



## **Caracterização da água de lastro de embarcação no porto de Imbituba (SC)**

**Leonardo Tschá<sup>1</sup>, Cristina Benincá<sup>2</sup>, André Nagalli<sup>3</sup>, Flavio Bentes Freire<sup>3</sup>**

<sup>1</sup> Universidade Tecnológica Federal do Paraná (leonardotscha@hotmail.com)

<sup>2</sup> Universidade Federal do Rio Grande (cristina.beninca@bol.com.br)

<sup>3</sup> Universidade Tecnológica Federal do Paraná (nagalliutfpr@gmail.com)

<sup>3</sup> Universidade Tecnológica Federal do Paraná (freireutfpr@gmail.com)

### **Resumo**

Neste trabalho foi realizada a caracterização físico-química da água de lastro coletada em embarcação atracada no porto de Imbituba, no litoral sul do estado de Santa Catarina. As amostras foram analisadas in situ para os parâmetros: densidade, ferro total, alcalinidade, dureza, bromo, cloro livre e total, pH e temperatura. No laboratório os parâmetros analisados foram: sólidos suspensos, turbidez e transmitância à 254 nm. Verificou-se com os resultados obtidos a proximidade de valores com os outros estudos realizados até o momento, possibilitando a comparação com estes quanto à viabilidade de utilização de alguns métodos de desinfecção (radiação UV, ozonização e tratamento térmico), conforme as características apresentadas pela amostra. Dentre os parâmetros analisados, a dureza destacou-se por inviabilizar os processos de desinfecção encontrados na literatura, devido à precipitação e incrustação de carbonatos e bicarbonatos nos sistemas que poderiam vir a ser instalados nas embarcações. A similaridade das características da água de lastro e do mar indicaram ainda, a possibilidade de sobrevivência de organismos vivos durante o deslocamento da embarcação, não eliminando-se por completo o risco de bioinvasão apenas com a troca da água de lastro em alto mar.

Palavras-chave: Água de lastro. Impacto Ambiental. Parâmetros físico-químicos.

Área Temática: Recursos Hídricos.

### **Ballast water characterization of a vessel at the Port of Imbituba (SC)**

#### **Abstract**

*This work bases on the physicochemical characterization of the ballast water collected from a vessel in the port of Imbituba, on the southern coast of the state of Santa Catarina. The samples analyzed in situ for the following parameters: density, total iron, alkalinity, hardness, bromine, free and total chlorine, pH and temperature. Other parameters analyzed in the laboratory were: suspended solids, turbidity and transmittance at 254 nm. The characterization results were very close to the ones found in the literature noticing the possibility of using some disinfection methods (UV radiation, ozonation and heat treatment). Among the analyzed parameters, we can stress the hardness because it makes the disinfection processes found in the literature unfeasible, due to a precipitation and incrustation of carbonates and bicarbonates in the systems. The similarity of the characteristics of seawater and ballast water indicates the risk of survival of living organisms during the displacement of the vessel, not eliminating completely or risk of bioinvasion only with a ballast water exchange in open seas.*

*Key words: Ballast water. Environmental Impact. Physicochemical parameters.*

*Theme Area: Water resources.*



## 1 Introdução

Dada a importância comercial das cargas transportadas pelas embarcações, a engenharia naval desenvolveu diversos sistemas para garantir a segurança da tripulação e a estabilidade de embarcações, dentre estes, destaca-se o lastreamento, que é o enchimento de porões e tanques das embarcações com água para controlar o calado (parte submersa do navio), uma vez que a distribuição da carga sobre a embarcação é variável (NRC, 1996).

A água de lastro é captada nos portos onde é feito o descarregamento do navio e juntamente com esta água, são carregadas diversas espécies vivas que serão transportados ao porto de destino, causando a bioinvasão (LIMA, 2013).

A bioinvasão acontece quando espécies são levadas, seja involuntária ou propositalmente, de seu habitat natural para outra região. Elas se adaptam e causam desequilíbrio do ecossistema em que se instalam, refletindo de forma negativa na biodiversidade, na saúde pública e na economia regional. Um caso conhecido de bioinvasão por meio aquático no Brasil é o do mexilhão dourado (*Limnoperna fortunei*), que chegou por meio de embarcações vindas do sul da Ásia para o rio da Prata. A população de mexilhões se alastrou pelo rio Paraná causando problemas ambientais sérios, comprometendo espécies nativas, além de encarecer a manutenção de usinas hidrelétricas como a usina de Itaipu, pela incrustação dos mexilhões nas instalações (DARRIGAN & DAMBORENEA, 2005).

Para minimizar as chances de bioinvasão por meio da água de lastro, a Organização Marítima Internacional (International Maritime Organization - IMO) orientou seus países membros a seguirem certas diretrizes para controle de epidemias e poluição causadas pelo processo de descarte da água de lastro. Dentre essas diretrizes, destaca-se a de 1993, por meio da qual a IMO estabeleceu que a troca de água de lastro deveria ser realizada a pelo menos 200 milhas náuticas (370 km) da costa, em águas de pelo menos 200 metros de profundidade, trocando-se no mínimo 95% do volume de água de lastro. Este procedimento pode ser executado de três formas distintas: o método sequencial consiste no completo esgotamento dos tanques seguido de enchimento; o método de fluxo contínuo os tanques são esvaziados ao mesmo tempo em que a água oceânica é bombeada para dentro da embarcação; e o método de diluição promove o carregamento do lastro pelo topo enquanto a descarga do lastro é feita pelo fundo do tanque (MARINHA DO BRASIL, 2014).

Sabe-se que estes procedimentos possuem eficiência que varia de 85% a 99% (WONHAM et al., 1996), portanto, parte da água de lastro vinda do porto de origem permanece nos tanques contendo possivelmente espécies exóticas que serão introduzidas ao ambiente no momento de deslastro.

Para atender às exigências de qualidade da água estabelecidas pela IMO, alguns métodos de tratamento alternativos a bordo do navio têm sido adaptados, como filtração, radiação ultravioleta, ultrassom, aquecimento e biocidas, e, por apresentarem eficiência limitada, são utilizados de forma combinada (PEREIRA, 2012).

Além dos sistemas de tratamento a bordo, sistemas de tratamento em terra também estão sendo desenvolvidos, ainda que estes últimos não sejam totalmente aceitos por administradores de portos devido a questões de logística no momento de transferência da água de lastro das embarcações para as centrais de tratamento em terra (PEREIRA, 2012).

Com seus 8,5 mil quilômetros navegáveis e 34 portos marítimos em operação (CODEBA, 2016), o Brasil é um país vulnerável a bioinvasão, sendo de grande importância fazer o controle e monitoramento da água de lastro descarregada no litoral nacional.

Diante deste contexto, neste trabalho buscou-se caracterizar, através de alguns parâmetros físicos e químicos, a água de lastro descartada por uma embarcação no porto de Imbituba, no litoral sul de Santa Catarina.



## 2 Características do local do estudo

Imbituba é uma cidade portuária, localizada no litoral sul do estado de Santa Catarina, distante 90km de Florianópolis (IMBITUBA, 2016). Ocupa uma área de 182.929 km<sup>2</sup> e possui uma população de aproximadamente 40 mil habitantes (IBGE, 2016).

O porto de Imbituba (Figura 1) está localizado na cidade de Imbituba, numa enseada de mar aberto protegida de ventos e ressacas por um molhe de 850 m. O porto é administrado pela SCPar Porto de Imbituba S.A., pertencendo ao estado de Santa Catarina. Possui área terrestre de 1.550.000 m<sup>2</sup> e área aquática de 750.000 m<sup>2</sup> (PORTO DE IMBITUBA, 2016).

Figura 1 – Localização do Porto de Imbituba



Por meio dos três berços de atracação, o porto está apto a escoar a produção de granéis sólidos e líquidos, contêineres e cargas em geral dos três estados da região sul do Brasil, com influência direta no Mercosul. Anualmente atracam mais de 200 embarcações no porto de Imbituba (PORTO DE IMBITUBA, 2016).

## 3 Embarcação analisada

Para o presente estudo, obteve-se o acesso ao navio graneleiro *Double Pride*, construído em 2012 no Japão, de bandeira das ilhas Marshall e registro panamenho. A embarcação possuía 235 m de comprimento, 38 m de largura e altura (da quilha ao mastro do radar) de 49 m, continha 7 porões, totalizando uma capacidade de carga de aproximadamente 110000 m<sup>3</sup>.

O *Double Pride* saiu do porto de Mormugão de Goa, na Índia, onde carregou 5 de seus 15 tanques de lastro, sendo previsto a utilização do método de fluxo contínuo para a troca da água de lastro do tanque 3 (a ser deslastrado em Imbituba) nas coordenadas 31-30 S , 003-56 E (Figura 2).

O tanque nº3 possuía um volume de 8471,84 m<sup>3</sup>, e foram utilizados cerca de 27900 m<sup>3</sup> de água durante o procedimento de troca, ou seja, 329,32% do volume total do tanque, atendendo as recomendações da IMO (2008).



Figura 2 - Ponto de troca da água de lastro do tanque n° 3



#### 4 Amostragem e análises físico-químicas

Com o intuito de avaliar a qualidade da água de lastro de embarcações que possam trazer o risco da bioinvasão para a região estudada, foram considerados navios vindos de águas internacionais. Conforme liberação da autoridade portuária, foi realizada uma coleta de amostra em navio graneleiro em 17 setembro de 2016.

A amostra foi obtida por meio da abertura da escotilha de acesso aos tanques localizada a bombordo (Topside Tank). Com o auxílio da tripulação, lavou-se o recipiente de amostragem com a água de lastro que foi descartada e posteriormente preenchido novamente com a água do tanque.

Algumas análises foram realizadas in loco, e as complementares executadas no Laboratório de Saneamento da Universidade Tecnológica Federal do Paraná (conforme informado no Quadro 1).

Quadro 1 – Análises físico-químicas realizadas na água de lastro da embarcação

Parâmetro	Forma / Método de Análise	Equipamento	Nº do Método	Referência
Densidade	<i>in loco</i>	Hidrômetro	-	-
Alcalinidade	<i>in loco</i>	Multiparâmetro	-	-
Dureza	<i>in loco</i>	Multiparâmetro	-	-
Bromo	<i>in loco</i>	Multiparâmetro	-	-
Ferro Total	<i>in loco</i>	Multiparâmetro	-	-
Cloro Livre	<i>in loco</i>	Multiparâmetro	-	-
Cloro Total	<i>in loco</i>	Multiparâmetro	-	-
Temperatura	<i>in loco</i>	Termômetro de espeto	-	-
pH	<i>in loco</i>	pH-metro de bolso	-	-
Turbidez	-	Turbidímetro	-	-
Sólidos Totais em Suspensão	Gravimétrico	Estufa	2540_D	APHA (2005)
Transmitância ( $\lambda=254\text{nm}$ )	Espectrofotometria	Espectrofotômetro	-	-

Para a preservação, durante o transporte a amostra foi mantida em caixa térmica com gelo, e no laboratório esta foi mantida sob refrigeração, conforme instruções do Guia Nacional de Coleta e Preservação de Amostras (ANA, 2011).



## 5 Resultados

Na Tabela 1 são mostrados os dados obtidos nos ensaios in loco e em laboratório para a caracterização físico química da água de lastro.

Tabela 1 – Resultados da caracterização da água de lastro da embarcação

Parâmetro	Resultados
Densidade (kg/L)	$1,0250 \pm 0,0005$
Sólidos Suspensos (mg/L)	$0,374 \pm 0,015$
Ferro Total (ppm)	$0,1 \pm 0,1$
Alcalinidade (ppm)	$114 \pm 16$
Dureza (ppm)	$>320$
Bromo (ppm)	$<0,01$
Cloro Livre (ppm)	$0,01$
Cloro Total (ppm)	$0,03$
pH	$7,9 \pm 0,1$
Turbidez (NTU)	$0,2$
Transmitância à 254nm (%)	$96,9 \pm 1,7$
Temperatura (°C)	$21,8 \pm 0,5$

A densidade da água do mar varia conforme a temperatura e a salinidade. Porém, a água de alto mar, onde a concentração de sais é considerada constante, possui valor médio de 1,025 kg/L a uma temperatura de 25°C (SATO, 2012). A densidade da água de lastro estudada neste trabalho, também de 1,025 kg/L, comprova que a troca da água foi realizada segundo recomendações da Organização Marítima Internacional (IMO, 2008).

Os valores obtidos para sólidos suspensos foi de 0,374 mg/L. Segundo Oemcke e Van Leeuwen (2003), deve-se tomar cuidado com os valores deste parâmetro, pois há um processo de floculação e sedimentação no interior dos tanques durante todo o período de trânsito da embarcação. Logo estes valores variarão dependendo da diferença de tempo entre captação e coleta de amostras, além da profundidade em que a amostra for coletada no tanque.

Oemcke e Van Leeuwen (2003) demonstraram em seu trabalho a variação da concentração de ferro dissolvido e total conforme o método de coleta de amostra. Amostras obtidas pelo bombeamento do tubo de sondagem apresentam valores superiores (de 1 mg/L a 4,9 mg/L), enquanto aquelas obtidas do bombeamento da casa de máquinas ou diretamente no momento do deslastro apresentam valores inferiores (de 0,2 mg/L a 0,3 mg/L). Para a amostra coletada por meio de abertura da escotilha, obteve-se valor de 1,5 mg/L, acima dos 0,1 mg/L encontrados neste estudo.

Ainda destaca-se que a idade da embarcação pode influenciar os resultados das análises de ferro, pois em navios mais novos os processos de oxidação dos tanques não iniciaram ou estão em estágios iniciais. Por outro lado, navios mais antigos já podem ter seus tanques mais afetados pela corrosão (OEMCKE & VAN LEEUWEN, 2003). O navio estudado foi construído em 2012, o que explica os baixos teores de ferro.

Além disso, o teor de ferro influencia diretamente outros parâmetros, como turbidez, transmitância, sólidos suspensos, alcalinidade e pH (OEMCKE & VAN LEEUWEN, 2003), justificando os valores baixos encontrados para turbidez e sólidos suspensos e alta porcentagem para transmitância.

Segundo Von Sperling (2005), valores de dureza acima de 300 mg/L  $\text{CaCO}_3$  para a água a classificam como muito dura, o que leva a incrustação de carbonatos e bicarbonatos principalmente em altas temperaturas.





Desta forma, os valores acima de 320 mg/L  $\text{CaCO}_3$  encontrados desencorajam a utilização de tratamentos térmicos para a desinfecção da água de lastro avaliada, pois levariam a incrustação destes carbonatos nas tubulações que transportam a água de lastro ao sistema de refrigeração dos motores, causando a obstrução do encanamento e encarecendo a manutenção do navio.

Apesar dos teores de alcalinidade, ferro, turbidez e pH estarem adequados ao tratamento por meio de desinfecção UV, os valores elevados de dureza podem afetar a solubilidade de metais que absorvem a radiação UV (USEPA, 1999).

O abrandamento ou amolecimento da água (redução dos valores de dureza) pode ser feito por meio de processos químicos que promovem a precipitação ou solubilização dos bicarbonatos, sulfatos e cloretos (MACÊDO, 2004).

Macêdo (2004) sugere a utilização do processo de cal soda a frio e a quente para o abrandamento de águas com alta dureza (acima de 150 mg/L). O processo a frio pode levar a dureza a valores de 15 a 30 mg/L, enquanto o processo a quente de 5 a 15 mg/L. O processo é baseado na utilização de cal ( $\text{CaO}$ ) e da soda ash ( $\text{Na}_2\text{CO}_3$ ), dosando-se estes reagentes conforme o valor de dureza da água.

O teor de Bromo nas amostras estudadas foi indetectável para o Multiparâmetro utilizado no ensaio in loco. Sendo o Bromo um dos elementos que limita a eficiência da desinfecção por ozônio, os baixos valores encontrados para este parâmetro indicam que esse pode ser um método adequado de desinfecção, pois haverá pouca reação entre ozônio e bromo, logo, baixa concentração de íons de hipobromito ( $\text{OBr}^-$ ), um desinfetante fraco para pH mais elevado, mantendo-se a eficácia do tratamento (OEMCKE & VAN LEEUWEN, 2003).

No entanto, a alcalinidade sugere a presença de carbonatos e bicarbonatos na reação com o ozônio (OEMCKE & VAN LEEUWEN, 2003), agravando o problema relatado para a dureza.

Nosrati-Ghods et al. (2016) mostraram em seus estudos que a temperatura tende a ser mais elevada dentro dos tanques de lastro do que na água do mar da região e também que, quanto mais elevada a temperatura, maiores são os valores encontrados para a salinidade. De forma complementar, informa-se que a temperatura ambiente no momento da coleta era de 24°C e que a mínima no dia foi de 18°C. Estando, portanto o valor de 21,8°C dentro do esperado.

Os principais impactos ambientais causados pela água de lastro estão relacionados aos casos de bioinvasão ao redor do mundo. Para que este fenômeno ocorra, é necessário que a água de lastro apresente características semelhantes às do ambiente de origem da espécie invasora.

Verificou-se que a água de lastro estudada apresenta características muito similares a de outros estudos ao redor do mundo. Quimicamente, a água de lastro encontrada nos tanques da embarcação *Double Pride* não representa uma ameaça à vida marinha, a atividade portuária ou a comunidade local. Porém por apresentar características muito similares a de outros estudos, torna-se portanto um possível agente de bioinvasão na região, permitindo que outros organismos se desenvolvam dentro dos tanques de lastro e venham a se instalar.

## 6 Conclusões

A coleta de amostras ficou limitada pela capacidade do porto de receber embarcações vindas de águas internacionais que atendessem os requisitos estabelecidos para o estudo de caracterização de água de lastro.

Segundo a literatura, os diferentes métodos de coleta de amostras interferem na determinação dos parâmetros, sendo estes métodos determinados pelo design da embarcação e



não havendo, portanto, padronização na amostragem.

Os parâmetros analisados neste trabalho possibilitaram avaliar parcialmente, com base nas referências bibliográficas, a variabilidade destes valores em outros estudos, bem como a eficiência da troca da água de lastro na qualidade da água descartada pelo navio *Double Pride* no Porto de Imbituba.

A água apresentava-se cristalina, com 0,2 NTU de turbidez, transmitância de aproximadamente 97% para 254nm, baixo teor de bromo, de ferro e de sólidos suspensos. A alcalinidade estava dentro dos valores encontrados por Oemcke e Van Leeuwen (2003) em seus estudos.

Destaca-se os altos valores encontrados para a dureza, que indicam a formação de incrustações de carbonatos nos tanques e sistemas de bombeamento.

Os parâmetros estudados demonstram que a água de lastro analisada possui características similares às do oceano, podendo assim, agir como meio para o transporte de organismos vivos de outras regiões do planeta para o litoral brasileiro, sendo o risco da bioinvasão real.

## Referências

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS (ANA). **Guia Nacional de Coleta e Preservação de Amostras:** água, sedimentos, comunidades aquáticas e efluentes líquidos. São Paulo: Companhia Ambiental do Estado de São Paulo (CETESB), 2011.

AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION (APHA). **Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater.** 21 ed. Baltimore: American Public Health Association, American Water Works Association & Water Environment Federation, 2005.

COMPANHIA DE DOCAS DO ESTADO DA BAHIA (CODEBA). **Sistema Portuário Brasileiro.** Disponível em <<http://www.codeba.com.br/eficiente/sites/portalcodedba/pt-br/site.php?secao=sistemaportuariobrasileiro>>.

DARRIGAN, Gustavo; DAMBORENEA, Cristina. A South American bioinvasion case history: *Limnoperna fortunei* (Dunker, 1857), the golden mussel. **American Malacologic Bulletin**, La Plata, n. 20, p. 105-112, 2005.

IMBITUBA. Disponível em: <<http://www.imbituba.sc.gov.br/a-cidade/aspectos-ambientais>>. Acesso em: 20 ago. 2016.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). Disponível em: <<http://cidades.ibge.gov.br/painel/painel.php?codmun=420730>>

INTERNATIONAL MARITIME ORGANIZATION (IMO). Report of the Marine Environment Protection Committee, Anex 3: Resolution MEPC 173(58) – Guidelines for ballast water sampling (G2). Relatório técnico MEPC 58/23. IMO, Londres, Reino Unido, 2008.

LIMA, Leandro Cota de. **Gestão da Água de Lastro: Um Problema Mundial e suas implicações Locais.** 2013, 61 f. Trabalho de Conclusão de Curso Especialização em Gestão Portuária. Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2013.



MACÊDO, Jorge Antônio Barros de. **Águas & Águas**. 2 ed. Belo Horizonte: CRQ-MG, 2004.

MARINHA DO BRASIL. **Norma da Autoridade Marítima para o Gerenciamento da Água de Lastro de Navios NORMAM-20/DPC**. rev.1. 2014.

NATIONAL RESEARCH COUNCIL (NRC) MARINE BOARD. **Stemming the Tide: Controlling Introductions of Nonindigenous Species by Ship's Ballast Water**. Committee on Ship's Ballast Operations, Marine Board, Commission on Engineering and Technical Systems, NRC. National Academy Press, Washington, D.C. 1996.

NOSRATI-GHODS, Nosaibeh; GHADIRI, Mehdi; FRUH, Wolf-Gerrit. Management and environmental risk study of the physicochemical parameters of ballast water. **Marine Pollution Bulletin**, p. 11, 2016.

OEMCKE, D. J.; VAN LEEUWEN, J. H. *Chemical and Physical Characterization of Ballast Water: Part I: Effects on ballast water treatment processes*. **Journal of Marine Environmental Engineering**, V. 7, Janeiro de 2003, p. 47-64.

PEREIRA, Newton Narciso. **Alternativas de Tratamento da Água de Lastro Em Portos Exportadores de Minério de Ferro**. 2012. 349 f. Tese Doutorado em Engenharia. Universidade de São Paulo, São Paulo, 2012.

PORTO DE IMBITUBA. Disponível em: <http://www.portodeimbituba.com.br/>

SATO, Olga T. **Oceanografia Física: Propriedades Físicas da Água do Mar: temperatura, salinidade, pressão, profundidade, densidade, velocidade do som**. Instituto Oceanográfico da Universidade de São Paulo. São Paulo. 2012.

USEPA. U.S. Environmental Protection Agency. **Wastewater Technology Fact Sheet: Ultraviolet Disinfection**. Office of Water, Washington D.C., 1999.

VON SPERLING, Marcos. **Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos**. 3. ed. Belo Horizonte: Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental. UFMG, 2005.

WONHAM, M. J. Transoceanic transport of ballast water: biological and physical dynamics of ballasted communities and effectiveness of mid-ocean exchange. Smithsonian Environmental Research Center (SERC), 1996.