

Determinação dos teores de Hg, Pb, Cd, Cu e Zn em moluscos (*Crassostrea brasiliana*, *Perna perna* e *Mytella falcata*)

Determination of Pb, Cd, Hg, Cu and Zn levels in molluscs (*Crassostrea brasiliana*, *Perna perna* and *Mytella falcata*)

Orlando M. PEREIRA¹
Marcelo B. HENRIQUES¹
Odair ZENEBON²
Alice SAKUMA^{2*}
Carmen S. KIRA²

RIALA6/913

Pereira, O. M. et al. Determinação dos teores de Hg, Pb, Cd, Cu e Zn em MOLUSCOS (*Crassostrea brasiliana*, *Perna perna* e *Mytella falcata*). **Rev. Inst. Adolfo Lutz**, 61(1):19-25, 2002

RESUMO. Os moluscos bivalves quando ingeridos podem oferecer risco à saúde pública por serem organismos filtradores e bioacumuladores de resíduos químicos e biológicos. O objetivo deste trabalho foi determinar os teores de Hg, Pb, Cd, Cu e Zn nos bivalves *C. brasiliana*, *P. perna* e *M. falcata* coletados em vários bancos naturais do litoral da Baixada Santista. No período de setembro de 1996 a fevereiro de 1997, foram coletadas e analisadas 70 amostras provenientes de doze bancos naturais. As determinações analíticas de Hg no tecido mole dos bivalves foram realizadas por espectrometria de absorção atômica com gerador de vapor frio, enquanto que o Pb, Cd, Zn e Cu foram analisados por ICP OES. Os resultados revelaram que as amostras apresentaram níveis de concentração permitidas pelas normas legais vigentes com relação aos teores de Pb, Cd, Hg e Cu analisados. Todas as amostras de mexilhão e sururu analisadas apresentaram teores de zinco abaixo do valor estabelecido pela legislação brasileira, que é de 50,0 mg/kg, exceto todas as amostras de ostras *C. brasiliana*.

PALAVRAS-CHAVE. Bivalve, Hg, Pb, Cd, Cu, Zn, espectrometria de absorção atômica por vapor frio, CV/AAS, ICP OES

¹ Instituto de Pesca – Av. Bartolomeu de Gusmão, 192 – Santos – SP, CEP 11045-401

² Instituto Adolfo Lutz – Av. Dr. Arnaldo, 355 – São Paulo – SP, CEP 01246-902

* Endereço para correspondência: Instituto Adolfo Lutz, Divisão BQ – Av. Dr. Arnaldo, 355 – São Paulo – SP, CEP 01246-902. E – mail: alice@ial.sp.gov.br

INTRODUÇÃO

Na década de 70, a Baixada Santista foi um dos alvos de maior contaminação ambiental devido à crescente industrialização²⁵ e despejos indiscriminados de rejeitos químicos sem prévio tratamento, acarretando a poluição do ar, solo e água. Os riscos ao homem e ao meio ambiente causados pela presença de metais pesados têm despertado a atenção das autoridades ambientais para o controle da emissão de poluentes e monitoração.

As concentrações de metais para as diferentes espécies da biota e para o homem podem tornar-se altamente tóxicas com os processos de bioacumulação e biomagnificação³⁰.

Alguns metais são classificados como elementos-traço indispensáveis à vida animal, mas quando ocorrem em elevadas taxas, tornam-se prejudiciais⁹, como é o caso dos elementos Cu e Zn. Metais pesados como o mercúrio, cádmio e o chumbo são considerados não-essenciais devido à sua elevada toxicidade^{17, 23}, além de apresentarem efeitos cumulativos. Esses metais estão presentes naturalmente no ambiente em baixas concentrações, porém as indústrias muitas vezes lançam resíduos químicos sem prévio tratamento da água contaminando os organismos marinhos.

Os estuários e baías da Baixada Santista, no passado, foram afetados pela poluição química, mas mesmo com a presença de contaminantes, as pescarias de crustáceos, peixes e extração de moluscos bivalves, destinados ao consumo humano sempre ocorreram, tornando-se necessária a monitorização contínua daquelas regiões. Os mexilhões e ostras, por serem filtradores e concentrarem poluentes presentes na água onde vivem, são utilizados mundialmente como indicadores de poluição marinha^{21, 22, 29} e, para este programa de monitorização houve o cuidado de coletar amostras desses bivalves nos mesmos locais de onde, rotineiramente, são retirados para a comercialização. Este procedimento preventivo deveria ser feito para evitar episódios de efeitos retardados com poluentes industriais, como foi o caso de Minamata, no Japão, onde durante muitos anos lançou-se no mar, efluente industrial contendo mercúrio, na época considerado inofensivo. Como consequência, morreram muitas pessoas contaminadas por ingestão de moluscos bivalves e peixes contaminados por Hg. Na década de 1950 surgiram casos de doenças neurológicas, que levavam à paralisia e até a morte¹⁵.

Outro episódio de extrema gravidade ocorrido no mesmo país foi a intoxicação por Cd, responsável por muitos óbitos causados por atrofia do esqueleto (doença do itai-itai)^{10, 26, 27}.

Assim, o ambiente marinho da Baixada Santista torna-se motivo de preocupação quanto ao aspecto de saúde pública, pois crustáceos e moluscos bivalves produzidos na região são comercializados e consumidos pela população local. Diante desses fatos, verificou-se a necessidade de analisar os bivalves consumidos a fim de avaliar se os mesmos estavam contaminados.

O bivalve mais abundante na região é o mexilhão *Perna*

perna, seguido do sururu *Mytella falcata* e da ostra *Crassostrea brasiliana* e por isso eles foram escolhidos para o presente estudo. De acordo com Kang et al.¹⁸, nos programas de monitorização, as espécies representativas são aquelas que se apresentam em maior abundância e distribuição. Observamos que os bancos naturais dos mexilhões dos municípios de Peruíbe, Itanhaém e Mongaguá são pequenos (inferiores a 600m de extensão) e de fácil acesso, quando comparados aos demais bancos naturais de outros municípios, que apresentam alguns quilômetros de extensão e de difícil acesso.

O objetivo desse trabalho foi determinar os níveis de Pb, Cd, Hg, Cu e Zn no tecido mole dos bivalves provenientes de vários locais da Baixada Santista e mais consumidos pela população local, a fim de avaliar os riscos à saúde pública.

MATERIAL E MÉTODO

Amostragem:

No período de setembro de 1996 a fevereiro de 1997 foi coletado um total de 70 amostras de bivalves adultos, provenientes de doze bancos naturais dos municípios de Bertioga, Guarujá, Santos, São Vicente, Praia Grande, Mongaguá, Itanhaém e Peruíbe, cujas localidades estão identificadas na figura 1 com a seguinte numeração: 1 (Guaraú), 2 (Prainha), 3 (Plataforma), 4 (Ponta do Forte), 5 (Paranapuã), 6 (Urubuqueçaba), 7 (Palmas), 8 (Pompeva), 9 (Guaiúba), 10 (Candinho), 11 (Ponta Selada), 12 (Itaguaré). Os sururus *M. falcata* e as ostras *C. Brasiliana* foram extraídos somente nos bancos nos 10 e 12, respectivamente e os mexilhões *P. Perna* nas demais localidades. Foram efetuadas 5 a 6 coletas em cada local.

Os bivalves foram lavados com água do mar no seu local de origem, posteriormente acondicionados em caixas isotérmicas e a seguir transportados para o laboratório, onde foram

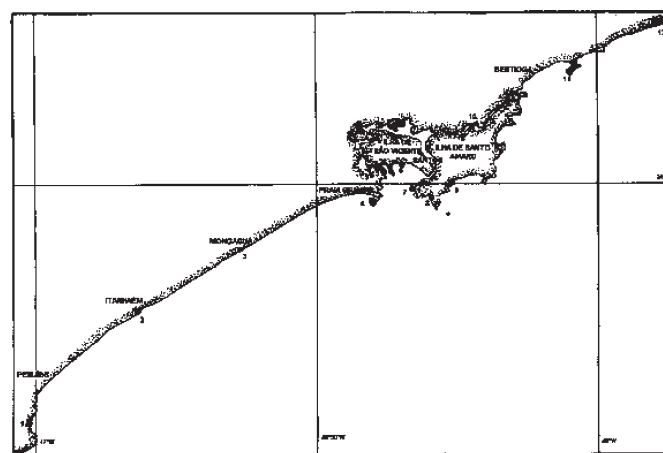


Figura 1. Locais das coletas dos moluscos bivalves no litoral da Baixada Santista.

removidas a carne do molusco. As partes comestíveis foram homogeneizadas em multiprocessador e acondicionadas em sacos de polietileno. Em seguida foi procedida à análise dos metais.

Reagentes:

- H_2SO_4 isento de Hg;
- $KMnO_4$ isento de Hg;
- HCl P. A. com baixo teor de metais;
- HNO_3 P. A.;
- $SnCl_2$ P. A.;
- H_2O_2 50% P. A.;
- Padrões de Pb, Cd, Hg, Cu e Zn de 1000 mg/L marca Merck com certificado de análise e rastreado com padrões NIST;

Método analítico:

As análises de Pb, Cd, Cu e Zn foram feitas em duplicata, segundo o método da AOAC². Foram pesadas 25,0000 g de amostra em cápsulas de porcelana e após a secagem em estufa, foram transferidas para mufla com aumento gradativo de temperatura até 450°C. Para a obtenção de cinzas isentas de carvão foi utilizado como “ashing-aid” ácido nítrico. As cinzas obtidas foram dissolvidas em HCl 10% (v/v) e as concentrações foram determinadas por espectrometria de emissão atômica por plasma acoplado indutivamente, utilizando o espectrômetro Optima 3000 DV, Perkin Elmer, nas seguintes condições: rádio-frequência de 1350 W, fluxo de plasma de 15 L/min, fluxo de nebulização de 0,85 L/min, fluxo de argônio auxiliar de 0,5 L/min e fluxo de amostra de 1,5 mL/min. A leitura dos elementos foi feita nos seguintes comprimentos de onda (λ) em nm: $\lambda_{Cd} = 226,503$; $\lambda_{Cu} = 324,756$; $\lambda_{Pb} = 261,418$; $\lambda_{Zn} = 213,853$, através de curvas analíticas, elaboradas com soluções de trabalho multi-elementares com concentrações entre 0,02 e 0,5 mg/L para o cádmio; 1,0 e 5,0 mg/L para o cobre; 0,1 e 0,5 mg/L para o chumbo; 0,1 e 1,0 mg/L para o zinco, em meio de água régia a 4%, preparadas por diluição de soluções-estoque.

O método para a determinação de Hg usado foi desenvolvido neste laboratório por Zenebon et al³³.

Foram pesados 1,0000 g de amostra em erlemmeyer de 125 mL e digeridas com uma mistura de H_2SO_4 ; H_2O_2 ; $KMnO_4$ e aquecidas a 90°C em banho maria.

O mercúrio foi determinado pela técnica de espectrometria de absorção atômica com gerador de vapor frio e injeção em fluxo (AAS modelo 3110, Perkin Elmer acoplado a sistema de injeção em fluxo contínuo, modelo FIAS 200, Perkin Elmer), nas seguintes condições: lâmpada de cátodo oco de mercúrio (corrente da lâmpada de 4 mA), fenda do monocromador de 0,7 nm, comprimento de onda de 253,6 nm, lâmpada de deutério, como corretor de background, HCl 3% (v/v) como solução carregadora, solução $SnCl_2$ 10% (m/v) em HCl 5% (v/v) como redutor, fluxo de N_2 de 60 mL/min como gás de arraste. Utilizou-se uma curva de calibração para

mercúrio com concentrações variando entre 1 e 10 $\mu g/L$ em meio de H_2SO_4 2% (v/v) e HNO_3 2% (v/v), preparadas por diluição de solução-estoque.

Validação do método:

Como foi utilizado método oficial da AOAC² foram feitas somente verificações de alguns parâmetros da validação.

Para a determinação da exatidão do método foram feitas 3 réplicas e para o cálculo do limite de detecção e quantificação foram usados os critérios adotados pela IUPAC. Para o estudo da exatidão para Pb, Cd, Cu e Zn foi usado o método da adição de padrão e a recuperação foi de 90% para chumbo, 94% para cádmio e cobre e 95% para zinco; os limites de detecção e quantificação do método foram 0,01 e 0,03 mg/kg para chumbo, 0,001 e 0,013 mg/kg para cádmio, 0,001 e 0,01 mg/kg para cobre e 0,003 e 0,01 mg/kg para zinco respectivamente.

No caso do mercúrio, o estudo de exatidão foi feito com material de referência certificado “fish flesh homogenate”, cujo valor certificado é de $460 \pm 20 \mu g/kg$ e o valor obtido foi de $467 \pm 12 \mu g/kg$, com uma % de recuperação de 102%. O limite de detecção do método para mercúrio foi de 0,26 $\mu g/kg$ e o limite de quantificação foi de 0,87 $\mu g/kg$.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os valores médios obtidos para chumbo, cádmio, mercúrio, cobre e zinco foram comparados usando análise de variância (one-way analysis of variance) (ANOVA; Programa GraphPad Instat, versão 2, 1990-1993).

Para as 70 amostras dos bivalves analisados foram calculadas as médias, medianas, valores mínimos e máximos (mg/kg) para o Pb, Cd, Hg, Cu e Zn e encontram-se na TABELA 1. Pode-se observar que os valores obtidos para os metais analisados, exceto zinco, todos estão de acordo com a legislação brasileira e do MERCOSUL em vigor^{4, 5} que estabelecem os limites de 2,0 mg/kg, 1,0 mg/kg, 0,5 mg/kg, 30,00 ppm e 50,00 ppm para Pb, Cd, Hg, Cu e Zn, respectivamente e também abaixo dos limites máximos estabelecidos pelo Codex Alimentarius¹¹ que, no caso do Pb, indica o valor de 0,5 mg/kg, isto é, quatro vezes menor que o limite da legislação brasileira e do MERCOSUL.

Nas figuras 2, 3 e 4 onde estão representadas as concentrações médias de cada elemento, calculadas na base úmida, em relação à localidade de coleta das amostras, evidencia-se que a estação Itaguapé, local onde foram coletadas as ostras, apresentou níveis mais elevados de Cd, apesar dos valores estarem dentro dos limites permitidos pela Legislação Brasileira. Pela análise de variância não foram encontradas diferenças estatisticamente significantes ($p > 0,05$) entre os valores médios de Pb, Cd, Hg e Zn nos mexilhões em função das localidades estudadas. Enquanto que os valores médios de Zn apresentaram diferenças estatisticamente significantes entre ostras e

Tabela 1: Concentrações médias, medianas, valores mínimos e máximos de Pb, Cd, Hg, Cu e Zn dos bivalves nas diferentes localidades, em mg/kg

Localidade	[Pb]	[Cd]	[Hg]	[Cu]	[Zn]
Guaraú	0,20-0,19-	0,12-0,13-	0,025-0,025-	1,48-1,47-	20,0-20,7-
	0,15-0,29	0,08-0,13	0,020-0,030	1,26-1,90	16,9-21,8
Prainha	0,20-0,18-	0,08-0,08-	0,018-0,020-	1,37-1,24-	18,8-19,2-
	0,11-0,30	0,06-0,11	0,010-0,020	1,22-1,61	13,7-23,8
Plataforma	0,19-0,15-	0,11-0,11-	0,027-0,030-	1,47-1,49-	16,9-15,9-
	0,15-0,25	0,08-0,13	0,020-0,030	1,31-1,60	14,3-20,0
Pta do Forte	0,18-0,17-	0,08-0,08-	0,029-0,030-	1,59-1,55-	19,1-19,3-
	0,10-0,30	0,06-0,09	0,020-0,040	1,51-1,81	16,2-21,9
Paranapuã	0,15-0,15-	0,06-0,06-	0,028-0,030-	2,08-1,95-	19,4-19,1-
	0,09-0,18	0,05-0,07	0,020-0,040	1,79-2,78	16,0-23,0
Urubuqueçaba	0,15-0,15-	0,05-0,05-	0,023-0,020-	1,78-1,75-	17,8-18,6-
	0,10-0,20	0,04-0,07	0,020-0,030	1,49-2,08	12,7-23,4
Ilha Palmas	0,14-0,13-	0,06-0,06-	0,023-0,020-	1,93-1,92-	21,2-20,7-
	0,10-0,20	0,05-0,07	0,020-0,030	1,53-2,29	20,2-22,4
Pompeva	0,13-0,12-	0,09-0,09-	0,020-0,020-	1,52-1,54-	21,8-22,8-
	0,12-0,16	0,07-0,11	0,020-0,020	1,34-1,63	19,2-24,1
Guaiuba	0,15-0,16-	0,10-0,10-	0,022-0,020-	1,49-1,48-	20,7-20,3-
	0,11-0,20	0,09-0,11	0,010-0,030	1,44-1,55	16,7-25,0
Candinho	0,20-0,20-	0,02-0,02-	0,020-0,020-	3,22-3,08-	13,0-12,4-
	0,15-0,26	0,01-0,02	0,010-0,030	2,17-4,09	10,0-15,4
Pta Selada	0,12-0,12-	0,09-0,10-	0,023-0,025-	1,65-1,70-	20,9-20,6-
	0,07-0,17	0,08-0,11	0,010-0,030	1,26-2,08	19,0-25,2
Itaguaré	0,07-0,07-	0,24-0,30-	0,020-0,020-	3,40-3,73-	245-232-
	0,04-0,09	0,06-0,43	0,020-0,020	2,04-4,08	180-318

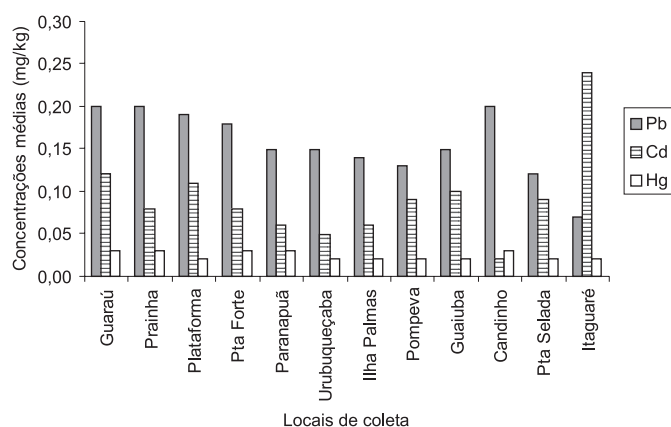


Figura 2. Concentrações médias de Pb, Cd e Hg na base úmida em *P. perna*, *M. falcata*, *C. brasiliana* em função das localidades de coleta

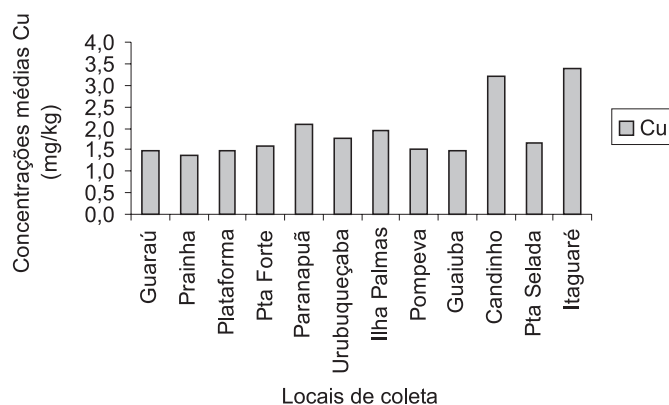


Figura 3. Concentração média de Cu na base úmida em *P. perna*, *M. falcata*, *C. brasiliana* em função das localidades de coleta

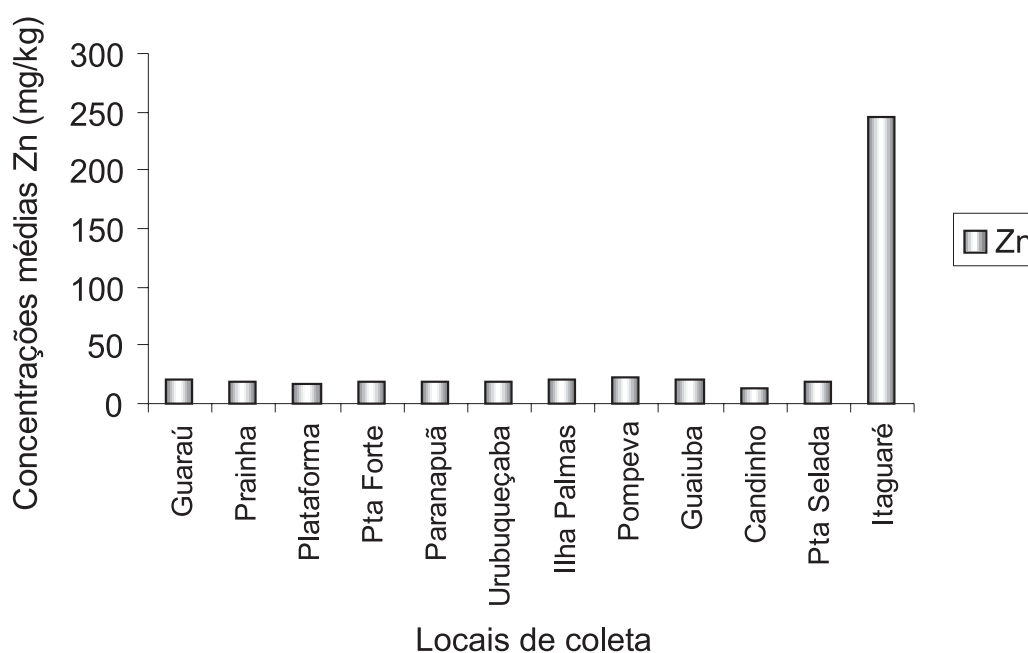


Figura 4. Concentração média de Zn na base úmida em *P. perna*, *M. falcata*, *C. brasiliana* em função das localidades de coleta

mexilhões. As ostras acumulam naturalmente o zinco e esta concentração está diretamente relacionada com as funções reprodutivas e o seu estágio de maturação¹⁹.

A média para a concentração de cobre nos mexilhões da localidade de Paranapuã é bem maior em relação às outras localidades apresentando diferença estatisticamente significativa ($p < 0,05$), enquanto que em Candinho (sururu) e Itaguapé (ostras) não apresentaram diferenças estatisticamente significantes ($p > 0,05$).

Damato et al.⁸ analisaram mexilhões *P. Perna* da Baixada Fluminense e encontraram níveis médios de mercúrio que variaram de 0,03 a 0,06 mg/kg, valores superiores aos encontrados neste trabalho.

Dada a complexidade da região metropolitana da Baixada Santista, Silva et al.²⁸ coletaram mexilhões nas Baías de Santos e São Vicente, e ostras no complexo estuarino da Baixada Santista, registrando níveis de mercúrio menores que 0,05 µg/g nos bivalves. As concentrações de Hg obtidas neste estudo são comparáveis aos encontrados por Gregori¹⁴.

As ostras coletadas no Rio Itaguapé, Município de Bertioga, um dos últimos redutos desse bivalve nessa região, apresentaram-se dentro dos padrões de consumo. A CETESB⁶ analisando algumas amostras de bivalves da mesma região em estudo, também encontrou baixos teores dos elementos Pb, Cd e Hg, confirmando os resultados obtidos no presente trabalho.

Pode-se dizer que a contaminação ambiental da região estudada é baixa, se comparada aos estudos realizados por outros autores^{1, 3, 12, 13, 14, 16, 20, 24, 31, 32} em diversas regiões cujos teores de Pb, Cd, Cu e Zn em mexilhões e/ou ostras foram bem mais

elevados que os valores encontrados neste estudo.

Nestas últimas décadas, órgãos como a CETESB, organizações não governamentais, ambientalistas, vigilância sanitária e Promotoria Pública exerceram várias ações fiscalizadoras junto ao pólo industrial de Cubatão e da Baixada Santista; provavelmente, essas ações serviram para inibir o lançamento de poluição excessiva na região, assim os mexilhões, sururus e ostras analisados nesse trabalho apresentaram níveis de Pb, Cd e Hg considerados aceitáveis para o consumo humano.

Monitorizações realizadas pela CETESB⁷, no sistema estuarino de Santos e São Vicente, indicaram níveis elevados de Pb, principalmente para o estuário de São Vicente com concentrações de 36 µg.g⁻¹ na água e 35 µg.g⁻¹ no sedimento, porém as concentrações desses metais nos bivalves estudados nessas mesmas regiões não mostravam valores que indicassem contaminação. Assim, sugerimos aos órgãos competentes a alteração da legislação brasileira para a avaliação da qualidade dos moluscos, conforme as normas utilizadas pela Comunidade Européia. Atualmente no Brasil, a qualidade dos moluscos é determinada pela análise das águas provenientes da região de exploração, o que nem sempre indica a realidade.

CONCLUSÃO

Podemos concluir que no período estudado os bivalves provenientes dos bancos naturais dos Municípios estudados encontravam-se em condições adequadas para o consumo humano, quanto às análises efetuadas, pois todas as

amostras analisadas apresentaram níveis de chumbo, cádmio, mercúrio e cobre inferiores ao estabelecido pela legislação brasileira e do MERCOSUL em vigor.

Em virtude das altas concentrações de zinco naturalmente encontradas em ostras, sugerimos às autoridades competentes

o estabelecimento de uma legislação específica para esse elemento em ostras.

Deve-se salientar a importância da continuidade dos programas de monitorização dos bivalves para avaliação da sua qualidade e também do meio ambiente.

RIALA6/913

PEREIRA, O. M. et al.. Determination of Pb, Cd, Hg, Cu and Zn levels in molluscs (*Crassostrea brasiliana*, *Perna perna* and *Mytella falcata*) **Rev. Inst. Adolfo Lutz**, 61(1):19-25, 2002

ABSTRACT. Bivalves as filter-feeders and bioaccumulators of chemical and biological residues can offer risk to public health when consumed by the population. This study aims at determining Pb, Cd, Hg, Cu and Zn levels in bivalves *C. brasiliana*, *P. perna* and *Mytella falcata* collected in several natural sandbanks in the coastal Baixada Santista, São Paulo. Seventy samples from twelve natural sandbanks were collected and analyzed from September 1996 to February 1997. Mercury concentration in soft tissues of bivalves was determined by continuous flow injection – flameless atomic absorption spectrometry. Pb, Cd, Zn and Cu were determined by Inductively Coupled Plasma Optical Emission Spectrometry (ICP OES). The results showed that Pb, Cd, Hg and Cu levels in samples were according to Brazilian legislation. The concentration of Zn for all samples of oyster *C. brasiliana* was higher than those indicated by legal limits for foods in Brazil, that is 50 mg/kg; for other samples the Zn levels were below the levels established for Brazilian legislation.

KEY WORDS. Bivalve, Hg, Pb, Cd, Cu, Zn, cold vapor atomic absorption spectrometry, CV/AAS, ICP OES.

REFERÊNCIAS

1. Abbe, G. R.; Riedel, G. F.; Sanders, J. G. Factors that influence the accumulation of copper and cadmium by transplanted eastern oysters (*Crassostrea virginica*) in the Patuxent River, Maryland. **Mar. Environ. Research**, 49: 377-396, 2000.
2. AOAC. **Association of Official Analytical Chemists**. Official methods of analysis of the Association of Official Analytical Chemists. 15th ed., Washington, D. C., 1995. p. 19 (Tecn. 9.2.19).
3. Balogh, K. V. Heavy metal pollution from a point source demonstrated by mussel (*Unio pictorum* L.) at Lake Balaton, Hungary. **Bull. Environ. Contam. Toxicol.**, 41: 910-914, 1988.
4. Brasil, Leis, Decretos, etc. Divisão Nacional de Vigilância Sanitária de Alimentos – DINAL – Portaria nº 685 de 27 de agosto de 1998 fixa limites máximos de tolerância de contaminantes químicos em alimentos. **Diário Oficial** de 24/09/98.
5. Brasil, Leis, Decretos, etc. Decreto nº55871 de 26 mar. 1965. Modifica o decreto nº 50040, de 24 jan. 1961 referente a normas regulamentadoras do emprego de aditivos para alimentos, alterado pelo Decreto nº691, de 13 de mar.1962. **Diário Oficial**. Brasília, 9 abr. 1965. Seç. 1, pt.1, p. 3611.
6. CETESB. **Rio Itaguaraé – Resolução SMA – 63, de 16/12/96 – Relatório Final**. Governo do Estado de São Paulo, Secretaria do Meio Ambiente, Companhia de Tecnologia e Saneamento Ambiental – CETESB, 1997. 15 p.
7. CETESB. **Sistema Estuarino de Santos e São Vicente – Relatório Final**. Governo do Estado de São Paulo, Secretaria do Meio Ambiente, Companhia de Tecnologia e Saneamento Ambiental – CETESB, 2001. 177p.
8. Damato, C. et al. Levantamento sobre os índices de mercúrio presentes em mexilhões (*Perna perna* L.) oriundos da Praia de Piratininga, e Baías de Guanabara e Sepetiba. **Higiene Alimentar**, 11(50): 30-35, 1997.
9. EPA. **Water Quality Criteria**. Ecological. Environmental Protection Agency. Washington, D. C., 1972. 594 p.
10. Eysink, G.; de Pádua, H.B.; Martins, M.C. Presença do mercúrio no ambiente. **Rev. CETESB Tecnol.**, 2(1): 43-49, 1988.
11. FAO/WHO. **Codex Alimentarius Commission**. Codex Committee on Food Additives and Contaminants, 1995. CX/FAC 96/17.
12. Ferreira, J. R. Mercury in Water and fish from the São Vicente Estuary near Santos, Brazil. In: **Anais/Resumo Seminário Sobre Uma Síntese Do Conhecimento Sobre A Baixada Santista**. São Paulo, Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental, 1983. v.1, p. 140-143.
13. Goldberg, E. D. et al. Mussel Watch: 1977-1978 Results on Trace Metals and Radionuclides. **Estuarine, Coastal and Shelf Science**, 16: 69-93, 1983.
14. De Gregori, I. et al.. Cadmium, lead, copper and mercury levels in fresh and canned bivalve mussels *Tagelus dombeii* (Navajuela) and *Semelle sólida* (Almeja) from the Chilean coast. **Sci. Total Environ.**, 148: 1-10, 1994.

15. Harada, M. Minamata disease: methylmercury poisoning in Japan caused by environmental pollution. **Critical Reviews in Toxicology**, 25(1): 1-24, 1995.
16. Jeng, Ming-Shiou et al. Mussel Watch: a review of Cu and other metals in various marine organisms in Taiwan, 1991-98. **Environ. Pollution**, 110: 207-215, 2000.
17. Joiris, C. R.; Holsbeek, L.; Otchere, F. A. Mercury in the Bivalves *Crassostrea tulipa* and *Perna perna* from Ghana. **Mar. Poll. Bull.**, 40(5): 457-460, 2000.
18. Kang, Seong-Gil; Wright, D. A.; Koh, Chul-Hwan Baseline metal concentration in the Asian periwinkle *Littorina brevicula* employed as a biomonitor to assess metal pollution in Korean coastal water. **Sci. Total Environ.**, 263: 143-153, 2000.
19. McCulloch, K. W. et al. Zinc from oyster tissue as causative factor in mouse deaths in official biassay for paralytic shellfish poison. **J. Assoc. Off. Anal. Chem.**, 72(2) :84-86, 1989.
20. Meeus-Verdinne, K.; Canter, R. V.; Borger, R. The Trace Metal Content in Belgian Coastal Mussels. **Mar. Poll. Bull.**, 14 (5): 198-200, 1983.
21. Miller, B. S. Mussels as biomonitors of point and diffuse sources of trace metals in the clyde sea area, Scotland. **Wat. Sci. Tech.**, 39(12): 233-240, 1999.
22. Ostapczuk, P. et al. Mussels and algae as bioindicators for long-term tendencies of element pollution in marine ecosystems. **Chemosphere**, 34(9/10): 2049-2058, 1997.
23. Parson, T. R.; Takarashi, M.; Hagrave, B. **Biological oceanographic processes**. Pergamon Press, 1997. 332 p.
24. Pempkowiak, J.; Sikora, A.; Biernacka, E. Speciation of heavy metals in marine sediments vs their bioaccumulation by mussels. **Chemosphere**, 39(2): 313-321, 1999.
25. Pfeiffer, W. C. Heavy metals surveys in Brazilian coastal environments. In: Seeliger, U.; Lacerda, L.D.; Patchineelam, S.R. eds. **Metals in Coastal Environments of Latin America**. Berlin, Springer-Verlag, 1988. p. 3-8.
26. Rocha, A. A. Efeitos dos poluentes encontrados nos afluentes de uma galvanoplastia. **Rev. DAE**, 42 (130): 89-93, 1982.
27. Rocha, A. A.; Pereira, D.N. 1985 Produtos de pesca e contaminantes químicos na água da Represa Billings, São Paulo. **Rev. Saúde Pública**, 19: 401-10, 1985.
28. Silva, C. C. do Amaral et al. Metais pesados na Baía de Santos e estuários de Santos e São Vicente. Relatório final para o projeto "Metais Pesados" da SEMA. In: **Seminário Sobre Uma Síntese Do Conhecimento Sobre A Baixada Santista**. São Paulo, Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental, 1983. *Anais/Resumos*. V. 1, p. 69-72.
29. Szefer, P. et al. Mercury and other trace metals (Ag, Cr, Co and Ni) in soft tissue and byssus of *Mytillus edulis* from the east coast of Kyushu Island, Japan. **Sci. Total Environ.**, 229: 227-234, 1999.
30. Tavares, T. M.; Carvalho, F.M. Avaliação de exposição de populações humanas a metais pesados no ambiente: exemplos do recôncavo baiano. **Rev. Quim. Nova**, 15 (2): 147-154, 1992.
31. Toledo, M.; Sakuma, A. M.; Pregolato, W. Aspectos da contaminação por cádmio em produtos do mar coletados no Estuário de Santos, Baía da Guanabara e Baía de Todos os Santos. **Rev. Inst. Adolfo Lutz**, 43 (1/2): 15-24, 1983.
32. Tommasi, R. L. **Considerações ecológicas sobre o sistema estuarino de Santos**. 1980. [Tese de Livre - Docência, Depto. Oceanografia Biológica - Instituto Oceanográfico, Universidade de São Paulo].
33. Zenebon, O. et al. Rapid food decomposition by H₂O₂-H₂SO₄ for determination of total mercury by flow injection cold vapor atomic absorption spectrometry. **J. AOAC Intern.**, 85(1): 149-152, 2002.

Recebido em 22/01/2002; Aprovado em 06/06/2002