bulletin**, v. 118, n. 1, p. 17–26, 2017.

YAGHMOUR, F. et al. Marine debris ingestion of green sea turtles, *Chelonia mydas*, (Linnaeus, 1758) from the eastern coast of the United Arab Emirates. **Marine Pollution Bulletin**, v. 135, p. 55–61, 2018.

ZALASIEWICZ, J. et al. The geological cycle of plastics and their use as a stratigraphic indicator of the Anthropocene. **Anthropocene**, v. 13, p. 4–17, 2016.

ZITKO, V.; HANLON, M. Another source of pollution by plastics: skin cleaners with plastic scrubbers. **Marine Pollution Bulletin**, v. 22, n. 1, p. 41–42, 1991.