

MÉTODOS DE TROCA DE ÁGUA DE LASTRO A BORDO DE NAVIOS

SHIP BALLAST WATER EXCHANGE METHODS ON BOARD SHIPS

Marcelo Muniz Santos¹

José Lucena da Rocha Neto²

Resumo: A IMO estabeleceu regras para procedimentos de troca da água de lastro, a serem efetuadas em regiões oceânicas. Existem três métodos conhecidos: - Método sequencial; - Método do transbordamento ou fluxo contínuo; - Método de diluição Brasileiro. Todos os três não apresentam uma eficiência de 100%. Sabe-se que os mesmos apresentam problemas estruturais ao navio, e mesmo assim não garantem uma total eficácia na eliminação de espécies exóticas.

Além destes métodos, já encontram-se em fase de testes outros tipos de métodos em Universidades Americanas. O presente trabalho apresenta estudos aprofundados acerca dos procedimentos de troca da água de lastro.

Palavras-chave: Lastro. Métodos de troca de água de lastro.

Abstract: The IMO established rules for ballast water exchange procedures to be carried out in oceanic regions. There are three

1 Centro de Instrução Almirante Graça Aranha (CIAGA)

2 Petrobras



known methods: - Sequential method; - Overflow or continuous flow method; - Brazilian dilution method. All three are not 100% efficient. It is known that they present structural problems to the ship, and even so they do not guarantee total effectiveness in the elimination of exotic species. In addition to these methods, other types of methods are already being tested at American Universities. The present work presents in-depth studies on ballast water exchange procedures.

Keywords: Ballast. Ballast water exchange methods.

Introdução

Segundo as definições do Programa nacional de Gerenciamento Costeiro (PNGC), a Zona Costeira e Marinha (ZCM) inclui, em sua definição original,

além da zona costeira propriamente dita, que compreende uma faixa de 8.698 km de extensão, uma área de 388 mil km², correspondente ao mar territorial brasileiro, com largura de 12 mil milhas náuticas a partir da linha de costa. Estima-se que a área total da ZCM brasileira gire em torno de 3 milhões de km². O litoral brasileiro é composto por águas frias nas costas sul e sudeste e águas quentes no norte e nordeste, dando suporte a uma série de ecossistemas que incluem manguezais, recifes de corais, dunas, restingas, praias arenosas, costas rochosas, lagoas e estuários, abrigando diversas espécies de flora e fauna, muitas delas endêmicas e ameaçadas de extinção (MMA, 2011).

Mas não é apenas o Brasil que sofre com o problema da poluição marítima por água de lastro. Com o movimento da



água de lastro pelos mares a introdução de espécies aquáticas invasoras em diferentes habitats passa a ser um problema de dimensões globais, “transfronteiriço”, nos dizeres de Tiago Vinicius Zanella, pois a bioinvasão pode ocorrer no estuário de um país e acabar alastrando-se e afetando outros. Se um país recebe a água de lastro “contaminada” e a espécie exótica acaba se reproduzindo e disseminando de forma descontrolada, essa bioinvasão pode afetar os demais estados vizinhos, pois uma espécie pode avançar sobre um grande território, já que no mar não há fronteiras físicas que impeçam esta dispersão. [...] uma espécie pode ser introduzida na Argentina e abacar-se alastrando para o Brasil e Paraguai, pois é muito difícil conter esse tipo de avanço marítimo (ZANELLA, 2010, p.70).

A primeira menção à in-

trodução de organismos exóticos, via água de lastro, foi feita por Ostefeld, no ano de 1908 depois de ocorrências de uma floração da alga diatomácea *Odontella sinensis* no mar do Norte, endêmica da costa tropical subtropical do Indo-Pacífico. Porém, somente setenta anos mais tarde um navio foi estudado com amostragem de água de lastro (MEDCOT, 1975).

Para que o eventual dano ambiental causado pela água de lastro possa ocorrer, basta que o invasor seja pequeno o suficiente para passar através dos filtros da rede e das bombas de lastro – como ocorre com micróbios, bactérias, ovos, cistos, larvas e até pequenos invertebrados de diversas espécies – situação que gera séria preocupação sanitária, devido à possibilidade de que a água de lastro seja importante meio propagador de vetores causadores de doenças epidêmicas.



Felizmente, a maioria destes organismos transportados pelos mares do planeta não sobrevive à viagem. Contudo, algumas espécies resistem, multiplicam-se e causam, além dos supracitados problemas sanitários e à saúde humana, também alterações no equilíbrio ecológico local, obstrução de redes de água potável em máquinas e equipamentos e até a interferência na navegação, o que gera sérios problemas econômicos. A transferência e a introdução de organismos marinhos exóticos em novos ambientes, trazidos por navios, na água de lastro, também chamada de bioinvasão, ameaça a conservação e a utilização sustentável da diversidade biológica e é tida como uma das maiores ameaças aos oceanos na atualidade.

Não se pode negar que houve avanços em relação à indústria marítima, ao longo da

história, devido à necessidade de melhor transportar uma quantidade cada vez maior de carga entre os extremos do planeta.

Em 1990, a organização Marítima Internacional (IMO) instituiu, junto ao Comitê de Proteção do Meio ambiente Marinho (MEPC), um Grupo de Trabalho para tratar especificamente da água de lastro. em 1991, através da Resolução MEPC 50(31), foram publicadas as primeiras diretrizes internacionais para o gerenciamento da água de lastro pelos navios, cujo cumprimento tinha caráter voluntário. nos anos seguintes a MEPC aprimorou essas diretrizes e adotou outras duas resoluções sobre o assunto, a Resolução a.774(18) de 1993 e a Resolução IMO, A.868(20) de 1997 (ANTAQ, 2011).

Problemas ambientais advindos da água de lastro



Apesar do esforço existente para produzir informações sobre o problema das bioinvasões nas águas brasileiras, a maioria das publicações sobre as invasões nos ecossistemas aquáticos corresponde às ocorrências na América do Norte e Europa; em contrapartida, a África, o Oceano Índico, o sudoeste do Oceano Pacífico e a América Latina estão, ainda, pobremente documentados (PYSEK, et al., 2008). No Brasil, a introdução de organismos é comum há muito tempo. A história desse processo está intimamente relacionada aos avanços tecnológicos, dessa forma, um histórico das bioinvasões aquáticas no Brasil pode ser dividido em três fases: do Descobrimiento até o final do século XIX; o século XX; e a partir do século XXI.

A primeira fase refe-

re-se à época da colonização e tráfico de escravos e se caracteriza pela chegada de navios originários do continente europeu e da África. Desde essa época, a incrustação em cascos de navios já era responsável por um grande número de introduções marinhas no litoral brasileiro. Três espécies foram consideradas introduzidas nesse período: o mexilhão *Perna perna* (SOUZA, FERNANDES E SILVA, 2003; SOUZA, FERNANDES E SILVA, 2004; SOUZA, FERNANDES E SILVA, 2005), o vibrião da cólera *Vibrio cholerae* e a ascídia *Styela plicata* (RIVERA, et al., 2003; SOUZA, FERREIRA E PEREIRA, 2009). O século XX é a segunda fase, marcada por grandes avanços econômicos e tecnológicos no país e no mundo. Nesse século, houve uma intensificação do comércio marítimo e a água de lastro passou a ser largamen-



te utilizada nos tanques dos navios, agravando o transporte que já era efetuado via incrustação na transferência de espécies. A terceira fase inicia-se no século passado e vem até os dias atuais, caracterizando-se pela intensificação das pesquisas científicas e pelo aumento dos registros das espécies exóticas introduzidas no Brasil. As invasões biológicas passaram, então, a ser analisadas com uma visão mais ampla e multidisciplinar. O conhecimento da biologia e biogeografia das espécies, bem como as relações inter e intraespecíficas e o monitoramento do ambiente marinho tornaram-se fundamentais para o gerenciamento do problema da bioinvasão, surgindo a necessidade de se investir nos procedimentos de prevenção e controle.

Um estudo acerca da água de lastro realizado pela Agência Nacional de Vigilância

Sanitária (ANVISA), denominado “Brasil – Água de Lastro – Projeto GGPAF 2002” foi realizado a partir de 99 coletas, em 09 portos brasileiros e trouxe dados alarmantes sobre o problema da bioinvasão causada por água de lastro: no estudo realizado pela ANVISA foram detectados todos os indicadores microbiológicos pesquisados, tendo os resultados comprovado a presença de bactérias marinhas cultiváveis em 71% das amostras de água de lastro analisadas, variando de 1000 a 5,4 milhões de bactérias por litro da amostra. Também foi evidenciado transporte de vibrios (31%), coliformes fecais (13%), escherichia coli (5%), esterococos fecais (22%), Clostridium perfringens (15%), colifagos (29%), Vibrio colerae o1 (7%) e de V. colerae não-o1 (23%) em amostras de água de lastro e (21%) em amostras de plâncton. 12 cepas em 7



amostras foram identificadas como V. C. o1-eL ToR, sendo 2 toxigênicas. (ANVISA, 2011).

O Projeto de Conservação e Utilização Sustentável da Diversidade Biológica Brasileira (PROBIO) promoveu a execução de cinco subprojetos destinados ao levantamento de informações biológicas e ecológicas relacionadas às espécies introduzidas no país (IBAMA, 2006). Dois desses subprojetos produziram informes com o levantamento dos organismos que afetam as águas brasileiras. Foram inventariadas 66 espécies exóticas invasoras que afetam o ambiente marinho. Considerando as quatro categorias de situação populacional (contida, detectada, estabelecida e invasora), essas espécies estão divididas nos subgrupos: fitoplâncton (3 espécies, 5%), macroalgas (10 espécies, 15%), zooplâncton (10 espécies,

15%), zoobentos (38 espécies, 57%), peixes (4 espécies, 6%) e bactéria pelágica (1 espécie, 2%).

Destas, 43% foram consideradas detectadas em ambiente natural, 24% estabelecidas, 18% contidas e 15% invasoras. Para os ambientes aquáticos continentais do Brasil, o subprojeto avançou com uma avaliação das informações compiladas na literatura e também do contato com as diferentes instituições relacionadas ao tema. Foram identificadas, nesse subprojeto, 49 espécies exóticas invasoras que afetam as águas continentais, envolvendo crustáceos (1 espécie); macrófitas aquáticas (6 espécies); microrganismos (1 espécie); moluscos (4 espécies); e peixes (37 espécies).

Os resultados confirmaram o risco inicialmente suspeito de que a água de lastro é um veiculador de organismos patogênicos que podem causar graves



danos à saúde pública. Na década de 1990, no Brasil, houve mais de 1.2 milhões de casos de cólera, com 12 mil mortes. O estudo da ANVISA que ora se destaca deixa claras “evidências científicas que os primeiros casos de cólera surgiram nas regiões costeiras dos portos, o que sugere que os surtos e epidemias poderiam ter sido provocados pela água de lastro de navios provenientes de áreas endêmicas” (ANVISA, 2011). Outro dado espantoso deste estudo ANVISA é o de que “62% das embarcações cujos comandantes declararam ter efetuado a substituição da água de lastro em área oceânica, conforme orientação da IMO, provavelmente não o fizeram ou fizeram de forma parcial, por possuírem água de lastro com salinidade inferior a 35”. (ANVISA, 2011).

Os peixes que se alimentam de organismos planctô-

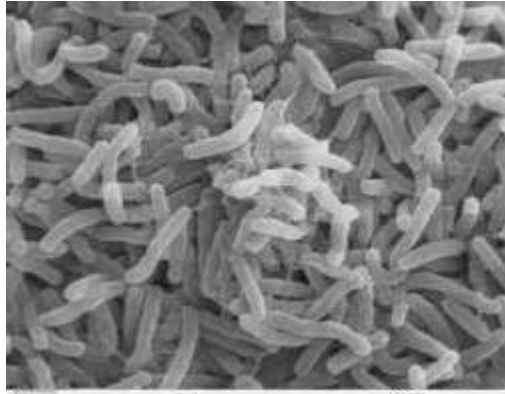
nicos e/ou bentônicos, absorvem a contaminação contida nesses organismos e podem ir bioacumulando essa contaminação ao longo do tempo, magnificando-a em seus tecidos. Assim, dejetos tóxicos podem retornar aos seres humanos via cadeia trófica marinha. Por isso, não podemos nos esquecer da complexa estrutura da cadeia alimentar ao analisarmos essas questões. (SOUZA, 2011, p.61).

Casos de bioinvasão e espécies invasoras

Serão apresentadas a seguir, algumas espécies identificadas.

Vibrio cholerae



Figura 1 – Ilustração do *Vibrio cholerae*

Fonte: Disponível em: en.wikipedia.org. Acesso em: 25 ago. 2019

Estudos sugerem que bactérias como o *Vibrio cholerae* (vulgarmente conhecida como Cólera) e a *Salmonella* spp (conhecida somente como *Salmonella*), responsáveis, respectivamente, por surtos de cólera e de salmonelose podem estar circulando na área do entorno portuário (presentes na água, bivalves, plâncton) devido à intensa atividade antrópica, que piora o saneamento dessas áreas. Surtos de cólera, principalmente, têm sido muito associados à água de lastro dos navios, sendo esse um dos parâmetros utilizados para verifi-

car a eficácia de um tratamento de água de lastro.

No Brasil, foi demonstrado o transporte do agente da cólera através da água de lastro de navio, em um estudo pioneiro que ocorreu em 2001, constatando-se a presença de até 5,4 milhões de bactérias por litro de água de lastro de navios que atracaram no Brasil, sendo que em onze, de 105 amostras foi identificado o agente da cólera.

O *Vibrio cholerae* é considerada uma bactéria exótica do ecossistema aquático, podendo ser encontrado em águas ma-

rinhas, estuarinas e dulcícolas, bem como associados na superfície e conteúdo intestinal de animais vertebrados e invertebrados (plâncton, moluscos bivalves, peixes, água e larvas de crustáceos), facilitando sua disseminação e transporte via água de lastro.

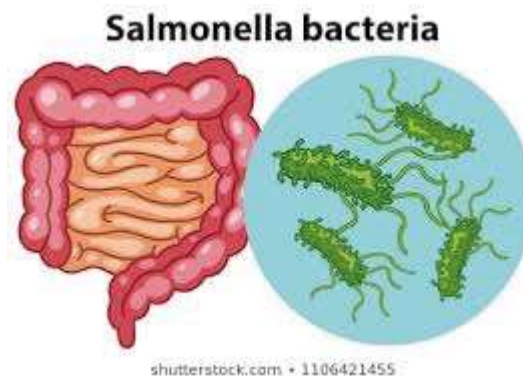
Quanto à epidemiologia, o *Vibrio cholerae* tem ocorrido de forma endêmica no subcontinente indiano durante séculos. A primeira disseminação da cólera para a Europa e Américas data de 1817, e a partir de então, sua trajetória pode ser dividida em seis grandes pandemias. A Sétima, e mais recente Pandemia, teve início em 1961, quando o emergente biótipo El Tor surgiu na Indonésia, espalhando-se rapidamente pela Ásia e Oriente Médio, atingindo a América Latina em 1991, tempo em que atingiu o Brasil, pelo rio Solimões e, posteriormente, pelo rio Amazonas.

Em abril de 1999, chegou ao município de Paranaguá, sendo esse episódio fortemente associado à água de lastro dos navios que atracaram no porto durante aquele período.

É muito difícil garantir que o navio não esteja portando em seu interior alguma espécie patogênica; neste caso, o mais importante é ter a certeza de que o navio não vai despejar a água de lastro sem nenhum tipo de controle. Também não é possível garantir que não havia nenhum surto, mas cabe à autoridade sanitária local informar aos comandantes dos navios sobre os riscos, bem como ter procedimentos específicos para a captação de água nestas condições.

Salmonella



Figura 2 – Ilustração do Salmonella

Fonte: Disponível em: [shutterstock.com](https://www.shutterstock.com). Acesso em: 25 ago. 2019

A Salmonella é uma infecção por bactéria que causa vômitos e diarreias, dentre outros sintomas. Atualmente, as salmoneloses ocupam uma das posições mais destacadas no campo da saúde pública, devido às suas características de endemicidade, morbidade e, em particular, pela dificuldade de serem controladas.

No Brasil, foram registrados pelo Ministério da Saúde cerca de 186.776 surtos causados por Salmonella não tifóide entre 1999 e 2004. Em 2000, o CDC estimava a ocorrência anual de aproximadamente 1.4 milhão

de casos. Num estudo realizado entre 2002 e 2003, em sete áreas portuárias brasileiras (Belém, PA; Fortaleza, CE; Recife, PE; Itaguaí, RJ; Santos, SP; Paranaguá, PR; e Rio Grande, RS), foram selecionados seis pontos de coleta para água, e seis áreas foram avaliadas para que se pudesse checar a qualidade da água do entorno e o perigo microbiológico do consumo “in natura” dos bivalves.

A presença da subespécie de Salmonella foi observada em 20% (18/90) das amostras de água (Belém, PA; Recife, PE;

Santos, SP e Paranaguá, PR) e em 19% (04/21) dos bivalves coletados em bancos naturais de proliferação próximos às regiões portuárias de Santos e Recife. Através de ferramentas moleculares de caracterização sorológica, 93,6% (89/214) das cepas isoladas no estudo revelaram sequências genéticas análogas aos principais sorogrupos de relevância clínica nos surtos causados por salmonelose.

A presença de sorovares de *Salmonella* comprovadamente envolvidos em surtos clínicos da salmonelose humana e/ou animal, em quatro das sete regiões portuárias brasileiras pesquisadas, comprova o perigo microbiológico e sanitário do eventual transporte pela captação da água de lastro dos navios, que, atracados em regiões com a presença de microorganismos patogênicos, serão carregados até áreas onde a

água é utilizada para fins de recreação ou, até mesmo, para áreas portuárias sem contaminação desses microorganismos nocivos.

Problemas advindos da bioinvasão

As consequências deste problema e os custos que ele tem gerado para o sistema brasileiro são: a) Redução na eficiência das bombas e consequentemente aumento no consumo de energia para conseguir um funcionamento normal dos sistemas; b) Aumento na corrosão de encanamentos pela proliferação de outros agentes biológicos indesejáveis (bactérias, fungos etc.); c) Paralisação do sistema para limpeza ou substituição de tubulações, válvulas, filtros etc. Por outro lado, as empresas de aquicultura têm sido afetadas pelas algas tóxicas que são lan-



çadas, juntamente com a água de lastros, em áreas próximas ao cultivo. Os cistos de dinoflagelados, encontrando condições favoráveis, germinam e se reproduzem de forma intensa e formam manchas coloridas, denominadas marés vermelhas. As toxinas produzidas contaminam os organismos cultivados, que além de muitos morrerem, tornam-se impróprios para o consumo humano, por certo período, o que causa grande prejuízo ao aquicultor. (SEELIGER E COSTA, 2003) afirmam que água de lastro e a incrustação nos cascos de mais de 3500 embarcações que circulam a bacia Patos-Mirim são responsáveis pela proliferação de algas que podem contribuir para o aparecimento de marés vermelhas. Alguns copépodes (grupo de crustáceos) marinhos foram observados no zooplâncton nos Estados do Paraná, de São Paulo,

do Rio de Janeiro e do Espírito Santo. Na Cidade de Arraial do Cabo, no Estado do Rio de Janeiro, um coral mole tem chamado a atenção de cientistas e mergulhadores. Na Cidade de Angra dos Reis, também no Estado do Rio de Janeiro, alguns corais exóticos também já foram observados. Até hoje, ainda não se percebeu nenhum dano ambiental ou econômico causado por essas espécies. Entretanto, outras espécies introduzidas, tanto em água doce como no mar, têm causado prejuízos econômicos, ecológicos e sanitários.

A Austrália, que sofre com a invasão da estrela-do-mar do pacífico do norte (*Asterias amurensis*) e com o mexilhão zebra (*Mytilopsis sallei*) (HEWITT, EVERETT e PARKER, 2009, p. 343), e a Nova Zelândia, que sofre com invasões de uma alga marrom asiática (*Undaria pin-*



natífida) (HAYDEN, INGLIS e SCHIEL, 2009, p. 413), um camarão europeu (Musculista senhousia), a mesma estrela-do-mar do pacífico do norte (MINISTRY OF PRIMARY INDUSTRIES – NEW ZELAND, 2014), que ocorre na Austrália, dentre outras espécies.

A Austrália, por exemplo, conta com um Sistema Nacional de Prevenção e Gerenciamento de Espécies Exóticas Invasoras, responsável por lidar com todos os possíveis vetores de introdução de espécies marinhas via avaliações de risco, bem como por estabelecer planos de prevenção, planos de respostas emergenciais e promover o controle contínuo das espécies exóticas invasoras (AUSTRALIAN GOVERNMENT, DEPARTMENT OF AGRICULTURE, 2014a). O Sistema é coordenado por um grupo do qual fazem

parte uma ampla gama de interessados (estados australianos, o Território do Norte, a indústria naval, os grupos de preservação ambiental e os membros da academia). As medidas de prevenção englobam tanto as introduções vindas de fora para a Austrália, quanto as introduções ente regiões da própria Austrália (AUSTRALIAN GOVERNMENT, DEPARTMENT OF AGRICULTURE, 2014b).

Para o gerenciamento interno da bioincrustação uma série de guias voluntários estão sendo desenvolvidos para cada um dos setores envolvidos (pesca, barcos de recreação, transporte, etc.). Planos de emergência e de resposta com definição de responsáveis e suas responsabilidades também estão sendo construídos. Além disso, quando a erradicação imediata falha, segue-se o gerenciamento

e controle das espécies invasoras. São desenvolvidos protocolos específicos para as espécies chave (HEWITT, EVERETT e PARKER, 2009, p. 343). Instrumentos de monitoramento também subsidiam as ações do Sistema Nacional. O estabelecimento de programas de monitoramento para espécies de alto risco e locais de alto risco, por sua vez, é subsidiado por uma extensa base de pesquisas (HEWITT, EVERETT e PARKER, 2009, p. 344). Interessante é o protocolo criado para lidar com incrustação em embarcações de pequeno porte, isto é, com menos de 25 metros. Nestes casos, tão logo a embarcação chegue à costa australiana, deve realizar uma limpeza ou ser levada a uma área de docagem previamente aprovada, com contenção de resíduos, para a limpeza apropriada (AUSTRALIAN GOVERNMENT, DEPART-

MENT OF AGRICULTURE, 2014c).

A Nova Zelândia, através do seu “Biosecurity Act”, de 1993, é um dos poucos países que já possui uma legislação focada na prevenção e no gerenciamento das espécies exóticas invasoras. O “Biosecurity Act” é orientado para a minimização da introdução de espécies exóticas invasoras por vias não intencionais, seja por meio da quarentena, realizada na fronteira, seja por meio de repostas às invasões já em curso, como o manejo contínuo das espécies exóticas. Tem-se, assim, um amplo sistema de segurança biológica marinha. Este sistema encontra-se dividido em três grupos funcionais: Pré-admissional, anterior à inspeção de quarentena; Pós-admissional, posterior à inspeção de quarentena; e o desenvolvimento de políticas públicas (HEWITT, EVERETT e



PARKER, 2009, p. 343-345).

Durante um primeiro momento é possível, inclusive, negar a entrada de uma embarcação na Nova Zelândia, muito embora esta medida seja raramente utilizada, preferindo-se seu deslocamento até um local seco para a realização da limpeza, ou mesmo a limpeza subaquática (HOPKINS e FORREST 2008, p. 811). Já as atividades pós-admissionais incluem sistemas de monitoramento voltados para detectar novas invasões e/ou mudanças na distribuição e abundância das espécies invasoras já presentes no território neozelandês, assim como promover incursões de resposta às invasões e realizar controles de longa duração destas populações. O monitoramento foca na detecção precoce das espécies alvo, dentre elas: *Eriocheir sinensis*, *Sabella spallanzanii*, *Asterias amurensis*,

Carcinus maenas, *Potamocorbula amurensis* e *Caulerpa taxifolia* (MINISTRY OF PRIMARY INDUSTRIES – NEW ZELAND, 2013). Por fim, o gerenciamento das espécies exóticas na Nova Zelândia também considera o transporte doméstico, isto é, entre regiões dentro do próprio país, como uma importante rota de dispersão de organismos e, portanto, igualmente prioritário na estratégia de combate às espécies exóticas (HEWITT, EVERETT e PARKER, 2009, p. 345).

No Brasil, há de se destacar, ainda, a iniciativa isolada do IBAMA que no licenciamento ambiental do Porto do Forno, localizado em Arraial do Cabo, Rio de Janeiro, no âmbito de suas condicionantes de validade, estabeleceu a obrigação de elaboração de um Programa de Monitoramento de Bioinvasão por Espécies Exóticas.



Métodos de controle da bioinvasão

Muitas espécies contidas nos tanques de lastro podem ser potencialmente invasoras; conseqüentemente um único tratamento preventivo pode não ser eficaz. Por isso, em muitos casos, está sendo sugerido o uso de dois ou mais métodos em conjunto para tentar aniquilar o maior número de organismos de uma só vez. A dificuldade de conjugar a eliminação das espécies com um tratamento 100% efetivo recomendado pela IMO tem aberto uma grande fronteira para pesquisas e desenvolvimento tecnológicos. Contudo, recomenda-se aos armadores e comandantes das embarcações utilizar os procedimentos a bordo dos navios para remediar o problema. Para isso, é necessário conseguir o

comprometimento da tripulação para execução de tais procedimentos é outro desafio que precisa ser encarado.

Diversos países (Argentina, Austrália, Canadá, Israel, Nova Zelândia, Reino Unido e Estados Unidos) por terem sofrido grandes impactos ecológicos e econômicos empreenderam medidas unilaterais, adotando dispositivos legais para aplicação local, regional ou nacional para eliminar ou remover organismos e controlar a introdução de espécies exóticas, enquanto aguardam uma ação baseada em regras globais aplicáveis, juntamente com diretrizes para a sua implementação efetiva e uniforme (REIS et al., 2003; SILVA et al., 2004).

Os programas de erradicação, portanto, devem incluir uma avaliação de risco que inclua uma análise da relação custo-be-



nefício das ações, os impactos ao sistema natural e os impactos sociais e econômicos.

De acordo com (SOUZA, CALAZANS, E SILVA, 2019) de modo a desenvolver uma estratégia para o controle da bioinvasão são necessárias várias medidas, tais quais:

a) Identificar os vetores que podem estar atuando na disseminação das espécies exóticas no ambiente aquático brasileiro. A maioria dos casos de introdução de espécies aquáticas está associada ao transporte via incrustação seja em cascos de embarcações e/ou outras estruturas flutuantes e, também, através da água de lastro. Mesmo assim, estes vetores ainda não são bem regulados e regulamentados no Brasil. A limpeza periódica dessas estruturas é extremamente recomendada, uma vez que diminui a quantidade de espécies

que podem estar se reproduzindo e sendo distribuídas para outras regiões. Estudos a respeito do tempo de maturação das espécies potencialmente invasoras são necessários para que sejam apontados os períodos em que a limpeza se tornará mais efetiva, minimizando o transporte e dispersão desses organismos na região;

b) Estudos que evidenciem espécies que poderão se tornar problemáticas e as circunstâncias em que são mais facilmente introduzidas e estabelecidas são extremamente importantes, uma vez que a erradicação de espécies já estabelecidas é muito difícil ou mesmo impossível na grande maioria dos casos;

c) Campanhas de esclarecimento junto às pessoas que podem estar diretamente relacionadas ao problema das bioinvasões como, por exemplo,



os proprietários de embarcações;

d) O monitoramento do ambiente é imprescindível para o controle e o gerenciamento do problema. O pré-requisito para qualquer tentativa de controle está no conhecimento da fauna e da flora locais, identificando as espécies nativas e determinando a presença, distribuição e abundância de espécies introduzidas. Dessa forma, maiores investimentos em estudos relacionados à sistemática e biogeografia são necessários;

e) Do mesmo modo, o registro e o monitoramento dos organismos invasores são escassos, mesmo porque pesquisas em áreas como sistemática e biogeografia também são quase inexistentes, o que dificulta muito a detecção e avaliação do status das espécies em geral.

De acordo com o sub-

tem 9.1.1 da resolução IMO, A. 868(20), a captação de água de lastro pode ser reduzida ao mínimo, ou quando aplicável, ser evitada em áreas e situações como as descritas a seguir:

a) Preferencialmente, usar as caixas de mar mais altas quando o navio está em águas rasas;

b) Áreas identificadas pelo Estado do porto que oferecem risco de abrigar organismos aquáticos e patogênicos, conforme citado no item 8.2.2 da Resolução (áreas com erupção, infestações ou populações conhecidas de organismos nocivos e patogênicos; áreas com ocorrências de florescimento de algas visitantes),

c) Como o caso da maré vermelha; em áreas com descarga de esgoto ou com conhecida incidência de doenças; locais onde existam operações



de dragagem nas proximidades; quando a corrente de maré é conhecida por ser mais turva; e áreas onde o fluxo de maré é conhecido por ser pobre;

d) À noite, quando certos organismos de fundo migram para a superfície do mar;

e) Em águas muito rasas, que têm grande concentração de sedimentos;

f) Em áreas onde os hélices levantam os sedimentos do fundo.

Legislação marítima aplicável

De acordo com PEREIRA, BRINATI, E BOTTER, 2012, o primeiro esforço mundial efetivo para controlar a dispersão de espécies alienígenas, através da água de lastro, ocorreu em 10 dezembro de 1982, em Montego Bay, na Jamaica, quando foi celebrada a Convenção das Nações

Unidas sobre o Direito do Mar, UNCLOS. A Convenção estabeleceu regras para disciplinar o uso dos oceanos e mares do mundo, assim como de seus recursos, aplicando a noção segundo a qual todos os espaços oceânicos são estreitamente ligados e devem ser tratados globalmente.

Composta de 320 artigos e nove anexos, tratou, entre outros, da delimitação, do controle ambiental, da pesquisa científica marítima, das atividades comerciais e econômicas, da transferência de tecnologia e da solução de litígios ligados a assuntos do mar (CUREAU, 2012b). A Convenção UNCLOS entrou em vigor em 1994, após a ratificação do 60º Estado. A Comunidade Européia ratificou-a em 1998. Os EUA não a ratificaram. Entre as medidas importantes adotadas, está a definição de mar territorial, da zona econômica exclusiva e da plata-

forma continental.

Foi criado, também, o Tribunal Internacional do Direito do Mar, “competente para conhecer das disputas relativas ao direito marítimo”, mas não exclusivamente dessa matéria. Em 1983, quando foi realizada a Terceira Conferência das Nações Unidas sobre Direitos do Mar, em Nova York, a Convenção foi aprovada. Em 1990, o Comitê de Proteção Ambiente Marinho – MEPC -da Organização Marítima Internacional formou um grupo de trabalho para examinar as pesquisas, informações e soluções propostas por Estados Membros da IMO e por organizações não governamentais. A Assembleia da IMO, em 1997, adotou, por meio da Resolução A.868(20), as Diretrizes para o controle e gerenciamento da água de lastro dos navios, para minimizar a transferência de organismos aquáticos

nocivos e agentes patogênicos.

Em 1993, a Assembléia da IMO já havia adotado essas Diretrizes através da Resolução A.774(18), em atendimento a uma solicitação da Conferência das Nações Unidas sobre o Meio Ambiente e o Desenvolvimento (UNCED).

Como solicitado pela Resolução A.774(18), o MSC elaborou uma orientação relativa aos aspectos de segurança relativos à troca da água de lastro no mar, que foi distribuída na forma das Circulares MEPC/Circ.329 e MSC/Circ.806, ambas de 30 de junho de 1997. Para tanto, todo o navio que utilizasse água como lastro deveria ser dotado de um plano de gerenciamento dessa água, destinado a auxiliar a minimizar a transferência de organismos aquáticos nocivos e agentes patogênicos. O propósito do plano era fornecer procedimentos seguros e eficazes de



gerenciamento, que deveriam ser específicos para cada navio. Por outro lado, nos portos de chegada, deveria haver instalações disponíveis para recebimento e tratamento da água utilizada como lastro, permitindo um esgotamento ambientalmente seguro dos sedimentos existentes nos tanques. A Resolução estabelecia ainda que, no processo de recebimento ou de descarga, deveriam ser registrados, no mínimo, as datas, a posição geográfica, o(s) tanque(s) e os porões do navio, a temperatura e a salinidade da água de lastro, bem como a quantidade de água recebida ou descarregada. Igualmente, deveriam ser indicados, nos planos de gerenciamento, a localização e os pontos de acesso convenientes para a retirada de amostras da água de lastro ou dos sedimentos, o que permitiria à tripulação do navio auxiliar, da melhor manei-

ra possível, quando as autoridades do Estado onde se localizasse o porto pedissem uma amostra da água de lastro ou dos sedimentos.

Levando-se em conta que os organismos que vivem próximo à costa – inclusive nos portos e estuários – normalmente não sobrevivem quando são descarregados em alto-mar, e que os organismos oceânicos não sobrevivem quando descarregados em águas próximas da costa, a Resolução recomendou, ainda, que, quando possível, os navios realizassem a troca da água de lastro em águas profundas, em mar aberto, o mais longe possível da costa. Em 2000, a IMO, em conjunto com a Global Environment Facility e o United Nations Development Programme, desenvolveu o programa Removal of Barriers to the Effective Implementation of Ballast Water Control and Management Measu-



res in Developing Countries. Este programa, mais conhecido como Global Ballast Water Management Programme ou apenas Global Ballast, teve como objetivo avaliar a qualidade da água de lastro de seis portos de países em desenvolvimento, visando ajudá-los a lidar com o problema da água de lastro. O Brasil foi um dos países escolhidos, sendo a área-piloto o porto de Sepetiba, no Rio de Janeiro. O porto de Sepetiba foi escolhido por estar situado próximo à cidade do Rio de Janeiro, o que facilitaria o apoio técnico, científico e logístico, além de estar em uma área ecologicamente sensível. Além disso, foi levado em consideração o fato de ser um porto exportador com tendência de crescimento no volume de carga. À Fundação Estadual de Engenharia do Meio Ambiente (Feema) cabia efetuar o monitoramento marinho. Conforme es-

tudos feitos, à época, por Julieta Salles Vianna da Silva e outros, os resultados até então obtidos, na segunda fase do projeto Global Ballast (2003/2004), embora preliminares, já permitiam destacar o aparecimento de mais 3 espécies introduzidas na região, que não estavam presentes nas amostras de 2001: “A espécie que chamou mais atenção foi o octocoral *Erythropodium* sp. que ocorreu em toda a baía em grande densidade nas duas últimas coletas. Outro organismo encontrado em grande quantidade na região é o bivalve *Myoforceps aristatus*, também conhecido como *Lithophaga aristata*.” Esta espécie, originária do Caribe, nos dois últimos anos, havia sido coletada nas costas do Rio de Janeiro e de São Paulo. Conforme as autoras: “O terceiro é o coral *Tubastraea tagusensis*, espécie que ocorre na baía da Ilha Grande, local



adjacente à área de estudo, mas ainda não havia sido detectada em Sepetiba. Constatamos ainda que *Amphibalanus reticulatus*, que inicialmente encontrava-se restrita ao substrato artificial, atualmente encontra-se também nos costões rochosos da região.” (SILVA, JUNQUEIRA E FERNANDES, 2012).

Por fim, após 14 anos de complexas negociações, foi lançada em Londres, em 2004, a Convenção Internacional para Controle e Gerenciamento de Água de Lastro de Navios e Sedimentos - CALS, que determina que os navios realizem a troca da água de lastro a, pelo menos, 200 milhas da costa e 200 m de profundidade. Nesse ano, já havia numerosos trabalhos do Comité de Proteção do Meio Ambiente Marítimo – MEPC, demonstrando o risco que constituíam os rejeitos não controlados das

águas e dos sedimentos provenientes dos navios para a saúde humana e para os ecossistemas costeiros. Estimava-se, em 2004, que os 45.000 navios comerciais transportavam, anualmente, de 3 a 10 bilhões de toneladas de água no lastro dos navios, transferindo de uma região do mundo a outra grande quantidade de espécies vivas, que podiam se revelar invasivas quando liberadas num ecossistema diferente. O texto foi adotado, por unanimidade, em fevereiro de 2004, por 74 Estados e foi o resultado de um compromisso de proteger as áreas econômicas costeiras. Ao mesmo tempo, houve a influência dos Estados que possuíam grandes frotas e queriam ter um mínimo de problemas, das associações ambientais e dos armadores e proprietários de navios. A conferência adotou, ainda, as seguintes resoluções: - discipli-



namento dos futuros trabalhos da IMO, relativos à aplicação da convenção, isto é, elaboração urgente de diretivas para recepção dos sedimentos e das águas, amostragem das águas de lastro, planos de gestão, renovação das águas, avaliação dos riscos, aprovação dos sistemas de gestão, de tratamento e de substâncias ativas; - utilização de ferramentas de decisão úteis e confiáveis para o exame das normas; - promoção da cooperação e da assistência técnica, na avaliação, formação de pessoal técnico e científico para pesquisa, vigilância e uso. A resolução convidou os Estados a encorajar a instalação de sistemas de administração da água de lastro sobre os novos navios, no período de aplicação contido na Convenção, qual seja de 2009 a 2016 (CUREAU, 2012c). No dizer de Alexandre de Carvalho Leal Neto (NETO, 2012), “a Agência

Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA) teve uma contribuição relevante no que diz respeito à inclusão da temática relativa a agentes patogênicos, por estudos realizados em vários portos do Brasil e testes a bordo.” Segundo o mesmo autor, num primeiro momento, as ações da IMO se refletiram no Brasil através da adoção da NORMAM-08, de fevereiro de 2000, pela Diretoria de Portos e Costas do Comando da Marinha e pela Resolução de Diretoria Colegiada (RDC) 17, de 12 de janeiro de 2001, da Anvisa, que seriam as duas normas que internalizaram as orientações da Resolução da IMO A.868(20). A denominada NORMAM 20, que entrou em vigor em 15 de outubro de 2005, estabeleceu que todos os navios devem realizar a troca oceânica antes de entrar em um porto brasileiro, seguindo os mesmos parâmetros estabeleci-



dos pela CAL. 1. III.

Entre algumas das principais convenções internacionais que tratam do problema da poluição marítima e da água de lastro pode-se citar a Convenção Internacional sobre Responsabilidade Civil em Danos Causados por Poluição por Óleo de 1969; a Convenção Internacional para a Prevenção da Poluição Causada por navios, Convenção Marpol de 1973, alterada pelo Protocolo de 1978; a Convenção de Montego Bay, de 1982, também conhecida como a “Constituição dos Mares”, a qual tratou da delimitação de mar territorial, de zona exclusiva de exploração econômica, entre outras questões; a Convenção Internacional sobre preparo, resposta e cooperação em caso de poluição por óleo, de 1990; e, por fim, a agenda 21, advinda da Convenção das nações Unidas sobre Meio ambiente e

Desenvolvimento realizada, no Rio de Janeiro, em 1992. A agenda 21 ao abordar o momento de definição histórica em que a humanidade se encontrava, traçou metas que nação alguma podia atingir sozinha, mas que dependiam de todos, em uma associação mundial em prol do desenvolvimento sustentável. Em seu item 17.21 a agenda 21 aduz que “para impedir a degradação do meio ambiente marinho é preciso adotar uma abordagem de precaução e antecipação, mais do que de reação”(AGENDA21, 2011), trazendo ainda diversos outros itens atinentes ao problema da poluição marítima.

Assim, ousa-se dizer que o Brasil já possui normas suficientes a tratar do problema da poluição marítima e da água de lastro, o que não impede, de forma alguma, que se continue – e, principalmente, que se deva



incentivar – as tentativas de se desenvolver melhores técnicas e tecnologias capazes de efetivamente dar conta do problema de contaminação por espécies exóticas invasoras via água de lastro.

É fundamental que o estado brasileiro se comprometa em efetivamente fiscalizar e aplicar tais normas e, mais do que isto, “não basta que o Brasil previna a bioinvasão se os demais estados vizinhos não agirem da mesma forma. é necessário um maior engajamento de toda comunidade internacional, pois este é um problema global”. (ZANELLA, 2010, p.83)

Fica evidente a necessidade de políticas públicas coordenadas com outros estados, pois somente através de ações integradas se pode combater esse tipo de processo, que muitas vezes é irreversível. Os países encontram-se dependentes uns dos outros na

medida em que apenas com uma intensa cooperação pode-se combater o problema da bioinvasão. (ZANELLA 2010, p.87).

Assim, no que tange à poluição marítima e à água de lastro, percebe-se a necessidade da efetivação de novos paradigmas construídos sob alicerces sustentáveis, baseados em forte consciência coletiva; solidariedade humana capaz de modificar situações postas, mesmo as mais difíceis. Talvez devido às proporções do desafio que se apresenta, o mais importante seja a efetivação do princípio da cooperação internacional, na medida em que a luta contra a poluição marítima causada pela água de lastro é uma luta de todos os povos do planeta.

Brasil

No caso do Brasil, an-



tes mesmo do início do programa Globallast, o presidente da república sancionou as leis N° 9605/1998 e N° 9.966/2000, em 1998 e 2000 respectivamente, sendo a primeira conhecida como Lei de Crimes Ambientais e a segunda conhecida como Lei do Óleo. Ambas as leis dispõem sobre as questões ambientais, sendo que Lei N° 9.966/2000 dispõe mais especificamente sobre a prevenção, o controle e a fiscalização da poluição causada por lançamento de óleo e outras substâncias nocivas ou perigosas em águas sob jurisdição nacional e dá outras providências. Estabelece a Lei: “os princípios básicos a serem obedecidos na movimentação de óleo e outras substâncias nocivas ou perigosas em portos organizados, instalações portuárias, plataformas e navios em águas sob jurisdição nacional”.

Além disso, determina

que “É proibida a descarga, em águas sob jurisdição nacional, de substâncias nocivas ou perigosas classificadas na categoria “A”, definida no art. 4º desta Lei, inclusive aquelas provisoriamente classificadas como tal, além de água de lastro, resíduos de lavagem de tanques ou outras misturas que contenham tais substâncias.”

Reuso da água de lastro

De acordo com PEREIRA, 2012, instalar uma unidade de tratamento de água de lastro em terra permite cogitar alternativas para o reuso da água de lastro. Esse é um aspecto muito importante, pois a água de lastro é vista como um problema que precisa ser gerenciado, cujos custos de tratamento podem ser onerosos, tanto para os portos quanto para os armadores. Assim, deve-se buscar encontrar al-



guma alternativa de reutilização desta água que pode ser descartada no entorno do porto. Uma primeira alternativa poderia ser armazenar a água e transferi-la para os navios que precisassem de água de lastro para sair do porto na condição de lastro. Contudo, dependendo da característica do porto isso não é possível. Por exemplo, um porto dedicado somente à exportação de minério recebe os navios sem carga e, geralmente, eles partem totalmente carregados para seu destino. A água de lastro captada desses navios deve ser armazenada, tratada e depois descartada, pois não há possibilidade de ser transferida para tanques de lastro de navios, a não ser que o mesmo porto tenha operação de importação de produtos. Mesmo assim, o volume de água de lastro recebida de grandes navios nem sempre é compatível com o volume requi-

sitado pelos navios de importação. Sendo assim, sempre poderá haver um problema de balanço de massa.

De acordo com PEREIRA, 2012, diante dessa problemática, devem-se buscar alternativas mais eficazes para o reuso da água de lastro. É sabido que em muitos lugares do mundo existe o problema da escassez de água doce, tanto para o consumo quanto para a agricultura e indústrias. A opção que muitos países utilizam para mitigar o problema, como os Emirados Árabes, Israel e até mesmo os Estados Unidos é dessalinizar a água do mar e fornecer para consumo.

Uma estação de dessalinização deve ser capaz de retirar o sal da água do mar e produzir água doce. Os principais processos empregados neste tipo de instalação são (CASTAING et al., 2010):



- Processo de destilação térmica:
 - a) Destilação em múltiplos estágios;
 - b) Destilação de múltiplo efeito;
 - c) Compressão do valor destilado;
 - d) Destilação solar;
- Processos de separação por membrana:
 - e) Eletrodialise;
 - f) Recuperação por osmose (com, ou sem recuperação de energia).

O processo de destilação térmica consiste em aquecer a água do mar até o ponto de ebulição e gerar vapor que é condensado para se transformar em água doce. Para este processo é requerida energia térmica, que pode ser produzida por uma fonte convencional ou alternativa, como por exemplo, energia solar (SUBAN et al., 2010).

Figura 3 – Sistema de osmose reversa e recuperação de energia



Fonte: Stover (2006)

De acordo com PE-REIRA, 2012, no processo de membrana, é requerida energia elétrica para acionar o sistema de captura e compressão da água (70-80 atmosferas de pressão) ou para ionização da água do mar. Em comparação com outros processos, o sistema de osmose reversa é relativamente novo e mais eficiente.

Procedimentos de troca da água de lastro

Introdução

No caso de necessidade de trocar o lastro durante a viagem em alto mar, cuidado especial deve ser tomado quanto ao planejamento da operação.

Aspectos a serem considerados:

a) Número de horas para realizar a operação;

b) Condições favoráveis de tempo, referindo-se aos boletins de previsão meteorológicos;

c) Locais onde a troca de lastro possa ser realizada;

d) Áreas específicas determinadas por alguns países para a troca de lastro;

e) Se a oportunidade para a troca da água de lastro está limitada e as condições limites da área permitem alcançar pelo menos um terço do percentual da troca, a operação pode ser complementada mais tarde de maneira mais prática;

f) Navios operando em rotas específicas e próximo a costa tem a possibilidade de receber água com organismos nocivos em seus tanques de lastro. Este fato deve ser levado em conta no planejamento da troca da água de lastro.



Métodos

Troca sequencial ou oceânica

O método sequencial é um processo onde o tanque de lastro carregado é primeiramente esvaziado e então lastrado com água do mar, tal que a substituição de pelo menos 95% em volume seja obtida. Somente onde a troca da água é requerida conforme os requisitos.

O método sequencial pode causar os seguintes problemas:

a) Avarias no casco devido a exceder os limites permitidos de momento fletor e força cortante. Em condições climáticas normais, os esforços podem aumentar com a altura de onda. Para cada condição de lastro, uma avaliação prévia dos esforços deve ser calculada no computador de carga para cada fase da troca de água dentro da sequ-

ência planejada;

b) Perda de estabilidade.

Mesmo que o navio não tenha problema de estabilidade para dada condição simples de troca de lastro, deve se ter a máxima atenção para a existência de pesos a bordo, e o GM mínimo deve ser avaliado para as condições de estabilidade intacta e avariada. Efeitos adversos na estabilidade podem também resultar quando os tanques estão quase cheios ou quase vazios.

c) Avaria estrutural no casco na região do fundo na proa, devido a calado a vante insuficiente. Dependendo da condição climática e do curso do navio, caso impactos forem notados quando do esvaziamento dos tanques, deve-se parar o navio, reduzir a velocidade ou temporariamente mudar o curso, se possível.

d) Perda de manobrabi-



lidade ou dificuldades de manobra com calado insuficiente a ré, devido aos tanques mantidos vazios na popa e aumento do calado na proa.

e) Redução da visibilidade a vante do passadiço, como resultado da redução do calado a vante por ocasião do lastro ser removido dos tanques localizados na seção de vante, quando trocando o lastro. O limite de visibilidade a vante deve ser mantido conforme as recomendações da Convenção SOLAS aplicável ao navio.

f) Avarias estruturais no chapeamento do topo dos tanques ou espaços vazios entre tanques, causados pelas forças inerciais de um tanque cheio agindo em tanque vazio adjacente.

g) Avarias estruturais em tanques parcialmente cheios, devido ao sloshing resultante da ressonância com os movimentos

do navio.

h) É difícil definir os limites requeridos para a troca da água de lastro como função das condições climáticas e do mar. O perigo potencial aumenta conforme as condições de mar piorarem, principalmente em termos de altura de onda, mas dependerá substancialmente da velocidade e do curso mantido pelo navio. Arfagem pode ocorrer nessas ocasiões. O melhor julgamento para tais condições climáticas admissíveis durante a troca de lastro advirá da experiência do comandante com o seu navio.

i) Trim excessivo;

Durante a troca deve-se ter padrões de visibilidade do passadiço, imersão do hélice, calado mínimo aceitável a vante (5,50 m), aspiração da caixa de mar para bomba de incêndio de emergência. Ao planejar a troca



deve-se estimar a duração em horas, o impacto na manobrabilidade, e o tempo total para completar a operação. Antecipadamente deve-se verificar se o navio encontra-se em águas abertas, densidade do tráfico ser pequeno, visibilidade e comunicação adequadas, imersão do hélice não comprometa a manobrabilidade em nenhum estágio da operação, condições gerais de tempo e mar sejam improváveis de se alterar.

É recomendável antes do procedimento analisar variáveis, tais como: - posição do navio; - previsão do tempo; - performance da máquina; - estabilidade; - esforços; - fadiga dos tripulantes. Deve haver um plano de contingência para situações que possam por em risco a troca da água de lastro em alto mar.

Quando há muito sedimento no fundo do tanque, e não é possível retirar, faz-se isso du-

rante a docagem.

A anexo D mostra exemplo de procedimento de troca de lastro. No anexo E mostra as condições estruturais advindas da troca de lastro.

Acordo (MEDINA, et al, 2009) é muito importante que a mistura atingida por tal método não contenha mais do que 5% de água de lastro considerada de alto risco (água de lastro residual), sendo:



$$TS = (P \times T/V) \times 100 \quad (1)$$

O resultado de TS tem de ser maior que 95%, no qual:

TS = troca sequencial;

P = capacidade da bomba;

T = tempo de operação da bomba;

V = volume de água de lastro existente no tanque.

O volume residual é calculado como:

$$R = V \times 0,05 \quad (2)$$

em que:

R = água residual depois da troca sequencial;

V = volume de água de lastro existente no tanque.

Transbordamento ou fluxo contínuo

De acordo com a Resolução IMO A.868(20), 1997, deve-se ter cuidado, se for utilizado o método do fluxo contínuo, uma vez que as canalizações de ar não foram projetadas para um contínuo extravasamento da água utilizada como lastro.

Nesse método, a bomba de lastro succiona água do mar e descarrega no fundo tanque de lastro através da rede de lastro. A água então será descarregada dos tanques por transbordamento,

através das portas de visita e escotilhão de acesso, de modo que no mínimo 95% de troca em volume sejam obtidos. Bombeando três vezes o volume do tanque em água de lastro atende ao requisito acima descrito.

De acordo com MEDINA, et. al, 2009, a capacidade de 300% começa a ser medida quando a água limpa de áreas oceânicas profundas começa a entrar no interior do tanque, e não quando o tanque começa a derramar; essa capacidade pode ser calculada pela seguinte expressão:



$$E = (VT \times 3/P) \quad (3)$$

em que:

E = escoamento dos tanques;

VT = volume total do tanque de lastro; P = capacidade da bomba.

Essa equação resultará no tempo necessário para que as bombas cheguem a 300% de troca.

Cuidado especial deve ser tomado em relação à pressão de trabalho e a taxa de vazão em uso, visto que a estrutura do convés principal e dos tanques pode estar submetida a pressões excessivas durante a transferência de lastro e possa ocorrer fadiga de material ao longo dos anos, com as consequentes avarias ao navio.

Para uma operação segura, o operador deve assegurar que as portas de visita e acessos aos tanques estejam abertos antes de iniciar. Este procedimento evita que a água bombeada escoe para o convés pelos suspiros dos tanques de lastro. Se viável, a bomba de lastro deve trabalhar

em velocidade ou vazão reduzida durante o transbordamento.

O método de transbordamento pode causar os seguintes problemas:

a) Pressão excessiva nos tanques;

b) Estufamento ou ruptura dos tanques;

c) Acúmulo de água sobre o convés, o que pode colocar em risco a segurança

dos tripulantes trabalhando no convés;

d) Formação de gelo sobre convés, quando operando em tempo muito frio.



Figura 4 – Método de transbordamento

Fonte: NETO, A. de C. L. *E-book*. Disponível: [www.mma.gov.br > conabio > _arquivos > apresentao_gua_de_lastro](http://www.mma.gov.br/conabio/_arquivos/apresentao_gua_de_lastro). Acesso em: 31 ago. 2019.

Figura 5 – Método de transbordamento

Fonte: NETO, A. de C. L. *E-book*. [www.mma.gov.br > conabio > _arquivos > apresentao_gua_de_lastro](http://www.mma.gov.br/conabio/_arquivos/apresentao_gua_de_lastro). Acesso em: 31 ago. 2019.

Diluição

O método de diluição é um processo onde a água do mar é succionada e descarregada no topo do tanque, enquanto que simultaneamente o lastro existente é succionado pelo fundo do tan-

que e descarregado no mar, e assim mantendo o nível constante de água no tanque.

Acordo (MEDINA, et. al, 2009) alguns navios (geralmente petroleiros) possuem bombas extras para água de lastro; em alguns deles, a água de lastro



pode ser bombeada para dentro do tanque por um lado e bombeada para fora pelo outro lado do tanque simultaneamente.

Este método difere do anterior por usar 2 bombas de lastro ao mesmo tempo. A similaridade está nos 300%, ou seja, cada tanque deve ser bombeado a 300% de sua capacidade máxima; basicamente, a água de lastro é injetada pelo convés e extravasada pelo fundo do casco.

Isso então requer que o volume da água fluindo através do tanque seja de pelo menos três vezes o volume existente de água, de modo que o percentual de 95% em volume é alcançado para cada tanque. O navio mantém as mesmas condições no que concerne a estabilidade, calados e cargas mecânicas.

O método de diluição pode causar os seguintes problemas:

Pressão ou vácuo excessivo que possam causar avarias dentro do tanque, como resultado do bloqueio do tubo de suspiro, ou vazão excessiva da bomba em relação à condição de projeto do sistema de lastro.

As seguintes precauções de segurança devem ser tomadas no caso do método de diluição:

a) Alarmes de níveis alto e baixo estão previstos em cada um dos tanques de lastro (no software do sistema de sondagem remota) de forma a possibilitar que o operador mantenha constante o nível dos tanques através do controle das válvulas na descarga das bombas de lastro, no centro de Comando de Carga (CCC);

b) Os arranjos incluem uma parada de emergência manual para qualquer operação das bombas de lastro em caso de mau funcionamento da válvula



ou ações de controle incorretas.

Figura 6 – Esquema método de diluição

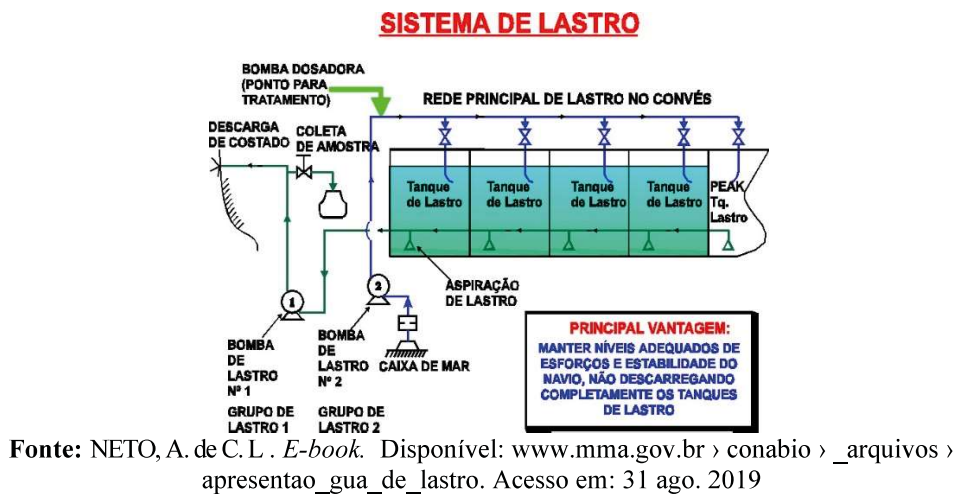


Figura 7 – Método de diluição



Fonte: NETO, A. de C. L. *E-book*. Disponível: [www.mma.gov.br > conabio > _arquivos > apresentao_gua_de_lastro](http://www.mma.gov.br/conabio/_arquivos/apresentao_gua_de_lastro). Acesso em: 31 ago. 2019

Figura 8 – Método de diluição

Fonte: NETO, A. de C. L. *E-book*. Disponível: [www.mma.gov.br > conabio > _arquivos > apresentao_gua_de_lastro](http://www.mma.gov.br/conabio/_arquivos/apresentao_gua_de_lastro). Acesso em: 31 ago. 2019

Outros métodos não homologados pela IMO

Acordo (PEREIRA, 2012) todos os métodos apresentados acima estão homologados pela IMO, contudo, pesquisas e testes estão sendo realizados para avaliar outras opções para operação dos navios. Essas novas alternativas deverão ser testadas e validadas pela IMO antes de entrarem em operação.

Diferença de pressão

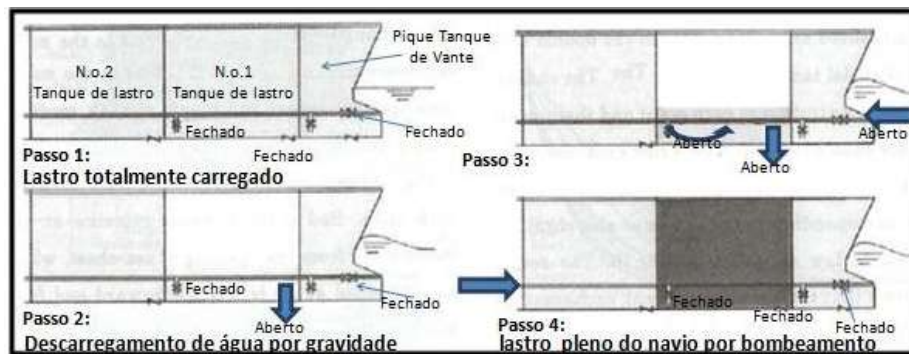
NUMATA et al., 2002,

propõem um novo método, que se baseia na diferença de pressão do fluido em torno da superfície do casco do navio enquanto se navega a vante, ou seja, por gravidade o fluido contido no interior do tanque é despejado e outro é recolocado no navio enquanto ele dirige-se a vante. De acordo com PEREIRA, 2012, neste caso, não haveria qualquer operação de bombeamento, exceto para manter um nível inicial de água no tanque enquanto o navio estiver parado, conforme mostra a Figura 62. A eficiência do método foi verificada por experimentações



em modelos e a potência total necessária para o método de fluxo contínuo. necessária para o método de fluxo contínuo. necessária foi estimada em 1/5 da potência necessária para o método de fluxo contínuo.

Figura 9 - Método por diferença de pressão

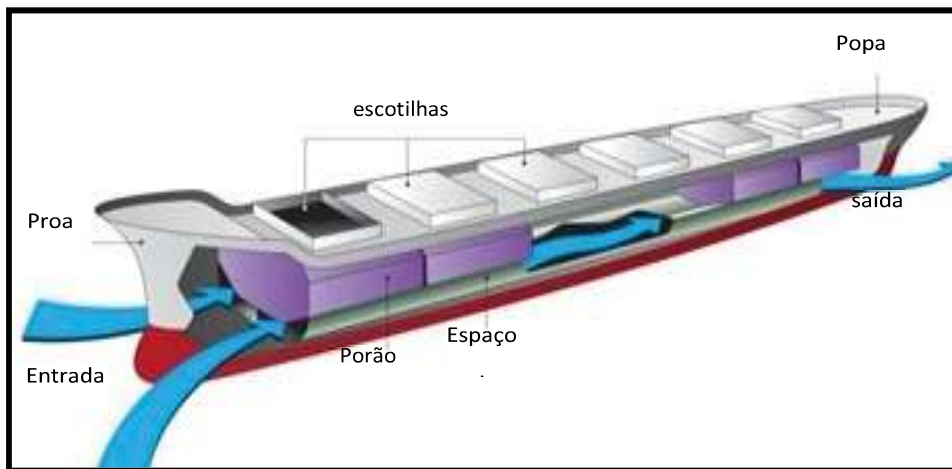


Fonte: (ITCC, 2004)

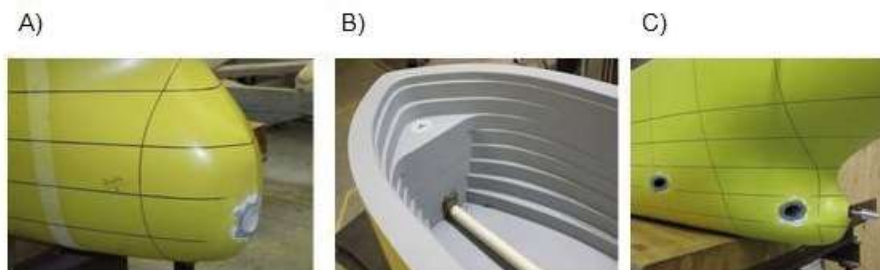
Ballast-Free

De acordo com PEREIRA, 2012, recentemente, o Departamento de Engenharia Naval e Oceânica da Universidade de Michigan desenvolveu um novo conceito de captar água de lastro denominado de Ballast-free “Lastro Livre”. Este método, que se destina, principalmente, a navios que operam nos Grandes Lagos americanos, está esquematizado na Figura 63. A Figura 64 (A, B e C) mostra os modelos de

teste utilizados para validar este sistema (KOTINIS e PARSONS, 2008).

Figura 10 - Sistema Ballast-Free – Modelo conceitual de aplicação do método

Fonte: Adaptado de Kotinis e Parsons (2007)

Figura 11 – Modelos utilizados na validação do método Ballast-Free durante os ensaios em tanques de prova para medir os coeficientes hidrodinâmicos

Fonte: Kotinis e Parsons (2007)

De acordo com PEREIRA, 2012, no conceito Ballast-Free os tanques de lastro tradicionais são substituídos por tanques longitudinais que passam por baixo da região de carga

do navio. Os tanques são conectados com o mar através de uma abertura na proa situada na linha centro do navio (Figura 64 A e B). Assim, a pressão desenvolvida pelo navio quando navegando

para vante é positiva, enquanto que a sucção na popa é negativa. Por meio deste diferencial hidrodinâmico de pressão, um lento fluxo de água é induzido através da proa para os tanques de lastro, sem a necessidade de bombas, sendo despejado através de aberturas na popa do navio (Figura 64 C) (KOTINIS e PARSONS, 2007).

De acordo com PEREIRA, 2012, enquanto o navio está em condição de lastro e em movimento, os tanques são constantemente inundados com água local. Quando a viagem do navio termina, os tanques de lastro podem ser isolados do mar por um conjunto de válvulas e o sistema pode ser esvaziado através de um sistema de bombas convencionais. O resultado desta rede é a possível eliminação do transporte de espécies exóticas de um local para outro, pois a água está

sendo renovada a todo instante (KOTINIS e PARSONS, 2007).

Contudo, a utilização deste sistema requer modificações no projeto do navio, conforme mostrado na Figura 65. Uma alteração que, segundo os autores, consiste no aumento da altura do costado, para permitir que se acumule o maior volume água nos tanques de lastro abaixo dos tanques de carga.

KOTINIS e PARSONS, 2007, conduziram estudos em tanque de provas com modelos para avaliar o desempenho e realizaram simulações numéricas usando Computational Fluid Dynamics - CFD, tendo sido testadas várias localizações para aberturas, tanto na popa quanto na proa, bem como analisaram sua influência no comportamento do navio. Além disso, os autores realizaram uma avaliação econômica do sistema para identificar

os custos das modificações do casco e seu impacto no custo total do navio.

De acordo com PEREIRA, 2012, os resultados indicaram que as aberturas no casco impuseram pequeno aumento de 3% na resistência ao avanço do navio. Por outro lado, os ajustes na posição da descarga da água a ré favoreceram a eficiência do propulsor na ordem de 7%, em relação ao navio sem aberturas, devido ao melhor direcionamento do fluxo para o propulsor. Em relação aos custos relativos ao navio, a adoção deste sistema tende a reduzir os custos com a instalação de equipamentos de tratamento de água de lastro, considerando que um sistema de tratamento convencional pode custar mais de US\$ 800.000,00. Outra vantagem apresentada é que a tripulação não tem contato com a água poluída que o navio

pode transportar, além de dificultar a deposição de sedimentos no tanque de lastro do navio.

É muito importante salientar que todas as alternativas operacionais mostradas acima buscam minimizar o risco de invasão. Considerando que o risco de uma invasão depende do volume de água despejado em um determinado local, bem como da quantidade de espécies que se transfere no processo, a aplicação efetiva de cada um destes procedimentos pode auxiliar certamente no processo de controle.

Conclusão

Sabe-se que as bioinvasões advindas da introdução de espécies exóticas através da descarga de água de lastro, e das incrustações dos navios tem ocasionado sérios problemas de ordem econômica, no Brasil, e no



exterior.

Atualmente usa-se métodos de troca de água de lastro como o principal controle da bioinvasão. Estuda-se meios de tratamento de água de lastro em terra, e a bordo de navios, como também estuda-se o reúso desta água.

Como exposto neste trabalho, já existem estudos para outros tipos de tratamento de água de lastro em que se tenha um rendimento de 100% de aproveitamento. Também já existem sistemas de tratamento de água de lastro a bordo fabricados e aprovados pela IMO.

Sabe-se que os procedimentos de troca de água de lastro em vigor afetam a estrutura do navio, além de não fornecer 100% de eficiência. Além destes métodos, já encontram-se em fase de testes outros tipos de métodos em Universidades Americanas.

O presente trabalho apresenta estudos aprofundados acerca dos procedimentos de troca da água de lastro.

Referências

AGENDA21. E-book. Disponível em: http://www.ibot.sp.gov.br/pesquisa_cientifica/restauracao_ecologica/agenda_21.pdf. Acesso em: 14 out. 2011.

ANTAQ. E-book Disponível em: http://www.antaq.gov.br/portal/Meioambiente_aguaDeLastro.asp. Acesso em: 15 out. 2011.

ANVISA. Brasil – Água de Lastro – Projeto GGPaf 2002. E-book. Disponível em: http://www.anvisa.gov.br/divulga/public/paf/agua_lastro3.pdf. Acesso em: 30 ago. 2011.



AUSTRALIAN GOVERNMENT, DEPARTMENT OF AGRICULTURE. National System for the Prevention and Management of Marine Pest Incursions. E-book. Disponível em: <http://www.daff.gov.au/animal-plant-health/pests-diseases-weeds/marine-pests/biofouling-national-system>. Acesso em: 14 maio 2014a.

AUSTRALIAN GOVERNMENT, DEPARTMENT OF AGRICULTURE. Marine Pest Sectoral Committee. E-book. Disponível em: <http://www.daff.gov.au/animal-plant-health/pests-diseases-weeds/marine-pests/mp-sect-committee>. Acesso em: 14 maio 2014b.

AUSTRALIAN GOVERNMENT, DEPARTMENT OF AGRICULTURE. Vessels. E-book. Disponível em: <http://www.daff.gov.au/biosecurity/avm/vessels>. Acesso em: 14 maio 2014c.

BRASIL. [(Resolução A.868(20) – IMO)]. Diretrizes para o Controle e Gerenciamento da Água de Lastro dos Navios, para Minimizar a Transferência de Organismos Aquáticos Nocivos e Agentes Patogênicos. Diretoria de Portos e Costas. 1997.

CUREAU, S. RECURSOS HÍDRICOS E BIODIVERSIDADE – PROLIFERAÇÃO DE ESPÉCIES INVASORAS ATRAVÉS DE ÁGUA DE LASTRO. 2012. E-book. Disponível em: <http://www.tc.gc.ca/fra/securitemaritime/desn-arctique-unclos-685>. Acesso em: 12 jul. 2012b.

CUREAU, S. RECURSOS HÍDRICOS E BIODIVERSIDADE – PROLIFERAÇÃO DE ESPÉCIES INVASORAS ATRAVÉS DE ÁGUA DE LASTRO. 2012. E-book. Disponível em: <http://www.tc.gc.ca/fra/securitemaritime/desn-arctique-unclos-685>. Acesso em: 12 jul. 2012b.



CIES INVASORAS ATRAVÉS DE ÁGUA DE LASTRO. 2012. E-book. Disponível em: <http://www.cep.unep.org/meetings-events/11th-igm/bw-convention-french.pdf>. Acesso em: 15 jul. 2012c.

Disponível em: en.wikipedia.org. Acesso em: 25 ago. 2019. 1 figura. Disponível em: [shutterstock.com](https://www.shutterstock.com). Acesso em: 25 ago. 2019. 2 figura.

HAYDEN, B. J.; INGLIS, G. J.; SCHIEL, D.R. Marine Invasions in New Zealand: a history of Complex Supply-Side Dynamics. *Ecological Studies*. Chapter 24. 2009.

HEWITT, C.L.; EVERETT, R.A.; PARKER, N. Examples of Current International, Regional and National Regulatory Frameworks for Preventing and

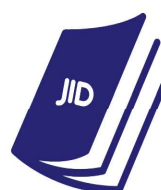
Managing Marine Bioinvasions. *Ecological Studies*. Chapter 19. 2009.

HOPKINS, G.A.; FORREST, B.M. Management options for vessel hull fouling: an overview of risks posed by in-water cleaning. *International Council for the Exploration of the Sea. Oxford Journals*. 2008.

IBAMA. Espécies exóticas invasoras: situação brasileira. Brasília: MMA. 2006. p. 24.

KOTINIS, M.; PARSONS, M. G. “Hydrodynamic Investigation of the Ballast- Free Ship Concept” *Transactions SNAME*, 115, to be presented at the Annual Meeting, November. 2007.

KOTINIS, M.; PARSONS, M. G. “Hydrodynamic Investigation of the Ballast- Free Ship Concept”



Transactions SNAME, 115, to be presented at the Annual Meeting, November. 2007. 10 figura.

KOTINIS, M.; PARSONS, M. G. “Hydrodynamic Investigation of the Ballast- Free Ship Concept” Transactions SNAME, 115, to be presented at the Annual Meeting, November. 2007. 11 figura.

KOTINIS, M.; PARSONS, M.G. Hydrodynamics of the ballast-free ship revisited. 2008.

MEDINA, et. al. A água de lastro e os seus riscos ambientais. São Paulo: ONG Água de lastro Brasil. 2009.

MINISTRY OF PRIMARY INDUSTRIES. Pests and Diseases. New Zeland. E-book. Disponível em: <http://www.biosecurity.govt.nz/pests>. Acesso em: 10 dez. 2013.

MINISTRY OF PRIMARY INDUSTRIES. Saltwater Organisms. New Zeland. E-book. Disponível em: <http://www.biosecurity.govt.nz/pests/salt-freshwater/saltwater>. Acesso em: 06 jan. 2014.

MMA. Indicadores da zona Costeira e Marinha. E-book. Disponível em: http://www.mma.gov.br/estruturas/219/_arquivos/texto_indicadores_areas_prioritarias_219.pdf. Acesso em: 11 set. 2011.

NETO, A. de C. L. Convenção Internacional para Controle e Gestão de Água de Lastro. E-book. Disponível em: http://www.mma.gov.br/conabio/_arquivos/apresentao_gua_de_lastro. Acesso em: 31 ago. 2019. 4 figura.

NETO, A. de C. L. Conven-



ção Internacional para Controle e Gestão de Água de Lastro. E-book. Disponível em: http://www.mma.gov.br › conabio › _arquivos › apresentao_gua_de_lastro. Acesso em: 31 ago. 2019. 5 figura.

NETO, A. de C. L. Convenção Internacional para Controle e Gestão de Água de Lastro. E-book. Disponível em: http://www.mma.gov.br › conabio › _arquivos › apresentao_gua_de_lastro. Acesso em: 31 ago. 2019. 6 figura.

NETO, A. de C. L. Convenção Internacional para Controle e Gestão de Água de Lastro. E-book. Disponível em: http://www.mma.gov.br › conabio › _arquivos › apresentao_gua_de_lastro. Acesso em: 31 ago. 2019. 7 figura.

NETO, A. de C. L. Convenção Internacional para Controle e Gestão de Água de Lastro. E-book. Disponível em: http://www.mma.gov.br › conabio › _arquivos › apresentao_gua_de_lastro. Acesso em: 31 ago. 2019. 8 figura.

NUMATA, H. et al. On a Natural Ballast Water Exchange Method. Transactions. West-Japan Society of Naval Architects, No.104, pp.101-109. 2002.

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

PEREIRA, N. N.; BRINATI, H. L.; BOTTER, R. C. Uma aborda-



- gem sobre água de lastro. E-book. Disponível em: http://www.ipen.org.br/downloads/XXI/083_PE-REIRA_NEWTON_NARCISO.pdf. Acesso em: 04 mai. 2012.
- PYSEK, P.; RICHARDSON, D.M.; PERGL, J.; JAROSIK, V.; SIXTOVA, Z.; WEBER, E. Geographical and taxonomic biases in invasion ecology. *Trends in Ecology and Evolution*. 23(5). 2008. p. 237–244.
- REIS, E. G., et. al. *Gestão de Água de Lastro*. Rio de Janeiro: FURG, 2003.
- RIVERA, I. N. G.; LIPP, E. K.; GIL, A.; CHOOPUN, N.; HUQ, A.; COLWELL, R.R. Method of DNA extraction and application of multiplex polymerase chain reaction to detect toxigenic *Vibrio cholerae* O1 and O139 from aquatic ecosystems. *Environ. Microbiol.* 5 (7). 2003. p. 599–606.
- SEELIGER, U.; COSTA, C. S. B. Alterações de Hábitats Devido às Atividades Antrópicas na Costa Sul do Brasil. 2003. Anais do VI Congresso de Ecologia do Brasil, Fortaleza, 2003.
- SILVA, J. S. V. da; JUNQUEIRA, A. de O. R.; FERNANDES, F. da C. Espécies exóticas e criptogênicas do macrozoobentos do substrato consolidado da Baía de Sepetiba. In: E-book. Disponível em: <http://www.seb-ecologia.org.br/viiiiceb/palestrantes/Julietta.pdf>. Acesso em 17 jul. 2012.
- SILVA, J.S.V.; et. al.. *Água de lastro e bioinvasão*. In: *Água de lastro e bioinvasão*. SILVA, J.S.V.; SOUZA, R.C.C.L. (org.). 1. ed. Rio de Janeiro: Interciência, 2004, p. 1-10.



- SOUZA, R.C.C.L., FERREIRA, C.E.L.; PEREIRA, R.C. Bioinvasão Marinha. In: PEREIRA, R.C.; GOMES, A. S. (org.). *Biologia marinha*, 2. ed. Rio de Janeiro: Interciência. 2009.
- SOUZA, L. C. de. *Águas e sua proteção*. 3. reimpressão. Curitiba: Juruá, 2011.
- SOUZA, R.C.C.L.; FERNANDES, F.C.; SILVA, E.P. A study on the occurrence of the brown mussel *Perna perna* on the sambaquis of the Brazilian coast. *Revista do Museu de Arqueologia e Etnologia*. 13. 2003. p.3–24.
- SOUZA, R.C.C.L.; FERNANDES, F.C.; SILVA, E.P. Distribuição atual do mexilhão *Perna perna* no mundo: um caso recente de bioinvasão. In: SILVA, J.S.V.; SOUZA, R.C.C.L. (org.). *Água de lastro e bioinvasão*. Rio de Janeiro: Interciência, 2004. p. 157–172.
- SOUZA, R.C.C.L.; SILVA, E.P.; FERNANDES, F.C. Sambaqui: um baú de preciosas informações. *Ciência Hoje*. 214. 2005. p. 72–74.
- SOUZA, R. C. C. L. de, CALAZANS, S. H., SILVA, E .P. IMPACTO DAS ESPÉCIES INVASORAS NO AMBIENTE AQUÁTICO. Campinas: Sociedade Brasileira para o progresso da ciência. 2019. E-book. Disponível em: cienciaecultura.bvs.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0009. Acesso em: 17 ago. 2019.
- STOVER, R. Pressure exchanger. In: *Proceedings AMTA/SCDA Joint Technology Transfer Workshop*. Corpus Christi. TX, Feb. 8-9. 2006. 3 figura.



ZANELLA, T. V. Água de Lastro: um Problema ambiental Global. Curitiba: Juruá, 2010.

