

Análise da ocorrência de metais: Ni, Zn, Cu, Pb e Cd em ostras (*Crassostrea brasiliana*) e sedimentos coletados no Estuário de Cananeia-SP (Brasil)#

Analysis of occurrence of metals: Ni, Zn, Cu, Pb and Cd in oysters (*Crassostrea brasiliana*) and sediment collected in the Cananeia Estuary-SP (Brazil)

Danielle Barros*

Edison Barbieri**

635

Artigo Original • Original Paper
O Mundo da Saúde, São Paulo · 2012;36(4):635-642

Resumo

O objetivo deste estudo foi avaliar as concentrações dos elementos traços, tais como: cádmio, chumbo, cobre, zinco e níquel no sedimento e em ostras da espécie *Crassostrea brasiliana* (molusco bivalve bastante abundante e de grande valor econômico para região) e tendo em consideração que a escolha destes compartimentos da natureza podem refletir condições pontuais do ambiente e, a partir de então, diagnosticar a qualidade para cultivo nesta região, em especial em relação à segurança alimentar e, ainda, prever, em longo e médio prazo, os efeitos de possíveis perturbações. O Pb, em relação aos outros metais analisados, predominou 75% dos pontos amostrados, sendo sua distribuição superficial de $0,137 \pm 0,015$; $0,127 \pm 0,006$; $0,127 \pm 0,015$ e $0,030 \pm 0,052$ ppm, para ordem de pontos amostrados. Já as concentrações nas ostras obedeceram à seguinte ordem Zn > Pb > Cu > Ni, estando o Cd ausente em todas as amostras coletadas.

Palavras-chave: Crassostrea. Meio Ambiente. Sedimentos.

Abstract

The objective of this study was to evaluate the concentrations of trace elements, such as cadmium, lead, copper, zinc and nickel in sediments and oysters of the species *Crassostrea brasiliana* (bivalve quite abundant and of great economic value to the region) and taking into account that the choice of these nature may reflect specific environmental conditions and, from then on, diagnose quality for cultivation in this region, in particular in relation to food security and still provide for long and medium-term effects of disturbances. The Pb, relative to other metals analyzed, 75% of the sampled points predominated and their surface distribution 0.137 ± 0.015 ; 0.127 ± 0.006 ; 0.127 ± 0.015 and 0.030 ± 0.052 ppm, for order of points sampled. Already the concentration in oysters followed in the order Zn > Cu > Pb > Ni and Cd missing in all the samples collected

Keywords: Crassostrea. Environment. Sediments.

Essa pesquisa recebeu apoio da FAPESP (Processo n. 2007/50147-7) e do CNPq (Processo n. 308700/2010-4 – Bolsa Produtividade).

* Química formada pela Universidade Federal de Sergipe. Mestre e Doutoranda em Ciências do Mar pela Universidade de Aveiro, Departamento de Ambiente, Universidade de Aveiro. Campus de Santiago, Aveiro, Portugal. E-mail: danielle@ua.pt

** Oceanógrafo com habilitação em Oceanografia Biológica e Geológica. Doutor e Mestre em Oceanografia pela Universidade de São Paulo. Professor e pesquisador do Instituto de Pesca – APTA-SAA/SP, Governo do Estado de São Paulo, Cananeia-SP, Brasil. E-mail: edisonbarbieri@yahoo.com.br

Os autores declaram não haver conflito de interesses.

INTRODUÇÃO

A região estuarina Lagunar Iguape-Cananeia-Paranaguá é considerada pela IUNC (União Internacional para a Conservação da Natureza) como o *terceiro* estuário do mundo em termos de produtividade primária e berçário das espécies do Atlântico. A grande Bacia do Ribeira abrange uma área de 24.980 km², dos quais 39% pertencem ao Estado do Paraná e 61% ao Estado de São Paulo (Brasil) (Figura 1), conside-

rada uma área de relevante interesse ambiental, sendo esse um dos principais contribuintes de água doce para região até desaguar no Oceano Atlântico. A região integra, ainda, a Reserva da Biofera da Mata Atlântica e compõe várias unidades de conservação, como a 'Área de Proteção Ambiental Federal de Cananéia, Iguape e Peruíbe', a 'Área de Proteção Ambiental Estadual de Ilha Comprida', a 'Estação Ecológica dos Chauás', o 'Parque Estadual da Ilha do Cardoso' e a 'Reserva Extrativista do Mandira'¹.

Figura 1. Localização do estuário de Cananeia no litoral sul do Estado de São Paulo (Brasil)



Os setores sul e norte desse complexo estuarino estão sujeitos a diferentes pressões antrópicas, de origens diversas. Historicamente, na região norte, destaca-se a poluição causada pelas atividades de mineração datando do início do século XVII, sendo que dois séculos depois houve uma intensificação da exploração em relação ao Pb, tendo como cenário de fundo a Primeira Grande Guerra. Esse fato foi observado pela primeira vez por Tessler, et al², quando na análise do sedimento foram identificadas a presença de metais como Zn, Fe, Cu e Pd, estando o Pb presente

na água em níveis até 730 vezes superiores ao limite máximo recomendado para a preservação da vida aquática. Em relação ao sedimento, foi registrado o teor de 2.560 µg/g, ultrapassando em cerca de 164 vezes o limite estabelecido, qualificando-se, assim, o ambiente como altamente poluído³.

O setor sul, foco principal do nosso estudo, incluem as águas do Estuário de Cananeia. Essas estão enquadradas na Resolução CONAMA n. 357, de 2005⁴, que define águas salobras da Classe Especial, que são destinadas à preser-

vação dos ambientes aquáticos em unidade de conservação e da Classe 1, as quais podem ser destinadas, entre outros, à criação natural e/ou intensiva (aquicultura) de espécies destinadas à alimentação humana. As águas destinadas a tal fim promovem o desenvolvimento por meio do cultivo, como é óbvio, e, indiretamente, promovem a conservação da biodiversidade, já que se mostra como uma prática viável na redução da pressão sobre os estuários em relação à coleta desordenada, funcionando como importante gerador de renda e assumindo um papel de destaque em dimensão social, garantindo o sustento de muitas comunidades ribeirinhas que possuem áreas propícias para tal fim.

Sabe-se que até atingir o oceano, pelo seu grande volume de água, qualquer contaminação tende a ser diluída, e, com isso, os prejuízos podem ser diminuídos, porém não há dúvida de que os metais, por não serem biodegradáveis, podem causar risco, principalmente por serem facilmente incorporados à cadeia alimentar e tonarem-se tóxicos aos organismos vivos quando ultrapassam determinadas concentrações^{5,6}. Levando essa informação em consideração e sabendo que a região de Cananeia é considerada uma área de excelência em pesca e utilizada para fins de aquicultura, principalmente no cultivo da ostricultura⁶. Por esse motivo, o objetivo deste estudo foi avaliar as concentrações dos elementos traços, tais como: cádmio, chumbo, cobre, zinco e níquel no sedimento e em ostras da espécie *Crassostrea brasiliensis* (molusco bivalve bastante abundante e de grande valor econômico para região) e tendo em consideração que a escolha desses compartimentos da natureza podem refletir condições pontuais do ambiente e, a partir de então, diagnosticar a qualidade para cultivo nessa região, em especial em relação à segurança alimentar e, ainda, prever, em longo e médio prazo, os efeitos de possíveis perturbações.

MÉTODO

Área de estudo

Na região de Cananeia-SP, a ostricultura conta com a fecundabilidade natural da ostra, retirando as sementes das raízes do mangue e

levando-as para os tabuleiros de engorda. O período de desova da *Crassostrea brasiliensis* ocorre na primavera, mesmo período de coleta das amostras para este estudo. Conhecidos como Mar de Dentro, os escuros canais de água salobra que se estendem a perder de vista por entre as ilhas dessa região são o resultado do encontro das águas salgadas do mar com os riachos que brotam no coração da Mata Atlântica ricas em plâncton, fonte de alimento natural da ostra. A natureza de fundo desses manguezais é composta do acúmulo de massa orgânica proveniente das florestas e lama preta de material fino depositado em áreas onde a dinâmica estuarina não é intensa. Esse substrato serve para o desenvolvimento do mangue e de uma vasta fauna de crustáceos e moluscos.

As amostras foram coletadas no período de Dezembro de 2010 nas proximidades do Mar de Cubatão, próximo à Cooperostra (Cooperativa de Produtores de Ostras), com 4 pontos de coleta definidos: Ilha da Casca (1), Retiro (2), Mandira (3) e Itapitanguí (4), locais com denso manguezal e forte extrativismo de bivalves (Figura 1).

No campo, os sedimentos superficiais foram amostrados mediante a utilização de um amostrador do tipo Core (gravidade), com tubo de acetato-butirado de celulose, sendo removidos para análise os primeiros 5 cm do topo. A remoção foi feita com o cuidado necessário para não destruir o core do sedimento, tendo-se utilizado utensílios não metálicos a fim de não contaminar os sedimentos. Sob responsabilidade do Laboratório de Química Analítica Ambiental (LQA) da Universidade Federal de Sergipe (UFS), a determinação dos metais foi realizada usando o método proposto pela Agência de Proteção Ambiental. Segundo a EPA⁷, a dissolução da amostra foi realizada pela mistura de 4 ml de ácido nítrico (1:1), 10 mL de ácido clorídrico (1:5), com uma pequena porção da amostra já em estado sólido previamente seca a 60 °C (0,5 g) em um reator de PTFE. O reator foi fechado e aquecido durante 30 min a 95 °C e, em seguida, o reator foi arrefecido em banho de gelo antes de ser aberto. A amostra foi, então, filtrada em filtro de papel quantitativo faixa preta, a componente aquosa transferida para balão volumétrico de 50 mL, e o volume, completado com água ultrapura. Esses extratos foram mantidos em frasco de polietileno previamente

descontaminado para posterior análise. Optou-se por realizar uma digestão parcial, pois é sabido que ela possibilita apenas a solubilização das formas mais específicas do metal, excluindo o metal do retículo mineral. A determinação da concentração dos metais foi realizada empregando o Espectrometro de Absorção Atômica com Chama como fonte de atomização (Shimadzu, modelo AA-6800). No processo de digestão, foram preparadas três soluções controle (brancos) de modo similar às amostras e para controle de qualidade das análises foram analisados juntamente com as amostras o padrão de sedimentos certificado do Rio – NCS DC 75304/China.

No período de coleta, foram encontrados bivalves somente nos pontos 3 e 4, que foram colocados em sacos plásticos limpos e umedecidos com água do local, os quais foram lacrados, identificados, colocados em caixas de isopor com gelo e levados ao laboratório. Depois de abertos os bivalves, foram secos a 60 °C numa estufa de circulação de ar, até peso constante. O processo de abertura foi semelhante ao de Jesus⁸, consistindo na adição de 10 mL de HNO₃ suprapuro, a cerca de 0,5 g de tecido da ostra, com posterior aquecimento a 60 °C por 2 horas, para destruição de gorduras resistentes. As soluções de abertura foram transferidas para balão volumétrico de 50

mL e completadas até a marca com água ultrapura. A determinação da concentração dos metais foi realizada empregando o Espectrometro de Absorção Atômica com Chama como fonte de atomização (Shimadzu, modelo AA-6800). No processo de digestão, foram preparadas três soluções brancos de modo similar às amostras para controle de qualidade das análises. Foram analisados juntamente com material de referência padrão de tecido de ostra certificado 15 SRM (ostra tecidos No. 1566b)⁹.

RESULTADOS

A Figura 2 apresenta a concentração média dos quatro metais vestigiais (Cu, Zn, Ni e Pb) nos sedimentos superficiais coletados no estuário do município de Cananeia. A análise das concentrações dos metais revelou a ausência de cádmio em todos os pontos coletados. O Pb, em relação aos outros metais analisados, predominou em 75% dos pontos amostrados, sendo sua distribuição superficial de $0,137 \pm 0,015$; $0,127 \pm 0,006$; $0,127 \pm 0,015$ e $0,030 \pm 0,052$ ppm, para ordem de pontos amostrados. Já as figuras de 3 a 6 representam a bioacumulação de Pb nas ostras do mangue, que são manejadas e comercializadas na região.

Figura 2. Distribuição da concentração dos metais em ppm no sedimento superficial do Estuário de Cananeia-SP

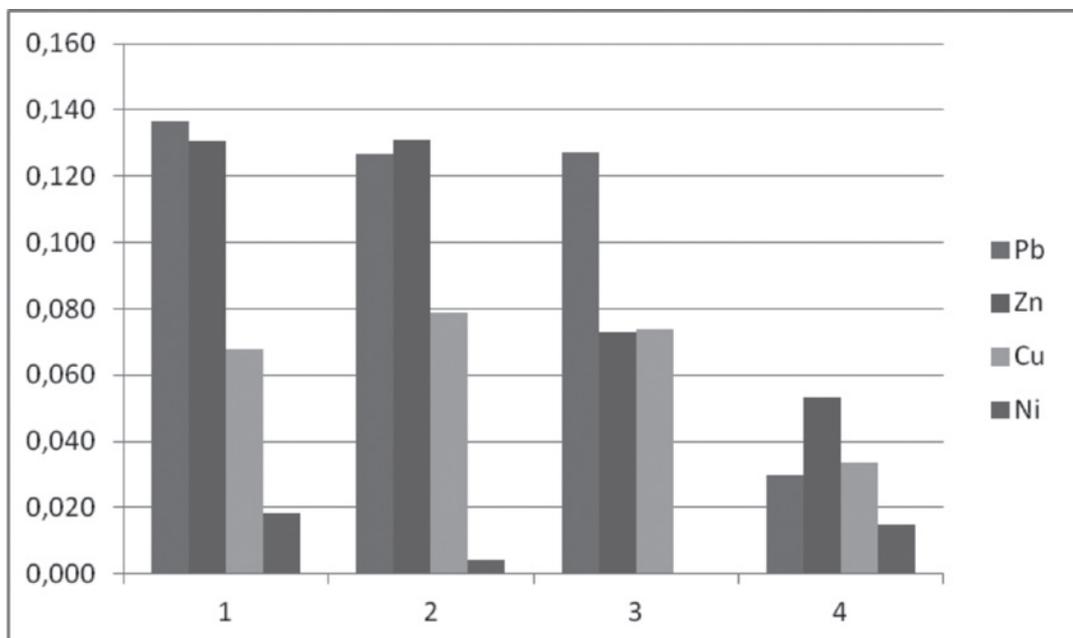


Figura 3. Distribuição da concentração de Chumbo em ppm nas ostras e no sedimento superficial na localidade do Mandira, Cananeia-SP

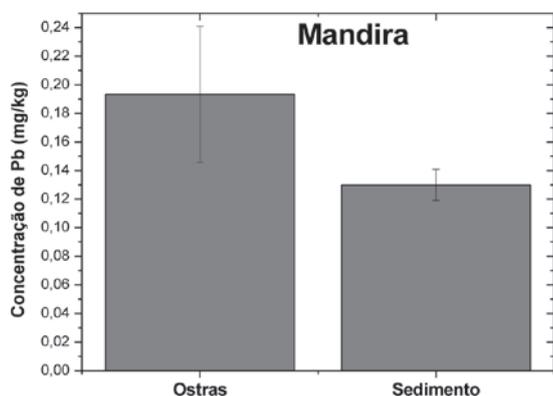


Figura 4. Distribuição da concentração de Chumbo em ppm nas ostras e no sedimento superficial na localidade do Itapitanguí, Cananeia-SP

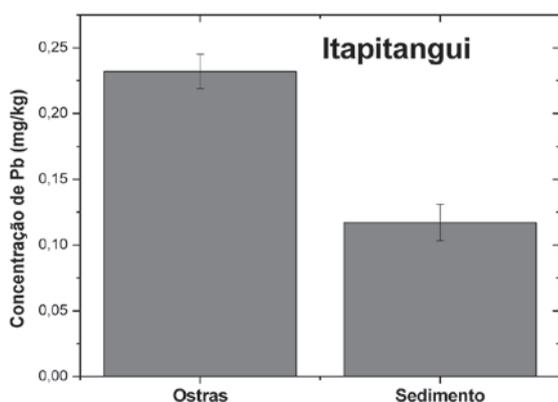


Figura 5. Distribuição da concentração de Chumbo em ppm nas ostras e no sedimento superficial na localidade da Ilha da Casca, Cananeia-SP

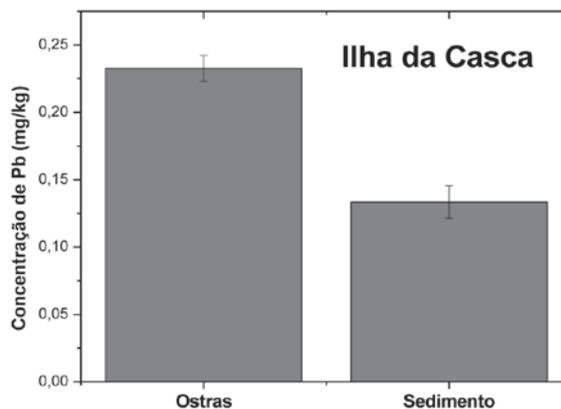
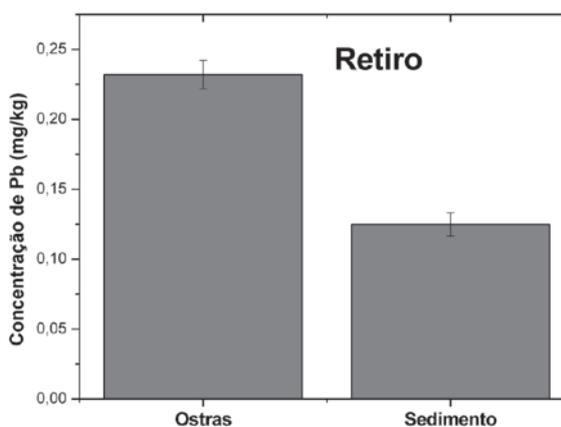


Figura 6. Distribuição da concentração de Chumbo em ppm nas ostras e no sedimento superficial na localidade do Retiro, Cananeia-SP



A Tabela 1 apresenta a média de concentração nas ostras coletadas nos locais de engorda de ostras (Mandira, Itapitanguí, Retiro e Ilha da Casca). Essas obedeceram à seguinte ordem Zn > Pb > Cu > Ni, estando o Cd ausente em todas as amostras coletadas.

Tabela 1. Média de concentração nas ostras coletadas nos pontos 3 e 4 juntamente com os respectivos desvios

Metais (ppm)	Pontos de Amostragem			
	Mandira	Itapitanguí	Ilha da Casca	Retiro
Zn	20,4 ± 9,9	24,1 ± 9,8	22,3 ± 6,2	20,1 ± 6,2
Pb	0,236 ± 0,0077	0,233 ± 0,015	0,223 ± 0,010	0,230 ± 0,013
Cu	0,187 ± 0,11	0,198 ± 0,0015	0,180 ± 0,0014	0,190 ± 0,0012
Ni	n.d	0,0187 ± 0,010	0,0102 ± 0,011	0,0107 ± 0,008
Cd	n.d	n.d	n.d	n.d

DISCUSSÃO

No Brasil, a ostreicultura é uma atividade recente com registros desde 1934, tendo sua comercialização fortemente difundida a partir de 1971 nas regiões Sudeste e Sul do País, mostrando uma forte consolidação e ampliação para uma escala industrial. No início desse século, a aquicultura brasileira apresentou um crescimento anual com médias superiores a 22%, sendo que o setor da ostreicultura ampliou suas produções em mais de 50% de 2000 para 2001. As ostras de maior importância econômica pertencem ao gênero *Crassostrea*, devido ao valor alimentício da carne e do uso da concha como matéria-prima na fabricação de produtos industriais e medicinais. A ostra é considerada um organismo com alto valor nutritivo devido ao teor de minerais (fósforo, cálcio, ferro e iodo), glicogênio, vitaminas (A, B1, B2, C e D) e proteínas, muito rica em proteínas e vitaminas A, B e D⁷.

Eysink, et al³ avaliaram os níveis de contaminação por metais do rio Ribeira e do Complexo Estuarino Lagunar Iguape-Cananeia e constataram que o chumbo ultrapassou em até 550 e 100 vezes o limite recomendado para água e sedimento, respectivamente. Mesmo não havendo evidência em relação à biomagnificação ao longo da cadeia trófica^{3,8}, é sabido que uma grande variedade de organismos aquáticos podem assimilar e acumular altas concentrações de chumbo, sendo que o tempo de residência está relacionado à fase de absorção.

Atualmente, em muitos países, existem normas próprias criadas para uma melhor comercialização de moluscos baseadas em análises microbiológicas, tanto da água de cultivo quanto da carne desses organismos. Em 1991, o Conselho formado por países integrantes da Comunidade Econômica Europeia (CE) criou uma planilha de classificação das zonas de produção de moluscos, baseada em análises do produto. Apesar do aumento na produção e consumo no Brasil, a legislação ainda possui pouca clareza e baseia-se apenas em padrões resultantes de análises da água e no que se refere a produtos de pesca em geral. Os valores limites estabelecidos pelo Ministério da Saúde para os metais Cd, Pb e Zn são, respectivamente 1,0, 2,0, 50,0 ppm. Não foi

detectado Cd nas amostras de ostras nos 4 pontos de coleta. Os valores máximos de ocorrência de Pb e Zn nas amostras de ostra coletadas nas localidades de Mandira, Itapitangui, Ilha da Casca e Retiro encontram-se abaixo dos limites máximos preconizados pela legislação brasileira (Portaria n. 685/98 e Decreto n. 55871/6), 0,236 e 24,1 ppm, sendo o padrão estabelecido de 2,0 mg/kg e 50,0 mg/kg, respectivamente. O Cu e o Ni também apresentaram valores abaixo dos limites comparados aos demais índices gerais para os níveis de contaminantes inorgânicos em alimentos.

Devido à interação dos bivalves com o sedimento de manguezais e sua forte capacidade de regularem a concentração interna de elementos essenciais a partir de quantidades crescentes no ambiente, eles podem ser considerados ótimos biomonitores. Devido à importância das ostras na alimentação de populações costeiras, a avaliação dos teores de metais é de suma importância social, principalmente pelo fato de tal bivalve vir a ser muito mais consumido pela população em geral do que outros mariscos, visto o crescente comércio em torno dessa atividade.

É importante lembrar que, individualmente ou em combinação, os íons metálicos representam um grande risco para o ambiente, sendo considerados um dos mais importantes fatores de poluição das águas costeiras. Como ao norte da região estudada o Pb encontra-se em altas concentrações, esse fato é definitivamente um motivo de preocupação, sendo preciso estudá-lo ao longo de todo o estuário. Além dos efeitos particulares, deve-se avaliar também seu efeito combinado a outros metais em futuras investigações, principalmente com o Zn, já que as ostras são riquíssimas em zinco. Jackson, et al⁹ apresentaram o efeito sinérgico entre o Pb e o Zn em *Collianassa kraussi*, mostrando que 50% da mortalidade foi infligida sobre ovos e larvas em concentrações inferiores quando comparado ao Pb e ao Zn em separado, evidenciando, assim, o perigo dos efeitos sinérgicos desses metais nos primeiros estágios de vida dos animais aquáticos. Além disso, é motivo de preocupação as diferenças dos valores de Pb encontrados nos sedimentos e nas ostras, sendo que nas ostras os valores são praticamente o dobro dos encontrados nos sedimentos das localidades estudadas. Esse fato mostra que as os-

tras estão bioacumulando Pb, tornando-se um motivo de preocupação ambiental e de saúde pública.

Em baixas concentrações, muitos dos metais são essenciais para o metabolismo de plantas e animais, participando de pigmentos respiratórios, formação de metaloproteínas, ativadores de complexos enzimáticos, etc.. Porém, em altas concentrações, atuam como tóxicos e prejudiciais (principalmente Cd, Hg e Pb), interferindo na ação das enzimas e de outros agentes bioquímicos em organismos aquáticos e seres humanos¹⁰. Tendo conhecimento a respeito dos primeiros estudos em relação aos níveis de contaminação por metais no Vale do Ribeira, seria lógico concluir que o impacto antrópico na região norte poderia contribuir de maneira significativa para o complexo estuarino de Cananeia localizado no setor sul, principalmente no que se diz respeito ao Pb. O presente estudo mostra que, embora houvesse atuação das atividades mineradoras, a contaminação decaiu gradualmente ao longo do rio até a sua desembocadura, ou seja, foi diluída, e, com isso, os prejuízos foram diminuídos.

Apesar de haver uma maior concentração de Pb nos sedimentos do que nas ostras quando em comparação ao Zn, deve-se levar em consideração que a retenção e absorção do Chumbo no trato respiratório dos moluscos estão ligadas a diversos fatores que devem ser considerados, e, entre outros, pode-se mencionar a salinidade, higroscopicidade, concentração, fase larval, ritmo respiratório e duração da exposição^{11,12,13,14}. Para o gastrópode *Thiara tuberculata* exposto a metais (mercúrio e cobre), com o aumento da salinidade, houve uma diminuição da toxicidade, refletida pela diminuição do consumo de oxigênio⁸, o mesmo constatado em Barbieri e Paes¹⁵ para a espécie de camarão *L. schmitti*, em relação ao Pb. Hall e Anderson¹⁶ fizeram uma revisão analisando a influência da salinidade na toxicidade de várias classes de substância químicas, encontrando uma diminuição da toxicidade à medida que a salinidade aumentava. A influência da salinidade sobre a bioacumulação de metais é mais complexa e específica para cada elemento. Em geral, tem sido registrado que há maior bioacumulação por metais quando a salinidade diminui, porém o oposto também pode ocorrer⁸. Muitos estudos ainda precisam ser realizados para determinar a

relação entre a exposição de metais pesado com outros fatores que podem estar relacionados à sua absorção. Por esse motivo faz-se necessário mais estudos a respeito dos metais, principalmente o Pb no estuário. Além disso, faz-se necessária a determinação da bioacumulação ao longo do ano de várias áreas onde se estão sendo cultivadas as ostras, para se evitar risco à saúde do consumidor e entender melhor dinâmica espaço-temporal dos metais no estuário de Cananeia.

CONCLUSÃO

A importância dos recursos pesqueiros como alimento para a população gera renda e assume importante dimensão social, pois garantem o sustento de muitas regiões brasileiras. Da mesma forma em que cresce a produção, o consumo desses produtos tem crescido no Brasil e em muitos países em desenvolvimento. Paralelo ao aumento da produção, as exigências do consumidor por qualidade, em especial pela segurança alimentar, são maiores.

Pelo fato de existirem 20 aglomerados urbanos ao longo do vale do Ribeira, é preciso que haja certo cuidado quanto aos recursos desse rico vale. Para os dados obtidos, parece não haver contaminação relevante de metais nas ostras, e metais em sedimentos, no sistema estuarino, no que se refere à área escolhida. Em geral, as concentrações de metais são menores do que aquelas observadas para bivalves da região. Do ponto de vista econômico e social, o desenvolvimento por meio do cultivo de ostras se mostra como uma prática viável para reduzir a pressão sobre os estuários da coleta desordenada, contribuindo, assim, para a preservação desse ecossistema e, também, gerando uma renda complementar para as comunidades que possuem áreas propícias para tal fim. Contudo, trabalhos de pesquisa e monitoração deverão ser continuados para a garantia de tal qualidade, devido ao crescimento populacional e econômico gradual do grande Vale.

AGRADECIMENTOS

Agradecemos a FAPESP (Processo 2007/50147-7) e ao CNPq (Processo 308700/2010-4 – Bolsa Produtividade) por seu apoio a este trabalho.

REFERÊNCIAS

1. Barbieri E, Machado IC. Qualidade microbiológica da água de cultivo de Ostra (*Crassostrea brasiliiana*) comercializada em Cananeia-SP (Brasil). Comunicação científica. CIVA (<http://www.civa2006.org>). 2006. p. 113-120.
2. Tessler MG, Suguio K, Robilotta PR. Teores de alguns elementos traços metabólicos em sedimentos pelíticos da superfície de fundo da região lagunar Cananeia-Iguape (SP). Simpósio sobre Ecossistemas da Costa Sul e Sudeste Brasileira. Cananeia / São Paulo. Abr 1987;2:255-63. (Publicação ACIESP)
3. Eysink GGJ, Pádua HB, Bertoletti SAE, Pereira DN. Metais pesados no vale do Ribeira e em Iguape – Ilha Comprida. Ambiente. 1988(2):6-13.
4. Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA). Resolução n. 20, de 18 de junho de 1986. Classifica, segundo seus usos preponderantes, em nove classes, as águas doces, salobras e salinas do Território Nacional [acesso 20 Ago 2012]. Disponível em: <http://www.anvisa.gov.br/e-legis/>
5. Gonçalves RSL, Freire GSS, Nascimento Neto VA. Determinação das concentrações de cádmio, cobre, cromo e zinco, na ostra *Crassostrea rhizophorae* dos estuários dos rios Cocó e Ceará. Rev Geologia. 2007;20(1):57-63.
6. Barbieri E, Passos EA, Garcia CAB, Souza KA, Santos DB. Assessment of Trace Metal Levels in Catfish (*Cathorops spixii*) from Sal River Estuary, Aracaju, State of Sergipe, Northeastern Brazil. Water Environ Res. 2010;(82):2301-5.
7. United States Environmental Protection Agency (US-EPA). METHOD 200.8, REVISION 5.5: Determination of Trace Elements In Waters And Wastes By Inductively Coupled Plasma-Mass Spectrometry. EPA-821-R-99-017, 1999.
8. Jesus HC. Avaliação da contaminação por metais pesados em caranguejos e sedimentos de áreas de manguezal do sistema estuarino de Vitória-ES. Relatório Final do projeto Integrado de Pesquisa FACITEC (Fundo de Apoio a Ciência e tecnologia); 2003. p. 123.
9. Silva CC, Silva JC. Dossiê Técnico-Cultivo de ostras. REDETEC_Nete de tecnologia do Rio de Janeiro. Serviço Brasileiro de Respostas Técnicas (SBRT). 2007. 120 p.
10. Zagatto PA, Bertoletti E. Ecotoxicologia Aquática. Princípios e Aplicações. São Carlos: Rima; 2006. 464 p.
11. Jackson RN, Baird D, Els S. The effect of the heavy metals lead (Pb^{2+}) and zinc (Zn^{2+}) on the brood and larval development of the burrowing crustacean, *Callinassa kraussi*. Water SA. 2005;31(1):107-20.
12. Barbieri E. Effects of zinc and cadmium on oxygen consumption and ammonium excretion in pink shrimp (*Farfantepenaeus paulensis*, Pérez-Farfante, 1967, Crustacea). Ecotoxicology. 2009;(18):312-8.
13. Barbieri E. Concentration of heavy metals in tissues of green turtles (*Chelonia mydas*) sampled in the Cananeia estuary, Brazil. Braz J Oceanogr. 2009;(57):243-8.
14. Mule MB, Lomte VS. Effect of heavy metals (CuSO₄ and HgCl₂) on the oxygen-consumption of the fresh-water snail, *Thiara-tuberculata*. J Environ Biology. 1994;15(4):263-8.
15. Barbieri E, Paes ET. The use of oxygen consumption and ammonium excretion to evaluate the toxicity of cadmium on *Farfantepenaeus paulensis* with respect to salinity. Chemosphere. 2001;(84):9-16.
16. Hall Jr LW, Anderson RD; Maryland Department of Environment. The influence of salinity on the toxicity of various classes of chemicals to aquatic biota (report). Baltimore (MD); 1994. p. 56-72.
17. Damato M, Barbieri E. Emprego de uma espécie indicadora sul-americana na determinação da toxicidade aguda para Cobre, Zinco, Níquel e Alumínio. Mundo Saúde. 2003;27(4):551-8.