

©Copyright, 2006. Todos os direitos são reservados. Será permitida a reprodução integral ou parcial dos artigos, ocasião em que deverá ser observada a obrigatoriedade de indicação da propriedade dos seus direitos autorais pela INTERFACEHS, com a citação completa da fonte. Em caso de dúvidas, consulte a secretaria: interfacehs@interfacehs.com.br

AVALIAÇÃO DE RISCO DA INTRODUÇÃO DE ESPÉCIES MARINHAS EXÓTICAS POR MEIO DE ÁGUA DE LASTRO NO TERMINAL PORTUÁRIO DE PONTA UBU (ES)

Douglas Siqueira de Medeiros¹; Marcio Augusto Rabelo Nahuz, PhD²

¹ Mestre em Tecnologia Ambiental – IPT. Terminal Portuário de Ponta Ubu (ES) – Samarco Mineração S.A.; siqueira@samarco.com ² Docente, Mestrado em Tecnologia Ambiental – Cenatec. Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo – IPT.

RESUMO

Com o objetivo de minimizar a introdução de espécies marinhas exóticas nos portos, por meio do descarte da água de lastro dos navios, desenvolveu-se um trabalho de avaliação de risco dessa operação no Terminal Portuário de Ponta Ubu (ES, Brasil). A técnica baseou-se naquela adotada pelo Global Ballast Water Management Programme – GloBallast, da International Maritime Organization – IMO, uma agência da Organização das Nações Unidas. Essa técnica toma como base a comparação entre as características ambientais dos portos doadores e receptores de água de lastro, por isso foi necessário conhecer os parâmetros ambientais dos portos, das espécies de risco por biorregião, além dos dados sobre a água de lastro recebida, gerando um coeficiente global de risco. Com esse coeficiente foi possível separar os portos doadores de água de lastro em cinco classes de risco, ao servirem como vetor no transporte de uma espécie marinha exótica para o Terminal Portuário de Ponta Ubu.

Palavras-chave: água de lastro; análise de risco; introdução de espécies exóticas; avaliação ambiental; Ponta Ubu..

INTRODUÇÃO

Para que os navios consigam navegar em segurança quando se lançam ao mar sem carga, eles são obrigados a lastrear, que é a operação de colocar a bordo peso líquido ou sólido para garantir a sua estabilidade e a segurança da tripulação, além de evitar danos à estrutura.

Os navios, que hoje arcam com o transporte de 80 por cento de toda a mercadoria comercializada no mundo, estão sendo responsabilizados por causar impactos ambientais, econômicos e sociais em diversas regiões do globo terrestre, pois, para esse volume de carga movimentada entre os portos, eles trasladam involuntariamente 13 bilhões de toneladas de água de lastro por ano.

Essa movimentação de água de lastro, gerada pela necessidade operacional dos navios, está sendo responsabilizada pela introdução involuntária de espécies de uma região em outra e nos portos considerados como palco desses acontecimentos. Embora a água de lastro seja apontada hoje como uma das quatro maiores ameaças aos mares e oceanos, por sua atuação como vetor na introdução de espécies exóticas, a literatura relata que o fenômeno já ocorria com o lastro sólido que a antecedeu.

De acordo com o documento MEPC 49/2/3, que contém a minuta da Convenção Internacional Para o Controle e Gerenciamento da Água de Lastro de Navios e Sedimentos, em seu art. 1º, Definições, temos: “Água de Lastro significa água com seu material em suspensão, tomada a bordo do navio para controlar ‘trim’,¹ adernamento, calado,² estabilidade ou tensões de um navio”.

À medida que o navio vai sendo descarregado, ele vai captando água do local onde está atracado, por meio das suas bombas de água de lastro, que são bombas centrífugas de grande vazão, utilizadas tanto para colocar água no interior de seus tanques de lastro, como para retirá-la. A água permanecerá armazenada no interior dos tanques de lastro, até que o navio chegue ao seu porto de carregamento, onde, à medida que vai recebendo carga em seus porões, vai descarregando-a (Figura 1).

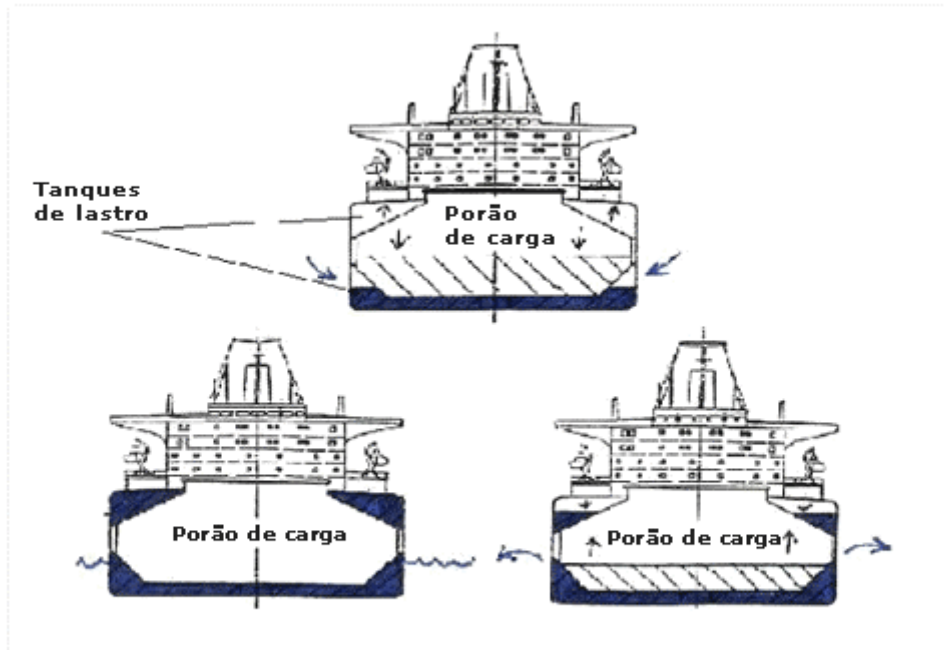


Figura 1: Ilustração da captura e descarte de água de lastro.
Fonte: Adaptado de GloBallast (2000)

Os tanques de lastro aos quais este trabalho faz menção são compartimentos estanques existentes a bordo, cuja única finalidade é o armazenamento e transporte de água de lastro. Recebem a denominação de tanques de lastro segregado, de acordo com a International Maritime Organization (IMO, 1984, p.41).

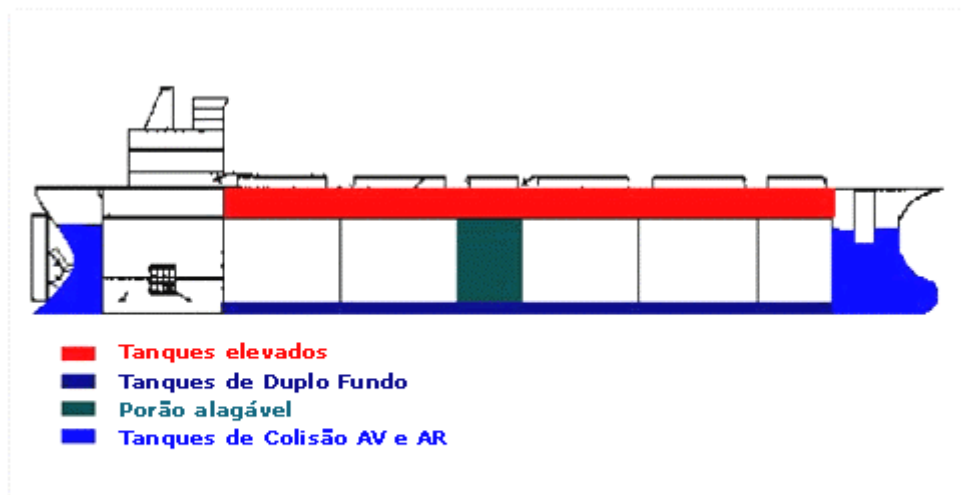


Figura 2: Vista lateral dos tanques de lastro de um navio graneleiro.
Fonte: Adaptado do GloBallast (2000).

Os tanques, nos quais é transportada a água de lastro, ficam dispostos ao longo de todo o casco do navio (Figura 2). Existe ainda a opção de se fazer lastro nos porões ou tanques de carga (FONSECA, 1960, p.129).

Embora o início da utilização do lastro líquido, sob a forma de água, nos navios, em substituição ao sólido, tenha se dado no final do século XIX, é provável que, somente durante e após a Segunda Guerra Mundial, a água de lastro tenha começado a circular em grandes volumes, dando início ao processo de introdução involuntária de espécies exóticas, por esse vetor, de acordo com Carlton e Geller (1993, p.78-82).

Espécies introduzidas também são conhecidas como espécies invasoras, alienígenas, exóticas, estrangeiras, não nativas, imigrantes e não indígenas. Às vezes essas palavras são tratadas como sinônimos, porém, em outros momentos, cada uma adquire significado diferente.

Uma espécie não nativa é aquela que ocorre em uma região onde ela previamente não existia, pelo menos em uma base de tempo histórica.

Já o termo “espécies invasoras” refere-se a um grupo definido, em termos gerais, de espécies introduzidas, que trazem ou poderiam trazer alguma medida de dano para a economia, o ambiente, ou a saúde humana.

Estima-se que, diariamente, 3 mil a 4 mil espécies estejam sendo transportadas por navios (GOLLASCH, 1997, p.151-7), ameaçando a saúde pública, a biodiversidade e as atividades socioeconômicas relacionadas, por exemplo, com as populações tradicionais, as indústrias da pesca e da aquicultura.

O primeiro registro sobre a introdução de espécies exóticas por meio da água de lastro foi feito por Ostefeld (1908), depois da ocorrência de uma floração de diatomácea *Odontella sinensis* no Mar do Norte, endêmica da costa tropical e subtropical do Indo-Pacífico. Essa ocorrência não trouxe, aparentemente, efeitos nocivos (HALLERGRAEF & BOLCH, 1992, p.1067-84).

Calcula-se que, por volta de 1908, o caranguejo chinês *Eriocheir sinensis*, ainda em sua fase larval, tenha migrado para a o sistema hidroviário alemão, embora ele só tenha sido identificado na Alemanha em 1912. Em 1930, sem causas conhecidas, a população desse caranguejo cresceu desmedidamente, invadindo ruas e causando

prejuízos às represas e diques (ROSENTHAL et al., 1998, p.3). Ele migrou da Alemanha para a Europa Ocidental através dos canais de água doce e, em seu caminho, devastou estoques de peixes (CALIXTO, 2000, p.96). O evento só veio a se repetir novamente em abril de 1998, no Rio Elba, onde 850 quilogramas ou 75 mil unidades dessa espécie foram capturadas pela população local, que se valeu somente das mãos, ou seja, não utilizou nenhum tipo de instrumento para sua captura. Em 1992, o mesmo caranguejo foi observado na Baía de São Francisco e na Califórnia, nos Estados Unidos (BROCKMAN, 1999).

Os exemplos mais conhecidos de invasões com sucesso documentado em todo o mundo são:

Dreissena polymorpha e Dreissena bugensis ou “mexilhão zebra”

Oriundo da Europa Oriental, *Dreissena polymorpha* foi introduzido, acidentalmente, através da água de lastro nos Grandes Lagos, fronteira do Canadá com os Estados Unidos (CARLTON, 1995, p.313-71). A partir daí, o “mexilhão zebra” migrou ainda de maneira involuntária para as hidrovias americanas, utilizando não só a água de lastro, como as próprias hidrovias. Hoje, ele já se espalhou por cerca de 40 por cento de toda a malha hidroviária dos Estados Unidos, gerando um gasto de cinco bilhões de dólares ao país para tentar conter sua invasão, que está ameaçando a indústria da ostra e colocando em perigo centenas de empregos, e reparar os danos materiais que ele vem causando pelo bloqueio das admissões de água das estações de bombas utilizadas no abastecimento das cidades, hidrelétricas etc.

Mnemiopsis leidyi

Endêmico da Costa Atlântica na América do Norte, teve sua primeira ocorrência externa a essa área registrada nos mares Negro e de Azov, ao sul da Ucrânia e da Rússia, em 1982, e hoje está estabelecido nas citadas regiões (SILVA et al., 2001, p.4).

O *Mnemiopsis leidyi*, atuando como predador, devorou ovos e larvas de peixes e o próprio plâncton, além de outros ctenóforos, utilizados na alimentação das anchovas. Sobre essa invasão, os cientistas fizeram uma brincadeira, dizendo que o *Mnemiopsis leidyi* é uma resposta americana ao “mexilhão zebra”. Dados divulgados no mesmo ano indicam que a competição reduziu a oferta do pescado em mais de 80 por cento nos

últimos dez anos, na Bulgária, Romênia e Turquia (NEWS JOURNAL CENTER, 1997). “Longe de seus predadores naturais e favorecidos por atributos (hermafroditismo) e habilidades específicas (reprodução em diferentes condições ambientais, alterações no seu tamanho), o *Mnemiopsis leidyi* reproduziu-se rapidamente, chegando à década de 1990 com uma população estimada de um bilhão de toneladas” (SILVA, 2001, p.3).

Limnoperna fortunei ou “mexilhão dourado”

Oriundo dos rios e córregos da China e do Sudeste da Ásia, invadiu Hong Kong em 1965, Japão e Taiwan nos anos 90 (DARRIGRAN, 2000, p.7-13) e, em 1991, pela primeira vez, foi encontrado nas Américas, na bacia do Rio da Prata, no Balneário Bagliardi, Partido Berisso e Buenos Aires, trazido provavelmente pela água de lastro dos navios transoceânicos (DARRIGRAN, PASTORINO, 1995, p.171-5). Informações não referenciadas indicam que a mesma espécie foi identificada em 1984, próximo à Colônia de Sacramento, no Uruguai. Em poucos anos, o *Limnoperna fortunei* ocupou os rios da Prata e Paraná, estimando-se que ele viaje uma média de 240 quilômetros por ano (MANSUR et al., 2004, p.33).

O mesmo autor (MANSUR et al., 1999, p.147-50) já havia feito, em 1998, o primeiro registro, no Brasil, da presença do *Limnoperna fortunei* ao sul do Rio Guaíba, na praia de Itapuã, e no porto das Pombas, município de Viamão (RS).

Em 1998, o *Limnoperna fortunei* foi encontrado na Usina Hidrelétrica de Yacyretá, na Argentina. Sua presença vem causando sérios problemas, uma vez que ele provoca a obstrução de alguns sistemas da geradora de energia elétrica (FONTES, 2002). Esse autor afirma que, em janeiro de 2000, foi detectada a presença de exemplares adultos do *Limnoperna fortunei* afixados aos cascos de dois barcos da Armada Nacional Paraguaia, que se preparavam para fazer o traslado de a jusante para a montante do reservatório de Itaipu. A raspagem dos exemplares foi efetuada e os mexilhões foram enviados à Universidade Nacional de La Plata. De acordo com o diagnóstico obtido, a Itaipu efetuou a limpeza mecânica no casco das embarcações, antes que elas fossem lançadas ao lago (FONTES, 2002).

Gymnodinium catenatum

Em 1998 o *Gymnodinium catenatum* foi identificado pela primeira vez no Brasil, em uma região de cultivo de moluscos na costa de Santa Catarina (PROENÇA et al., 2001, p.59-65). Esse dinoflagelado é produtor da toxina causadora do “paralytic shellfish poisoning” – PSP. A constatação dessa toxina em áreas de cultivo de moluscos desde a Argentina até a costa de Santa Catarina transforma a presença do *Gymnodinium catenatum* em um problema de ordem econômica e de saúde pública. O principal suspeito de causar sua distribuição nessa área é a água de lastro dos navios. O *Gymnodinium catenatum* forma cistos de resistência, o que facilita a sua sobrevivência no interior dos tanques de lastro (PROENÇA et al., 2004, p.76-98).

Alexandrium tamarense

O *Alexandrium tamarense* foi registrado pela primeira vez no Brasil, na costa do Rio Grande do Sul, em 1996 (ODEBRECHT et al., 1997, p.152). Recentemente, comparações genéticas realizadas entre cepas obtidas a partir de cistos coletados na Praia do Cassino, próxima ao porto de Rio Grande (RS), com outras, da Argentina, Uruguai e Estados Unidos, revelaram semelhança com aquelas da costa oeste deste último país. Esses resultados descartam a sua migração para o Brasil por correntes marítimas, aumentando a possibilidade de o processo de introdução ter ocorrido por meio da água de lastro de navios oriundos daquela região (PERSICH, 2001). A sua presença na costa do Rio Grande do Sul representa um potencial que pode promover na região impactos de ordem econômica e de saúde pública, uma vez que a toxina causadora de PSP pode contaminar o marisco branco, *Mesodesma mactroides*, que é explorado de bancos naturais para o consumo humano. Embora não existam dados, esse marisco e outros filtradores podem acumular, em seus tecidos, quantidades de toxinas suficientes para intoxicar seres humanos ou causar danos a outros organismos marinhos (PROENÇA et al., 2004, p.76-98).

ÁGUA DE LASTRO COMO VETOR DE DOENÇA

A possibilidade de a água de lastro descarregada nos portos impactar a saúde das populações do seu entorno foi reconhecida pela Organização Mundial da Saúde,

preocupada com o papel de propagador de bactérias causadoras de doenças epidêmicas (SILVA et al., 2004, p.1).

Um exemplo a ser citado é a epidemia de cólera, ocorrida na América Latina, a partir de janeiro de 1991. Na ocasião, o cólera teve o Peru como sua porta de entrada no continente (FUNDAÇÃO NACIONAL DE SAÚDE, 2003), aonde chegou provavelmente por meio da água de lastro. A bactéria valeu-se das bacias hidrográficas da região para se espalhar por catorze países da América do Sul, deixando, até o presente momento, um total de doze mil vítimas fatais e 1,2 milhão de casos de pessoas infectadas. Fato semelhante ocorreu na baía de Paranaguá (PR), onde a água de lastro foi considerada a principal suspeita da introdução do vírus. O surto de cólera gerado atingiu a comunidade ribeirinha em 1999, registrando 467 casos confirmados (ANVISA, 2003, p.5).

Nos Estados Unidos, foi detectado na água de lastro de navios oriundos da América do Sul o vibrião do cólera (MCCARTHY & KHAMBATY, 1994). Em 1999, a Guarda Costeira Americana (USCG) apresentou relatório sobre a observação do vibrião do cólera em uma amostra de água de lastro, mas informou, ainda no mesmo trabalho, que não havia sido possível estabelecer uma ligação dessa observação com a contaminação dos peixes na Baía de Mobile, Estado do Alabama (USCG, 1999, p.126).

MEDIDAS GERENCIAIS PARA CONTROLE DE DESLASTRO DE NAVIOS

Mediante os casos de introdução de espécies exóticas comprovados em várias partes do mundo, a IMO, agência da Organização das Nações Unidas responsável pela salvaguarda da vida humana no mar e pela preservação da vida marinha, juntou-se aos países que já trabalhavam com a introdução de espécies exóticas pela água de lastro, principalmente Austrália e Estados Unidos, e chamou para si a coordenação dos trabalhos internacionais nesse sentido, editando resoluções, desenvolvendo e financiando programas.

A IMO, em conjunto com os seus membros, criou o Programa Global de Gerenciamento de Água de Lastro (GloBallast), contando com o apoio dos Estados Membros e da indústria do transporte marítimo, que tem como objetivo apoiar os países em desenvolvimento no trato do problema de água de lastro. Os recursos para sua execução

provêm do Fundo Mundial Para o Meio Ambiente – GEF, repassados por intermédio do Programa das Nações Unidas Para o Desenvolvimento – PNUD. A IMO selecionou seis países (Figura 3) onde o programa seria implementado e desenvolvido ainda como um trabalho piloto (LEAL & JABLONSKY, 2004, p.11-9). Os escolhidos foram: Brasil, Índia, Irã, Croácia, África do Sul e China. No Brasil, foi indicado o Porto de Sepetiba como Piloto do GloBallast.

- ❶ Sepetiba – Brasil
- ❷ Dalian – China
- ❸ Bombaim – Índia
- ❹ Ilha Kharg – Irã
- ❺ Saldanha – África do Sul
- ❻ Odessa – Ucrânia

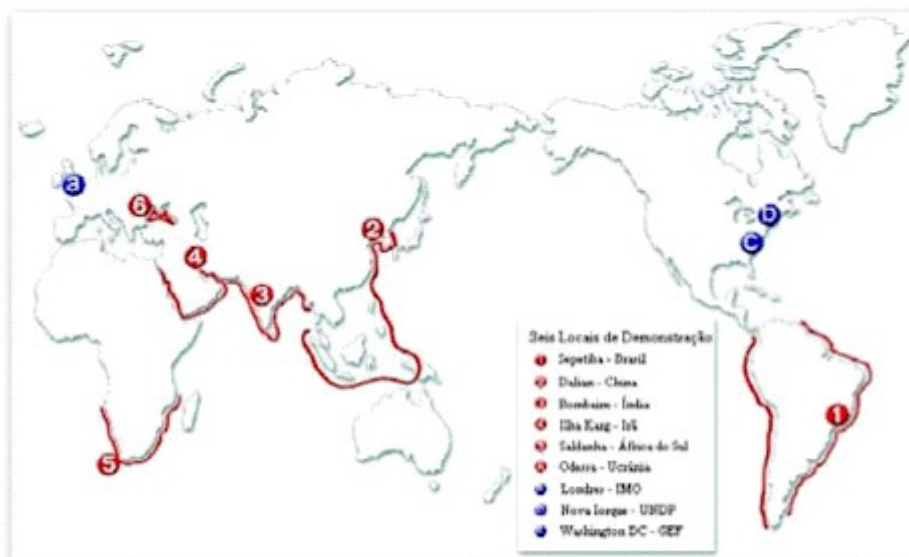


Figura 3: Portos e países escolhidos como piloto pelo Programa GloBallast.

Fonte: adaptado da Marinha do Brasil (2000).

Alguns países, preocupados com os impactos causados pelas introduções involuntárias de espécies exóticas por meio do vetor água de lastro, resolveram desenvolver e implantar algumas ações próprias, no sentido de minimizar as alterações ambientais causadas por essa atividade.

O Panamá, por iniciativa própria, adotou como medida a proibição da descarga de água de lastro no interior do seu canal, para todos os navios que o atravessem (GOLLASH, 1997, p.151-97).

Na Argentina, desde 1990, as autoridades portuárias de Buenos Aires exigem a cloração da água de lastro dos navios que chegam a seu porto. Atualmente, de acordo com a Prefeitura Naval Argentina, na Portaria n.7/98, tomo 6, que se refere à proteção ao meio ambiente, existe uma zona de proibição de ações contaminantes. O deslastro de navios estrangeiros deve ser feito fora dessa área, entretanto o uso de biocidas continua sendo autorizado, na mesma Portaria, como complemento às trocas de lastro em alto mar (SILVA, 2001, p.6).

No Chile, com o intuito de prevenir epidemias, especialmente de cólera, desde 1995 foi determinada a troca de lastro a 12 milhas da costa, para todos os navios vindos de países estrangeiros. Caso a troca não seja feita ou não possa ser comprovada, é necessária a cloração dos tanques (SILVA, 2001, p.7).

Em 1992, a Nova Zelândia, por meio do grupo de água de lastro da IMO, também elaborou suas diretrizes, que seguem a mesma linha da Austrália (SILVA, 2001, p.7). Em Israel, o Porto de Haifa adotou como medida mitigadora, para ser aplicada a todos os navios que para lá se dirijam e que necessitem efetuar a manobra de deslastro de água depois de atracados, que efetuem a troca de água de lastro em alto mar, antes de entrarem em águas territoriais israelenses (GOLLASCH, 1997, p.151).

O Terminal Portuário de Ponta Ubu situa-se no município de Anchieta, ao Sul do Estado do Espírito Santo, e sua atividade-fim é a exportação de pelotas de minério, o que tem como consequência a importação de grandes volumes de água de lastro. Preocupado com o seu potencial como porta de entrada para espécies marinhas exóticas, Ponta Ubu tomou a iniciativa de desenvolver um conjunto de medidas alinhadas com a IMO, que possibilitem minimizar o impacto causado pela operação de lastro dos navios.

OBJETIVO

O objetivo deste trabalho foi desenvolver uma tecnologia gerencial para portos, que permitisse minimizar a introdução de espécies exóticas por meio da água de lastro,

sem gerar nenhum atraso na operação dos navios nem depender de nenhum processo de tratamento da parte do porto ou do navio.

MÉTODO DESENVOLVIDO E RESULTADOS

A falta de uma legislação mandatária no âmbito internacional sobre a água de lastro, a ausência de um método reconhecidamente seguro para tratar o lastro dos navios, a inexistência, a bordo dos navios, de qualquer dispositivo para tratar a água de lastro, a impotência legal dos portos para impor qualquer tratamento para o lastro dos navios e a falta de pessoal nos portos para acompanhar o deslastro de todos os navios que chegam, acabam apontando a análise de risco da água de lastro a ser descarregada, como a técnica de gerenciamento de deslastro dos navios passível de ser aplicada.

Análise de risco da água de lastro

A análise de risco da água de lastro é uma técnica seletiva, em que se atribui aos navios que se dirijam a um determinado porto, um grau de risco em função da origem do seu lastro. Esse processo se baseia na similaridade ambiental entre o porto onde a água de lastro foi captada e o local onde ela será descarregada.

A técnica utilizada neste trabalho baseia-se naquela desenvolvida pelo programa GloBallast, na qual são gerados quatro coeficientes de risco, que resultam em um coeficiente global de risco. Por ele se classificam os portos doadores de água de lastro quanto à sua possibilidade de introduzir, de forma involuntária, espécies exóticas no porto doador. Portanto, o conhecimento sobre o lastro recebido é fundamental.

Entre 2001 e 2003, período-base para o desenvolvimento deste trabalho, o Terminal Portuário de Ponta Ubu recebeu aproximadamente 15 milhões de toneladas de água de lastro, oriundas de 84 portos diferentes, o que corresponde a uma média de 5 milhões de toneladas por ano. Esse volume anual corresponde a 13 por cento de todo o lastro movimentado no Brasil. Todo esse volume de água de lastro, importado de maneira involuntária, é oriundo da exportação de 36 milhões de toneladas de pelotas de minério de ferro (MEDEIROS, 2004, p.51-3).

O lastro recebido pelo Terminal Portuário de Ponta Ubu é do tipo segregado (MEDEIROS, 2004), isto é, o lastro é transportado em tanques destinados única e exclusivamente para esse fim (IMO, 1984, p.42). Essa característica é uma consequência do tipo de navio com o qual se opera – no caso, o navio tipo graneleiro.

No período de 2001 a 2003, o Terminal Portuário de Ponta Ubu – TPU – recebeu água de lastro de 84 portos, localizados em sete regiões diferentes: Europa, Oriente Médio, América Central, América Latina, América do Norte, África e Ásia, com sua participação distribuída como está mostrado na Figura 4 (MEDEIROS, 2004, p.53).

Das sete regiões, a que mais exportou involuntariamente água de lastro para o TPU foi o continente europeu, que contribuiu com 79,12 por cento do volume total. Desse continente, a Holanda e a França foram os países que mais doaram água de lastro, por intermédio dos portos de Roterdam, considerado o maior doador de água de lastro (segundo o ENVIRONMENTAL BALLAST WATER MANAGEMENT ASSESSMENT, 2001), e Dunquerque, respectivamente.

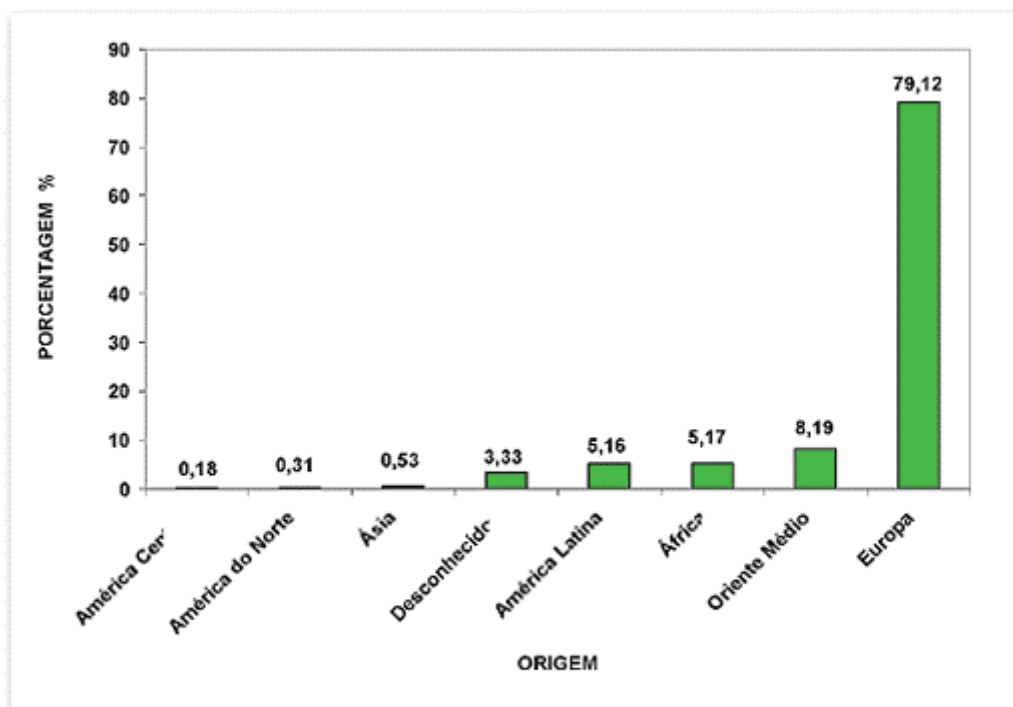


Figura 4: Percentual de água de lastro doado pelas diferentes regiões para o TPU entre 2001 e 2003.
 Fonte: Terminal Portuário de Ponta Ubu (2004).

1. Obtenção do Coeficiente de Risco de Frequência de Visitas de Inoculação (C1)

O conceito deste coeficiente é que, quanto maior a frequência no recebimento de água de lastro de um determinado porto, maiores serão as chances de reunir, naquele local, dentro de um pequeno período, um número mínimo de seres necessários para que determinada espécie consiga se reproduzir e fixar-se nesse novo ambiente.

O Coeficiente de Risco de Frequência de Visitas de Inoculação (C1) refere-se ao número mínimo de eventos de descarga (visitas) de água de lastro, oriunda de um mesmo porto.

$$C1 = \frac{\text{número de visitas recebidas de cada porto doador}}{\text{total de visitas recebidas pelo TPU}}$$

O maior C1 obtido foi 0,0951, do porto de Rotterdam, seguido pelos portos de Dunquerque e Amsterdam, ambos com C1 igual a 0,05476. No período do estudo, foi recebido pelo Terminal Portuário de Ponta Ubu um total de 347 visitas.

2. Coeficiente de Risco de Volume de Inoculação (C2)

O Coeficiente de Risco de Volume de Inoculação (C2) assume que a probabilidade de estabelecimento de uma espécie cresce à medida que aumenta o volume de água de lastro descarregada por evento, oriunda de uma mesma região (CLARKE et al., 2003b). Para a obtenção desse coeficiente foi estabelecida a relação entre o volume de água de lastro oriunda de cada porto dentro de determinado período e o volume total de água de lastro recebida pelo Terminal Portuário de Ponta Ubu, no mesmo período (CLARKE et al., 2003a).

$$C2 = \frac{\text{volume de água de lastro recebida de cada porto doador no período}}{\text{total de água de lastro recebida pelo TPU no período}}$$

Dentre os 84 doadores, o maior C2 foi o do porto de Rotterdam. Os doze maiores valores de C2 são praticamente os mesmos portos que apresentaram os maiores valores C1, porém não na mesma ordem de classificação do grau de risco.

3. Coeficiente de Risco de Similaridade Ambiental (C3)

O Coeficiente de Risco de Similaridade Ambiental (C3) toma como base a hipótese de que a probabilidade de estabelecimento de uma espécie é proporcional ao grau de similaridade da área de origem com a área de destino.

O C3 é proveniente de uma análise multivariada conduzida paralelamente à análise de riscos, das quais são gerados os valores de similaridade ambiental entre o porto receptor e cada porto doador de água de lastro. Esse coeficiente apresenta valores que variam de 0,05 (similaridade mínima) a 1,0 (similaridade máxima). A análise de similaridade ambiental é realizada com o software “Primer 5”, que trabalha 34 variáveis ambientais (como descritores para cada porto) e o Coeficiente de Distância Euclidiana (JUNQUEIRA & LEAL, 2003).

$$C3 = \frac{\text{coeficiente de distância do porto doador}}{\text{maior coeficiente de distância}} + 0,05$$

O Coeficiente de Distância Euclidiana gera, a partir da comparação dos parâmetros do porto doador com o do receptor, o Coeficiente de Distância do Porto. O princípio é que quanto maior for esse coeficiente, menor será a similaridade entre os portos, e quanto menor ele o for, maior será a semelhança entre os dois ambientes.

Para solucionar o problema da falta de dados de alguns portos, utilizou-se o estudo de Miklos Udvardy, desenvolvido em 1975, no qual o mundo foi dividido em 204 biorregiões, com base no princípio de que a similaridade ambiental dentro de uma mesma região aumenta a probabilidade de que uma espécie presente em um ponto dessa biorregião possa migrar e fixar-se em outro ponto dentro dela, por vias naturais de deslocamento, ou por meio da interferência de atividades do homem (CLARKE et al., 2003a).

4. Coeficiente das Espécies de Risco do Porto Doador (C4)

O Coeficiente das Espécies de Risco do Porto Doador (C4) fornece uma medida do risco apresentado pelo porto doador relacionado ao número de espécies de risco (introduzidas, potencialmente nocivas e nocivas) presentes na biorregião do porto. A

obtenção desse coeficiente é feita por meio de uma proporção entre a soma de todas as espécies: introduzidas (I), nocivas potenciais (P) multiplicado pelo peso estabelecido (W1), e nocivas ou de risco (N) multiplicado pelo peso estabelecido (W2). Os pesos variam de 0 a 10 (JUNQUEIRA & LEAL, 2003, p.5).

$$C4 = \frac{I + (PW1) + (NW2)}{\text{total de espécies de risco por biorregião}}$$

5. Coeficiente Global de Risco (CGR)

O Coeficiente Global de Risco (CGR) é uma média ponderada de todos os coeficientes calculados para água de lastro recebida de cada porto, pelo Terminal Portuário de Ponta Ubu.

$$CGR = \frac{(C1 + C2 + C3 + (C4 \times R))}{4}$$

6. Fator de Redução de Risco em Função do Volume (R)

O Fator de Redução de Risco em Função do Volume (R) é obtido na Tabela 1 de conversão, cujo número de dias em que a água de lastro permaneceu armazenada no interior dos tanques é corrigido por um fator, pois, quanto mais tempo a espécie permanecer naquele local, menores serão as suas chances de sobreviver nesse ambiente, em razão da atmosfera hostil que se cria no interior desses tanques (JUNQUEIRA & LEAL, 2003, p.4-5).

Tabela 1: Fator de correção em função do tempo de armazenamento (R)

T (dias)	<5	5-10	10-20	20-50	>50
R	1,0	0,8	0,6	0,4	0,2

Fonte: Clarke et al. (2003).

Ao término do processamento dos quatro coeficientes de risco pelo CGR, para cada um dos 84 portos dos quais o Terminal Portuário de Ubu recebe água de lastro, eles receberam a seguinte distribuição quanto ao seu grau de risco de doar uma espécie para o porto receptor: 12 de altíssimo, 13 de alto, 14 de médio, 17 de baixo e 28 de baixíssimo risco (MEDEIROS, 2004, p.76).

Os portos brasileiros de Sepetiba (RJ), Praia Mole (ES), São Sebastião e Santos (SP), Imbituba (SC), Aratu e Ilhéus (BA) e Recife (PE) ocupam oito dos doze lugares na classificação de altíssimo risco. A participação dos portos brasileiros nessa classe é de quase 67 por cento, seguida dos portos mediterrâneos, com 25 por cento, e dos portos do oeste europeu, com 8,33 por cento (MEDEIROS, 2004, p.77).

Dos portos de Dunquerque, Rotterdam e Ijmuidem, apontados pelo levantamento de água de lastro realizado para o TPU como seus maiores doadores em volume de lastro, apenas o primeiro foi classificado como de alto risco, e os dois últimos foram apenas o sétimo e oitavo colocados entre os portos de médio risco. Outro fato que chamou a atenção é que somente três dos portos enquadrados como de altíssimo risco haviam exportado um volume considerável de água de lastro para o Terminal Portuário de Ponta Ubu (MEDEIROS, 2004, p.81).

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os resultados gerados pela avaliação de risco e evidenciados no decorrer do trabalho permitem identificar não só os portos, mas também as regiões geográficas que possuem maior probabilidade de introduzir uma espécie exótica, com êxito, no corpo hídrico do Terminal Portuário de Ponta Ubu, indicada pelo Risco Relativo.

O fato de os portos brasileiros apresentarem grande similaridade ambiental entre si é preocupante, pois, uma vez introduzida uma espécie com sucesso em um desses portos, serão encontradas condições favoráveis para que ela se difunda para os demais (JUNQUEIRA & LEAL, 2003, p.6).

Ainda que se admita que a técnica não seja totalmente eficaz, ela é aplicável dentro da competência dos portos, e possível de ser requerida dos navios, se for levado em consideração o despreparo atual dos navios, tanto do ponto de vista técnico como do

conhecimento para lidar com a novidade representada pelo tema “introdução de espécies exóticas por meio de água de lastro”. Vale ressaltar que os métodos em desenvolvimento para tratamento da água de lastro também não conseguem atingir um alto índice de eficiência e alguns desses processos exigem transformações dispendiosas e de difícil atendimento por parte dos navios, a curto e médio prazo, além da potencial geração de resíduos, que podem impactar negativamente tanto o meio ambiente como a saúde humana.

A avaliação de risco é uma ferramenta de gestão de caráter indicativo, ou seja, não possui dispositivos ou características de execução e, portanto, precisa estar associada a outra ferramenta de gestão, aplicativa, com base em seus indicativos. É recomendável, assim, o desenvolvimento e o estabelecimento de procedimentos não só capazes de gerenciar a descarga de água de lastro, mas que também permitam fiscalizar o seu cumprimento por parte dos navios. Um conjunto desses procedimentos deve ser elaborado de acordo com as particularidades de cada porto. No caso do Terminal Portuário de Ponta Ubu, o autor principal elaborou, em paralelo ao desenvolvimentodeste trabalho, um conjunto de procedimentos que orientam não só o navio mas também o citado Terminal, sobre qual postura deverá ser adotada de acordo com os indicativos da análise de risco.

A prevenção da introdução de espécies marinhas exóticas por meio de água de lastro é um tema relativamente novo para a ciência. Isso significa que este trabalho não termina com a presente investigação, reforçando a necessidade de que estudos e pesquisas sobre o tema tenham prosseguimento, visando à ampliação e ao aperfeiçoamento dessas técnicas.

NOTAS

1 Trim – ângulo de inclinação do navio para vante ou para ré; posição do navio dentro d'água.

2 Calado – altura do navio submersa.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AGÊNCIA NACIONAL DE VIGILÂNCIA SANITÁRIA – ANVISA. Brasil: água de lastro Anvisa. Brasília: Ministério da Saúde, 2003. 5p. Disponível em: www.anvisa.gov.br/paf/agua_lastro3.pdf. Acesso em: 18 out. 2003.

BROCKMAN, R. Chinese mitten crabs in California (*Eriocheir sinensis*). 1999. Disponível em: www.mp.usbr.gov/mittencrabs.html. Acesso em: 12 dez. 2000.

CALIXTO, R. J. Poluição marinha origens e gestão. Brasília: Ed. Ambiental, 2000. cap. 5, p.93-111.

CARLTON, J. T. Transoceanic and inter-oceanic dispersal of coastal marine organisms: The biology of ballast water. *Oceanography and Marine Biology: an Annual Review*, v.23, p.313-71, 1995.

CARLTON, J. T.; GELLER, J. B. Ecological roulette: the global transport of nonindigenous marine organisms. *Science*, Washington (DC), v.261, n.5117, p.78-82, 1993.

CLARKE, C. et al. Ballast water risk assessment. Port of Sepetiba, Federal Republic of Brasil. London: IMO, 2003a. (GloBallast Monograph Series, 14)

CLARKE, C. et al. Ballast water risk assessment. Port of Khark Island, Islamic Republic of Iran. London: IMO, 2003b. (GloBallast Monograph Series, 8)

DARRIGRAN, G. Invasive Freshwater Bivalves of the Neotropical Region. *Dreissena*, New York, v.11, n.2, p.7-13, 2000.

DARRIGRAN, G.; PASTORINO, G. The recent introduction of a freshwater asiatic bivalve *Limnoperna fortunei* (Mytilidae) into South America. *The Veliger*, Berkeley, v.32, n.2, p.171-5, 1995.

FONSECA, M. M. Arte naval. 2.ed. Guanabara: IBGE, 1960. p.129.

FONTES, J. H. M. A presença do bivalve invasor *Limnoperna fortunei* na Hidroelétrica de Itaipu. In: SEMINÁRIO BRASILEIRO SOBRE ÁGUA DE LASTRO, 2. 2002, Arraial do Cabo (RJ). Resumo. Arraial do Cabo: Instituto de Pesquisas Oceanográficas Almirante Paulo Moreira, 2002.

FUNDAÇÃO NACIONAL DA SAÚDE. Cólera. Brasília: Ministério da Saúde, [2000]. Disponível em: www.funasa.gov.br/guia_epi/htm/doencas/cólera/index.htm. Acesso em: 18 out. 2003.

GOLLASCH, S. Removal of barriers to the effective implementation of ballast water control and management measures in developing countries. [s.l.]: GEF/IMO/UNDP, 1997. p.151-97. (Report)

HALLERGRAEFF, G. M.; BOLCH, C. J. Transport of distom and dinoflagellate resting spores in ships ballast water: implication for plankton biogeography and aquaculture. *Journal of Plankton Research*, Oxford, v.14, p.1067-84, 1992.

INTERNATIONAL MARITIME ORGANIZATION – IMO. Marine pollution, 73/78. London, 1984. Annex I, p.41-2.

JUNQUEIRA, A.; LEAL, A. Avaliação de risco de água de lastro. In: Seminário sobre Meio Ambiente Marinho, 4. Rio de Janeiro: Sobena, 2003. p.1-6.

LEAL, A. N.; JABLONSKY, S. O Programa GloBallast no Brasil. In: SILVA, J.; SOUZA, R. Água de lastro e bioinvasão. Rio de Janeiro: Interciência, 2004. cap. 2, p.11-9.

MANSUR, M. C. D. et al. *Limnoperna fortunei* moluscos bivalves invasores, na Bacia do Guaíba, Rio Grande do Sul, Brasil. *Biociências*, Porto Alegre, v.7, n.2, p.147-50, 1999.

MCCARTHY, S. A.; KHAMBATY, F. M. International dissemination of epidemic *Vibrio cholerae* by cargo ship ballast and other nonpotable waters. *American Soc. for Microbiology*, v.60, n.7, 1994.

MANSUR, M. C. D. et al. Prováveis vias de introdução de *Limnoperna fortunei* (Dunker, 1857) (Mollusca, Bivalvia, Mutilidae) na Bacia da Laguna dos Patos, Rio Grande do Sul e novos Registros de Invasão no Brasil pelas Bacias do Paraná e Paraguai. In: SILVA, J.; SOUZA, R. Água de lastro e bioinvasão. Rio de Janeiro: Interciência, 2004. cap. 4, p.33-338.

MEDEIROS, D. S. Avaliação de risco da introdução de espécies marinhas exóticas por meio de água de lastro no Terminal Portuário de Ponta Ubu (ES). São Paulo: Instituto de

Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo/ Centro de Ensino Tecnológico. 2004. cap. 6, p.51-87.

MEPC 49/2/3. Annex 2: draft international convention for the control and management of ships' ballast water and sediments. London: IMO, 2003. p.1-6.

A potential fight: alien vs. alien in the black sea. News Journal Center, Daytona Beach, 7 Dec. 1997. Disponível em: www.n-jcenter.com/97/dec/7/en1.htm. Acesso em: 20 abr. 2001.

ODEBRECHT, C.; MÉNDEZ, S.; GARCIA, V. M. T. Oceanographic processes and harmful algae blooms in the Subtropical Southwestern Atlantic. In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON HARMFUL ALGAE, 8, 1997, Vigo. Anais...Vigo: Instituto Espanhol de Oceanografía, 1997. 152p.

OSTENFELD, C. H. On the immigration of *Biddulphia Sineses* Grev. and its occurrence in the north sea during 1903-1907. Medd. Komm. Havunders., Ser Plankton, v.1, n.6, p.1-46, 1908.

PERSICH, G. R. Estudos sobre a fisiologia, genética e toxicidade de dinoflagelado *Alexandrium tamarense* (Lebour) Balech do Sul do Brasil. 2001. Tese (Doutorado) – Fundação Universidade de Rio Grande do Sul.

PROENÇA, L. A. O.; TAMANAHA, M. S.; SOUZA, N. P. The toxic dinoflagellate *Gymnodinium catenatum* in Southern Brazilian Waters: occurrence, pigments and toxins. Atlântica, Rio Grande, v.23, p.59-65, 2001.

PROENÇA, L. A. O.; FERNANDES, L. F. Introdução de microalgas no ambiente marinho: impactos negativos e fatores controladores. In: SILVA, J.; SOUZA, R. Água de lastro e bioinvasão. Rio de Janeiro: Interciência, 2004. cap. 7, p.76-98.

ROSENTHAL, H. et al. Testing monitoring systems for risk assessment of harmful introductions by ship to european waters. In: EUROPEAN MARINE SCIENCE AND TECHNOLOGY CONFERENCE, 3. Lisboa, 1998. Resumo... Bruxelas: Comissão Europeia, 1998.

SILVA, J. Avaliação de sobrevivência de organismos transportados por água de lastro de navios mercantes. Arraial do Cabo: Instituto de Estudos do Mar Almirante Paulo Moreira/ Departamento de Oceanografia, 2001. cap. 1, p.1-11.

SILVA, J. et al. Água de lastro. Ciência Hoje, São Paulo, v.32, n.188, p.4, 2001.

SILVA, J. et al. Água de lastro e bioinvasão. Rio de Janeiro: Interciência, 2004. cap. 1, p.1-8.

TERMINAL PORTUÁRIO DE PONTA UBU. Arquivos do Departamento de Operações Portuárias. Anchieta: Samarco Mineração, Gerência do Porto, 2004.

Universidade Federal do Espírito Santo. Relatório água de lastro. In: Samarco Mineração S.A. Vitória: Departamento de Ecologia/UFES, 2003.

UNITED STATES COAST GUARD – USCG. 33 CFR Part 151: National invasive species act of 1996. Washington (DC), 1999. v.64, n.94, p.1-26.