

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA
CENTRO TECNOLÓGICO DE JOINVILLE
CURSO DE ENGENHARIA NAVAL

THAIS BUSE PEREIRA

MICROPLÁSTICOS E A CONVENÇÃO PARA O CONTROLE
E GESTÃO DA ÁGUA DE LASTRO EM NAVIOS (CONVENÇÃO BWM)

Joinville

2018

THAIS BUSE PEREIRA

MICROPLÁSTICOS E A CONVENÇÃO PARA O CONTROLE
E GESTÃO DA ÁGUA DE LASTRO EM NAVIOS (CONVENÇÃO BWM)

Trabalho de Conclusão de Curso
apresentado como requisito para obtenção
do título de bacharel em Engenharia Naval,
do Centro Tecnológico de Joinville da
Universidade Federal de Santa Catarina.

Orientadora: Prof^a. Dr^a. Derce de Oliveira
Souza Recouvreux

Joinville

2018

THAIS BUSE PEREIRA

MICROPLÁSTICOS E A CONVENÇÃO PARA O CONTROLE
E GESTÃO DA ÁGUA DE LASTRO EM NAVIOS (CONVENÇÃO BWM)

Este trabalho de Conclusão de Curso foi julgado adequado para obtenção do título de bacharel em Engenharia Naval na Universidade Federal de Santa Catarina, Centro Tecnológico de Joinville.

Banca Examinadora:

Dra. Derce de Oliveira Souza Recouvreux
Orientadora
Presidente

Dr. Claudimir Carminatti
Universidade Federal de Santa Catarina

Dr. Rafael Gallina Delatorre
Universidade Federal de Santa Catarina

Dedico este trabalho aos meus queridos pais.

AGRADECIMENTOS

Gostaria de agradecer primeiramente aos meus pais, pela oportunidade, paciência e incentivo em todos os momentos de dificuldade. Sou grata aos meus avós, que sempre estiveram em meu lado, me apoiando e torcendo para as aprovações aparecerem e ser possível minha formação.

Agradeço a minha ilustre professora e orientadora Derce, por toda a sua dedicação, suporte, conselhos e conhecimento que foram fundamentais para a realização deste trabalho.

Meus agradecimentos também ao professor Fabiano Wolf e ao mestrando Anderson Rohweder, pelas análises no microscópio de fluorescência do Laboratório de Microfluídica da UFSC/Campus de Joinville.

Agradeço a professora Regina Vasconcelos Antônio do Laboratório de Bioquímica e Micro-organismo Aplicados a Processos Biotecnológicos da UFSC/ Campus de Araranguá, por fornecer o corante vermelho do Nilo, indispensável para este trabalho.

Aos meus queridos amigos, obrigada pela amizade, conhecimento e apoio ao longo desses anos, sou imensamente grata a vocês.

Por fim, agradeço à Universidade Federal de Santa Catarina que me proporcionou a chance de expandir os meus horizontes e me tornar uma engenheira.

RESUMO

O transporte marítimo é o modal mais econômico e mais utilizado no comércio internacional para o transporte de mercadorias em grandes quantidades. No entanto, é causador de diversos impactos ambientais, como emissões de CO₂, efluentes e resíduos gerados, vazamentos, tintas anti-incrustantes, obras portuárias e bioinvasões através da água de lastro (SARDINHA, 2013). A água de lastro é a água levada a bordo de um navio, em tanques de lastro, para o controle do trim, banda, calado, estabilidade ou tensões do navio. Trata-se da principal responsável pelas bioinvasões, ou seja, pela transferência oceânica de espécies biológicas. Bioinvasões são caracterizadas por comunidades biológicas vivas (fitoplâncton, zooplâncton e micro-organismos indicadores de contaminação) que são transportados em água de lastro. Mas, além das bioinvasões os microplásticos também representam uma ameaça aos ecossistemas marinhos e costeiros. São partículas quase invisíveis (plásticos < 5 mm) que alteram a composição de certas partes dos oceanos, prejudicando o ecossistema da região e, conseqüentemente, a saúde humana. Essas partículas plásticas tem a capacidade de adsorver produtos tóxicos encontrados nos oceanos como pesticidas, metais pesados e outros tipos de poluentes orgânicos persistentes e desse modo podem ser transportados em água de lastro (ALISSON, 2017). Neste contexto, este projeto tem como objetivo principal realizar uma pesquisa exploratória sobre a presença de microplásticos em água de lastro de navios e sua importância de ser abordado na legislação da água de lastro.

Palavras-chave: Água de lastro. Bioinvasões. Microplásticos. Produtos tóxicos.

ABSTRACT

Maritime transportation is the most used and economical transportation modal for international shipping of large quantities of goods. However, the maritime industry is responsible for a diverse range of environmental impacts, such as the emission of CO₂, effluents and waste, leakage, antifouling paint, harbor construction works and bio invasions due to ballast water (SARDINHA, 2013). Ballast water is the water taken onboard the vessel, stored in ballast tanks, and is responsible for controlling trim, heel, draft, stability and stress. It is the responsible for bio invasions, which are the transfer of biological species through the ocean. Bio invasions are characterized by alive biological communities (phytoplankton, zooplankton and micro-organisms that indicate contamination) that are transported within ballast water. However, besides the bio invasions, the microplastics also represent a threat to the maritime and costal ecosystems. They are almost invisible particles (plastics < 5 mm) that change the compositions of certain regions of the ocean, harming the regional ecosystems and human health. These plastic particles can absorb toxic components found in the ocean, like pesticides, heavy metals and other variations of organic pollutants, hence they can be transported by ballast water (ALISSON, 2017). In this context, this graduation project main objective is to perform an exploratory research about the presence of microplastic in ballast water of ships, and about the importance of this being considered in ballast water regulations.

Keywords: Ballast water. Bio invasions. Microplastics. Toxic products.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Método de lastreamento e deslastreamento.	17
Figura 2 - Em julho de 2006, o navio Cougar Ace, uma transportadora de automóveis que estava a caminho do Japão para a América do Norte, tombou durante a troca de água de lastro.....	18
Figura 3 - Principais configurações de tanques de lastro em navios mercantes.....	19
Figura 4 - Imagem da incrustação do mexilhão dourado (<i>Limnoperna fortunei</i>) em estruturas de usinas hidrelétricas.....	23
Figura 5 - Aglomerado de detritos de macro e microplástico que se acumulam na superfície do oceano na Baía de Hanauma, Havaí.	30
Figura 6 - Amostras plásticas coletadas durante a expedição da Ocean Cleanup....	37
Figura 7 - Teste de reboque no Oceano Pacífico em maio 2018.	37
Figura 8 - Distribuição dos microplásticos encontrados nas embarcações analisadas em Bari, Itália, 2015.	40
Figura 9 - Vista aérea do Porto de São Francisco do Sul.	43
Figura 10 - Coleta da água de lastro em embarcação atracada no porto de São Francisco do Sul.....	44
Figura 11 - Filtro com auxílio da bomba de vácuo.....	45
Figura 12 - Fotografia dos sedimentos da água da Baía da Babitonga retidos na membrana Whatman™ 1,20 µm.	46
Figura 13 - Fotografia sob o microscópio de fluorescência com excitação e emissão de comprimento de onda entre 525-575 nm para visualização de (a) polipropileno (PP) e (b) polietileno tereftalato (PET) corados com vermelho do Nilo. Ampliação de 50 x.	47
Figura 14 - Fotografia sob o microscópio de fluorescência, das partículas retidas em filtro de membrana com porosidade 1,2 µm. Ampliação de 50 x.	48
Figura 15 - Fotografia sob o microscópio de fluorescência das partículas retidas em filtro de membrana com porosidade 0,45 µm. Ampliação de 50 x.	48

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

AIS - *Automatic Identification System*

AJB - Águas Jurisdicionais Brasileiras

ANTAQ - Agência Nacional de Transportes Aquaviários

BWM - Convenção Internacional para o Controle e Gerenciamento de Água de Lastro e Sedimentos dos Navios

EIA - Associação de Impacto Ambiental

GloBallast - Programa Global de Gerenciamento de Água de Lastro

IEAPM - Instituto de Estudos do Mar Almirante Paulo Moreira

IMO - *International Maritime Organization*

IUCN - *International Union for Conservation of Nature* (União Internacional para Conservação da Natureza)

MMA - Ministério do Meio Ambiente

NORMAM - Normas da Autoridade Marítima

ONU - Organização das Nações Unidas

PE - Polietileno

PP- Polipropileno

PS - Poliestireno

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	13
1.1 OBJETIVOS	14
1.1.1 Objetivo geral	14
1.1.2 Objetivos específicos.....	14
1.2 ESTRUTURA DO ESTUDO	14
2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	16
2.1 ÁGUA DE LASTRO	16
2.1.1 Sistema de lastro	19
2.2 BIOINVASÃO	20
2.3 CONVENÇÃO INTERNACIONAL PARA O CONTROLE E GERENCIAMENTO DA ÁGUA DE LASTRO E SEDIMENTOS DE NAVIOS (2004)	24
2.4 LEGISLAÇÃO NO BRASIL - NORMAN 20/DPC/2005/2014	26
2.5 MICROPLÁSTICOS	28
2.5.1 Microplásticos nos oceanos	28
2.5.2 Microplásticos um novo <i>habitat</i> aos organismos	33
2.5.3 Problemas dos microplásticos relacionados à saúde humana	33
2.5.4 Efeitos tóxicos proveniente dos microplásticos	35
2.5.5 Proposta para retirar os plásticos do oceano	36
3 IMPORTÂNCIA DA INCLUSÃO DE MICROPLÁSTICOS NA CONVENÇÃO BWM	38
3.1 METODOLOGIA DA PESQUISA	38
3.2 PRIMEIRA EVIDÊNCIA DE MICROPLÁSTICOS EM EMBARCAÇÕES.....	39
3.3 MEDIDAS PARA EVITAR A TRANSFERÊNCIA DE MICROPLÁSTICOS ATRAVÉS DA ÁGUA DE LASTRO	40
3.4 CONCLUSÃO.....	41
4 ESTUDO DE CASO NO PORTO DE SÃO FRANCISCO DO SUL, SANTA CATARINA	42
4.1 O PORTO DE SÃO FRANCISCO DO SUL.....	42
4.2 MATERIAIS E MÉTODOS.....	44
4.2.1 Coleta da água.....	44
4.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	46
4.3 CONCLUSÃO.....	49
5 CONSIDERAÇÕES FINAIS	50
REFERÊNCIAS	52

ANEXO A – FORMULÁRIO DE INFORMAÇÕES SOBRE A ÁGUA DE LASTRO..58

1 INTRODUÇÃO

Ao longo da história, a importância do transporte marítimo vem sendo cada vez maior. No Brasil, o modal aquaviário corresponde a cerca de 96% das exportações, chegando próximo a 100 milhões de toneladas de água de lastro descarregadas na costa brasileira e portos brasileiros a cada ano (SOUZA, 2014).

As embarcações são projetadas para navegar a uma determinada profundidade de imersão de seu casco. Caso o navio não esteja com a carga completa a bordo, deve-se abastecer os tanques de lastro com água a fim de proporcionar estabilidade a embarcação.

Estima-se que as embarcações têm transferido anualmente cerca de 10 bilhões de toneladas de água de lastro de um local para outro, transportando cerca de 3000 espécies de plantas e animais por dia, tornando as bioinvasões uma das maiores formas de poluição dos ecossistemas aquáticos. Segundo Leal Neto (2007), as outras grandes formas de poluição dos oceanos no mundo estão relacionadas a fontes terrestres de contaminação, exagerada exploração dos recursos marinhos, alteração física, ou destruição do *habitat*.

Além das bioinvasões, os microplásticos também representam uma ameaça aos ecossistemas marinhos e costeiros. Trata-se de organismos quase invisíveis que alteram a composição de certas partes do oceano, prejudicando o ecossistema da região e, conseqüentemente, a saúde humana. Essas partículas plásticas possuem uma grande capacidade de dispersão e resistência à degradação.

Do plástico produzido no mundo, 40% é descartado no prazo de um ano, principalmente o utilizado no setor de embalagens. Estima-se que 60 a 80% dos detritos marinhos sejam compostos por plásticos (DERRAIK, 2002).

Relacionado a isso, o trabalho fará um levantamento de dados da legislação da água de lastro, abordando as medidas cabíveis para o controle dos microplásticos presentes nelas.

Atentando a carência de informações sobre a presença de microplásticos na água de lastro, uma amostra foi coletada em uma embarcação atracada no porto de São Francisco do Sul, Santa Catarina.

1.1 OBJETIVOS

1.1.1 Objetivo geral

O objetivo deste trabalho é realizar uma pesquisa exploratória bibliográfica sobre a legislação da água de lastro, abordando as medidas cabíveis para o controle dos microplásticos presentes nela. Considerando a atualidade do tema e a escassez de dados sobre a presença de microplásticos na água de lastro no Brasil, foi realizada uma coleta da água coletada por uma embarcação no Porto de São Francisco Sul, Santa Catarina, Brasil, buscando, através das análises, verificar evidências de microplásticos presentes na água coletada pela embarcação. Para isto, este trabalho teve os seguintes objetivos específicos.

1.1.2 Objetivos específicos

- Verificar quais os sistemas de gerenciamento de lastro e sedimentos;
- Identificar a legislação nacional e internacional vigentes sobre água de lastro para análise de seu cumprimento;
- Conhecer os impactos dos microplásticos para o ambiente, os riscos para a saúde humana;
- Levantar medidas adotadas para evitar a ocorrência de águas de lastro contendo microplásticos;
- Abordar a importância dos microplásticos serem incluídos na legislação da água de lastro;
- Estudo de caso: Verificar a ocorrência de microplásticos em águas coletadas por embarcações no porto de São Francisco do Sul, Baía da Babitonga.

1.2 ESTRUTURA DO ESTUDO

No capítulo 1, apresenta-se a introdução do trabalho. O capítulo 2 apresenta a fundamentação teórica necessária para o estudo e discussão. O capítulo 3 discute a importância da inclusão dos microplásticos na convenção BWM, apresentado as primeiras evidências de microplásticos presentes em água de lastro de embarcações. O capítulo 4, apresenta o estudo de caso realizado para verificar a ocorrência de

microplásticos em águas coletadas por uma embarcação atracada no porto de São Francisco do Sul. O capítulo 5 finaliza este trabalho com as conclusões.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Neste capítulo serão abordados os fundamentos necessários para o conhecimento e a compreensão dos temas relacionados ao problema abordado e sua atualidade, além de um conhecimento geral relacionado à tecnologia de água de lastro.

2.1 ÁGUA DE LASTRO

Antigamente as embarcações tinham seus cascos feitos de madeira, onde o lastro era utilizado para a segurança dos tripulantes assim como da própria embarcação, e também para sua eficiência, mantendo então, o seu equilíbrio.

No Brasil colonial, as embarcações provenientes de Portugal eram lastreadas com pedras, que posteriormente serviriam para a construção civil. Além disso, madeira, areia e correntes eram utilizados nos porões das embarcações para servirem como lastro. Com a melhoria das estruturas navais, em 1870 começou-se a utilizar a água do mar como lastro. Acredita-se que somente a partir da 2ª Guerra Mundial grandes volumes de água foram deslocados, juntamente com espécies exóticas (LAMONICA; SANTOS, 2008, p. 143).

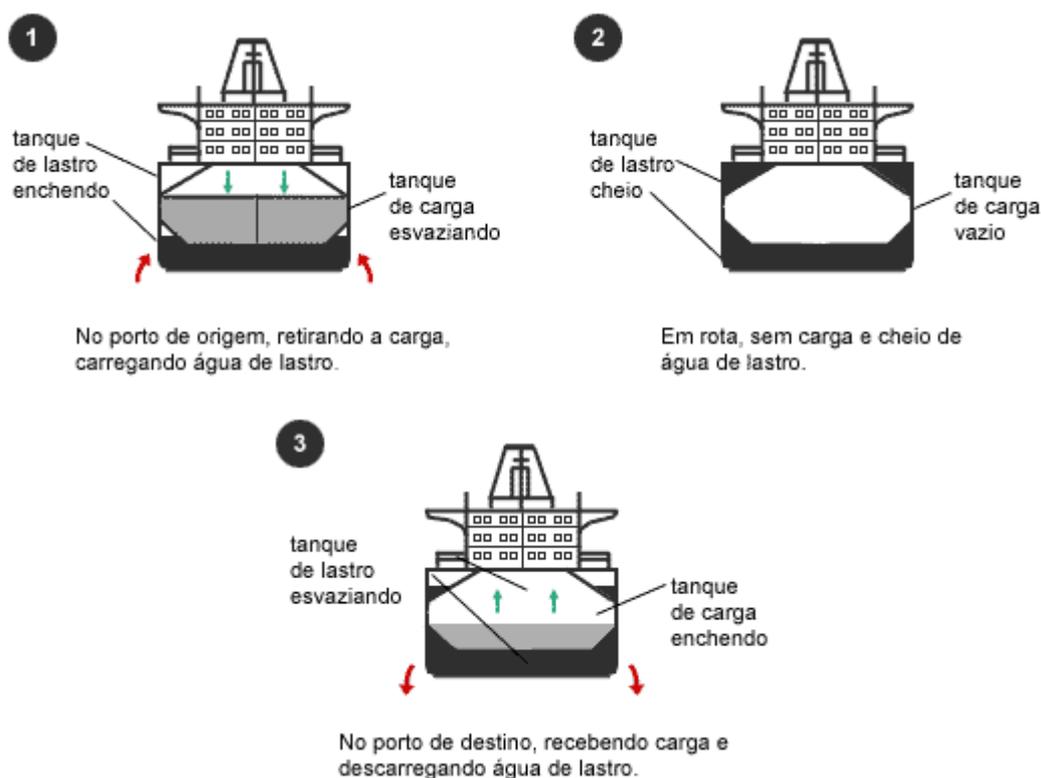
A água fornece uma maior flexibilidade que os outros tipos de materias utilizados para este processo, pois está disponível onde a embarcação está operando, assim como durante as viagens. Outra vantagem da utilização da água como lastro é o tempo de carregamento e a estabilidade, visto que materiais sólidos podem deixar as embarcações em instabilidades perigosas provenientes do movimento desse tipo de lastro (PEREIRA et al., 2018).

Os navios utilizam água nos tanques de lastro para manter a segurança, aumentar seu calado e ajudar na propulsão e manobras, regular a estabilidade e compensar perdas de peso por consumo de combustível e água (NRC, 1996).

Na maioria das vezes, os navios lastram e deslastram antes de saírem de um porto para outro, sendo então, transferidos organismos presentes no local de origem para o local de destino. O lastro também pode ser ajustado durante o trajeto da viagem. Conforme o percurso é percorrido, água potável e combustível são consumidos, sendo necessário a adição de água de lastro para reestabelecer o

equilíbrio da embarcação. Ao fim da viagem, a água de lastro e todos os organismos presentes nela são evacuados como mostra a Figura 1.

Figura 1 - Método de lastreamento e deslastreamento.



Fonte: BRASIL ([entre 2000 e 2004]).

A capacidade de lastro pode variar de dezenas de metros cúbicos para barcos de pesca e de lazer, à centenas de milhares de metros cúbicos em grandes embarcações de carga. Um exemplo são os grandes petroleiros, que podem carregar até 200.000 m³ de água de lastro, compreendendo tanques e porões de carga (NRC, 1996).

O comandante do navio programa o plano de carga, estabelecendo a quantidade de carga que irá a todos os porões, assim como a sequência de deslastro em função do carregamento do navio. Outra situação a ser analisada se refere ao volume de água de lastro nos tanques, pois estes variam conforme a duração da viagem. Em geral, procura-se navegar com os tanques (lastro, combustível e de água para uso doméstico) completamente cheios, ou vazios, pois caso algum tanque não esteja nessas condições, pode acontecer o efeito de superfície livre do líquido, que

desloca o centro de gravidade do líquido no tanque, podendo reduzir a estabilidade transversal da embarcação (PEREIRA et al., 2018).

Na medida em que o combustível é consumido durante uma viagem, o calado e o trim – inclinação longitudinal do navio, quando o navio não está alinhado – mudam. Em casos de uma longa viagem, milhares de toneladas de combustível são consumidas. Sendo assim, para manter o casco imerso de forma correta, é frequentemente necessário colocar lastro adicional no decorrer da viagem (PEREIRA et al., 2018).

Referente à capacidade e posição do lastro durante uma viagem, estas são acordadas considerando a estimativa de combustível que será consumido, as condições metrológicas previstas, o calado e o trim exigidos para o porto de chegada. Em algumas situações, o lastro é despejado durante a entrada no canal do porto para atender as restrições físicas impostas pelo canal (COHEN, 1998).

Muitos relatos de acidentes envolvendo a operação de lastro já foram documentados. Um exemplo é o navio Cougar Ace no porto Portland nos Estados Unidos em 2006, que carregava 4703 veículos onde aconteceu uma falha no controle do volume dos tanques no momento da troca de lastro, resultando no emborcamento da embarcação, conforme mostrado na Figura 2 (HUFFMAN, 2008).

Figura 2 - Em julho de 2006, o navio Cougar Ace, uma transportadora de automóveis que estava a caminho do Japão para a América do Norte, tombou durante a troca de água de lastro.

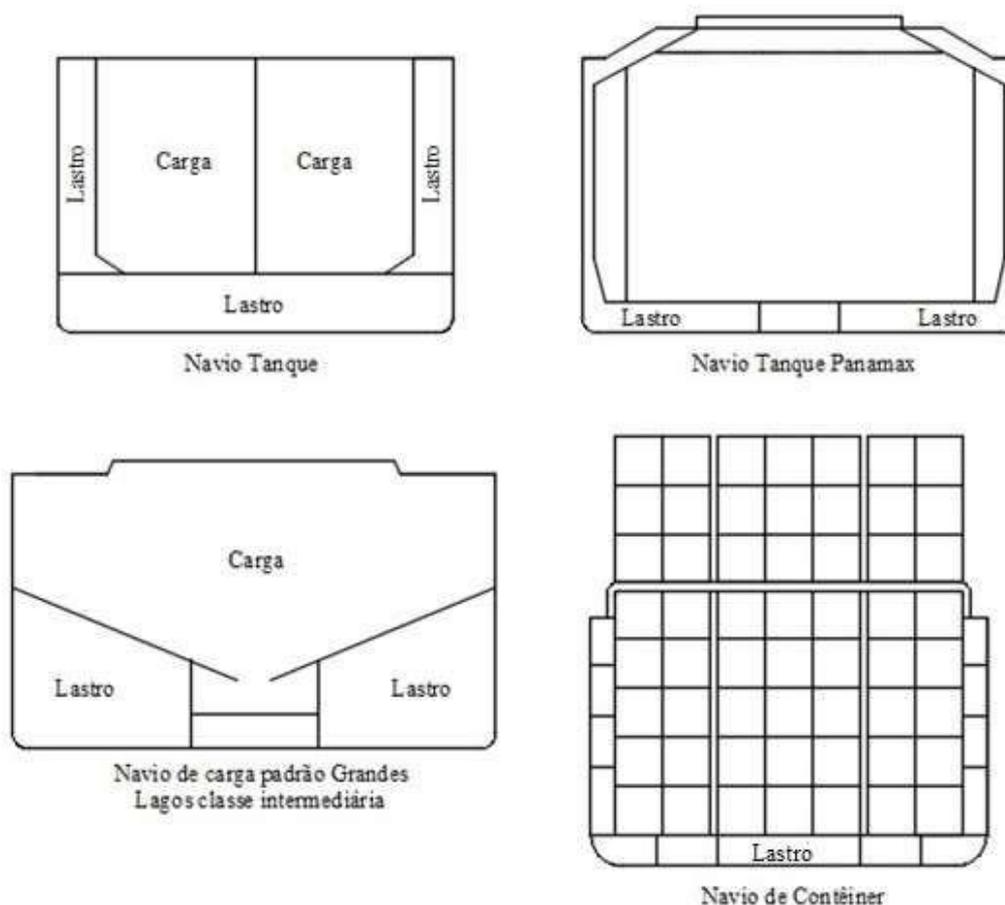


Fonte: HUFFMAN (2008).

2.1.1 Sistema de lastro

Existem diversos arranjos para os tanques de lastro, sendo que cada configuração é mais adequada para determinado tipo de embarcação em relação às suas características operacionais. A Figura 3 aborda os principais tipos de configurações dos tanques mais encontrados para navios mercantes.

Figura 3 - Principais configurações de tanques de lastro em navios mercantes



Fonte: Adaptado de Pereira (2012, p. 42).

O acesso aos tanques de lastro normalmente é difícil, tratando-se de locais insalubres, escuros e com pouca ventilação. Tal sistema de lastro é constituído por muitas válvulas, tubulações e bombas, que são ligadas aos tanques de lastro dos navios. A captação da água de lastro é feita por caixas de mar, onde são conectadas às bombas ou perto de um sistema de gravidade (PEREIRA, 2012).

A capacidade, localização, tipo de bomba e todo o detalhamento do sistema de lastro são determinados no projeto da embarcação. Na maioria das vezes, os

armadores procuram aperfeiçoar a utilização do navio, buscando na medida do possível dispor de carga, tanto na ida quanto na volta do navio. No entanto, em muitas viagens o navio realiza um trecho sem carga, sendo necessário utilizar água de lastro como estabilizador do navio (PEREIRA et al., 2018).

Segundo Bolch e Hallegraeff (1993), as bombas conseguem eliminar uma boa parte da água nos tanques, mas uma quantidade dela e sedimentos sempre ficam no interior dos tanques. Os sedimentos podem ser argila ou lama coletada em um porto.

Sendo assim, esses sedimentos se tornam um problema sério para a gestão de lastro, pois além do aumento de peso da embarcação, ele hospeda diversos micro-organismos com grande potencial de invadir um novo ambiente.

Um ponto importante é em relação à manutenção e fiscalização dos equipamentos de lastro do navio. O controle efetivo dos equipamentos que constituem o sistema de lastro é de extrema importância para garantir o seu correto funcionamento, visto que tubulações, válvulas e sistemas de drenagem geralmente exibem problemas de entupimento por areia e sedimentos que ficam retidos no fundo dos tanques (PEREIRA et al., 2018).

2.2 BIOINVASÃO

O transporte de longas distâncias vem contribuindo para reduzir as barreiras naturais que separavam os ecossistemas e mantinham sua integridade. Com esse processo, a homogeneização da fauna e flora vem-se intensificando em todo o mundo, trazendo graves prejuízos ao meio ambiente, biodiversidade e a saúde humana (PEREIRA, 2013).

Com a chegada de uma embarcação em uma determinada região portuária, não se pode comprovar se a condição da água encontrada no tanque de lastro é apropriada ou não para descarga.

Diferentemente do que ocorre com outras formas da poluição marinha, onde acontecem por acidente, como o derramamento de óleo, a introdução de espécies provenientes da água de lastro ocorre por uma atividade característica da operação da embarcação. O invasor, passando através dos filtros da rede e das bombas de lastro, segue viagem até onde é despejado.

Segundo Collyer (2007), tratam-se de micróbios, bactérias, ovos, cistos, larvas e até pequenos invertebrados de diversas espécies. Outros, em sua forma adulta, são transportados presos ao casco ou a qualquer outra superfície externa do navio.

Esses organismos de espécies exóticas, quando introduzido em uma determinada região, se bem sucedidas por ausência de competição com as espécies nativas, predadores ou disponibilidade de recursos, podem proliferar e acabam conquistando o novo ambiente. Esse processo é denominado de invasão biológica, podendo causar danos econômicos e ambientais em ecossistemas terrestres, fluviais, marinhos e lacustres (COLLYER, 2007).

Os danos causados por esses organismos podem ser irreversíveis. Vários não encontram no seu novo habitat, inimigos naturais e, se tiverem boa capacidade para adaptarem-se as novas condições, se expandem rapidamente, havendo a possibilidade de alteração na estrutura e no funcionamento da teia alimentar, o que pode levar à diminuição da abundância, biomassa e, às vezes, a extinção de espécies nativas (CARLTON; GELLER, 1993).

Como é de conhecimento, a água coletada da zona portuária é mais rica em micro-organismos do que a retirada em alto mar. Um dos fatores para que isso ocorra é a salinidade nestes diferentes lugares. Caso o navio realize a coleta da água de lastro em locais próximos àqueles onde é realizado o despejo de esgoto, ocorre um aumento considerável na captação de organismos patogênicos (ABDULLA, 2008).

Contudo, a maioria desses organismos não resiste à viagem, ou então, a salinidade se despejados em alto mar para a troca de água de lastro. Entretanto, em viagens costeiras, a troca de água de lastro não é eficaz, visto que as embarcações substituem seu lastro por água similar (PEREIRA, 2013).

Um invasor bem conhecido é o mexilhão zebra (*Dreissena polymorpha*) introduzido nos Grandes Lagos dos Estados Unidos. Esse molusco causa grandes impactos nos setores elétrico e industrial, pois ele coloniza massivamente os encanamentos e a passagem de água, sendo que esta espécie infesta cerca de 40% das águas continentais americanas (COLLYER, 2007).

Segundo PEREIRA (2007), no Brasil, o interesse por discussões relacionadas aos problemas provenientes à água de lastro se tornou popular quando a invasão do mexilhão dourado chamou a atenção das autoridades e da comunidade científica.

Trata-se de um invasor agressivo, com grande capacidade de reprodução – uma fêmea pode colocar milhares de larvas - e de fácil adaptação em um novo ambiente.

O mexilhão dourado (*Limnoperna fortunei*) é um molusco oriundo do Sudeste da Ásia, onde sua entrada na América do Sul ocorreu através da água de lastro de navios cargueiros. A Argentina teria sido a porta de entrada desses moluscos (IBAMA, 2016).

Em consequência disso, em 2005 uma quantia de 2400 larvas do mexilhão dourado por metro cúbico foi encontrada no lago de Itaipu. De acordo com o coordenador de recursos genéticos do meio ambiente, Lídio Coradin, o prejuízo anual de animais e plantas provenientes de outros países é superior a 100 bilhões de reais (PLATONOW, 2006).

Rezende (2007) pesquisou o efeito da fixação do mexilhão dourado nas tomadas d'água e paredes das usinas hidrelétricas, sendo possível verificar a diminuição do rendimento da usina e um maior impacto do fluxo de água sobre a grade, podendo provocar um rompimento no sistema. Algumas consequências desse problema e os custos são:

- Aumento no consumo de energia para que as bombas desempenhem o seu funcionamento normal.
- Interrupção do funcionamento do sistema para limpeza ou substituição de elementos como: válvulas, tubulações, filtros etc.
- Aumento da corrosão dos encanamentos por conta do aumento de outros agentes biológicos como: bactérias, fungos etc.

O mexilhão dourado tornou-se um grande problema para atividades de pesca e usinas hidroelétricas, que para ser combatido, medidas de prevenção e limpeza precisaram ser tomadas para inibir a sua proliferação (LEAL, 2017). A Figura 4 mostra imagens relacionadas a danos causados por esse molusco em turbinas em hidroelétricas (LEAL, 2017).

Figura 4 - Imagem da incrustação do mexilhão dourado (*Limnoperna fortunei*) em estruturas de usinas hidrelétricas.



Fonte: (LEAL, 2017).

Nos Estados Unidos, o mexilhão dourado é o invasor que mais preocupa, chegando a infestar cerca de 40% das vias navegáveis, onde exigiu um gasto entre US\$ 750 milhões e US\$ 1 bilhão com medidas de controle nos anos 2000 (BRASIL, [entre 2000 e 2004]).

No Mar Negro, a água viva filtradora *Mnemiopsis leidyi* chegou à densidade de 1 kg de biomassa por m², resultando no esgotamento de estoques de plâncton nativo que contribuiu para o colapso de toda pesca comercial no Mar Negro (BRASIL, [entre 2000 e 2004]).

Segundo BRASIL ([entre 2000 e 2004]), a contaminação dos moluscos filtradores utilizados na alimentação humana, pode causar paralisia e até levar a morte.

Um trabalho realizado em seis regiões portuárias brasileiras investigou micro-organismos causadores de doenças transportados pela água de lastro. Identificaram a presença de *Vibrio cholerae* e *Salmonella* spp, que são responsáveis pela cólera e salmonelose, respectivamente (NUNES, 2007). Surtos de cólera, principalmente, vem sendo associados a água de lastro de navios, servindo como base para verificar a eficácia do tratamento dado a água de lastro (PEREIRA, 2018).

Segundo PEREIRA (2018), no Brasil, o transporte do vírus do cólera pela água de lastro foi confirmado em um estudo de 2001, quando se mostrou a presença acima de 5,4 milhões de bactérias por litro de água de lastro da embarcação de cabotagem, onde das onze amostras analisadas, em cinco delas o agente do cólera foi comprovado.

Além dos organismos, microplásticos são encontrados no ambiente marinho, ficando disponíveis para o consumo destes. A ingestão dessas substâncias para os organismos é perigosa, pois trata-se de partículas que possuem propriedades químicas, mecânicas e de efeitos biológicos.

2.3 CONVENÇÃO INTERNACIONAL PARA O CONTROLE E GERENCIAMENTO DA ÁGUA DE LASTRO E SEDIMENTOS DE NAVIOS (2004)

Considerando que o Brasil possui uma extensa área de litoral, com mais de uma centena de terminais portuários, é de vital importância fiscalizar da melhor forma possível o controle microbiano nas proximidades portuárias, e inspecionar o despejo e esgoto sanitário sem tratamento, prevenindo assim o transporte de micro-organismos e microplásticos para distintas localidades geográficas.

Dessa forma, a proteção do ecossistema marítimo é um compromisso de vários ministérios como, Meio ambiente, Turismo, Marinha e Transporte.

O Ministério do Meio Ambiente é encarregado por comandar o processo que integra águas costeiras aos altos mares, até mesmo os impactos e a biodiversidade dos organismos aquáticos deslocados pela água de lastro. Da mesma forma, o Ministério da Saúde desenvolve essa atividade, elaborando o serviço de inspeção sanitária, responsável pelo controle preliminar de doenças nas embarcações (PEREIRA, 2018).

A medida mais importante adotada por países para o gerenciamento da água de lastro é a sua troca em alto mar (200 milhas náuticas). Considera-se que, se executada de forma correta, reduz consideravelmente o risco de bioinvasões, visto que os organismos provenientes da costa, em grande parte das vezes, não sobrevivem em alto mar, sendo que o mesmo ocorre inversamente (CARLTON, 2009).

Em resposta aos problemas apresentados de doenças causadas a população por conta da transferência de micro-organismos pela água de lastro, a Assembleia da

Organização Marítima Internacional (IMO) começou a discutir a adoção de diretrizes internacionais para gerenciamento dessa água em 1991, com a epidemia Sul Americana de cólera. Primeiramente foram adotadas algumas resoluções nos anos 90, seguido da criação do Programa Global de Gerenciamento de Água de Lastro (GloBallast) no ano de 2004, onde finalmente foi elaborada a Convenção Internacional para o “Controle e Gerenciamento de Água de Lastro e Sedimentos dos Navios” (Convenção BWM) (PEREIRA et al., 2018).

A convenção tem como objetivo prevenir os principais efeitos provocados pela dispersão global de organismos aquáticos nocivos através da água de lastro das embarcações. Os navios devem possuir a bordo um livro de registro de água de lastro e um plano de gerenciamento de água de lastro (ANTAQ, 2010).

A obrigação de cumprir com padrões estabelecidos na Convenção BWM surge quando uma embarcação é de bandeira de um estado que validou o tratado.

Além do mais, definiram-se padrões a serem aplicados para o gerenciamento da água de lastro, são eles: Padrão de troca de água de lastro (Regra D-1) e o Padrão de desempenho de água de lastro (D-2), no qual determina o nível mínimo de eficiência que sistemas de tratamento de água de lastro devem atender para serem aprovados pela IMO e usados nas embarcações (CONVENÇÃO BWM, 2004).

Segundo o padrão D-1, os navios devem realizar a troca da água de lastro em 95% do seu volume dos tanques de lastro, e, sempre que possível, realizar essa troca com pelo menos 200 milhas náuticas da terra mais próxima, ou então, com 200 metros de profundidade (CONVENÇÃO BWM, 2004).

Em se tratando do padrão D-2, tal abordagem se faz necessário um sistema de gerenciamento da água de lastro. Essa regra preocupa-se com os padrões biológicos, sendo necessária a instalação de um sistema de água de lastro a bordo da embarcação (KIM, 2013). Os métodos de tratamentos relacionados a água de lastro que atendem a IMO são vários, podendo ser processos físicos, químicos ou biológicos (RANASHINE, 2016).

Segundo ANTAQ (2010), visto que alguns aspectos técnicos e operacionais dos navios limitam a efetividade da troca oceânica para prevenir as bioinvasões, a convenção estabeleceu prazos para que o uso da regra D-1 seja substituído pela regra D-2. Esses prazos se distinguem conforme o tipo de navio e sua data de construção. Além disso, os países deverão garantir que os locais designados para realizar a

manutenção e limpeza dos tanques de lastro contendo sedimentos acumulados possuam instalações apropriadas para receber esses sedimentos.

A Convenção BWM entrou em vigor a partir de 8 de setembro de 2017. Sendo assim, espera-se que até 2019 as embarcações possuam um sistema de água de lastro a bordo para o cumprimento da regra D-2 – Norma de desempenho da água de lastro (BRASIL, 2017).

Essa regra tem como propósito prevenir, minimizar e eliminar os riscos da introdução de organismos exóticos invasores com a água de lastro das embarcações entre portos. Mesmo por ter sido adotada internacionalmente em 2004, a convenção determinou que entrasse em vigor 12 meses após a data em que, pelo menos, 30 países aderissem à convenção, e deveriam corresponder no mínimo a 35% da frota mercante mundial (BRASIL, 2017).

No dia 8 de setembro de 2016, com a adesão da Finlândia, foi atingida essa arqueação bruta da frota mercante mundial, notificando a entrada em vigor da convenção para 12 meses após essa data (BRASIL, 2017).

Entretanto, em função da dificuldade dos mais de 5000 armadores de todo o mundo para instalarem um sistema de tratamento de lastro a bordo decidiu-se adiar a cobrança do novo sistema. Dessa forma, ao longo da última reunião do Marine Environment Protection Committee (MEPC), realizada em julho de 2017, decretou-se que o cumprimento da regra para as embarcações existentes seria vinculado à data de renovação do International Oil Pollution Prevention Certificate, onde, na verdade, se posterga o prazo para 2019. Em embarcações novas, a regra se dá a partir da entrada de operação do navio, sendo que com isso, espera-se que todos os navios cumpram a regra até 2024 (BRASIL, 2017).

2.4 LEGISLAÇÃO NO BRASIL - NORMAM 20/DPC/2005/2014

Em relação ao Brasil, a troca de água de lastro em alto mar passou a ser obrigatória a partir de 2005, no momento em que entrou em vigor a NORMAM-20 (Norma de Autoridade Marítima), que possui o propósito de “estabelecer requisitos referentes à prevenção da poluição por parte das embarcações em Águas Jurisdicionais Brasileiras (AJB), no que tange o gerenciamento de água de lastro” (NORMAN-20, 2014).

A base fundamental é a troca de água de lastro conforme a resolução IMO A.868(20) de 1997 e a Convenção BMW, onde todas as embarcações que descarreguem água de lastro nas AJB devem aplicar (NORMAM-20, 2014).

Considerando a implementação da norma, é obrigatório que todos os navios que utilizam água de lastro disponham de um plano de gerenciamento de água de lastro para fornecer procedimentos seguros e eficazes para este fim. Neste plano deve conter a documentação operacional do navio e deve detalhar as informações dos procedimentos usados pela tripulação para manusear a água de lastro e indicar para as autoridades os pontos onde seja possível a coleta de amostras desta água (NORMAM-20, 2014).

Outra obrigação das embarcações é o formulário de água de lastro, que deve ser preenchido e enviado ao agente de autoridade marítima do porto de destino pelos comandantes do navio 24 horas antes da sua chegada (ANEXO A). Os agentes da autoridade marítima devem enviar mensalmente os formulários que receberam para o Instituto de Estudos do Mar Almirante Paulo Moreira (IEAPM), o qual realiza pesquisas nesta área (NORMAM-20, 2014).

De acordo com as diretrizes da NORMAM-20 (2014), ao realizar a troca da água de lastro, determinadas medidas devem ser tomadas para a segurança da tripulação e da embarcação:

- As embarcações devem realizar a troca da água de lastro com pelo menos 200 milhas náuticas da terra mais próxima e em águas com pelo menos 200 metros de profundidade. A troca da água de lastro é aceita por qualquer método: sequencial, fluxo contínuo e diluição.
- Em relação às embarcações em que não for possível realizar a troca de água de lastro com os requisitos do item anterior, a troca deve acontecer o mais distante possível da terra mais próxima, e em todos os casos, com no mínimo 50 milhas náuticas e em água com 200 metros de profundidade.
- Não se deve exigir que uma determinada embarcação altere seu plano de viagem para cumprir os itens anteriores, devendo-se comunicar ao agente da autoridade marítima da jurisdição do porto de destino.
- Não se deve impor o cumprimento da norma em casos que o comandante acredite que tal troca de água de lastro esteja colocando

em risco a tripulação e passageiros devido a condições meteorológicas adversas, esforços excessivos da embarcação, falha de equipamentos ou qualquer outra condição extraordinária.

- Embarcações ao efetuarem a troca da água de lastro, devem fazê-la com uma eficiência de pelo menos 95% de troca volumétrica da água de lastro.
- Apenas porões que tiverem sua água trocada poderão ser deslastrados.
- Proibido a descarga de água de lastro nas áreas ecologicamente sensíveis e em unidades de conservação da natureza, ou mesmo em áreas cautelares determinadas por órgãos ambientais ou sanitários, nas AJB, quando localizadas em cartas náuticas.
- Em casos de não ser possível realizar a troca da água de lastro em pelo menos 50 milhas náuticas por causa do trajeto da embarcação, efetuar sua troca na maior profundidade do percurso.

Em relação à norma, as embarcações que possuem um sistema de tratamento de água de lastro operacional, junto de um certificado internacional válido, emitido pela Autoridade Competente de Bandeira, levando em conta as diretrizes desenvolvidas pela IMO, são suspensas para cumprirem as diretrizes gerais da água de lastro.

2.5 MICROPLÁSTICOS

2.5.1 Microplásticos nos oceanos

Bilhões de toneladas de resíduos sólidos são descartados, com ou sem intenção, nos oceanos todos os anos, onde cerca de 80% destes resíduos são oriundos de fontes terrestres. Mesmo com décadas de esforços para diminuir o descarte desses resíduos em ambientes marinhos, o problema continua crescendo (CAUWENBERGHE, 2015).

As fontes de fragmentos de plástico no oceano são principalmente efluentes líquidos e escoamento de água pelos sistemas fluviais, incluindo a proximidade de emissários de tratamento de águas residuais e a fragmentação de produtos plásticos descartados de aterros (resíduos domésticos e industriais) (MORRITT et al., 2014).

Conforme a Pesquisa Nacional de Saneamento Básico de 2008 (IBGE, 2008), de 5.564 municípios brasileiros, 3.069 municípios apresentavam coleta de esgoto e 1.587 municípios tratavam o esgoto coletado, sendo equivalente a 28,5% do total de municípios. De acordo com a pesquisa, mais da metade dos municípios brasileiros (50,75%), depositavam o resíduo sólido gerado em regiões alagadas ou alagáveis e vazadouros a céu aberto, conhecidos como lixões. Além disso, em 1.254 municípios (22,53%) havia aterros controlados, e apenas 1.540 (27,67%) dos municípios brasileiros em 2008 tinha aterros sanitários, sendo que o tratamento de resíduos era realizado em apenas 936 municípios naquele ano.

Nos dias atuais tem sido recorrente a substituição de materiais como vidro, papel e metal, por plásticos, que possuem um baixo custo e boa resistência. No entanto, considera-se um grande problema devido à quantidade de resíduos que geram (IVAR DO SUL; COSTA, 2013).

Caso as tendências atuais se mantiverem, haverá cerca de 12 bilhões de toneladas de resíduo plástico no nosso meio ambiente até 2050, o dobro da quantidade nos dias de hoje (WEF report, 2016).

Ao contrário do resíduo plástico convencional, que degrada na água, o microplástico é introduzido no ambiente em partículas tão microscópicas que escapam dos sistemas de filtragem das estações de tratamento de água (WWF report, 2018). As estações de tratamento de esgoto não são projetadas para lidar com os microplásticos, que representam partículas minúsculas e resistentes. Trata-se de partículas altamente poluentes e não são biodegradáveis, podendo permanecer na água por centenas de anos (ROCHMAN, 2015). A Figura 5 ilustra as partículas de macro e microplásticos que se aglomeram na superfície do oceano na Baía de Hanauma, Havaí (NOAA, 2014).

Segundo BOUCHER; FRIOT (2017), a atual quantidade de microplástico nas águas é de cerca de 212 gramas por pessoa, o que corresponde a cada ser humano lançar uma sacola plástica por semana no oceano.

Figura 5 - Aglomerado de detritos de macro e microplástico que se acumulam na superfície do oceano na Baía de Hanauma, Havái.



Fonte: NOAA (2014).

Estima-se que atualmente já existam cerca de 5,25 trilhões pedaços de plástico com tamanho médio entre um e cinco mm que poluem as águas marítimas. De acordo com um relatório divulgado pelo departamento de ciência do governo do

Reino Unido, provavelmente até 2025 os oceanos do planeta estarão três vezes mais poluídos com os plásticos (BOUCHER; FRIOT, 2017). Cerca de dois terços dos microplásticos encontrados nos oceanos são provenientes de pneus de automóveis e das microfibras liberadas na lavagem de roupas (THEVENON; CARROLL; SOUSA, 2014).

Os resíduos plásticos marinhos podem ser divididos em dois grandes grupos: macroplásticos, partículas superiores a cinco mm, e microplásticos, partículas inferiores a cinco mm (ARTHUR et al., 2009).

Microplásticos podem ser de origem primária ou secundária. Os microplásticos de origem primária são aqueles já produzidos em tamanhos microscópicos, tais como os subprodutos utilizados nas formulações de produtos cosméticos de higiene pessoal que são utilizados como abrasivos (BOUCHER; FRIOT, 2017).

Já os microplásticos secundários são fragmentos provenientes da fragmentação de macroplásticos que ocorre no meio ambiente (COLE et al., 2011). Nessa quebra de fragmentos, se provém de descartes inadequados dos lixos, combinados com vários processos degradativos, tal como a biodegradação (atividade de micro-organismos), fotodegradação (radiação UV), degradação termal (variação entre baixas e altas temperaturas), hidrólise (reação química com água) e termo-oxidativa (oxidação em temperaturas moderadas) (ANDRADY 2011; BROWNE 2007; GESAMP 2015).

Na fabricação de materiais plásticos, a indústria utiliza esferas plásticas microscópicas, conhecidas como *pellets*. Os *pellets* possuem várias formas (esféricas, cilíndricas e ovólicas), cores (normalmente transparentes ou brancas) e tamanhos (de 1 a 5 mm) dependendo da sua composição química e utilização final. Os mais encontrados nos oceanos são o polietileno (PE), polipropileno (PP) e o poliestileno (PS) (BOUCHER; FRIOT, 2017). Esses compostos estão entre as resinas mais utilizadas em indústrias de terceira geração no Brasil e no mundo (ABIPLAST, 2014; EPA, 1992).

Os *pellets* atingem os ambientes marinhos através de perda acidental pelas indústrias ou pelo transporte marítimo, por isso são comumente encontrados nas proximidades de portos (OGATA et al., 2009).

Segundo Weis (2018), o tipo predominante de microplástico nos oceanos são microfibras (cerca de 85%), provenientes de tecidos sintéticos usados na confecção de roupas. As microfibras foram encontradas inclusive em biópsias pulmonares de humanos.

A densidade dos microplásticos varia conforme a composição do material polimérico, combinado com o tempo de permanência no ambiente marinho, determinando a sua distribuição ao longo da coluna d'água e sua disponibilidade para organismos em diferentes profundidades (WRIGHT et al., 2013). Aqueles com maior densidade tendem a ficar em locais mais profundos, já os com baixa densidade são encontrados em sua maioria na superfície, devido a sua alta flutuabilidade (LAGARDE et al., 2016).

A circulação do material plástico no ambiente marinho é influenciada por alguns fenômenos, como por exemplo, a colonização de comunidades bacterianas em sua superfície, que quando em suspensão, ao longo do tempo de exposição, causa o aumento de sua densidade devido à incrustação biológica, fazendo com que o material se deposite no fundo do oceano. Para a sua desincrustação, organismos filtradores atuam nesses biofilmes, fazendo com que eles retornem a superfície marinha (WRIGHT et al., 2013).

Em um estudo realizado foram relatadas grandes quantidades de microplásticos no gelo do oceano Ártico, havendo a possibilidade de representar risco a vida marinha da região na medida em que esse gelo derreter por consequência das mudanças climáticas. Dentre os microplásticos encontrados, havia tinta de navios, redes de pesca, nylon e poliéster provenientes de tecidos sintéticos e filtros de cigarros. Dentre as amostras analisadas, 12 mil partículas de microplásticos por litro de água congelada foram encontradas. Trata-se de uma medida duas a três vezes maiores que qualquer outro nível registrado na região (PEEKEN et al., 2018).

De acordo com Peeken et al. (2018), o gelo marinho serve como um transporte de microplásticos. À medida que o gelo chega às partes mais quentes do Atlântico, por exemplo, e derrete, ele provoca um rastro de partículas de plástico que se prendem as algas e ficam incrustadas no fundo do oceano, trazendo um sério risco para a cadeia alimentar. Além disso, mais da metade dos microplásticos presos no gelo, possuíam menos de um vigésimo de milímetro de largura, podendo ser ingeridos por micro-organismos com facilidade.

2.5.2 Microplásticos: um novo *habitat* aos organismos

Estudos realizados mostraram que microplásticos combinados com os organismos constituem um novo habitat para a diversidade de seres vivos, tanto no sistema oceânico quanto de água doce (DUSSUD et al., 2016).

A colonização dos microplástico pode exercer uma função importante na sua fluutuabilidade como incrustação biológica, sendo possível gerar um aumento da densidade do microplástico. Essa densidade oscila conforme a estação, espécies colonizadoras e o tipo do plástico. Com a sua dispersão nas águas, os microplásticos tem grande potencial de funcionar como vetores para espécies nocivas e invasoras em um novo ambiente (ZHANG, 2017).

Os microplásticos examinados de oceanos não oferecem muitas informações referentes à sua origem e a quanto tempo eles sofreram erosão ambiental, a velocidade em que aconteceu a sua fragmentação ou de que maneira as pequenas partículas de microplástico serão agregadas por ação microbiana. Os diferentes tamanhos de plásticos contidos nos oceanos possibilitam a biota marinha de interagir e levar os microplásticos em diversos caminhos (DUSSUD et al., 2016).

Uma pesquisa realizada pela Associação Sea Education, nos Estados Unidos, analisou cerca de 3000 partículas de microplásticos recolhidas no Atlântico Norte Ocidental e Oriental do Pacífico Norte entre 1991 e 2014. Nessas partículas foram analisados o tipo de polímero, sua densidade, massa e o tamanho da partícula. Infere-se que o tamanho da partícula é relativo ao tempo de exposição da mesma, onde as zonas que retêm essas partículas por longo período de tempo possuem estatisticamente fragmentos menores em comparação com regiões mais próximas a fontes. As diferentes formas das partículas (fragmento, pellets, espuma, fibra, filme) podem refletir na proximidade das fontes (MATIDDI et al., 2016).

2.5.3 Problemas dos microplásticos relacionados à saúde humana

A contaminação por material plástico não se restringe à presença de poluentes aderidos à sua superfície. Os organismos vivos são expostos a microplásticos no ambiente marinho através de várias rotas. Por exemplo, biofilmes se formam em microplásticos. Essas partículas são rapidamente colonizadas por micro-organismos incluindo bactérias e algas.

Pesquisas de campo e de laboratório mostraram que essas micropartículas são ingeridas e retidas por organismos marinhos, e dependendo do tamanho das partículas, serão absorvidas em certos tecidos, podendo chegar aos humanos através da cadeia alimentar. Muitos efeitos possíveis de exposição a microplásticos tem sido postulados, mas essas hipóteses devem ser testadas com rigor científico (LESLIE et al., 2011).

Os microplásticos tem a capacidade de adsorver compostos hidrófobos – substância que tem aversão à água, e são insolúveis a ela – tóxicos e, devido a sua propriedade não biodegradável, são acumulados no fundo do oceano, podendo ser ingeridos ou filtrados por micro-organismos e também serem inseridos na cadeia alimentar (MATIDDI et al., 2016).

Plásticos podem ainda contaminar organismos devido à presença de monômeros residuais (materiais adicionados aos compostos plásticos durante a sua manufatura) (BARNES; GALGANI, 2009). O consumo de material plástico por organismos marinhos e a sua acumulação nos tratos digestivos são ainda fonte de problemas relacionados à redução da capacidade destes em absorver nutrientes da sua dieta, aumentando a sua fragilidade e as chances de morte por inanição (falta de alimento) ou doenças (DIAS, 2017).

Pesquisas realizadas com os animais mostraram que os plásticos causam reações tóxicas e problemas no sistema digestivo. Os microplásticos estão presentes no dia a dia do ser humano sem a sua percepção. Cerveja, sal, peixes e ostras são alguns dos elementos que possuem microplásticos na sua composição. Os peixes e ostras absorvem as partículas de microplásticos ao se alimentarem (LEITE; MORRISON; TYREE, 2017).

Vinte e sete lotes diferentes de água engarrafada de 11 marcas diferentes compradas em 19 locais em nove países diferentes foram analisados para contaminação por microplástico usando um corante fluorescente que é adsorvido ao material polimérico e emite fluorescência sob comprimentos de onda específicos da luz incidente. O uso do corante fluorescente permitiu que partículas menores fossem detectadas em comparação com outros métodos, embora os métodos analíticos empregados restringissem o limite de tamanho menor a 6,5 micrômetros. Das 259 garrafas de água analisadas, 93% apresentaram sinais de microplásticos (MASON; WELCH; NERATKO, 2018).

Um estudo realizado por pesquisadores da Irlanda e do Reino Unido, coletou peixes em uma região de 1200 quilômetros da costa da província canadense de Terra Nova e Labrador. Esses peixes foram retirados em uma profundidade de 300 a 600 metros. Dos 280 peixes capturados e analisados, 73% continham resíduos de plásticos no estômago e intestino. Foram extraídos 452 fragmentos de microplásticos das espécies, onde a sua maioria era de polietileno (BARBOSA, 2018).

2.5.4 Efeitos tóxicos proveniente dos microplásticos

Algumas características que potencializam o efeito nocivo dos plásticos nos ambientes marinhos e de água doce é o fato de se degradarem lentamente e possuírem pouco peso, permitindo sua transferência com facilidade através das correntes marinhas (ALISSON, 2017).

As moléculas contaminantes presentes no ambiente marinho, como metais pesados e pesticidas, ao permanecerem por um longo período nesse ambiente, fazem a aderência na superfície das partículas plásticas, chegando a atingir altas concentrações (ALISSON, 2017).

Estudos foram realizados com o intuito de avaliar o potencial de toxicidade para os organismos marinhos dos contaminantes liberados por microplásticos. Para isso, experimentos colocavam larvas de mexilhões marrons juntamente com amostras de *pellets* de plástico provenientes de praias, ligado também com *pellets* virgens. As análises mostraram que os contaminantes liberados dos *pellets* de plástico prejudicaram o desenvolvimento embrionário dos moluscos. As larvas expostas aos *pellets* de plásticos virgens exibiram uma alta taxa de mortalidade, em contra partida, as larvas colocadas junto aos *pellets* de plástico recolhidos das duas praias, nenhuma larva conseguiu sobreviver (ALISSON, 2017).

Os resultados demonstraram que os contaminantes aderidos na superfície dos *pellets* recolhidos nas praias foram os causadores dos efeitos tóxicos no desenvolvimento das larvas expostas aos microplásticos, ao passo que as larvas expostas aos *pellets* virgens ocorreram possivelmente aos aditivos químicos do próprio material (ALISSON, 2017).

2.5.5 Proposta para retirar os plásticos do oceano

A Ocean Cleanup foi fundada em 2013 pelo holandês Boyan Slat, de 18 anos de idade. Constituída por uma equipe de 70 engenheiros, pesquisadores, cientistas e analistas computacionais, sua sede está localizada em Roterdã, na Holanda, possuindo seu pátio de montagem na baía de São Francisco, Califórnia (OCEAN CLEANUP, 2018).

A Ocean Cleanup desenvolve tecnologias avançadas para retirar os plásticos dos oceanos. O sistema consiste em um flutuador de 600 metros de comprimento que fica na superfície do mar e uma saia cônica de 3 metros de profundidade anexada abaixo. O flutuador fornece flutuabilidade ao sistema, impedindo que o plástico flua sobre ele, enquanto a saia impede que esses detritos escampem por baixo (OCEAN CLEANUP, 2018).

À medida que o sistema se movimenta pela água, o plástico continua a se acumular dentro dos limites do sistema em forma de U. Assim como o plástico, o sistema também está sendo carregado pela corrente. Entretanto, o vento e as ondas impulsionam apenas o sistema, já que o flutuador fica logo acima da superfície da água, e o plástico fica basicamente abaixo dele. Dessa forma, o sistema se move mais rápido que o plástico, permitindo que ele seja capturado.

O plástico coletado será levado de volta à costa para reciclagem e vendido para empresas. A receita arrecadada auxiliará a financiar a expansão da limpeza para os outros quatro giros oceânicos (OCEAN CLEANUP, 2018).

Estima-se que uma implementação em grande escala dos seus sistemas (aproximadamente 60 sistemas), limpe 50% do grande lixo plástico do pacífico em apenas cinco anos e 90% dos oceanos até 2040 (OCEAN CLEANUP, 2018).

Foram organizadas várias expedições para mapear a grande mancha de lixo do pacífico. Testes, incluindo protótipos implantados no mar do Norte, foram realizados em 2016, 2017 e 2018 (OCEAN CLEANUP, 2018). Amostras da coleta são exibidas na Figura 6. A Figura 7 mostra um teste realizado no oceano pacífico com o sistema.

Figura 6 - Amostras plásticas coletadas durante a expedição da Ocean Cleanup.



Fonte: OCEAN CLEANUP (2018).

Figura 7 - Teste de reboque no Oceano Pacífico em maio 2018.



Fonte: OCEAN CLEANUP (2018).

3 IMPORTÂNCIA DA INCLUSÃO DE MICROPLÁSTICOS NA CONVENÇÃO BWM

Os plásticos e, por consequência os microplásticos, são um grande problema para os oceanos. Os resíduos plásticos, tanto em escala macro como micro, são difundidos e se acumulam mundialmente no meio Ambiente. Devido à radiação ultravioleta (UV), oxidação e forças mecânicas, os itens de plástico se dividem em fragmentos micrométricos cada vez menores, abaixo de cinco mm de diâmetro (COLE et al., 2011).

Os riscos que os microplásticos representam para a vida marinha e os seres humanos são amplamente reconhecidos, sendo incluídos nas estratégias nacionais e internacionais de proteção e legislação a “Diretiva Quadro Estratégia Marinha” (DGRM, 2018).

Neste trabalho, realizou-se uma revisão na literatura para estudos que observaram a presença de microplásticos em água de lastro de embarcações, bem como sobre medidas adotadas para evitar a disseminação dessas partículas através das águas de lastro. Se tratando de um assunto novo, as informações obtidas foram escassas, apenas um artigo relacionado a microplásticos presentes na água de lastro foi encontrado. A pesquisa realizada teve o propósito de evidenciar a importância de medidas contra a transferência de microplásticos entre os oceanos incluídas na Convenção BWM.

3.1 METODOLOGIA DA PESQUISA

A pesquisa caracteriza-se como exploratória, tendo em vista que visa proporcionar maior familiaridade com o problema com intuito de torná-lo explícito.

Para Gil (2008) o conceito de pesquisa exploratória trata de uma sucinta etapa de pesquisa inicial com o objetivo de familiarizar o pesquisador com o tema em questão, necessário ao adequado desenvolvimento de uma atividade de pesquisa. Normalmente elas envolvem levantamento bibliográfico e documental, e até mesmo estudo de caso. Como resultado dessa pesquisa, é possível se obter um problema mais esclarecido, passível de investigação mediante os procedimentos mais sistematizados.

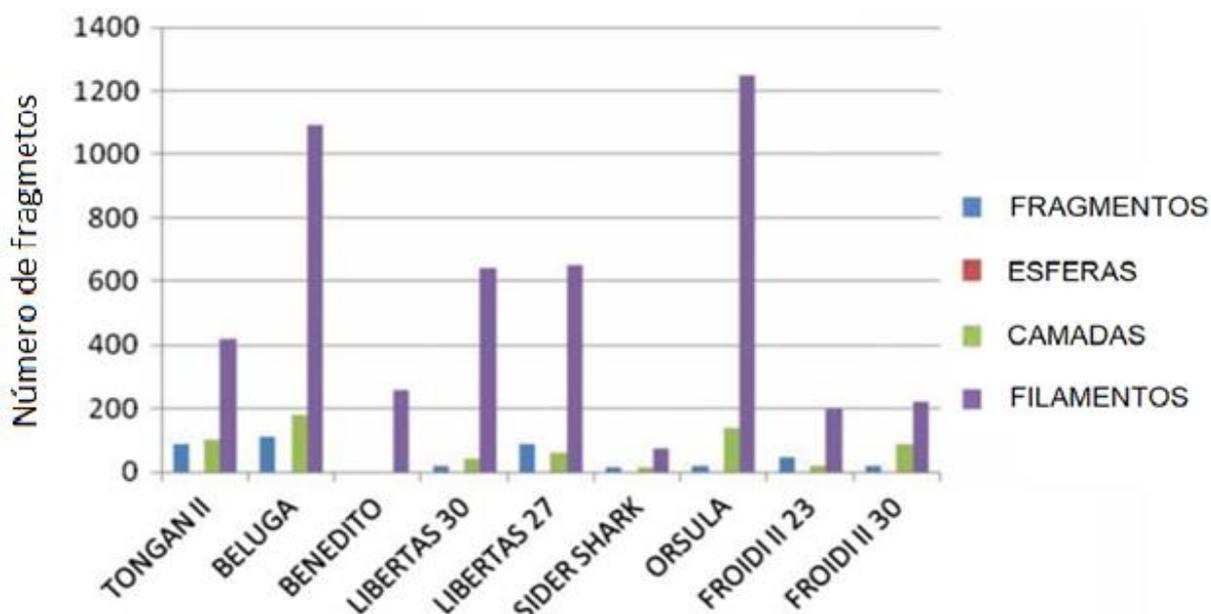
A pesquisa bibliográfica foi realizada na literatura especializada através da busca de artigos, dissertações de mestrado, teses de doutorado e dados de textos científicos especializados, tais como o Portal da Capes, a *Scopus (microplastics in ballast water)* e a *Direct of Science*. Utilizaram-se também informações de sites eletrônicos.

3.2 PRIMEIRA EVIDÊNCIA DE MICROPLÁSTICOS EM EMBARCAÇÕES

Matiddi et al. (2017) realizaram um experimento com a coleta de água de lastro de nove embarcações que atracaram no porto de Bari (Itália) entre julho e outubro de 2015. O propósito principal foi analisar as comunidades biológicas - fitoplâncton, zooplâncton e micro-organismos – transportados pela água de lastro, assim como examinar os microplásticos contidos nela.

A coleta da água foi feita através de uma bomba de mão e mangueira extraforte, com tubos de sonda. Os dados coletados exibiram uma grande quantidade de partículas de microplásticos. O resultado da coleta se deu a um maior número de filamentos sintéticos, enquanto esferas como *pellets* não foram encontrados. A cor principal dos microplásticos encontrados foram de cor azul, seguido por itens pretos e vermelhos (MATIDDI et al., 2016). A distribuição dos componentes plásticos em cada navio coletado é mostrada na Figura 8.

Figura 8 - Distribuição dos microplásticos encontrados nas embarcações analisadas em Bari, Itália, 2015.



Fonte: Adaptado MATIDDI et al. (2017).

3.3 MEDIDAS PARA EVITAR A TRANSFERÊNCIA DE MICROPLÁSTICOS ATRAVÉS DA ÁGUA DE LASTRO

Com a entrada em vigor da Convenção BWM, os estados estão interessados em preservar o ambiente natural, utilizando mecanismos legais existentes, incluindo a IMO (KIRCHNER, 2017). Com a cooperação ao longo da história dos estados, existe a possibilidade de usar uma força motriz para futuros desenvolvimentos no legislativo. Com isso, pode-se expandir o escopo do material da Convenção BWM, incluindo medidas eficazes contra a transferência de microplásticos através da água de lastro (KIRCHNER, 2017).

Mesmo com todos os problemas já abordados que os microplásticos podem trazer, ainda não se conseguiu levar adiante a sua inserção na convenção de água de lastro. Estudos são necessários para avaliar quais métodos poderiam ser empregados a fim de limitar a sua disseminação através da água de lastro.

Além disso, para a validação dos métodos devem-se realizar testes a fim de comprovar sua eficácia e eficiência, garantindo uma menor transferência de microplásticos através do transporte da água de lastro. O assunto ainda é pouco

discutido, visto que se trata de uma descoberta relativamente nova, mas que é de grande importância para a gestão e controle da água de lastro.

3.4 CONCLUSÃO

Com a entrada em vigor da convenção em setembro de 2017, todas as embarcações que utilizam água como lastro necessitam seguir as regras e os requisitos impostos pela Convenção BWM. Contudo, verificou-se que esta legislação não inclui formas de evitar a transferência de microplásticos presentes na água de lastro. No contexto discutido, verifica-se que é de suma importância que procedimentos para evitar a disseminação de microplásticos através de água de lastro sejam tratados na Convenção BWM.

4 ESTUDO DE CASO NO PORTO DE SÃO FRANCISCO DO SUL, SANTA CATARINA

Um estudo de caso foi realizado para verificar a ocorrência de microplásticos nas águas superficiais na baía da Babitonga em São Francisco do Sul, a 40 km de Joinville, no estado de Santa Catarina, no local onde está localizado o Porto de São Francisco do Sul. Para isto, foi coletada para o estudo a água que estava sendo utilizada para lavar a âncora de uma embarcação atracada no porto. Dessa maneira, pode-se ter evidências da presença de microplásticos nas águas superficiais na baía da Babitonga, uma vez que as embarcações utilizam esta água para encher o tanque de lastro.

O método de deslastro para a embarcação analisada é conforme determina a Convenção BWM. Antes de chegar ao porto de destino (São Francisco do Sul), a água contida nos tanques é trocada a 200 milhas (322 km) da costa em um volume aproximado de 95% dos tanques.

4.1 O PORTO DE SÃO FRANCISCO DO SUL

O porto de São Francisco do Sul está localizado na ilha de São Francisco do Sul, SC, Brasil latitude/longitude -6.23595°/-48.6314°, litoral do norte de Santa Catarina, a 215 quilômetros da capital do estado, Florianópolis. Completou recentemente 60 anos de história (APSF, 2014).

O porto de São Francisco recebe cerca de 30% dos navios que atracam em portos catarinenses e é responsável por 40% de toda movimentação dos portos do estado. Em 2014 atingiu o recorde de 13 milhões de toneladas movimentadas, onde foi consolidado como o segundo maior porto brasileiro em movimento de carga não containerizada e o sétimo no Brasil (APSF, 2014).

Trata-se de um porto de múltiplo uso, que movimenta granel de exportação e importação, container e carga geral containerizada e não containerizada, colaborando em grande parte para escoar a produção catarinense e de outras federações.

Ele conta com uma boa estrutura, um canal de acesso com 9,3 milhas de extensão, 150 metros de largura e 13 metros de calado, permitindo que grandes embarcações atraiam na costa brasileira. Em tratando de infraestrutura instalada, o

Porto de São Francisco do Sul possui cais acostável com 780 metros de comprimento e 13 metros de profundidade máxima (APSF, 2014).

Relacionado aos sistemas de boias e torre, estes funcionam com energia solar e possuem uma autonomia que chega a 30 dias (APSF, 2014). A estrutura geral da zona portuária é mostrada na Figura 9.

Figura 9 - Vista aérea do Porto de São Francisco do Sul.



Fonte: APSFS (2018).

O porto é reconhecido pelo seu dinamismo e agilidade nas operações. Em relação a isso, a parceria de grandes empresas, como Terlogs, Bunge e CIDASC, impulsionam o setor de exportação instalado na zona primária do Porto (APSF, 2014).

Segundo informações do site eletrônico do Porto, a estrutura contou em média de 37 embarcações que atracaram entre os meses de janeiro a maio de 2018, e uma média da massa bruta total movimentada nesse período de 886.938 toneladas (APPSF, 2018).

4.2 MATERIAIS E MÉTODOS

Para obter evidências da presença de microplásticos em águas superficiais da Baía da Babitonga (porto de São Francisco do Sul) realizou-se a coleta de água em uma embarcação atracada no porto. As embarcações utilizam água do tanque de lastro para lavar a âncora antes de partirem do porto. Assim, aproveitou-se este momento para coletar a água para o estudo, como mostra a Figura 10.

Figura 10 - Coleta da água de lastro em embarcação atracada no porto de São Francisco do Sul.



Fonte: Autor (2018).

4.2.1 Coleta da água

Para a coleta da água, utilizou-se um galão de água de cinco litros, limpo, pendurado através de uma corda para realizar o procedimento. Na Figura 9 é possível observar o galão coletando a água na embarcação. Após a coleta, a água foi encaminhada ao Laboratório de Polímeros e Materiais Compósitos da UFSC- Campus Joinville, para a realização dos ensaios de identificação de microplásticos nela presentes.

4.2.2 Métodos analíticos

A água coletada na embarcação foi filtrada a vácuo usando um filtro de membrana Whatman™, com porosidade de 1,20 µm e diâmetro de 47 mm (Figura 11). A água filtrada nesta primeira etapa foi novamente filtrada usando um filtro de membrana de acetato de celulose Millipore™, com porosidade de 0,45 µm e diâmetro de 47 mm, para reter os microplásticos não retidos na membrana Whatman™. Os filtros com os materiais retidos foram dispostos individualmente em placa de Petri de vidro e embebidos com peróxido de hidrogênio (H₂O₂) (35%) por um período de 24 horas para remover a matéria orgânica natural. Após este período, os filtros foram lavados com água ultrapura e retirados da placa de Petri. As soluções residuais foram utilizadas para as análises.

Figura 11 - Filtro com auxílio da bomba de vácuo.



Fonte: Autor (2018).

Para observar a presença de microplásticos nos resíduos retidos após o tratamento com H₂O₂ utilizou-se o corante vermelho do Nilo. Este corante foi sugerido como uma ferramenta de rotulagem fluorescente para microplásticos. O vermelho do Nilo adsorve na superfície dos plásticos e fluoresce sob comprimentos de onda da luz específicos (ERNI-CASSOLA et al., 2017). O corante vermelho do Nilo é comumente dissolvido em acetona. Assim, foi preparada uma solução de vermelho do Nilo (Sigma-Aldrich) em acetona a 1 mg·mL⁻¹. Utilizou-se 1 mL da solução residual que foi corada com 5 µL da solução de vermelho do Nilo preparada e mantendo sob agitação (agitador orbital, 100 rpm) por 30 minutos. A ocorrência e as características da coloração das partículas de plástico com vermelho do Nilo foram observadas em microscópio de fluorescência (Zeiss Axio Observer Inverted Microscope, Laboratório

de Microfluídica – UFSC Joinville) com excitação e emissão de comprimento de onda de 525–575 nm.

Para comparação, paralelamente ao ensaio com os sedimentos da água de lastro, os polímeros comerciais polipropileno (PP) e polietileno tereftalato (PET) também foram corados com 5 μL da solução de vermelho do Nilo em 1 mL de água ultrapura e analisados no microscópio de fluorescência.

4.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

As impurezas maiores que 1,20 μm foram retidas na membrana Whatman™ e podem ser visualizadas na imagem da Figura 12. Materiais biogênicos, como lipídios, quitina ou lignina, fluorescem ao serem corados com vermelho do Nilo (CLAESSENS et al., 2013). Para tanto, os sedimentos (retidos na membrana com porosidade de 1,20 μm e os retidos na membrana com porosidade de 0,45 μm) obtidos do processo de filtração foram tratados com H_2O_2 .

Figura 12 - Fotografia dos sedimentos da água da Baía da Babitonga retidos na membrana Whatman™ 1,20 μm .

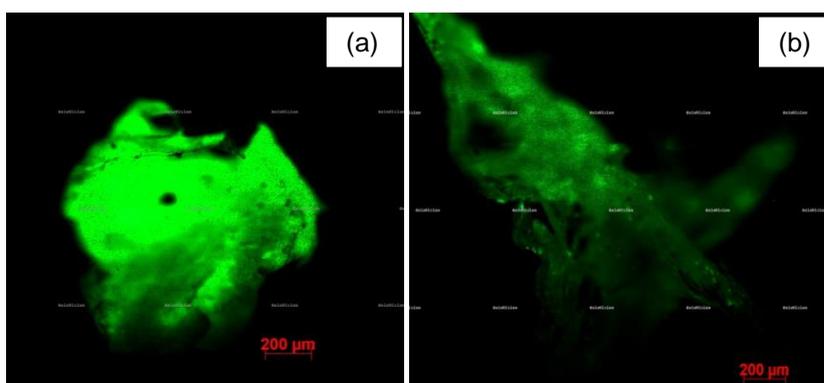


Fonte: Autor (2018).

As membranas foram lavadas com água ultrapura para remover os sedimentos retidos a fim de buscar evidências da presença de microplásticos na água de lastro da embarcação. Para isto, os retidos do processo de filtração foram corados

com vermelho do Nilo e observados em microscópio de fluorescência. Para identificar os tipos de materiais plásticos presentes na água, o PP e PET foram corados com vermelho do Nilo, utilizando a concentração de $1 \mu\text{g}\cdot\text{mL}^{-1}$ e assim comparar com os plásticos presentes nos sedimentos da água coletada. As amostras coradas foram submetidas ao microscópio de fluorescência com excitação e emissão de comprimento de onda de 525–575 nm. A Figura 13 mostra a imagem obtida no microscópio de fluorescência dos plásticos corados com vermelho do Nilo. A Figura 13 (a) apresenta a uma amostra de PP e na Figura 13 (b) uma amostra de PET. Fluorescência verde foi bem reconhecida para os dois tipos de polímeros.

Figura 13 - Fotografia sob o microscópio de fluorescência com excitação e emissão de comprimento de onda entre 525-575 nm para visualização de (a) polipropileno (PP) e (b) polietileno tereftalato (PET) corados com vermelho do Nilo. Ampliação de 50 x.

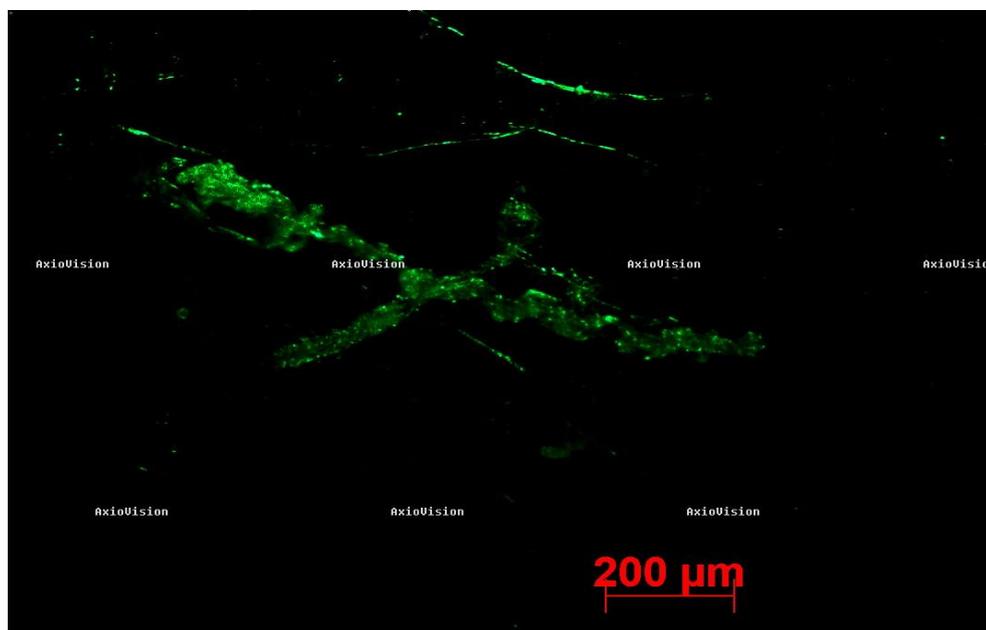


Fonte: Autor (2018).

Na sequência, as membranas com porosidade $1,20 \mu\text{m}$ e $0,45 \mu\text{m}$ foram analisadas no microscópio de fluorescência. Deste modo, foi possível visualizar a presença de microplásticos na água coletada pela embarcação na Baía da Babitonga, como pode ser observado na Figura 14 e Figura 15. Na Figura 14 pode-se observar uma abundância de micropartículas com dimensões maiores que $1,20 \mu\text{m}$. Já na Figura 15, apenas duas micropartículas com dimensões maiores que $0,45 \mu\text{m}$ foram observadas.

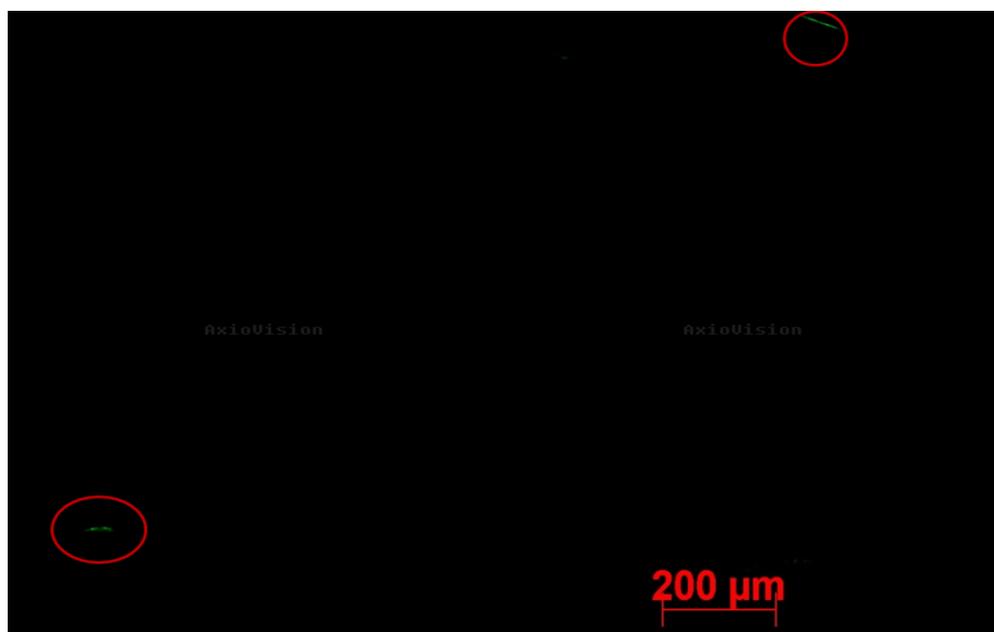
Com estes resultados preliminares é possível inferir que um sistema de tratamento de água de lastro, baseado em filtros membrana, implementado em embarcações, evitaria a disseminação de microplásticos nos oceanos.

Figura 14 - Fotografia sob o microscópio de fluorescência, das partículas retidas em filtro de membrana com porosidade 1,2 μm . Ampliação de 50 x.



Fonte: Autor (2018).

Figura 15 - Fotografia sob o microscópio de fluorescência das partículas retidas em filtro de membrana com porosidade 0,45 μm . Ampliação de 50 x.



Fonte: Autor (2018).

4.3 CONCLUSÃO

Com o estudo de caso realizado em uma embarcação que atracou no porto de São Francisco do Sul, foi possível observar a presença de microplásticos na água coletada pela embarcação e que foi transportada como água de lastro. Com os resultados preliminares deste estudo é possível inferir que um sistema de tratamento de água de lastro, baseado em filtros membrana, implementado em embarcações, evitaria a disseminação de microplásticos nos oceanos.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Com o avanço da tecnologia do transporte marítimo, as embarcações estão sendo utilizadas com mais frequência a cada ano, tornando a questão da água de lastro preocupante e importante à forma como deve ser abordada.

Como abordado, junto com a água de lastro, organismos vivos são transportados de uma região para a outra, podendo se adaptarem e modificar a estrutura daquele novo ambiente, caso não encontrem inimigos naturais e possuam uma boa capacidade de adaptação.

Além disso, os microplásticos também são transportados e fornecem risco ao ecossistema e a saúde humana. Essas pequenas partículas que se encontram na água ao serem coletadas para encher o tanque de lastro se tornam um vetor de transporte para os micro-organismos em um novo *habitat*, tornando-os ainda mais difíceis de serem combatidos, modificando a estrutura do ambiente onde são despejados, e, conseqüentemente a cadeia alimentar da região.

A convenção criada para controle e gerenciamento da água de lastro e sedimentos de navios (Convenção BWM) aborda formas para um melhor gerenciamento da água de lastro com o objetivo de minimizar a transferência dos micro-organismos.

Além disso, abordou-se que as embarcações projetadas a partir de agora devem incluir um sistema de tratamento de água de lastro a bordo, visto a não eficiência do padrão D-1. Em relação ao cumprimento do padrão D-2 da convenção, espera-se que em 2019 todas as embarcações em operação estejam com este modelo, assim como os portos devem possuir instalações para receber os sedimentos.

Como discutido anteriormente, a convenção ainda não trata a questão dos microplásticos, o que deve ser feito o quanto antes, visto todos os riscos que essas micropartículas podem trazer para o meio ambiente e conseqüentemente a cadeia alimentar.

Além disto, não há estudos ainda de um tratamento eficaz contra a transferência dessas partículas plásticas nos oceanos, entretanto, foi possível constatar através do estudo de caso que, mesmo se tratando de um método

preliminar, um sistema de tratamento baseado em membranas evitaria a dispersão dessas partículas.

Além disso, notou-se também que a água de lastro proveniente da Baía da Babitonga em São Francisco do Sul, possuía uma grande quantidade de partículas superiores a 1,20 μm , retidas na membrana analisada.

REFERÊNCIAS

ABDULLA, Ameer; LINDEN, Olof. **Maritime traffic effects on biodiversity in the Mediterranean Sea**: Review of impacts, priority areas and mitigation measures. IUCN Centre for Mediterranean Cooperation/IUCN Global Marine Programme, 2008.

ABIPLAST. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DA INDÚSTRIA DO PLÁSTICO. **Desempenho da indústria brasileira de transformação de material plástico**. 2014. Disponível em: <http://file.abiplast.org.br/download/links/2015/perfil_abiplast_2014_web.pdf>. Acesso em: 28 nov. 2017.

ALISSON, Elton. **Ambientes marinhos e de água doce no Brasil sofrem com poluição por microplásticos**. 2017. Disponível em: <<http://agencia.fapesp.br/ambientes-marinhos-e-de-agua-doce-no-brasil-sofrem-com-poluicao-por-microplasticos/25429/>>. Acesso em: 04 out. 2018.

ANDRADY, A. L. Microplastics in the marine environment. **Marine Pollution Bulletin**, v. 62, n. 8, p. 1596-1605, 2011.

ANTAQ, Agência Nacional de Transportes Aquaviários. **Meio Ambiente - Água de lastro**. 2010. Disponível em: <http://antaq.gov.br/Portal/MeioAmbiente_AguaDeLastro.asp>. Acesso em: 30 jul. 2018.

APSFS. **PORTO DE SÃO FRANCISCO DO SUL - FOTOS**, 2018. Disponível em: <https://www.apsfs.sc.gov.br/?page_id=50>. Acesso em: 15 out. 2018.

APSFS. **PORTO DE SÃO FRANCISCO DO SUL 60 ANOS**. São Francisco do Sul: Fabrica de Comunicação, 2014. Disponível em: <<https://www.apsfs.sc.gov.br/wp-content/uploads/2014/01/Revista60anosdoPortodeSaoFranciscodoSul.pdf>>. Acesso em: 05 set. 2018.

ARTHUR, C.; BAKER J.; BAMFORD H., Proceedings of the international research workshop on the occurrence, effects, and fate of microplastic marine debris. **NOAA**, 2009.

BARBOSA, Vanessa. **73% dos peixes em zona do Oceano Atlântico ingerem microplásticos**. 2018. Disponível em: <<https://exame.abril.com.br/ciencia/mais-de-70-de-peixes-de-zona-no-atlantico-ingerem-microplastico/>>. Acesso em: 09 ago. 2018.

BARNES, D. K. A.; GALGANI, F.; Thompson R.C. & Bralaz, M. Accumulation and fragmentation of plastic debris in global environments. **Philos. Trans. R. Soc. B.**, v. 364 p. 1985-1998, 2009.

BOLCH, C. J.; HALLEGRAEFF, G. M. Chemical and physical treatment options to kill toxic dinoflagellate csts in ships' ballast water. **Journal of Marine Environmental Engineering** v. 1, p. 23-29, 1993.

BOUCHER, Julien; FRIOT, Damien. Primary Microplastics in the Oceans: a Global Evaluation of Sources. Gland, Switzerland: IUCN. 43 pp. 2017.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente, MMA. Água de Lastro. [entre 2000 e 2004]. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/biodiversidade/agua-de-lastro/contexto.html>>. Acesso em: 01 ago. 2018.

BRASIL. **Entrada em vigor da Convenção Internacional para o Controle e Gerenciamento da Água de Lastro**. DIRETORIA DE PORTOS E COSTAS MARINHA DO BRASIL. 2017. Disponível em: <<https://www.dpc.mar.mil.br/pt-br/comunicacao-social/entrada-em-vigor-da-convencao-internacional-para-o-controle-e-gerenciamento-da-agua-de-lastro>>. Acesso em: 01 ago. 2018.

BROWNE, M. A.; GALLOWAY, T.; THOMPSON, R. Microplastic - an emerging contaminant of potential concern? **Integrated environmental assessment and Management**, v. 3, n. 4, p. 559-561, 2007.

CARLTON, J. T.; GELLER J. B. Ecological roulette: biological invasions and the global transports and nonindigenous marine organisms. **Science**, v. 261, p. 78-82, 1993.

CARLTON, James T. The impact of maritime commerce on marine biodiversity. **Brown J. World Aff.** v. 16, p. 131, 2009.

CAUWENBERGHE, Lisbeth Van; CLAESSENS, Michiel; VANDEGEHUCHTE, Michiel B.; JANSSEN, Colin R. Microplastics are taken up by mussels (*Mytilus edulis*) and lugworms (*Arenicola marina*) living in natural habitats. *Environmental Pollution*. v. 199, p. 10 -17, 2015.

CLAESSENS, M.; VAN CAUWENBERGHE, L.; VANDEGEHUCHTE, M. B.; JANSSEN, C. R. New techniques for the detection of microplastics in sediments and field collected organisms. **Mar. Pollut. Bull.**, v. 70, n. 1-2, p. 227-233, 2013.

COHEN, A.N. **Ships' ballast water and the introduction of exotic organisms into the San Francisco Estuary**: Current status of the problem and options for management report. San Francisco Estuary Institute. California Urban Water Agencies. 1998.

COLE, M. et al. Microplastics as contaminants in the marine environment: A review. **Marine Pollution Bulletin**, v. 62, n. 12, p. 2588-2597, 2011.

COLLYER, Wesley. Água de lastro, bioinvasão e resposta internacional. **Revista Jurídica da Presidência. Brasília**, v. 9, n. 84, 2007.

CONVENÇÃO BWM. Convenção Internacional para o Controle e Gerenciamento da Água de Lastro e Sedimentos de Navios. International Maritime Organization (IMO). 2004.

DERRAIK, J. G. The pollution of the marine environment by plastic debris: A review. **Marine Pollution Bulletin**, v. 44, n. 9, p. 842-852, 2002.

DGRM. Diretiva Quadro da Estratégia Marinha. 2018. Disponível em <<https://www.dgrm.mm.gov.pt/as-pem-diretiva-quadro-estrategia-marinha>>. Acesso em: 17/10/2018.

DIAS, Martins. **Microplásticos: um problema para os oceanos**. Disponível em: <<http://envolverde.cartacapital.com.br/microplasticos-um-problema-para-os-oceanos/>>. Acesso em: 28 out. 2017.

DUSSUD, C. et al. Plastic Litter: A New Habitat for Marine Microbial Communities. In: Baztan, Juan et al. (eds.), MICRO 2016. Fate and Impact of Microplastics in Marine Ecosystems, 2017.

EPA - ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY. Plastic pallets in the Aquatic Environmet: Sources and Recommendations. **Education and Training**, v. 001, n. 68, 1992.

ERNI-CASSOLA, GABRIEL et al. Lost, but Found with Nile Red: A Novel Method for Detecting and Quantifying Small Microplastics (1 mm to 20 µm) in Environmental Samples. **Environ. Sci. Technol.** v. 51, p. 13641–13648, 2017.

GESAMP. Sources, Fate and Effects of Microplastics in the Marine Environment: A Global Assessment. **Rep. Stud. GESAMP**, v. 90, p. 96, 2015.

GIL, Antonio Carlos. **Como elaborar projetos de pesquisa**. 4. ed. São Paulo: Atlas, 2008.

HUFFMAN, John Pearley. Cougar Ace: The Great \$103 Million Snafu at Sea. 2008. Disponível em <<https://www.caranddriver.com/features/cougar-ace-the-great-103-million-snafu-at-sea>>. Acesso em: 13 out. 2018.

IBAMA. **Mexilhão dourado**. 2016. Disponível em: <<http://www.ibama.gov.br/especies-exoticas-invasoras/mexilhao-dourado>>. Acesso em: 15 jul. 2018.

IBGE, Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Pesquisa Nacional De Saneamento Básico – PNSB**. Rio de Janeiro, 2008.

IVAR DO SUL, J. A.; COSTA M. F. Plastic pollution risks in an estuarine conservation unit. **Journal of Coastel Research**, v. 65, p. 48-53, 2013.

KIM, Kyong M. **A study of the implications of the ballast water management convention for flag states**. 2013. 75 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Maritime Affairs, World Maritime University, Republic Of Korea, 2013.

KIRCHNER, Stefan et al. Microplastics and the entry into force of the Ballast Water Convention: an arctic perspective. **Current Developments in Arctic Law**, v. 5, p. 50-53, 2017.

LAGARDE, F. et al. Microplastic interactions with freshwater microalgae: Heteroaggregation and changes in plastic density appear strongly dependent on polymer type. **Environmental Pollution**, v. 215, p. 331-339, 2016.

LAMONICA; Maurício Nunes. SANTOS, Julio Gustavo da Silva. Água de lastro e bioinvasão: introdução de espécies exóticas associada ao processo de mundialização. **Revista Vértices**, Campos dos Goytacazes, vol. 10, nº1, 2008. Disponível em: <<http://www.essentiaeditora.iff.edu.br/index.php/vertices/article/view/40/32>>. Acesso em: 14 de outubro de 2017.

LEAL NETO, A. C. **Uma aplicação para a avaliação de risco de água de lastro**. 2007. 179 p. Tese (Doutorado) – Programa de Pós-graduação, Coordenação dos Programas de Pós-Graduação de Engenharia, Universidade Federal do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro, 2007.

LEAL, Tiago . **Bioinvasão e seus impactos sobre a diversidade biológica em ecossistemas aquáticos nativos**. **Gia**. 2017. Disponível em: <<https://gia.org.br/portal/bioinvasao-e-seus-impactos-sobre-a-diversidade-biologica-em-ecossistemas-aquaticos-nativos/>>. Acesso em: 09 ago. 2018.

LEITE, Marcelo; MORRISON, Dan; TYREE, Chris. **Há microplástico na torneira de todo mundo, inclusive no Brasil**. 2017. Disponível em: <<http://www1.folha.uol.com.br/ambiente/2017/09/1916146-ha-microplasticos-na-agua-da-torneira-de-todo-o-mundo-inclusive-no-brasil.shtml>>. Acesso em: 28 out. 2017.

LESLIE, Heather. **Microplastic Litter in the Dutch Marine Environment**. Deltares, 2011. Disponível em: <http://www.ivm.vu.nl/en/Images/Deltares-IVM_report_microplastics-2_tcm234-409861.pdf>. Acesso em: 15 out. 2018.

MASON, Sherri A.; WELCH, Victoria; NERATKO, Joseph. **Synthetic polymer contamination in bottled water**. Fredonia, State University of New York. Department of Geology & Environmental Sciences. p.2-17, 2018.

MATIDDI, M.; et. al. **First Evidence of Microplastics in the Ballast Water of Commercial Ships**, p. 136-137. In: Baztan, Juan et al. (eds.), MICRO 2016. Fate and Impact of Microplastics in Marine Ecosystems - From the Coastline to the Open Sea, 1st ed., Elsevier, Amsterdam, 2017.

MATIDDI, Marco et al. Loggerhead sea turtles (Caretta): A target species for monitoring litter ingested by marine organisms in the Mediterranean Sea. **Environmental pollution**, v. 230, p. 199-209, 2017.

MATIDDI, M. et al. NEW DATA ON THE PRESENCE OF POMADASYS INCISUS (OSTEICHTHYES, HAEMULIDAE) IN THE TYRRHENIAN SEA AND ITS ROLE IN THE LOCAL CATCHES. **Biologia Marina Mediterranea**, v. 23, n. 1, p. 41, 2016.

MORRITT, D. et al. Plastic in the Thames: A river runs through it. **Marine Pollution Bulletin**, v. 78, p. 196-200. 2014.

NOAA, Marine Debris Program. Report on the Occurrence and Health Effects of Anthropogenic Debris Ingested by Marine Organisms. National Centers for Coastal Ocean Science – Center for Coastal Environmental Health and Biomolecular Research. 2014.

NORMA DE AUTORIDADE MARÍTIMA. **NORMAM-20: NORMA DE AUTORIDADE MARÍTIMA PARA O GERENCIAMENTO DA ÁGUA DE LASTRO DE NAVIOS**. 1 ed. Rio de Janeiro: Diretoria dos Portos e Costas, 2014.

NRC, National Research Council. Committee on Ships' Ballast Operations, National Research Council; Stemming the Tide: controlling introductions of nonindigenous species by ships' ballast water. National Academy Press, Washington, D.C., 1996.

NUNES, S. L. **Salmonella spp. Isoladas de Água e Moluscos Bivalves de Regiões Portuárias Brasileiras – Suscetibilidade Antimicrobiana e Caracterização Molecular dos Sorogrupos (A – D1, B E C2-C3)**. 137f. Tese (Doutorado em Ciências) – Instituto de Ciências Biomédicas, Universidade de São Paulo, 2007.

OCEAN CLEANUP (Roterdã) (Org.). **The ocean cleanup**. 2018. Disponível em: <<https://www.theoceancleanup.com/>>. Acesso em: 13 ago. 2018.

OGATA, Y. et al. International Pellet Watch: Global monitoring of persistent organic pollutants (POPs) in coastal waters. 1. Initial phase data on PCBs, DDTs, and HCHs. **Marine Pollution Bulletin**, v. 58, n. 10, p. 1437-1446, 2009.

PEEKEN, Ilka et al. Arctic sea ice is an important temporal sink and means of transport for microplastic. **Nature Communications**, v. 9, p. 1505-1517, 2018.

PEREIRA, J.P.F.N. **Monitoramento de água de lastro na zona portuária de Santana/AP: suporte às políticas públicas de gerenciamento**. Dissertação de Mestrado do PPGDAPP/UNIFAP. 122 p. 2013.

PEREIRA, Newton Narciso et al. **Água de lastro: Gestão e controle**. São Paulo: Blucher, 2018. 236 p.

PEREIRA, Newton Narciso. **Alternativas de tratamento da água de Lastro em portos exportadores de minério de ferro**. Tese (Doutorado) - Curso de Engenharia, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2012. 349 f.

PEREIRA, Newton Narciso. **Um estudo sobre instalações propulsoras para empurradores fluviais**. Dissertação (Mestrado) – Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. Departamento de Engenharia Naval e Oceânica. São Paulo, 2007.

PLATONOW, Vladimir. **Concentração de larvas de mexilhão dourado no Lago de Itaipu cai quase à metade**. 2006. Disponível em: <<http://noticias.ambientebrasil.com.br/clipping/2006/06/05/25038-concentracao-de-larvas-de-mexilhao-dourado-no-lago-de-itaipu-cai-quase-a-metade.html>>. Acesso em: 18 jul. 2018.

RANASINGHE, Thalatha Sreeni. **Review of the capacity of the implementation of Ballast Water Management Convention in Sri Lanka as flag state, port state and**

coastal state. Dissertação (Mestrado) - Curso de Maritime Affairs, World Maritime University, Sri Lanka, 2016. 116 f.

REZENDE, M.F. **Variação das características hidráulicas em condutos forçados devido a infestação pela *Limnoperna Fortunei*.** Dissertação apresentada à Universidade Federal De Minas Gerais Programa de Pós-Graduação em Saneamento, Meio ambiente e Recursos Humanos. 2007.

ROCHMAN, Chelsea M. et al. Scientific Evidence Supports a Ban on Microbeads. *Environ. Sci. Technol.*, v. 49, p. 10759-10761, 2015.

SOUZA, M. T. A. **A bioinvasão de ambientes aquáticos provocada pela água de lastro das embarcações e suas consequências jurídicas.** 2014. 84 p. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) - Curso de Direito, Universidade Federal do Rio Grande do Norte. Natal, 2014.

SARDINHA, Alvaro. REGISTRO DE NAVIOS E ESTADOS DE BANDEIRA. **Coleção Mar Fundamental**, Lisboa, v. 1, n. 1, p.1-46, set. 2013.

THEVENON, Florian; CARROLL, Chris; SOUSA, João. Plastic Debris in the Ocean: The Characterization of Marine Plastics and their Environmental Impacts, Situation Analysis Report. Gland, Switzerland: IUCN. 2014. p. 52.

WEF report. Committed to improving the state of the world. World Economic Forum Annual Meeting. 2016. Disponível em: <<https://www.weforum.org/>>. Acesso 14 out. 2018.

WEIS, Judith S. Cooperative Work is Needed Between Textile Scientists and Environmental Scientists to Tackle the Problems of Pollution by Microfibers. **Journal of Textile and Apparel Technology and Management**, v. 10, n. 3, 2018.

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.

WWF report. Out of the plastic trap saving the mediterranean from plastic pollution. World Wide Fund for Nature. 2018. Disponível em: <http://awsassets.panda.org/downloads/a4_plastics_med_web_08june_new.pdf>. Acesso em: 14 out. 2018.

ZHANG, H. Transport of microplastics in coastal seas. **Estuarine, Coastal and Shelf Science**, v. 199, n. 5, p. 74-86. 2017.

ANEXO A – FORMULÁRIO DE INFORMAÇÕES SOBRE A ÁGUA DE LASTRO

Troca de Água de Lastro Troca de Água de Lastro Retificador Sistema de Tratamento de Água de Lastro Retificador Sistema de Tratamento de Água de Lastro Retificador

1. INFORMAÇÕES SOBRE O NAVIO

Nome do Navio:	Porto de Chegada:
Nº IMO / Indicativo de Chamada:	Data de Chegada ao Porto:
Bandeira:	Último Porto e País:
Tipo do Navio / Arqueação Bruta (AB):	Proximo Porto e País:
Proprietário:	Agente:

2. INFORMAÇÕES SOBRE A ÁGUA E OS TANQUES DE LASTROS

Nº Total de Tanques a Bordo:	Nº de Tanques em Lastro:
Nº de Tanques com Troca de Água de Lastro:	Nº de Tanques sem Troca de Água de Lastro:
Total de Água de Lastro a Bordo (m³):	Capacidade Total de Água de Lastro (m³):

3. INFORMAÇÕES SOBRE A TROCA DA ÁGUA DE LASTRO (Registrar todos os tanques que serão deslastrados no Porto de chegada – Se nenhum, passe para o item 5)

INFORMAÇÕES SOBRE A ORIGEM DA ÁGUA DE LASTRO

Tanques (*) (Listar separadamente os diversos tanques)	Data		Salinidade	Temp. (°C)	Volume (m³)	Poros ou Lat/Long	Data de entrega	Método de Troca (**)	Profund. Local (m)	% de Troca	Volume (m³)	Lateral Superior = IS / Outros = O	Poros ou Lat/Long	Volume (m³)	Salinidade
	dd/mm/aa	dd/mm/aa													

(*) Código para Tanques de Água de Lastro: Tanque de Colisão AV = FP / Tanque de Colisão AR = AP / Duplo Fundo = DB / Lateral = WT / Lateral Superior = IS / Outros = O
 (**) Método de Troca: Diluição (1) / Fluxo Contínuo (2) / Sequencial (3)

INFORMAÇÕES SOBRE A TROCA DA ÁGUA DE LASTRO

Tanques (*) (Listar separadamente os diversos tanques)	Data de entrega	Método de Troca (**)	Profund. Local (m)	% de Troca	Volume (m³)	Lateral Superior = IS / Outros = O	Poros ou Lat/Long	Volume (m³)	Salinidade

3.1. OUTRAS INFORMAÇÕES SOBRE O SISTEMA DE TRATAMENTO DE ÁGUA DE LASTRO

Se não houve troca da Água de Lastro, indicar outra(s) ação(ões) de controle efetuada(s):

Se não tiver sido efetuada nenhuma, indicar porque não:

4. INFORMAÇÕES SOBRE O SISTEMA DE TRATAMENTO DE ÁGUA DE LASTRO

Nome Comercial do Sistema: _____ Data da Instalação: _____

Fabricante: _____ Data de Validade do Certificado Internacional: _____

5. INFORMAÇÕES COMPLEMENTARES:

Existe a Bordo o Plano de Gerenciamento de Água de Lastro? () SIM () NÃO

Existe a Bordo a Convenção Internacional? () SIM () NÃO

O Plano de Gerenciamento de Água de Lastro foi Implementado? () SIM () NÃO

NOME E POSTO DO OFICIAL RESPONSÁVEL (LETRA DE IMPRENSA) _____

ASSINATURA _____