



UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA

FACULDADE DE AGRONOMIA E MEDICINA VETERINÁRIA

**Água de lastro: sistemas de tratamento com uso de cloro
aprovados pela Organização Marítima Internacional**

Thalita Milo Simões Ferreira

Orientadora: Dr^a. Ligia Maria Cantarino da Costa
Supervisor de estágio: Dr. Flavio da Costa Fernandes

BRASÍLIA - DF
JULHO/2016



UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA
FACULDADE DE AGRONOMIA E MEDICINA VETERINÁRIA

THALITA MILO SIMÕES FERREIRA

**Água de lastro: sistemas de tratamento com uso de cloro
aprovados pela Organização Marítima Internacional**

Trabalho de conclusão de curso de graduação
em Medicina Veterinária apresentado junto à
Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária
da Universidade de Brasília

Orientador: Dr^a. Ligia Maria Cantarino da Costa
Supervisor de estágio: Dr. Flavio da Costa Fernandes

BRASÍLIA - DF
JULHO/2016

FICHA CATALOGRÁFICA

Ferreira, Thalita Milo Simões

Água de lastro: sistemas de tratamento com uso de cloro aprovados pela Organização Marítima Internacional/Thalita Milo Simões Ferreira; orientação de Ligia Maria Cantarino da Costa e Flavio da Costa Fernandes. – Brasília, 2016. 39 p.: il.

Trabalho de conclusão de curso de graduação – Universidade de Brasília/Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária, 2016.

1. Água de lastro. 3. Organização Marítima Internacional. 3. Sistemas de tratamento. 4. Cloro.

Cessão de Direitos

Nome do Autor: Thalita Milo Simões Ferreira

Título do Trabalho de Conclusão de Curso: Água de lastro: sistemas de tratamento com uso de cloro aprovados pela Organização Marítima Internacional.

Ano: 2016

É concedida à Universidade de Brasília permissão para reproduzir cópias desta monografia e para emprestar ou vender tais cópias somente para propósitos acadêmicos e científicos. O autor reserva-se a outros direitos de publicação e nenhuma parte desta monografia pode ser reproduzida sem a autorização por escrito do autor.

Thalita Milo Simões Ferreira

FOLHA DE APROVAÇÃO

Nome do autor: FERREIRA, Thalita Milo Simões

Título: Água de lastro: sistemas de tratamento com uso de cloro aprovados pela Organização Marítima Internacional

Trabalho de conclusão do curso de graduação em Medicina Veterinária apresentado junto à Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária da Universidade de Brasília

Aprovado em 4 de julho de 2016

Banca Examinadora

Prof. Dr. Flavio da Costa Fernandes

Instituição: Instituto de Estudos do Mar Almirante Paulo Moreira - IEAPM

Julgamento: _____

Assinatura: _____

Prof. Dr^a. Simone Perecmanis

Instituição: Universidade de Brasília

Julgamento: _____

Assinatura: _____

Prof. Dr^a. Ligia Maria Cantarino da Costa

Instituição: Universidade de Brasília

Julgamento: _____

Assinatura: _____

DEDICATÓRIA

*Ao meu querido irmão, fonte de
inspiração e exemplo de determinação.*

AGRADECIMENTOS

Aos meus pais por todo o apoio durante todo o curso. Pela incansável dedicação em fazer com que eu realizasse meus sonhos e alcançasse todas as oportunidades que me ocorreram. Palavras nunca serão suficientes para agradecer a vocês por todo amor e carinho nos momentos mais difíceis. Muito obrigada por sempre terem acreditado em meu sucesso.

À minha orientadora, Prof^a. Dr^a. Ligia Cantarino, por ter aberto os meus horizontes e conduzido ao caminho da Saúde Pública. Muito obrigada por toda a atenção, carinho e esforços dedicados nesses últimos meses. Por toda a delicadeza e paciência com a qual exerceu essa difícil tarefa de orientar uma estudante em final de curso.

Ao Dr. Flavio da Costa Fernandes por ter me apresentado a um universo até então desconhecido. Por ter me acolhido e orientado durante o estágio e pacientemente ter me apresentado ao tema desse trabalho. Muito obrigada por toda a atenção que me foi dedicada! Foi uma honra ter realizado esse trabalhando recebendo sua orientação.

Ao IEPAM – Instituto de Estudos do Mar Almirante Paulo Moreira pela oportunidade de efetuar o estágio final em suas estruturas. Em especial, muito obrigada ao Tenente Giuseppe e a Livia pela atenção e apoio durante meu período no instituto.

À Prof^a. Dr^a. Simone Perecmanis e Prof^a. Dr^a. Ângela Patrícia Santana pela disponibilidade, apoio e compreensão em todos os momentos que as procurei.

Aos meus amigos e colegas que caminharam comigo ao longo desses anos. Agradeço em especial a Paula Figueiredo, Rayssa Nóbrega e João Vítor Queiroz que estiveram ao meu lado nos momentos mais difíceis e nos mais alegres.

Ao meu irmão Thiago Milo, a quem dedico este trabalho.

À minha Tia Miriam que foi tia, avó, mãe, amiga desde que cheguei a Brasília. Que me acolheu, me deu colo quando precisei, que esteve sempre presente me abraçando com todo carinho, afeto e amor.

À Victor Lima por todo carinho, cuidado e compreensão que teve comigo nos últimos meses.

À toda a minha família que sempre me apoiou nesse caminho que escolhi.

*A alegria que inspiramos tem de encantador o fato de,
longe de enfraquecer como qualquer reflexo, volta
para nós mais radiante.*

Victor Hugo – Les Misérables

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	1
1.1. Sistemas de Tratamento de Água de Lastro	5
1.2. Group of Experts on the Scientific Aspects of Marine Environmental Protection – Ballast Water Working Group – GESAMP – BWWG	6
1.2.1. Principais parâmetros para avaliar de sistemas de tratamento de água de lastro que fazem uso de substância ativa	7
Forma da obtenção de substância ativa	7
Tratamento associado	8
Neutralização	8
Dose Máxima Permitida	8
Concentração Máxima Permitida no Deslastro	8
Limitação de temperatura	8
Limitação de salinidade	9
Eliminação gases tóxicos	9
Toxicidade do Efluente Total	10
Compostos Químicos Relevantes	10
Razão de Caracterização de Risco	11
RCR Autoridade Marítima	11
RCR Tripulação Tanque	12
RCR Demais Áreas	12
RCR Público Geral	12
Persistência, Bioacumulação e Toxicidade	12
Razão PEC/PNEC	13
Teste de Corrosão	13
2. OBJETIVO	14
3. MATERIAL E MÉTODOS	15
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO	18
5. CONCLUSÕES	28

6. REFERÊNCIAS	30
ANEXOS	36
APÊNDICE	39

LISTA DE ANEXOS

ANEXO I – Exemplo de algas e animais utilizados no teste WET (NK-CI BlueBallast System)	36
ANEXO II – Exemplo de Compostos Químicos Relevantes do sistema ATPS-BLUESys	37
ANEXO III – Exemplo de resultado da Razão de Caracterização de Risco (RCR) do sistema de tratamento Ecomarine-EC	38

LISTA DE APÊNDICE

APÊNDICE I – Quadro ilustrativo da Metodologia	39
--	----

LISTA DE FIGURAS

FIGURA I – Lastro e deslastro de navios	2
FIGURA II – Tanque de lastro; Tanque de proa (de vante) e Tanque de popa (de ré)	9

LISTA DE QUADROS

QUADRO I – Relatórios do GESAMP – BWWG para o MEPC referentes aos sistemas de tratamento de água de lastro com aprovação incluídos no presente estudo, de 2008 a 2015	15
QUADRO II - Descrição dos Sistemas de Tratamento de água de lastro por eletrólise da água do mar incluídos no presente estudo.....	23
QUADRO III - Características e limitações dos Sistemas de Tratamento de água de lastro por eletrólise incluídos no presente estudo	24
QUADRO IV - Variáveis indicativas de riscos de impactos causados pelos sistemas que fazem uso da eletrólise incluídos no presente estudo	25
QUADRO V - Descrição dos Sistemas de Tratamento de água de lastro por cloração incluídos no presente estudo	26
QUADRO VI - Características e limitações dos Sistemas de Tratamento de água de lastro por cloração incluídos no presente estudo.....	26
QUADRO VII - Variáveis indicativas de riscos de impactos causados pelos sistemas por cloração incluídos no presente estudo.....	27

RESUMO

A água de lastro consiste em água do mar ou do rio utilizada pelas embarcações para manterem sua estabilidade quando não estão completamente carregadas de mercadorias ou sofrem alteração em seu peso. Navios muito grandes e que carregam grandes volumes de carga, podem transportar uma quantidade elevada de água ao redor do globo terrestre. Com a água de lastro são transportadas também altas concentrações de animais, vegetais e microrganismos marinhos. O deslastro da água em portos diferentes daqueles de origem pode fazer com que esses organismos se tornem espécies invasoras, podendo trazer desequilíbrio ao ambiente aquático local e agravos à saúde humana e animal. Como órgão responsável pela segurança e poluição causada pelo transporte marítimo, a Organização Marítima Internacional (IMO) aprovou a Convenção Internacional para o Controle e Gestão da Água de Lastro e Sedimentos de navios, em conjunto com diretrizes que regulamentam a instalação de sistemas de tratamento de água de lastro a bordo dos navios para evitar a bioinvasão e reduzir os impactos ambientais. O presente trabalho analisou os sistemas de tratamento de água de lastro que fazem uso do Cloro como substância ativa que foram aprovados pela IMO. Esta análise reuniu parâmetros e dados contidos nos relatórios apresentados pelo GESAMP-BWWG para o MEPC, que indicam os riscos e impactos ao meio ambiente, à saúde humana e animal causados pelos sistemas de tratamento que fazem uso do cloro como substância ativa. A necessidade do transporte marítimo torna a água de lastro essencial para as embarcações e, consequentemente, o uso de sistemas de tratamento.

Palavras-chave: Água de lastro, Organização Marítima Internacional, sistemas de tratamento, Cloro.

ABSTRACT

Ballast water is the use of seawater or river water by the vessels to guarantee their stability when they are not completely loaded or when their weight is not stable. Large vessels can carry large volumes of water in their ballast tanks around the world. The ballast water can transport high concentrations of animals, vegetables and marine microorganisms. The deballasting of the water in different ports away from its origin can make their organisms an invasive species. It may cause disequilibrium to the local aquatic environment and harm to human and animal health. The International Maritime Organization (IMO), as the organization responsible for the safety and pollution caused by shipping, adopted the International Convention for the Control and Management of Ballast Water and Sediments from ships. This convention has a set of guidelines governing the installation of ballast water treatment systems on board to avoid bioinvasion and reduce environmental impacts. This study analyzes the ballast water treatment systems, approved by IMO, that make use of chlorine as the active substance. The analysis gathered parameters and data recorded in the reports submitted by the GESAMP-BWWG to MEPC, which indicated the risks and impacts to the environment, human and animal health caused by treatment systems the use chlorine as active substance. The necessity of shipping made ballast water essential to vessels and, consequently, the use of ballast water treatment systems.

Keywords: Ballast Water, International Maritime Organization, treatment systems, chlorine.

LISTA DE ABREVIATURAS

AJB: Águas Juridicionais Brasileiras

ANVISA: Agência Nacional de Vigilância Sanitária

BWMS: *Ballast Water Management System*/ Sistema de gerenciamento de água de lastro

DMEL: *Derived Minimal Effect Level*/ Nível de Efeito Mínimo Derivado

DNEL: *Derived No-effect Level*/ Nível Sem Efeito Derivado

IMO: *International Maritime Organization*/ Organização Marítima Internacional

MAD: *Maximum Allowable Dosage*/ Dosagem Máxima Permitida

MADC: *Maximum Allowable Discharge Concentration*/ Concentração Máxima Permitida para Deslastro

MEPC: *Marine Environment Protection Committee*/ Comitê de Proteção ao Meio Ambiente

PBT: *Persistence, Bioaccumulation and Toxicity*/ Persistência, Bioacumulação e Toxicidade

PEC: *Predicted Environmental Concentration*/ Concentração Ambiental Prevista

PNEC: *Predicted No-Effect Concentration*/ Concentração Sem Efeito Prevista

PSC: *Port State Control*/ Controle do Estado do Porto

EPI: Equipamento de Proteção Individual

RCR: *Risk Characterization Ratio*/ Razão de Caracterização de Risco

THM: Trihalometano

WET: *Whole Effluent Toxicity*/ Testes de Toxicidade do Efluente Total

1. INTRODUÇÃO

Água de lastro é a denominação dada a água do mar ou do rio utilizada pelos navios para manterem sua estabilidade após uma variação na carga. Grandes embarcações quando completamente carregadas, se mantêm em equilíbrio, com estabilidade e baixos níveis de estresse nas estruturas. Entretanto, com a variação de peso em função do desembarque da carga nos portos, consumo de combustível e água potável, o navio fica leve e vulnerável à ação dos ventos e ondas, o que pode levar a uma ruptura do casco e naufrágio (SILVA & SOUZA, 2004; IMO, 2009a; BOTELHO, 2013).

Em navios antigos de madeira, utilizava-se como lastro materiais sólidos como sacos de areia, pedras, madeira e correntes. Com o advento das estruturas dos cascos de ferro e com o porão vedado, no final do século XIX, o uso destes se tornaram inviáveis por oferecerem risco durante a manipulação da carga e não serem totalmente eficientes. Assim, o lastro sólido foi substituído pela água do mar que durante e após a II Guerra Mundial ganhou grande circulação pelo mundo (SANTOS & LAMONICA, 2008). Atualmente, cerca de 80% do comércio internacional é realizado pela via marítima (LOYD'S REGISTER, 2015), sendo que no Brasil esse percentual supera os 90%. Um único navio cargueiro pode movimentar mais de 150.000 toneladas de água de lastro (SANTOS & LAMONICA, 2008), podendo o transporte marítimo internacional atingir cerca 5 bilhões de toneladas por ano (PORTO DE SANTOS, 2016).

A água de lastro funciona como fonte de transmissão para microrganismos, cistos, ovos, larvas, pequenos animais marinhos e algas que estão suspensos nos mares e que são bombeados para dentro dos tanques das embarcações. Estes podem permanecer viáveis por longo período na água e no sedimento dos tanques de lastro e serem liberados durante as descargas em locais distantes dos

seus de origem, podendo tornar-se uma espécie invasora (BRASIL, 2003).

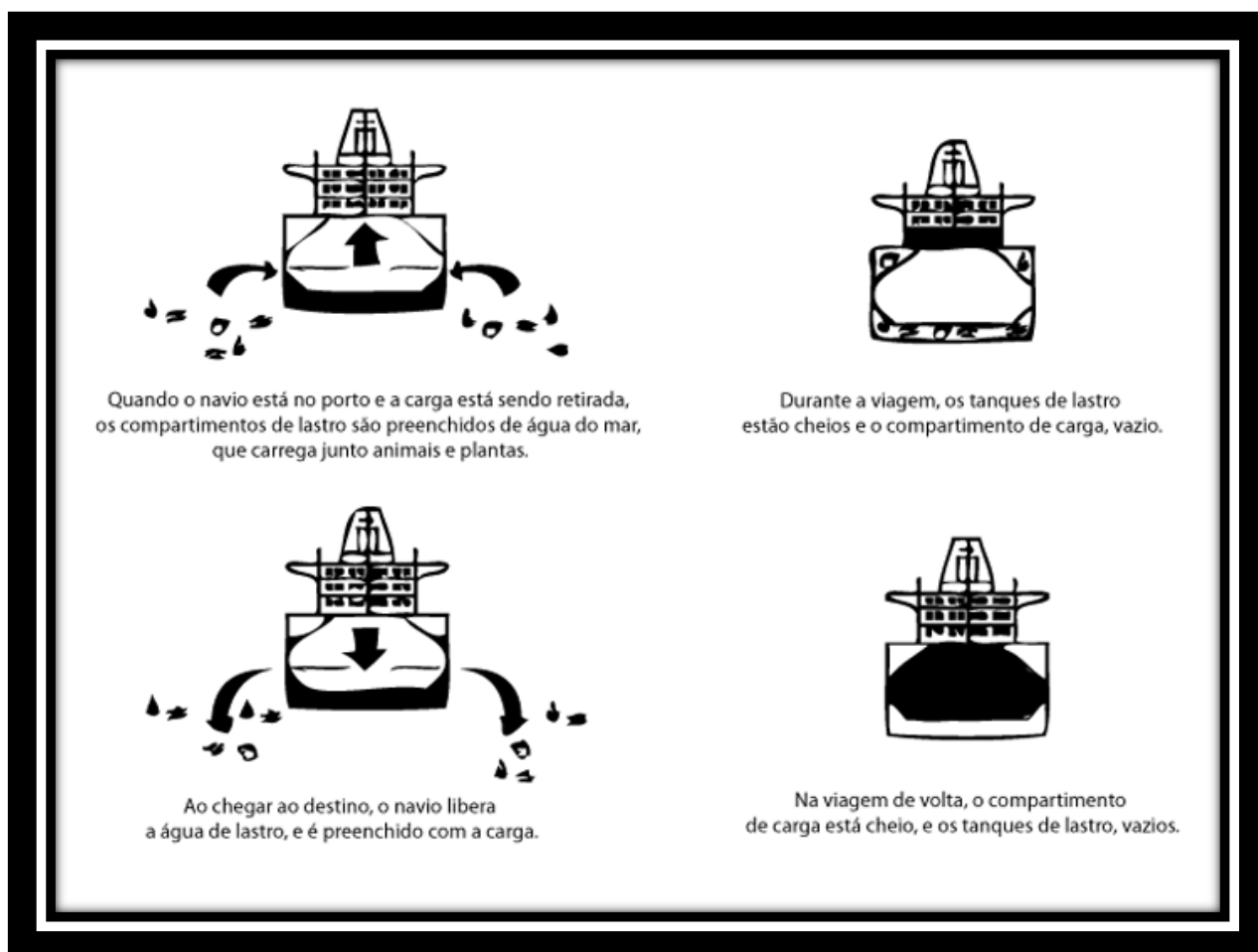


Figura 1 – Lastro e deslastro de navios.
Fonte: Universidade de Brasília, 2016.

Estima-se que cerca 7.000 espécies animais e vegetais são transportadas diariamente através dos oceanos (BOTELHO, 2013). Algumas espécies, por serem muito resistentes e terem grande poder de adaptação, podem se estabelecer em um ambiente diferente do seu de origem e não encontrarem predadores naturais ou outra forma de controle, podendo causar risco à saúde humana e animal. Quando os portos de origem de destino das embarcações apresentam grande semelhança ambiental, principalmente, em relação à temperatura e salinidade, facilita o estabelecimento dessas espécies (SILVA & SOUZA, 2004).

Registros que exemplificam espécies invasoras que obtiveram sucesso na adaptação são a infestação de *Limnoperna fortunei*, o mexilhão dourado nos rios e portos brasileiros, o mexilhão zebra, *Dreissena polymorpha*, nos Grandes Lagos dos Estados Unidos, a estrela-do-mar *Asterias amurensis* na Austrália, e o importante patógeno em saúde pública, *Vibrio cholerae*, na América do Sul (SILVA & SOUZA, 2004).

As invasões de espécies exóticas vêm sendo consideradas a segunda maior ameaça à biodiversidade mundial (BRASIL, 2016). Segundo o Ministério do Meio Ambiente, em 2008, foram registradas 58 espécies introduzidas nas águas marinhas brasileiras entre fauna e flora (BRASIL, 2009). Algumas espécies podem oferecer sérios riscos à saúde humana, como o *Vibrio cholerae* O1 toxigênico, que em 1993 e 1994 causou o pior surto de cólera no continente americano, com 15 países afetados e 3591 óbitos em dois anos (BRASIL, 2010). Em 1999, no litoral paranaense, em Paranaguá, cidade portuária, foram confirmados 467 casos da doença (BRASIL, 2003).

O alto risco para a saúde humana, animal e equilíbrio ecológico fez com que fossem criados sistemas de manejo e tratamento da água de lastro a bordo dos navios e métodos de troca oceânica (SILVA & SOUZA, 2004; IMO, 2009a).

Como agência especializada das Nações Unidas que preza pela segurança do meio ambiente marítimo internacional, a Organização Marítima Internacional (IMO) tem por principal função criar regulamentações eficazes para a indústria naval que sejam universalmente adotadas e implementadas (IMO, 2016). Com o amplo uso da água de lastro, a IMO aprovou, 2004, a Convenção Internacional para Controle e Gestão da Água de Lastro e Sedimentos de Navio, que, quando em vigor, determinará o uso de sistemas de manejo e tratamento da água de lastro das embarcações antes do deslastro nos portos de destino ou passagem (IMO, 2004).

A IMO por intermédio do *Marine Environment Protection Committee* (MEPC), em 1991, estabeleceu o primeiro Guia de Diretrizes para a prevenção da introdução de espécies marinhas exóticas e patógenos por meio da água de lastro das embarcações. Em 1992, na *United Nation Conference on Environment and Development* (UNCED), conhecida como RIO92, as diretrizes foram revistas e adotadas em Assembleia um ano mais tarde. Após seis anos da criação das primeiras diretrizes, a IMO adotou, definitivamente, a Resolução A.868(20) que estabeleceu as “*Guidelines for the control and Management of ships ballast water to minimize the transfer of harmful aquatic organisms and pathogens*” que alerta os países a implantar, voluntariamente, as diretrizes como medidas urgentes (IMO, 2009a).

No Brasil, a Agência Nacional de Vigilância Sanitária (Anvisa) e a Marinha Brasileira são responsáveis pela fiscalização, controle e implementação de normativas para os navios que circulam pelas Águas Jurisdicionais Brasileiras (AJB). A Marinha do Brasil aprovou em 2005 a “Norma da Autoridade Marítima para o Gerenciamento da Água de Lastro de Navios”, a NORMAM/20, que tem por objetivo prevenir a contaminação das AJB por deslastro de embarcações. A Norma segue as diretrizes estabelecidas pela IMO e exige que toda embarcação que venha a adentrar o mar territorial brasileiro efetue a troca oceânica da água de lastro. São preconizados três métodos de troca: 1) Método sequencial; 2) Método de Fluxo Contínuo e 3) Método de Diluição.

A troca oceânica é uma forma de gerenciamento da água de lastro e dá-se por meio da troca da água dos tanques em alto mar, a cerca de 200 milhas náuticas da costa e 200 metros de profundidade de forma que a segurança da estrutura da embarcação seja mantida. Toda embarcação que atraque nos portos brasileiros deve apresentar um Formulário de Água de Lastro ao Agente da Autoridade Marítima. O sistema de gerenciamento da água de lastro utilizado a bordo do navio, deve estar explicitado no documento (BRASIL, 2014).

Na 46ª Reunião do MEPC, o Brasil se propôs a desenvolver um *Estudo Exploratório para Identificação e Caracterização de Agentes Patogênicos em Água de Lastro*, acerca da qualidade sanitária da água de lastro na costa brasileira. O estudo foi elaborado e programado pela Anvisa e os resultados parciais foram apresentados na 47ª Reunião do MEPC em março de 2002. Durante a pesquisa foram realizadas 99 coletas em 9 portos brasileiros.

Foram identificadas bactérias marinhas cultiváveis em 71% das amostras de água de lastro, variando de 1000 a 5,4 milhões de bactérias por litro de amostra. Foi possível evidenciar o transporte de vibrio, coliformes fecais, *Escherichia coli*, enterococos fecais, *Clostridium perfringens*, colifagos, *Vibrio cholerae* O1 e *Vibrio cholerae* não-O1 nas amostras de água de lastro e plâncton. Em sete amostras foram encontradas 12 cepas identificadas como *Vibrio cholerae* O1-EL TOR, sendo duas toxigênicas (BRASIL, 2003).

O estudo apontou que 62% das embarcações as quais os comandantes declararam ter realizado a troca oceânica da água de lastro, provavelmente, não a fizeram ou fizeram parcialmente. A conclusão foi obtida, pois a água de lastro coletada apresentou salinidade inferior a 35, o que não corresponde a concentração da água oceânica (BRASIL, 2003).

Os trabalhos da Anvisa possibilitaram que a delegação brasileira, durante a 47ª Reunião do MEPC, levasse o debate acerca do transporte de organismos patogênicos na água de lastro ao grupo científico de discussões da IMO. O objetivo principal era ampliar a discussão sobre o tema entre os países membros (BRASIL, 2003).

1.1 Sistema de Tratamento de Água de Lastro

Os sistemas de tratamento a bordo das embarcações podem ter por base o uso de substâncias ativas, que consistem em “substâncias ou organismos, incluindo um vírus ou um fungo que tenha ação geral

ou específica contra organismos aquáticos nocivos e patógenos” ou meios físicos de tratamento. Os principais sistemas encontrados são: sistema de filtração, aquecimento da água a altas temperaturas, tratamento com ozônio, choques elétricos, luz ultravioleta, ondas sonoras, cloração da água e desoxigenação (IMO, 2009a).

Os sistemas de tratamento de água de lastro devem ser reportados e aprovados pelo MEPC por meio da avaliação do Grupo de Trabalho sobre Água de Lastro do Grupo de Especialistas em Aspectos Científicos da Proteção do Ambiente Marinho (*Group of Experts on the Scientific Aspects of Marine Environmental Protection – Ballast Water Working Group*) (GESAMP - BWWG) antes da sua comercialização (IMO, 2009a).

1.2. Group of Experts on the Scientific Aspects of Marine Environmental Protection – Ballast Water Working Group – GESAMP-BWWG

O GESAMP-BWWG é um grupo restrito de especialistas, nas diferentes áreas do conhecimento, que analisam e avaliam criteriosamente cada sistema de tratamento da água de lastro quanto ao seu desempenho, riscos gerados à tripulação, sociedade e ecossistema com base em uma metodologia desenvolvida pelo mesmo. Cabe ao grupo recomendar ao MEPC a aprovação do produto, caso este esteja dentro dos padrões estabelecidos pela Convenção, Diretrizes e a respectiva metodologia.

O trabalho do MEPC se desenvolve tendo por base as diretrizes definidas pela IMO, mais especificamente pela *Diretriz 8* (G8) e pela *Diretriz 9* (G9).

A G8 – *Guidelines for approval of ballast water management systems*, é utilizada para aprovação de sistemas de tratamento de água de lastro. As empresas e proprietários de navios devem utilizar esta diretriz para atender as exigências necessárias a um sistema de

tratamento, quanto à eficiência em eliminar os organismos (IMO, 2008a).

A G9, *Procedure for approval of ballast water management systems that make use of active substance*, descreve os procedimentos necessários para a aprovação de sistemas de tratamento de água de lastro que fazem uso de substância ativa. O objetivo principal dessa diretriz é garantir o uso de substâncias ativas e preparações de compostos de forma segura a saúde humana, ao ambiente aquático marinho e as embarcações. O procedimento de aprovação de um sistema de tratamento que faça uso de substância ativa realizado pelo MEPC deve ser estabelecido de acordo com a *diretriz 9*, assim como a metodologia e trabalho do GESAMP-BWWG. É importante ressaltar que eficiência do uso das substâncias ativas não está entre os objetivos da G9. Este é um ponto avaliado de acordo com a *diretriz 8* (IMO, 2008b).

O GESAMP-BWWG estabelece uma metodologia adequada para ser utilizada como guia técnico às empresas que desenvolvem os sistemas de tratamento. A metodologia é um documento “vivo” que deve ser melhorado de acordo com o conhecimento e experiência adquiridos nos processos de avaliação. O MEPC estabelece que a metodologia do GESAMP-BWWG seja atualizada sempre que a G9 for revisada (IMO, 2014a).

1.2.1. Principais parâmetros para aprovação de um sistema de tratamento que faz uso de substância ativa

Os sistemas que buscam a aprovação têm que demonstrar alguns pontos fundamentais como estabelecido na *Methodology for information gathering and conduct of work of the GESAMP* (IMO, 2008c; IMO, 2014a):

Forma de obtenção da substância ativa

É preciso esclarecer qual a forma de apresentação e obtenção da substância ativa hipoclorito de sódio.

Tratamento associado

Muitos sistemas fazem o uso de substância ativa com outro tratamento que utilize recursos físicos como a filtração.

Neutralização

Antes do deslastro da água, o hipoclorito de sódio deve ser neutralizado, pois pode oferecer alto risco para o meio ambiente e ao homem caso seja despejado em alta concentração nos portos. A neutralização é feita por meio, principalmente, de Tiosulfato de sódio que é levado a bordo dos navios em apresentações diferentes, granulado, pó cristalino ou solução aquosa. A estocagem dessa substância deve ser feita com cuidado e os riscos à tripulação devem ser avaliados.

Dosagem Máxima Permitida (*Maximum Allowable Dosage* - MAD)

Consiste na quantidade máxima de substância ativa que pode ser adicionada a água para desinfecção.

Concentração Máxima Permitida para o Deslastro (*Maximum Allowable Discharge Concentration* - MADC)

Refere-se à concentração de substância ativa presente na água após o processo de neutralização e durante o deslastro.

Limitação de temperatura

As temperaturas muito baixas podem afetar o funcionamento do sistema, devendo a temperatura limite de funcionamento ser definida pelas empresas e constar no certificado de aprovação.

Limitação de salinidade

Sistemas que utilizam o processo de eletrólise para obtenção do hipoclorito de sódio, dependem diretamente da concentração de cloreto de sódio (NaCl) na água do mar. Em função disso, as empresas propõem a instalação de medidores que alertam quando a salinidade atinge o limite. Como os navios devem operar também em águas com baixa concentração salina, alguns sistemas possuem tanques na popa e na proa da embarcação cheios de água com concentração salina elevada. Quando a água usada no lastreamento está abaixo do limite de salinidade estabelecido, os tanques são acionados e o sistema opera normalmente. Estes tanques são denominados Tanques de proa (de vante) ou de popa (de ré).

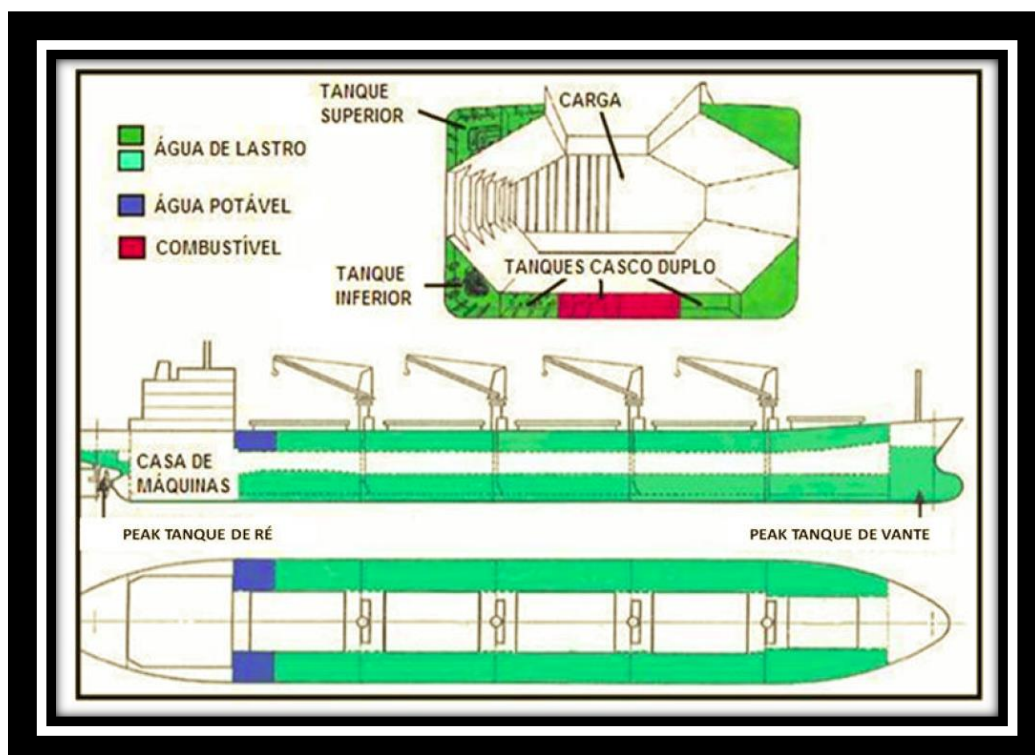


Figura 2 – Tanque de lastro; Tanque de proa (de vante) e Tanque de popa (de ré).

Fonte: ONG Água de Lastro Brasil, 2009.

Eliminação de gases tóxicos

A verificação desse item aponta a presença ou não de sistemas de dispersão dos gases. A eletrólise e reações químicas levam a liberação de gás hidrogênio no ambiente e, como as reações ocorrem dentro dos tanques de lastro, o gás fica retido no mesmo. A concentração de hidrogênio nos tanques não pode superar 3,5%, o que obriga as empresas a desenvolverem métodos diversos de eliminação ou redução da concentração gasosa, para evitar explosões. Os sistemas utilizam aparelhos que medem a qualidade do ar nos tanques e alertam quando os limites da concentração são atingidos.

Testes de Toxicidade do Efluente Total (*Whole Effluent Toxicity test - WET*)

O WET consiste em um conjunto de testes realizados em laboratório acerca dos efeitos que a água de lastro pode causar na fauna e flora marinha no momento do deslastro, após passar pelo tratamento e neutralização. O teste simula o ambiente marinho no momento do deslastro e utiliza diferentes condições de temperatura e salinidade da água. Os testes são realizados com algas, animais invertebrados e peixes. Como exemplo, algumas das espécies utilizadas são apresentadas no Anexo I relativo ao sistema de tratamento *NK-CI BlueBallast System* submetido pela Coreia.

Compostos Químicos Relevantes (*Relevants Chemicals*)

O hipoclorito de sódio, quando em contato com a água, reage com a matéria orgânica formando subprodutos, dentre os quais estão dos trihalometanos. Estes podem ser cancerígenos a humanos e animais, devendo sua concentração ser avaliada e monitorada nos sistemas de tratamento de água de lastro. Nos relatórios do GESAMP, os trihalomentanos são citados como *Relevant*

Chemicals. O Anexo II mostra uma relação de Compostos Químicos Relevantes do sistema *ATPS-BLUESys*.

Razão de Caracterização de Risco

A análise do risco é feita com base nos resultados da variável - Razão de Caracterização de Risco (*Risk Characterization Ration* - RCR) que é usada para representação do risco à saúde humana. A RCR é calculada para o Representante da Autoridade Marítima durante o tempo de inspeção; para a tripulação que trabalha na limpeza dos tanques de lastro ou em contato direto com os produtos utilizados no tratamento da água; para a tripulação que trabalha nas demais áreas da embarcação; e para o público em geral da região portuária. Além disso, a RCR é calculada, separadamente, para cada um dos compostos químicos relevantes. É obtida por meio da razão entre o fator de exposição ao qual está submetido cada um dos profissionais em sua função e a variável “Nível Sem Efeito Derivado” (*Derived No-Effect Level* - DNEL). O Anexo III apresenta um exemplo do cálculo da Razão de Caracterização de Risco do sistema *Ecomarine-EC BWMS* submetido para aprovação pelo Japão.

A RCR é determinada para cada grupo, conforme descrito a seguir:

RCR Autoridade Marítima

O representante da autoridade marítima é responsável pela fiscalização dos navios e tanques de lastro. Está diretamente exposto aos riscos oferecidos pelos sistemas de tratamento ao ter acesso aos tanques e a água tratada, durante a inspeção. Os cálculos são feitos, a princípio, com exposição completa do profissional, sem nenhuma forma de proteção. A recomendação do

GESAMP é que os profissionais utilizem equipamentos de proteção individual (EPI), incluindo máscaras com filtros, pois alguns compostos químicos são voláteis e podem estar na atmosfera do ambiente.

RCR Tripulação - Tanque

Refere-se à tripulação que trabalha diretamente nos tanques de lastro, na limpeza e manutenção destes.

RCR Tripulação - Demais Áreas

Refere-se à tripulação do navio que não tem acesso direto aos tanques de lastro e sistema de tratamento.

RCR Público Geral

É referente à população e ao consumo de frutos do mar. A avaliação de risco é feita em relação a região portuária onde a água é deslastrada. Em função disso, são considerados dois cenários: a) a população de banhistas, pela ingestão acidental de água com resíduo dos sistemas, contato físico com a água e a inalação de compostos voláteis; e b) os frutos do mar pelo risco de ingestão de animais expostos a água de lastro tratada, que podem ter sido submetidos a uma possível contaminação.

Persistência, Bioacumulação e Toxicidade (*Persistence, Bioaccumulation and Toxicity* - PBT Ambiente)

“PBT Ambiente” é relativo aos riscos oferecidos ao meio ambiente. Nesta avaliação são realizadas análises com cada um dos

compostos químicos relevantes presentes na água de lastro tratada. Tem o intuito de avaliar se os compostos são persistentes no ambiente, se podem ter efeito acumulativo em organismos aquáticos e toxicidade destes compostos aos organismos. A metodologia do GESAMP-BWWG preconiza que os sistemas de tratamento de água de lastro que apresentem substâncias que causem persistência, acumulação ou toxicidade não serão recomendados à aprovação.

Razão PEC/PNEC

A razão PEC/PNEC, onde PEC corresponde à Concentração Ambiental Previsível (*Predicted Environmental Concentration*) e PNEC corresponde a Concentração Previsível Sem-efeito (*Predicted No-effect Concentration*), é utilizada para indicar o risco ao ambiente. São usados dois cenários nessa avaliação: a zona portuária e os arredores dos navios. O PEC e PNEC são variáveis calculadas separadamente para cada um dos compostos químicos relevantes e a razão entre estas também é dada separadamente para cada elemento.

Testes de Corrosão

A água do mar, normalmente, exerce um efeito corrosivo nas estruturas do navio. Com isso, são realizados testes de efeito corrosivo da água tratada com substância ativa, em laboratório, durante seis meses. O objetivo dos testes é de avaliar se o uso da substância ativa pode acelerar o processo de corrosão das estruturas do navio.

A globalização, o desenvolvimento do transporte marítimo e a intensificação do comércio internacional fizeram com que o gerenciamento da água de lastro fosse fundamental para a

preservação do equilíbrio ecológico, saúde humana e animal. É essencial que a legislação internacional e nacional seja divulgada, compreendida e exigida nos portos de origem e destino das embarcações por órgãos de defesa e segurança de cada País. A água de lastro é uma preocupação global e deve receber atenção das autoridades para que os seus riscos de uso sejam minimizados em benefício da vida marinha e da saúde humana.

2. OBJETIVOS

O presente trabalho tem como objetivo comparar e analisar os sistemas de tratamento de água de lastro aprovados pela Organização Marítima Internacional que fazem uso de cloro.

3. MATERIAL E MÉTODOS

Para a realização do estudo foram utilizados 16 relatórios emitidos pelo Grupo de Trabalho sobre Água de Lastro do *Group of Experts on the Scientific Aspects of Marine Environmental Protection* (GESAMP-BWWG), durante o período de 2008 a 2015, totalizando 24 sistemas de tratamento. Os relatórios consistem na avaliação de sistemas de tratamento de água de lastro com o uso de cloro que obtiveram aprovação final do MEPC.

A análise realizada nesse trabalho foi feita com base apenas nos sistemas constantes nos Relatório que receberam “Aprovação Final” e que fazem uso de Cloro como substância ativa. Foram descartados do estudo, sistemas que fazem uso de outras substâncias ativas em sua formulação, bem como sistemas que não utilizam substância ativa.

A relação dos Relatórios utilizados no estudo consta no Quadro 1.

QUADRO I – Relatórios do GESAMP – BWWG para o MEPC referentes aos sistemas de tratamento de água de lastro com aprovação incluídos no presente estudo, de 2008 a 2015:

	Relatório	Publicação	Referência
1	MEPC 58-2-7	14/07/2008	IMO, 2008c
2	MEPC 59-2-16	08/04/2009	IMO, 2009b
3	MEPC 59-2-19	05/05/2009	IMO, 2009c
4	MEPC 60-2-11	30/10/2009	IMO, 2009d
5	MEPC 61-2-15	25/06/2010	IMO, 2010b
6	MEPC 61-2-21	23/08/2010	IMO, 2010a
7	MEPC 62-2-18	13/06/2011	IMO, 2011c
8	MEPC 63-2-10	11/11/2011	IMO, 2011a
9	MEPC 63-2-11	14/12/2011	IMO, 2011b
10	MEPC 63-2-21	24/01/2012	IMO, 2012a
11	MEPC 64-2-7	29/06/2012	IMO, 2012b
12	MEPC 65-2-9	08/02/2013	IMO, 2013a
13	MEPC 65-2-19	22/03/2013	IMO, 2013b
14	MEPC 67-2-4	25/06/2014	IMO, 2014b
15	MEPC 68-2-21	23/03/2015	IMO, 2015a
16	MEPC 69-4-5	17/12/2015	IMO, 2015b

Os 24 sistemas foram divididos em dois grupos: 1) Sistemas de tratamento de água de lastro que fazem uso de eletrólise para obtenção de substância ativa; e 2) Sistemas de tratamento de água de lastro que utilizam cloro em diferentes apresentações como substância ativa.

Cada um dos dois grupos foi avaliado em três Blocos: 1) Descrição dos sistemas de tratamento de água de lastro; 2) Características e limitações dos sistemas de tratamento de água de lastro; e 3) Riscos de impactos causados pelos sistemas de tratamento de água de lastro, conforme exemplificado no Apêndice I.

Para este trabalho, foram selecionados os dados e variáveis importantes para uma análise comparativa entre os sistemas de tratamento e seus efeitos ao homem e meio ambiente. Esses dados foram dispostos em planilhas do Microsoft Excel® para facilitar a comparação.

Para o Bloco 1- “Descrição dos sistemas de tratamento de água de lastro” foram selecionados os dados das características dos sistemas: Nome comercial; País que submeteu o sistema de tratamento para aprovação; Empresa que desenvolveu o sistema; Apresentação ou forma de obtenção da substância ativa hipoclorito de sódio; Tratamento associado e substância utilizada para neutralização do hipoclorito de sódio.

Para o Bloco 2 -“Características e limitações dos sistemas de tratamento de água de lastro”, foram selecionadas as informações sobre: Dosagem Máxima Permitida (*Maximum Allowable Dosage* - MAD); Concentração Máxima Permitida para o Deslastro (*Maximum Allowable Discharge Concentration* - MADC); Limitação de temperatura; Limitação de salinidade; Eliminação de gases tóxicos; Testes de Toxicidade do Efluente Total (*Whole Effluent Toxicity test* – WET).

Para o Bloco 3 - “Risco de impactos causados pelos sistemas”, foram selecionados os resultados de testes específicos para avaliação

das variáveis de risco ao representante da Autoridade Marítima; à tripulação que trabalha diretamente ou indiretamente nos tanques de lastro do navio; à população em geral; e ao meio ambiente marinho. Também foi selecionado o teste de corrosão sofrido pelas estruturas do navio. Nesse trabalho, foi considerado: como $RCR > 1$ para qualquer um dos compostos químicos relevantes que apresentasse valores superiores a 1, ainda que apenas um elemento apontasse tal valor. Também foi considerada a razão $PEC/PNEC > 1$, mesmo que os sistemas apresentassem um único composto com esta razão superior a 1.

Os relatórios da IMO e do GESAMP-BWWG são todos redigidos em inglês, tendo todas as abreviaturas e termos livre adaptação neste trabalho.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados relativos ao Bloco 1 – “Descrição dos Sistemas de Tratamento de água de lastro” revelam que, em 83,3% (20/24) dos sistemas, a obtenção do cloro ocorre por eletrólise da água do mar, e que 70% (14/20) fazem uso de filtração como sistema de tratamento associado; e 10% (2/20) utilizam uma tecnologia de destruição da biota por meio de colisão (Quadro II).

Dos 20 sistemas que utilizam eletrólise, 60% (12 /20) fazem uso do Tiosulfato de sódio para neutralização do hipoclorito. Nesses sistemas de tratamento, o neutralizante, normalmente, é o único composto químico que é estocado e transportado para uso no tratamento da água de lastro, o que pode ser um fator importante para a prevenção de aumento de riscos (Quadro II).

Em relação ao Bloco 2 – “Características e limitações dos Sistemas de Tratamento de água de lastro”, os valores de MAD variaram de 15 a 1mg/L de Cl_2 . A concentração de 1mg/L de Cl_2 , apesar de ser muito baixa em relação aos demais, pode ser explicada pelo uso de tratamentos associados. Todos os sistemas de tratamento que fazem uso da eletrólise apresentaram MADC igual a 0.2mg/L de Cl_2 , exceto o *BalClor BWMS* que possui MADC igual a 0.1mg/L de Cl_2 , o que é um bom resultado. Esta é uma concentração de Cl_2 muito inferior em comparação às demais obtidas nos outros tratamentos, porém o fabricante afirma que o sistema tem capacidade para atingir o valor citado conforme consta no Relatório da *Balclor BWMS* (IMO, 2010a).

Na análise acerca do limite de temperatura para funcionamento do sistema, essas oscilaram entre $>2^\circ\text{C}$ a $>15^\circ\text{C}$ (Quadro III).

Dentre os sistemas que fazem uso da eletrólise para obtenção do hipoclorito, o menor limite de salinidade encontrado foi de 1‰ (Quadro III). Esse resultado indica que o sistema pode funcionar em

águas com a concentração de sal muito baixa, relativa à água salobra, que tem salinidade entre 0.5 a 3,0‰ (UFRGS, 2016).

Em relação à “eliminação de gases tóxicos” que indica a presença ou não de sistemas de dispersão dos gases, dois (2/20) fabricantes declararam que seus sistemas não demonstraram necessidade de uso de sistema de eliminação de gases e, três (3/20) não forneceram a informação. Os demais sistemas fazem uso de ventilação, sendo que cada um possui sua forma de funcionamento.

Relativo aos testes “WET”, dois testes foram inconclusivos. Foi recomendado pelo GESAMP-BWWG que os testes fossem repetidos. O sistema *MARINOMATE™ BWSM* apontou leve presença de resíduo tóxico e inibição no crescimento de microalgas. Porém, o GESAMP-BWWG justifica que outros sistemas que possuem funcionamento semelhante e que foram aprovados, não causaram efeitos significativos ao meio ambiente, podendo este também ser aprovado. Dois (2/20) sistemas demonstraram toxicidade na alga *Skeletonema costatum*. Entretanto, avaliando todos os testes, o grupo concluiu que a água deslastrada oferece riscos aceitáveis ao meio ambiente e os sistemas podem ser utilizados.

Os resultados relacionados ao Bloco 3 - “Risco de impactos causados pelos sistemas” (Quadro IV) que fazem uso da eletrólise, evidenciam que todos os sistemas apresentaram a Razão de Caracterização de Risco maior que 1 para a Autoridade Marítima durante a inspeção. A RCR referente à tripulação que trabalha diretamente nos tanques de lastro, na limpeza e manutenção destes apresentaram RCR >1 em cinco (5/20) sistemas. Para esses dois grupos, recomenda-se um reforço nas medidas de biossegurança sempre que houver contato direto com substâncias, acessos aos tanques de lastro e contato com a água tratada e que sejam utilizados EPI, incluindo máscaras com filtros, luvas, roupas de proteção e óculos.

Apenas um sistema (1/20) de tratamento apresentou RCR maior que 1 para a Tripulação Demais Áreas (Quadro IV), porém o GESAMP-BWWG concluiu que, se fossem observadas as normas de segurança e uso de EPI, o sistema oferece riscos aceitáveis à tripulação da embarcação (IMO, 2008c).

Um (1/20) sistema apresentou RCR maior que 1 para o Público Geral, enquanto o restante demonstrou riscos aceitáveis à população (Quadro IV). O sistema *AQUARIUS® EC BWMS*, afirma que apesar de seu RCR para o Público Geral ser >1 , o local de avaliação foi a zona portuária onde, normalmente, não se encontram banhistas. O fabricante alega que os locais frequentados pela população são distantes dos portos e nestes pontos a concentração de compostos químicos não oferece riscos (IMO, 2013a).

Todos os sistemas do estudo não apresentaram substâncias PBT (Quadro IV).

Para a razão PEC/PNEC, os resultados indicaram que nove (9/20) sistemas de tratamento apresentaram PEC/PNEC >1 por terem um ou mais compostos químicos relevantes com razão >1 (Quadro IV). A justificativa dada pelo GESAMP-BWWG para a aprovação do sistema é que para esse cálculo são utilizados os piores cenários de avaliação, ou seja, a dosagem mais alta possível de compostos. Com um sistema funcionando normalmente essas concentrações seriam inferiores oferecendo riscos aceitáveis ao meio ambiente. No sistema *ECS-HYCHLOR™ System*, o grupo afirma que o resultado do Teste WET apresentou riscos dentro dos limites aceitáveis, prevalecendo este resultado sobre a razão PEC/PNEC (IMO, 2015b).

Em referência a análise de risco de corrosão, dois (2/20) sistemas não concluíram os testes (Quadro IV). A orientação dada pelo GESAMP é que os testes sejam concluídos e incluídos nos certificados de aprovação do sistema a serem emitidos pelos países membros da IMO (IMO, 2009b; IMO, 2010a).

O Quadro V em relação à descrição dos sistemas de tratamento de água de lastro por cloração demonstra que os sistemas têm diferentes apresentações de sua substância ativa. Dois (2/4) sistemas utilizam Dicloroisocianurato de sódio (NaDCC), que quando adicionada à água se dissocia em hipoclorito de sódio e ácido isocianúrico, um (1/4) sistema que utiliza hipoclorito de sódio com adição de fosfato e um (1/4) sistema que utiliza o hipoclorito de cálcio. A adição de fosfato ao hipoclorito de sódio, feita pelo sistema *KURITATM*, tem como objetivo a redução dos efeitos corrosivos do composto. Esse fato indica que a água de lastro tratada não oferece riscos de corrosão superior àqueles causados pela água do mar (IMO, 2014b).

Dentre os sistemas avaliados, 50% (2/4) fazem uso da filtração como tratamento associado à substância ativa e 75% (3/4) utilizou o sulfito de sódio como neutralizante (Quadro V). Em comparação aos sistemas que fazem uso da eletrólise para obtenção do cloro, os navios devem carregar a bordo a substância ativa e o neutralizante, o que requer mais atenção e cuidados quanto à segurança da embarcação e de seus tripulantes.

Quanto às características e limitações dos sistemas de tratamento que utilizam a cloração (Quadro VI), o sistema *KURITATM* apresentou o maior MAD (20mg/L de Cl₂) dentre todos os sistemas, incluindo aqueles que fazem uso da eletrólise, embora tenha mantido, também, o padrão de MADC igual a 0.2mg/L de Cl₂. Esse mesmo sistema foi o único dentre os quatro (1/4) a apontar o limite de temperatura para funcionamento. Limites de salinidade e de ventilação de gases tóxicos não foram relatados. Os testes WET demonstraram risco aceitáveis para todos os sistemas.

O Quadro VII, que demonstra as variáveis indicativas de riscos de impactos causados pelos sistemas por cloração, revela que o RCR para a Autoridade Marítima e RCR para a Tripulação junto ao Tanque apresentaram resultados superiores a 1 para o sistema *NK-Cl/BlueBallast* e *KURITATM* (IMO, 2014b; IMO, 2015b). Entretanto, com o

uso de EPI esses riscos podem ser minimizados, sendo considerados aceitáveis. A razão PEC/PNEC destes sistemas, também foram superiores a 1. Porém, os relatórios afirmam que com o teste WET apresentam riscos aceitáveis (IMO, 2014b; IMO, 2015b).

QUADRO II - Descrição dos Sistemas de Tratamento de água de lastro por eletrólise da água do mar incluídos no presente estudo.

Sistema	País	Empresa	Obtenção da Substância ativa	Tratamento Associado	Neutralização
ECS-HYCHLOR™ System	Coreia	TechCross Inc.	Eletrólise	Filtração 75µm	Tiossulfato de Sódio (pó)
ATPS-BLUESys BWMS	Japão	Panasonic Environmental Systems e Engineering Co. LTD.	Eletrólise	Não possui outro tratamento	Tiossulfato de Sódio
ECOMARINE-EC BWMS	Japão	Ecomarine Technology Research Association	Eletrólise	filtração 50µm	Tiossulfato de Sódio (pó cristalino)
MARINOMATE™ BWMS	Coreia	KT MARINE Co. Ltd.	Eletrólise	Sistema de turbulência e colisão (Plankill Pipe)	Tiossulfato de Sódio (solução aquosa)
ECO GUARDIAN™ BWMS	Coreia	Hanla IMS Co. LTD.	Eletrólise	Filtração 50µm	Tiossulfato de Sódio
AQUARIUS® EC BWMS	Holanda	Wärtsilä Water Systems Limited	Eletrólise	Filtração 40µm	Sulfito de sódio
SMART BWMS	Coreia	STX Metal Co. Ltd.	Eletrólise	Não possui outro tratamento	Tiossulfato de sódio (pó cristalino)
NEO-PURIMAR™ BWMS	Coreia	Samsung Heavy Industries Co. Ltd.	Eletrólise	Filtração 50µm	Tiossulfato de sódio
ERMA FIRST BWMS	Grécia	ERMA FIRST ESK. S.A.	Eletrólise	Filtração e separação por hidro-ciclone	Bissulfito de sódio
AquaStar™ BWMS	Coreia	AQUA ENG. Co. Ltd.	Eletrólise	Destruição da biota (Smart pipe)	Tiossulfato de sódio
SiCURE™ BWMS	Alemanha	Siemens AG	Eletrólise	Filtração 40µm	Sulfito de sódio
HiBallast™ BWMS	Coreia	Hyundai Heavy Industries (HHI)	Eletrólise	filtração 50µm	Tiossulfato de sódio
PURIMAR™ BWMS	Coreia	Techwin Eco Co. Ltd	Eletrólise	Filtração	Tiossulfato de sódio
OceanGuard™ BWMS	Noruega	Qingdao Headway Technology Co. Ltd	Eletrólise	filtração 50µm	Tiossulfato de sódio
BalPure® BWMS	Alemanha	Severn Trent De Nora	Eletrólise	Filtração 40µm	Bissulfito de sódio
BalClor BWMS	China	Não informado	Eletrólise	Filtração 50µm	Não informado
Resource Ballast Technologies System	África do Sul	Resource Ballast Technologies (Pyt) Ltd.	Eletrólise	Filtração + gerador de Ozônio	Não informado
Greenship Sedinox BWMS	Holanda	Não informado	Eletrólise	Sedimentação	Não é necessário
RWO BWMS (CleanBallast)	Alemanha	Não informado	Eletrólise	filtração 50µm	Não informado
ELECTRO - Clean System (ECS)	Coreia	Não informado	Eletrólise	Não possui outro tratamento	Tiossulfato de sódio

QUADRO III - Características e limitações dos Sistemas de Tratamento de água de lastro por eletrólise incluídos no presente estudo

Sistema	MAD	MADC	Limite Temp.	Limite S‰	Eliminação gases tóxicos	WET
ECS-HYCHLORTM System	9.5mg/L	0.2mg/L	Não relatado	>8	Ventilação	Com risco aceitável
ATPS-BLUESys BWMS	12mg/L	0.2mg/L	>2°C	≥1	Ventilação	Com risco aceitável
ECOMARINE-EC BWMS	2.0mg/L	0.2mg/L	>5°C	≥1	Ventilação	Inconclusivo
MARINOMATETM BWSM	10mg/L	0.2mg/L	>4°C	≥8	Ventilação	Resíduo tóxico
ECO GUARDIANTM BWMS	9mg/L	0.2mg/L	10°C	≥10	Ventilação	Com risco aceitável
AQUARIUS® EC BWMS	10mg/L	0.2mg/L	>15°C	>10	Não relatado	Com risco aceitável
SMART BWMS	11mg/L	0.2mg/L	Não relatado	>7	Ventilação	Intoxicação em algas
NEO-PURIMARTM BWMS	10mg/L - 2º tempo 5mg/L	0.2mg/L	Não relatado	Não relatado	Ventilação	Com risco aceitável
ERMA FIRST BWMS	10mg/L	0.2mg/L	>5°C	>6	Não desmonstrou necessidade	Não relatado
AquaStarTM BWMS	10mg/L	0.2mg/L	Não informado	>10	Não relatado	Não relatado
SiCURETM BWMS	6mg/L	0.2mg/L	Não informado	<14	Ventilação	Inconclusivo
HiBallastTM BWMS	9mg/L	0.2mg/L	Não informado	>15	Ventilação	Não relatado
PURIMARTM BWMS	3mg/L	0.2mg/L	<10°C	<10	Ventilação	Com risco aceitável
OceanGuardTM BWMS	2mg/L	0.2mg/L	Não informado	Não informado	Não desmonstrou necessidade	Intoxicação em algas
Severn Trent De Nora BalPure® BWMS	15mg/L	0.2mg/L	Não informado	Não informado	Ventilação	Com risco aceitável
BalClor BWMS	9.5mg/L	0.1mg/L	Não informado	Não informado	Ventilação	Com risco aceitável
Resource Ballast Technologies System	1mg/L	0.2mg/L	Não informado	Não informado	Não informado	Não relatado
Greenship Sedinox BWMS	1mg/L	0.2mg/L	Não informado	>32	Não informado	Com risco aceitável
RWO BWMS (CleanBallast)	2.5mg/L	0.2mg/L	Não informado	Não informado	Ventilação	Com risco aceitável
ELECTRO - Clean System (ECS)	10mg/L	0.2mg/L	Não informado	Não informado	Ventilação	Não relatado

QUADRO IV - Variáveis indicativas de riscos de impactos causados pelos sistemas que fazem uso da eletrólise incluídos no presente estudo

Sistema	RCR Autoridade Marítima	RCR Tripulação tanque	RCR Tripulação Demais áreas	RCR Público Geral	PBT Ambiente	PEC/PNEC	Teste Corrosão
ECS-HYCHLOR™ System	>1	>1	sem riscos inaceitáveis	sem riscos inaceitáveis	Nenhuma substância	>1	Não informado
ATPS-BLUESys BWMS	>1	>1	<1	<1	Nenhuma substância	>1	Não informado
ECOMARINE-EC BWMS	>1	>1	<1	<1	Nenhuma substância	>1	Não informado
MARINOMATE™ BWSM	>1	>1	<1	<1	Nenhuma substância	>1	Não informado
ECO GUARDIAN™ BWMS	>1	Sem riscos inaceitáveis	Sem riscos inaceitáveis	<1	Nenhuma substância	>1	Sem efeito adicional
AQUARIUS® EC BWMS	>1	>1	Sem riscos inaceitáveis	>1	Nenhuma substância	>1	Sem efeito adicional
SMART BWMS	*	<1	<1	sem riscos inaceitáveis	Nenhuma substância	>1	Leve aumento
NEO-PURIMAR™ BWMS	*	Sem riscos inaceitáveis	Sem riscos inaceitáveis	sem riscos inaceitáveis	Nenhuma substância	<1	Não relata
ERMA FIRST BWMS	*	Sem riscos inaceitáveis	Sem riscos inaceitáveis	sem riscos inaceitáveis	Nenhuma substância	<1	Sem efeito adicional
AquaStar™ BWMS	*	Sem riscos inaceitáveis	Sem riscos inaceitáveis	sem riscos inaceitáveis	Nenhuma substância	>1*	Não relata
SiCURE™ BWMS	*	Sem riscos inaceitáveis	Sem riscos inaceitáveis	sem riscos inaceitáveis	Nenhuma substância	<1	Sem efeito adicional
HiBallast™ BWMS	*	Sem riscos inaceitáveis	Sem riscos inaceitáveis	sem riscos inaceitáveis	Nenhuma substância		Sem efeito adicional
PURIMAR™ BWMS	*	Sem riscos inaceitáveis	Sem riscos inaceitáveis	sem riscos inaceitáveis	Nenhuma substância	>1	Sem efeito adicional
OceanGuard™ BWMS	*	Sem riscos inaceitáveis	Sem risco inaceitáveis	sem riscos inaceitáveis	Nenhuma substância	<1	Sem risco adicional
Severn Trent De Nora BalPure® BWMS	*	Sem riscos inaceitáveis	Sem riscos inaceitáveis	sem riscos inaceitáveis	Nenhuma substância	<1	Não concluído
BalClor BWMS	*	Sem riscos inaceitáveis	Sem riscos adicionais	Sem riscos adicionais	Nenhuma substância	<1	Sem riscos adicionais
Resource Ballast Technologies System	*	Sem riscos inaceitáveis	Sem riscos inaceitáveis	sem riscos inaceitáveis	Nenhuma substância	<1	Sem efeito adicional
Greenship Sedinox BWMS	*	Sem riscos inaceitáveis	Sem riscos inaceitáveis	Sem riscos inaceitáveis	Nenhuma substância	<1	Sem efeito adicional
RWO BWMS (CleanBallast)	*	Sem riscos inaceitáveis	Sem riscos inaceitáveis	sem riscos inaceitáveis	Nenhuma substância	<1	Não concluído
ELECTRO - Clean System (ECS)	*	Sem riscos inaceitáveis	>1	Sem riscos inaceitáveis	Nenhuma substância	<1	Efeito adicional

QUADRO V - Descrição dos Sistemas de Tratamento de água de lastro por cloração incluídos no presente estudo

Sistema	País	Empresa	Obtenção da Substância ativa	Tratamento Associado	Neutralização
NK-Cl BlueBallast System	Coreia	NK Company LTD	Dicloroisocianurato de sódio (NaDCC)	Não possui outro tratamento	Tiossulfato de Sódio (granulado)
KURITA™ BWMS	Japão	Não informado	Hipoclorito de sódio + fosfato	Não possui outro tratamento	Sulfito de sódio (granulado)
JFE BallastAce NEO-CHLOR MARINE™ BWMS	Japão	JFE Engineering Corporation	Dicloroisocianurato de sódio desidratado (Hipoclorito de sódio + ácido isocianúrico)	Filtração	Sulfito de sódio (solução aquosa)
MICROFADE™ BWMS	Japão	Kuraray Co. Ltd.	Hipoclorito de cálcio	Filtração	Sulfito de sódio

QUADRO VI - Características e limitações dos Sistemas de Tratamento de água de lastro por cloração incluídos no presente estudo

Sistema	MAD	MADC	Limite Temp.	Limite S%	Eliminação gases tóxicos	WET
NK-Cl BlueBallast System	15mg/L	0.2mg/L	Não relatado	Não relatado	Não relatado	Com risco aceitável
KURITA™ BWMS	20mg/L	0.2mg/L	>4°C	Não relatado	Não relatado	Com risco aceitável
JFE BallastAce NEO-CHLOR MARINE™ BWMS	10mg/L	0.2mg/L	Não relatado	Não relatado	Não relatado	Com risco aceitável
MICROFADE™ BWMS	2mg/L	0.2mg/L	Não relatado	Não relatado	Não relatado	Com risco aceitável

QUADRO VII - Variáveis indicativas de riscos de impactos causados pelos sistemas por cloração incluídos no presente estudo

Sistema	RCR PSC	Tripulação tanque RCR	Tripulação Deck RCR	Público Geral RCR	Ambiente PBT	PEC/PNEC	Corrosão
NK-CI BlueBallast System	>1	>1	<1	<1	Nenhuma substância	>1	Não oferece risco
KURITA™ BWMS	>1	>1	<1	<1	Nenhuma substância	>1	Não informado
JFE BallastAce NEO-CHLOR MARINE™ BWMS	*	*	<1	sem riscos inaceitáveis	Nenhuma substância	<1	leves efeitos
MICROFADE™ BWMS	*	Sem riscos inaceitáveis	Sem riscos inaceitáveis	sem riscos inaceitáveis	Nenhuma substância	<1	Não oferece risco

5.CONCLUSÃO

O uso da água do mar tornou-se essencial aos navios por ser o meio mais fácil de se obter o lastro para manter sua estabilidade e integridade de estruturas. Entretanto, os riscos sanitários e ambientais proporcionados pela água de lastro podem ser elevados e prejudiciais. Os sistemas de tratamento a bordo dos navios surgiram como meio de controle destes riscos e proporcionaram um mercado muito rentável e lucrativo para empresas especializadas. A IMO como organização responsável pela segurança do transporte marítimo e dos oceanos, procurou criar regulamentações que fornecessem as especificações necessárias a essas empresas, aos comandantes de navios e autoridades dos países ao redor do mundo.

O gerenciamento da água de lastro é uma medida essencial para o controle da bioinvasão e dispersão de patógenos, seja ela por meio do tratamento ou troca oceânica. Embora, essas medidas também necessitem de cautela em sua aplicação. Sistemas de tratamento que fazem uso de substâncias ativas, como o cloro, podem oferecer riscos ao meio ambiente e à saúde.

No momento do deslastro da água dos tanques, todo o produto e seus resíduos utilizados no tratamento são despejados no meio aquático, podendo afetar a população humana, animais e vegetais. É fundamental compreender e definir os impactos causados por essas substâncias e como minimizá-los. Um sistema de tratamento de água de lastro eficiente deve fazer o controle biológico da água sem gerar riscos inaceitáveis a tripulação do navio, ao meio ambiente aquático e à saúde humana e animal.

Divulgar o trabalho do MEPC e do GESAMP-BWWG é uma forma de ampliar o conhecimento acerca da importância e riscos da água de lastro, assim como de seus sistemas de tratamento. É importante que as autoridades dos países que possuem portos e fazem uso do transporte naval conheçam os sistemas de tratamento que são

utilizados pelas embarcações e tomem as medidas protetivas necessárias e adequadas aos seus territórios.

Entender o quanto um sistema de tratamento de água de lastro que faça uso de substância ativa pode ser prejudicial, é tão importante quanto realizar o tratamento da água.

6.REFERÊNCIAS

BOTELHO, M. M. **Água de lastro e o meio ambiente: tratamento da questão no âmbito legal brasileiro e internacional.** Revista da Jornada de Iniciação Científica e de Extensão Universitária do Curso de Direito das Faculdades Integradas Santa Cruz de Curitiba. v. 1, n.1, 2013. Disponível em:

<http://www.santacruz.br/ojs/index.php/JICEX/article/view/66/334>.

Acesso em: 11 mai 2016.

BRASIL. Agência Nacional de Vigilância Sanitária (Anvisa). **Brasil – Água de Lastro. Projetos GGPAF 2002.** Brasília: Anvisa, 2003.

Disponível em:

http://www.anvisa.gov.br/divulga/public/paf/agua_lastro3.pdf. Acesso

em: 12 mai 2016.

BRASIL. Marinha do Brasil. Diretoria de Portos e Costas. **Norma da Autoridade Marítima para o Gerenciamento da Água de Lastro de Navios - NORMAM/20/DPC Rev. 1.** 2014. Disponível em:

<https://www.dpc.mar.mil.br/sites/default/files/normam20.pdf>; Acesso

em: 10 mai. 2016.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. **Espécies Exóticas Invasoras.**

Disponível em:

[http://www.mma.gov.br/biodiversidade/biosseguranca/especies-](http://www.mma.gov.br/biodiversidade/biosseguranca/especies-exoticas-invasoras)

[exoticas-invasoras](http://www.mma.gov.br/biodiversidade/biosseguranca/especies-exoticas-invasoras); Acesso em: 15 mai. 2016.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. **Informe Nacional sobre Espécies Exóticas Invasoras Marinhas no Brasil.** Série

Biodiversidade, nº33. Brasília: MMA/SBF. 440 p. 2009.

BRASIL. Ministério da Saúde. **Manual integrado de Vigilância**

Epidemiológica da Cólera / Ministério da Saúde, Secretaria de

Vigilância em Saúde. Departamento de Vigilância Epidemiológica. – 2.

ed. rev. – Brasília: Ministério da Saúde, 2010. Disponível em:

http://bvsmms.saude.gov.br/bvs/publicacoes/manual_integrado_vigilancia_colera2ed.pdf. Acesso em: 20 jun 2016.

IMO. International Maritime Organization. **Convenção Internacional sobre Controle e Gestão da Água de Lastro e Sedimentos de Navios**. Londres, 2004.

IMO. International Maritime Organization. **Guidelines for approval of ballast water management systems (G8)**. Annex 4 Resolution MEPC.174 (58), 10 out 2008. Londres: International Maritime Organization, 2008a. Disponível em: <http://globallast.imo.org/wp-content/uploads/2015/01/G8-GUIDELINES-FOR-APPROVAL-OF-BALLAST-WATER-MANAGEMENT-SYSTEMS.pdf>. Acesso em: 10 mai 2016.

IMO. International Maritime Organization. **Guidelines for the control and Management of ships ballast water to minimize the transfer of harmful aquatic organisms and pathogens**. Londres: International Maritime Organization, 2009a.

IMO. International Maritime Organization. **Introduction to IMO**. Disponível em: <http://www.imo.org/en/About/Pages/Default.aspx>; Acesso em: 24 jun. 2016.

IMO. International Maritime Organization. **Methodology for information gathering and conduct of work of the GESAMP-BWWG**. International convention for the control and management of ships' ballast water and sediments, 2004. BWM. 2/Circ.13/Rev.2, 15 April 2014. Londres: International Maritime Organization, 2014a.

IMO. International Maritime Organization. **Procedure for approval of ballast water management systems that make use of active substances (G9)**. Annex 1 Resolution MEPC.169 (57), 4 abr 2008b. Londres: International Maritime Organization, 2008b. Disponível em: <http://globallast.imo.org/wp-content/uploads/2015/01/G9-PROCEDURE-FOR-APPROVAL-OF-BALLAST-WATER-MANAGEMENT-SYSTEMS->

THAT-MAKE-USE-OF-ACTIVE-SUBSTANCES.pdf. Acesso em: 10 mai 2016.

IMO. International Maritime Organization. **Report of the eighteenth meeting of the GESAMP – Ballast Water Working Group.** Note by the Secretariat. MEPC 63/2/10, 11 nov 2011. Londres: International Maritime Organization, 2011a.

IMO. International Maritime Organization. **Report of the eighth meeting of the GESAMP – Ballast Water Working Group.** Note by the Secretariat. MEPC 59/2/16, 08 abr 2009. Londres: International Maritime Organization, 2009b.

IMO. International Maritime Organization. **Report of the fourteenth meeting of the GESAMP – Ballast Water Working Group.** Note by the Secretariat. MEPC 61/2/21, 23 ago 2010. Londres: International Maritime Organization, 2010a.

IMO. International Maritime Organization. **Report of the nineteenth meeting of the GESAMP – Ballast Water Working Group.** Note by the Secretariat. MEPC 63/2/11, 14 dez 2011. Londres: International Maritime Organization, 2011b.

IMO. International Maritime Organization. **Report of the ninth meeting of the GESAMP – Ballast Water Working Group.** Note by the Secretariat. MEPC 59/2/19, 05 mai 2009. Londres: International Maritime Organization, 2009c.

IMO. International Maritime Organization. **Report of the seventeenth meeting of the GESAMP – Ballast Water Working Group.** Note by the Secretariat. MEPC 62/2/18, 13 jun 2011. Londres: International Maritime Organization, 2011c.

IMO. International Maritime Organization. **Report of the sixth meeting of the GESAMP – Ballast Water Working Group.** Note by the Secretariat. MEPC 58/2/7, 14 jul 2008. Londres: International Maritime Organization, 2008c.

IMO. International Maritime Organization. **Report of the tenth meeting of the GESAMP – Ballast Water Working Group.** Note by the Secretariat. MEPC 60/2/11, 30 out 2009. Londres: International Maritime Organization, 2009d.

IMO. International Maritime Organization. **Report of the thirteenth meeting of the GESAMP – Ballast Water Working Group.** Note by the Secretariat. MEPC 61/2/15, 25 jun 2010. Londres: International Maritime Organization, 2010b.

IMO. International Maritime Organization. **Report of the thirty-first meeting of the GESAMP – Ballast Water Working Group.** Note by the Secretariat. MEPC 68/2/21, 23 mar 2015. Londres: International Maritime Organization, 2015a.

IMO. International Maritime Organization. **Report of the thirty-second meeting of the GESAMP – Ballast Water Working Group.** Note by the Secretariat. MEPC 69/4/5, 17 dez 2015. Londres: International Maritime Organization, 2015b.

IMO. International Maritime Organization. **Report of the twentieth meeting of the GESAMP – Ballast Water Working Group.** Note by the Secretariat. MEPC 63/2/21, 24 jan 2012. Londres: International Maritime Organization, 2012a.

IMO. International Maritime Organization. **Report of the twenty-eighth meeting of the GESAMP – Ballast Water Working Group.** Note by the Secretariat. MEPC 67/2/4, 25 jun 2014. Londres: International Maritime Organization, 2014b.

IMO. International Maritime Organization. **Report of the twenty-fourth meeting of the GESAMP – Ballast Water Working Group.** Note by the Secretariat. MEPC 65/2/9, 08 fev 2013. Londres: International Maritime Organization, 2013a.

IMO. International Maritime Organization. **Report of the twenty-fifth meeting of the GESAMP – Ballast Water Working Group.** Note by

the Secretariat. MEPC 65/2/19, 22 mar 2013. Londres: International Maritime Organization, 2013b.

IMO. International Maritime Organization. **Report of the twenty-second meeting of the GESAMP – Ballast Water Working Group.** Note by the Secretariat. MEPC 64/2/7, 29 jun 2012. Londres: International Maritime Organization, 2012b.

Lloyd's Register Marine. **Understanding ballast water management; Guidance for shipowners and operators.** Lloyd's Register Group Limited. 2015. Disponível em: http://www.lr.org/en/_images/213-35824_Understanding_Ballast_Water_Management_0314_tcm155-248816.pdf. Acesso em: 12 mai 2016.

ONG Água de Lastro Brasil. **A água de lastro e os seus riscos ambientais.** São Paulo: Associação Água de Lastro Brasil, 2009. Disponível em: ftp://ftp.sp.gov.br/ftppesca/agua_lastro.pdf. Acesso em: 08 mai 2016.

PEREIRA, N.N. **Alternativas de tratamento da água de lastro em portos exportadores de minério de ferro.** Tese (Doutorado). Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. Departamento de Engenharia Naval e Oceânica. São Paulo. 2012.

PORTO DE SANTOS. **Meio Ambiente. Ações e Campanhas. Água de Lastro.** Companhia Docas do Estado de São Paulo (Codesp); Santos – SP. 2016. Disponível em: <http://www.portodesantos.com.br/acoesCampanhas.php?pagina=02>. Acesso em: 1 jun 2016.

SANTOS, J.G.A.S; LAMONICA, M.N; **Água de Lastro e Bioinvasão: introdução de espécies exóticas associadas ao processo de mundialização.** Vértices, v. 10, n. 1/3, jan/dez. 2008. Disponível em: <http://essentiaeditora.iff.edu.br/index.php/vertices/article/download/40/32>. Acesso em: 5 mai 2016.

SILVA, J. S. V.; SOUZA, R. C. C. L. **Água de lastro e bioinvasão**. Rio de Janeiro: Editora Interciência, 2004.

UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA (UnB). **Conservação da Biodiversidade na Bacia Hidrográfica da Lagoa Mirim**. PROBIO E A – UnB. Disponível em:
<http://ecoa.unb.br/probioea/lagoamirim/mexilhao/lastro.html>. Acesso em: 23 jun 2016.

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL (UFRGS). **Salinidade do ambiente marinho**. Instituto de Matemática – UFRGS. Disponível em:
<http://mdmat.mat.ufrgs.br/acqua/Textos/concentracao.htm>. Acesso em 20 jun 2016.

**Anexo I – Exemplo de algas e animais utilizados no teste WET (NK-CI
BlueBallast System)**

Table 9: Summary of WET tests of treated ballast water after neutralization to test organisms at 0, 1 and 5 days after treatment

Test	Test organism	Salinity (PSU)	d	End points (%)		References/ Guidelines
				NOEC	L(E)C ₅₀	
Algal growth inhibition	<i>Skeletonema costatum</i>	32	0	100	> 100	ISO 10253 OECD 201 ASTM 1218-04
			1	50	> 100	
			5	25	> 100	
	<i>Dunaliella tertiolecta</i>	32	0	100	> 100	
			1	50	> 100	
			5	25	> 100	
	<i>Skeletonema costatum</i>	20	0	100	> 100	
			1	100	> 100	
			5	50	> 100	
	<i>Dunaliella tertiolecta</i>	20	0	100	> 100	
			1	100	> 100	
			5	100	> 100	
	<i>Pseudokirchneriella subcapitata</i>	0	0	50	> 100	OECD 201
			1	100	> 100	
			5	50	> 100	
	<i>Navicula pelliculosa</i>	0	0	100	> 100	
			1	100	> 100	
			5	50	> 100	
Acute Crustacean	<i>Brachionus plicatilis</i>	32	0	100	> 100	ASTM E1440-91
			1	100	> 100	
			5	100	> 100	
	<i>Brachionus plicatilis</i>	20	0	100	> 100	
			1	100	> 100	
			5	100	> 100	
	<i>Brachionus calyciflorus</i>	0	0	100	> 100	
			1	100	> 100	
			5	100	> 100	
Acute Fish	<i>Cyprinodon variegatus</i>	32	0	100	> 100	EPA-821-R-02-012
			1	100	> 100	
			5	100	> 100	
	<i>Cyprinodon variegatus</i>	20	0	100	> 100	
			1	100	> 100	
			5	100	> 100	
	<i>Pimephales promelas</i>	0	0	100	> 100	
			1	100	> 100	
			5	100	> 100	

**Anexo II – Exemplo de Compostos Químicos Relevantes do sistema ATPS-
BLUEsys**

Table 1: Relevant Chemicals produced by the BWMS

Chemical	Detection limit (µg/L)	Maximum concentration generated (µg/L)
Acetaldehyde	2.0E+0	8.0E+0
Bromate	1.0E+0	7.3E+2
Bromochloroacetic acid	1.0E-1	5.3E+0
Dibromoacetic acid	1.0E-1	4.0E+1
Dibromoacetonitrile	1.0E-1	4.0E+0
Dibromochloroacetic acid	1.0E-1	7.6E+0
Dibromochloromethane	1.0E-1	3.4E+1
Dichloroacetic acid	1.0E-1	1.8E+0
Dichlorobromoacetic acid	1.0E-1	1.4E+0
Dichlorobromomethane	1.0E-1	1.3E+1
Formaldehyde	1.0E+0	1.8E+1
Hydrogen peroxide	9.0E+2	1.1E+3
Monobromoacetic acid	1.0E-1	2.5E+0
Monochloroacetic acid	1.0E-1	2.4E+0
Tribromoacetic acid	1.0E-1	5.4E+1
Tribromomethane	1.0E-1	3.4E+2
Trichloroacetic acid	1.0E-1	5.0E-1
Trichloromethane	1.0E-1	6.0E-1

**Anexo III – Exemplo de resultado da Razão de Caracterização de Risco
(RCR) do sistema de tratamento *Ecomarine-EC***

Table 21: General public, scenario: swimming and consumption of seafood

Chemical	Scenario 1.1 and 1.2 (µg/kg bw/d)				Aggregated exposure (µg/kg bw/d)	DNEL (µg/kg bw/d)	RCR
	Swimming			Consumption of seafood			
	Oral	Dermal	Inhalation	Oral			
Acetaldehyde	1.1E-4	1.7E-3	2.1E-7	1.1E-3	2.9E-3	2.1E+2	1.4E-5
Bromochloroacetic acid	2.0E-5	3.0E-4	6.7E-9	1.9E-4	5.1E-4	6.2E+2	8.2E-7
Dibromoacetic acid	4.5E-4	7.0E-3	4.2E-8	2.7E-4	7.7E-3	3.6E+1	2.1E-4
Dibromoacetonitrile	1.7E-4	2.6E-3	1.4E-6	5.0E-5	2.8E-3	8.2E+1	3.4E-5
Dibromochloroacetic acid	4.2E-5	6.5E-4	2.3E-9	4.0E-4	1.1E-3	1.5E+2	7.4E-6
Dibromochloromethane	8.9E-5	1.4E-3	1.9E-3	1.8E-3	5.2E-3	1.1E+2	4.8E-5
Dichlorobromomethane	6.5E-6	1.0E-4	2.9E-4	9.4E-5	4.9E-4	2.0E+1	2.5E-5
Formaldehyde	1.9E-4	3.0E-3	1.4E-6	1.8E-3	5.0E-3	1.0E+2	5.0E-5
Monobromoacetic acid	2.0E-4	3.0E-3	2.7E-8	5.9E-5	3.3E-3	3.5E+1	9.4E-5
Monochloroacetic acid	2.8E-5	4.4E-4	5.5E-9	8.4E-6	4.7E-4	3.5E+1	1.3E-5
Tribromoacetic acid	5.1E-4	7.8E-3	3.6E-8	3.8E-3	1.2E-2	4.3E+2	2.8E-5
Tribromomethane	4.1E-3	6.3E-2	4.6E-2	1.5E-1	2.6E-1	9.0E+1	2.9E-3

APÊNDICE I – Quadro ilustrativo da Metodologia

MATERIAL E MÉTODOS

