

Incorporação de metais por mexilhões transplantados para a Baía de Guanabara

Rosane B. Constante de Moraes, Wolfgang C. Pfeiffer, Anne Carvalhaes, Ariane C. Vieira e Sérgio Ricardo P. Gomes

Resumo — O objetivo deste trabalho é avaliar a disponibilidade de metais na Baía de Guanabara (RJ) através da técnica de transplante de mexilhões. Mexilhões da espécie *Perna perna* foram transplantados em gaiolas para um ponto interior da baía e após 40 dias de exposição os animais foram avaliados em relação ao crescimento e concentração de metais por espectrometria de absorção atômica. O transplante ocorreu durante 5 meses em dois períodos distintos com um intervalo de 5 anos. Os dados sugerem que houve uma diminuição na disponibilidade dos metais em solução nas águas da Baía de Guanabara.

Palavras-chave — Metais, bioacumulação, moluscos, *Perna perna*.

I. INTRODUÇÃO

O destino dos contaminantes que são lançados no ambiente aquático é determinado pela interação de vários processos como bioconcentração, dissolução, volatilização e absorção. Uma vez no ambiente, os contaminantes podem ser encontrados em diferentes compartimentos bióticos e abióticos e a distribuição nesses compartimentos dependerá de suas propriedades físico-químicas e das características do próprio compartimento. Nem sempre todos os contaminantes presentes em compartimentos abióticos, como sedimento e coluna d'água, estão disponíveis aos organismos. A disponibilidade não está necessariamente associada a concentração do contaminante presente no ambiente, pois uma fração importante do contaminante pode estar complexada a substâncias orgânicas e inorgânicas, que poderão efetivamente controlar sua biodisponibilidade.

O monitoramento ambiental inclui observações e medidas de parâmetros físicos, químicos e biológicos. O biomonitoramento inclui análises do estado do ambiente monitorando indivíduos, espécies, populações e comunidades para entender mudanças que podem ocorrer como resultado de

exposição química ao longo de um determinado período.

R.B.C. Moraes remoraes@alternex.com.br FEEMA-Dilab, Av. Salvador Alende 5500, CEP 22.780-160 Rio de Janeiro-RJ, Wolfgang C. Pfeiffer - I.Biofísica -UFRJ, Anne Carvalhaes ekos@olimpo.com.br Ekos Consultoria Ambiental Ltda, Ariane C. Vieira, Sérgio Ricardo P. Gomes – Depto Biologia Marinha/UFF. Trabalho recebido em 31 de maio de 2003. Este trabalho foi financiado pela FAPERJ Processo E-26/152.009/2002 e pelo PRONEX/CNPq 661421/1996-1.

O biomonitoramento é importante porque as respostas biológicas podem ocorrer a concentrações químicas abaixo do limite de detecção analítica ou após a exposição química ter cessado [1].

A análise química de tecidos não é uma opção e sim uma parte fundamental de toda avaliação integrada. Este elemento também é fundamental para a avaliação de risco ecológico e programas tradicionais de monitoramento. A necessidade de uma maior ênfase sobre resíduos em tecidos tem sido identificada previamente. Muitos estudos suportam o uso de resíduos em tecidos como a melhor estimativa da concentração química no corpo receptor que concentração na água e sedimento.

A técnica de biomonitoramento através de transplante de organismos em gaiolas é uma ferramenta importante no controle de poluentes ambientais. No Brasil, experimentos de monitoramento com mexilhões transplantados têm sido relatados por Furley e Oliveira [2] e Furley *et al.* [3]. Mexilhões têm sido transplantados para ambientes contaminados por metais com o propósito de ligação não somente da acumulação de metais mais também de respostas de estresse fisiológico e indicadores de saúde ambiental. Os metais absorvidos podem agir de maneira direta causando necrose dos tecidos, inibição da capacidade de reprodução, altas taxas de mortalidade de formas larvares ou juvenis e podem ser bioacumulados caracterizando a intoxicação crônica. As vantagens do uso de mexilhões como monitor incluem tamanho, vida longa, diversidade de espécies relativamente alta, grande variação geográfica de algumas espécies e tolerância a manipulação e confinamento em gaiolas.

A Baía de Guanabara constitui um ponto estratégico das cidades do Rio de Janeiro, Niterói e outras cidades localizadas em suas margens por ser importante para navegação, pesca e turismo. Localizada a 22°S 43°W, a Baía de Guanabara tem uma área de 381 km². Sua bacia recebe a drenagem de 35 rios e uma descarga de esgotos domésticos de cerca de 18,6 m³/s sendo que 76% desta vazão é despejada direta ou indiretamente sem nenhum tratamento. Nessa bacia, localizam-se um dos maiores parques industriais do país, dois portos comerciais, refinarias e terminais marítimos de petróleo, estaleiros e outras fontes poluidoras que contribuem diariamente com óleo, fenóis, metais pesados e outros poluentes tóxicos. A situação é agravada pela existência de vários vazadouros de lixo localizados às margens dos rios contribuintes ou da própria baía, como é o caso do Aterro Metropolitano no município de Duque de Caxias, o qual escoava para a baía um chorume com vazão de 800 m³/dia composto de várias substâncias tóxicas, entre elas, metais pesados [4].

Na Baía de Guanabara o *Perna perna* é um molusco bivalve abundante que ocorre em costões rochosos e lajes na faixa do mesolitoral e infralitoral até a porção média da baía. Um dos fatores que impede sua ocorrência nas áreas mais interiores é a existência de baixas salinidades. Economicamente, é um recurso pesqueiro importante para vários grupos da população de baixa renda. De acordo com França [5], é possível detectar na baía as seguintes áreas de extração de mexilhão: Praia Vermelha, Urca, Aterro do Flamengo, Marina da Glória, Aeroporto Santos Dummont e praias de Boa Viagem e Flechas.

O mexilhão *Perna perna* é um organismo que tolera grandes variações de salinidade (eurihalino), apresentando sua faixa ótima de sobrevivência nas salinidades de 19 a 44 S [6]. A espécie também apresenta tolerância a variações de temperatura, sendo encontrada em temperaturas de 13 a 28 °C [7].

Além de sua importância na alimentação humana, o mexilhão *Perna perna* têm a capacidade de refletir o grau de contaminação ambiental por metais pesados, podendo ser utilizado em programas de monitoramento ambiental [8].

A espécie *Perna perna* distribui-se pelas regiões tropicais e subtropicais dos oceanos Atlântico e Índico e também estende-se pelo Mediterrâneo. Na América do Sul essa espécie é encontrada no Brasil (do Rio Grande do Sul ao Espírito Santo), Uruguai e Venezuela [6].

II. MATERIAL E MÉTODOS

Mexilhões da espécie *Perna perna* foram coletados no costão da Praia de Piratininga (Niterói-RJ), região oceânica, relativamente afastada de centros urbanos. Em laboratório foi realizada a biometria dos organismos (comprimento total - distância do umbo ao bordo posterior). Animais de 20 a 25mm foram selecionados e agrupados em cinco lotes de 20 organismos. Cada lote foi colocado em gaiolas confeccionadas com tela de polietileno.

As gaiolas foram amarradas a uma bóia de sinalização próxima a Pedra da Passagem na Baía de Guanabara. O período de permanência dos organismos na Baía de Guanabara foi de 40 dias. Após cada período de exposição às gaiolas que se encontravam em campo foram trocadas por outras com novos mexilhões. Este procedimento foi repetido ao longo dos anos de 1993 e 1998. Em laboratório, eram feitas a biometria, sexagem e separação carne-concha de cada lote de organismos retirados do campo.

A análise de metais foi feita em triplicata, sendo utilizado três lotes de organismos em cada período de amostragem. A carne dos animais foi seca em estufa (100°C), pesada e levada ao forno mufla à 450°C até a obtenção de cinzas brancas. O material calcinado foi digerido à quente com ácidos nítrico e clorídrico concentrados (1:3), evaporado até securo e redissolvido com ácido clorídrico a 0,1N [9]. A leitura da concentração dos metais cádmio, chumbo, níquel, cobre manganês e ferro, foi realizada por espectrofotometria em absorção atômica de chama ar-acetileno (Varian AA 1475).

III. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Após 40 dias de exposição os animais apresentaram um crescimento médio de 8,6mm apresentando um comprimento total de até 38mm. A taxa de crescimento apresentada demonstra que houve farta disponibilidade de alimento. Considerando que a bioacumulação e a toxicidade são fortemente influenciadas pela alimentação, a exposição aos contaminantes não deve ter sido alterada devido ao efeito “gaiola”. A proporção de machos e fêmeas em cada lote foi semelhante (1:1). Não houve mortalidade de mexilhões ao longo dos períodos de exposição.

A Tabela I apresenta a concentração média de metais nos mexilhões implantados na Baía de Guanabara nos dois períodos de estudo, 1993 e 1988. As concentrações de cobre e níquel nos mexilhões apresentam uma pequena redução no

segundo período de estudo enquanto as concentrações de chumbo e ferro parecem ter tido uma queda acentuada.

TABELA I
CONCENTRAÇÃO DE METAIS EM MEXILHÕES *PERNA PERNA* IMPLANTADOS NA P. PASSAGEM-BAÍA DE GUANABARA. TEMPO DE EXPOSIÇÃO – 40 DIAS.
VALORES EM $\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$ DE PESO SECO.

Metal	1993 ($\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$)	1998 ($\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$)
Cd	0,15	0,11
Cu	6,94	5,95
Pb	8,37	1,04
Ni	4,00	3,09
Mn	20,25	16,90
Fe	153	58

Embora os valores de níquel sejam superiores a sítio de referência (região oceânica - $<1,0\mu\text{g Ni}\cdot\text{g}^{-1}$ peso seco) eles são muito baixos comparados com outras áreas contaminadas.

As concentrações de manganês são semelhantes entre os períodos e aos valores encontrados por Carvalho e Lacerda [10] em mexilhões nativos. Os valores parecem refletir a condição parcialmente redutora da área a qual poderia aumentar a solubilidade do manganês e torná-lo mais disponível para incorporação.

Em ambos os períodos observam-se que os metais mais críticos são o chumbo e o cobre. Mexilhões nativos da região oceânica onde foram coletados os animais para o implante apresentaram $0,18\mu\text{g Cu}\cdot\text{g}^{-1}$ e valores menores que $0,1\mu\text{g}$ de Cd e Pb por grama de peso seco. Concentrações elevadas de cobre em *Perna perna* nativo também foram encontradas em outras regiões da Baía de Guanabara. Vieira e Moraes [11] relatam concentrações de 5,39 e $3,11\mu\text{gCu}\cdot\text{g}^{-1}$, nos mexilhões da Urca e do Aterro do Flamengo respectivamente.

O chumbo é caracterizado como um metal não-essencial, visto ser desconhecida qualquer atividade funcional desse metal no metabolismo do organismo. Estudos experimentais e de campo mostraram que as concentrações de metais não-essenciais nos organismos dependem de seus níveis ambientais [12].

De maneira geral os organismos apresentam um mecanismo de regulação de absorção dos metais essenciais. O fato de que um metal pode ser regulado por um organismo vivo não diminui seu efeito danoso. Exposição a concentrações ambientais menores que o limite de não-regulação podem induzir mudanças fisiológicas tais como variação da atividade enzimática [13] e alteração do

metabolismo hormonal [14]. Embora seja difícil afirmar se estas modificações são patológicas ou adaptativas, a própria regulação pode ser considerada como um distúrbio no metabolismo normal desde que a perda da estabilidade da concentração interna do metal, por aumento da concentração externa, necessita de uma aceleração de fluxo [15] e uma elevada descarga de energia. Isto pode explicar o fato de que exposições prolongadas induzem um rompimento da regulação de metais essenciais enquanto que não causam efeitos durante contaminação curta para uma mesma dose externa.

A semelhança dos valores de concentração de metais dos organismos implantados com os valores de concentração de mexilhões nativos da mesma região (Tabela II) revela que o tempo de exposição dos animais transplantados foi suficiente para atingirem o equilíbrio da incorporação com a água do mar.

TABELA II
CONCENTRAÇÃO DE METAIS EM MEXILHÕES NATIVOS DA ESTAÇÃO P. PASSAGEM- BAÍA DE GUANABARA*.

Metal	$\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$ de peso seco (1998)
Cd	0,10
Cu	2,60
Pb	1,07
Ni	4,69
Mn	-
Fe	-

* valores extraídos de Vieira [16]

Estudos anteriores sobre a contribuição industrial de metais para a Baía de Guanabara permitem a constatação de que a principal carga de metais é proveniente de uns poucos rios localizados no litoral nordeste [17]. A estação Pedra da Passagem não possui proximidade com desembocadura de rios mas localiza-se próximo a fontes significativas de esgoto doméstico e hidrocarbonetos, provenientes da Ilha do Governador e do terminal da Petrobrás.

Os dados do presente trabalho os resultados apresentados por Vieira [16] indicam a baixa biodisponibilidade dos metais na baía, principalmente nas regiões mais interiores as quais apresentam elevada carga orgânica. Os valores calculados utilizando-se o peso úmido mostram que, em *Perna perna*, os metais analisados estão abaixo da concentração máxima permissível (CMP) para consumo humano.

Embora a concentração de metais nos mexilhões esteja muito elevada em relação a regiões não contaminadas, os valores encontrados no presente

trabalho comparado com dados anteriores de contaminação refletem uma sensível redução na biodisponibilidade dos metais na baía.

REFERÊNCIAS

- [1] G.M. Rand. Fundamentals of aquatic toxicology: effects, environmental fate and risk assessment. Washington, D.C: Taylor & Francis, 1995.
- [2] T.H. Furley e A.C.Oliveira. Monitoramento do efluente da Aracruz Celulose S/A através do uso de mexilhões como indicadores de metais pesados e organoclorados. 5º Encontro Brasileiro de Ecotoxicologia-Itajaí, SC. Resumos.... p.46.1998
- [3] T.H. Furley, A.C. Oliveira Filho, E.S. Montenegro. Medição da bioacumulação de organoclorados em mexilhões como uma ferramenta de controle e análise de risco ambiental da Aracruz Celulose S/A.VII Congresso Brasileiro de Ecotoxicologia. Vitória-ES - Resumos p. 155. 2002.
- [4] FEEMA. Qualidade Ambiental do Ecossistema da Bacia Hidrográfica da Baía de Guanabara em 1990. Departamento de Planejamento Ambiental, 1991.
- [5] A.A. Franca. Mexilhões *Perna perna* (Linné, 1758) da Baía de Guanabara RJ – Da extração ao comércio. Monografia de Bacharelado. Depto de Biologia Marinha/ UFRJ, Rio de Janeiro-RJ. 1988.
- [6] INEM. Manual de Maricultura. Ministério da Marinha. 1985
- [7] F.C. Fernandes. Ecologia e Biologia do Mexilhão *Perna perna* (Linné, 1758), da Região de Cabo Frio – Brasil. Tese de Doutorado. Instituto Oceanográfico da Universidade de São Paulo. São Paulo, SP. 1981
- [8] C.E. Rezende e L.D. Lacerda. Metais pesados em mexilhões *Perna perna* (L.) no litoral do Estado do Rio de Janeiro. *Rev. Brasil. Biol.* 46(1): 239-247. 1986.
- [9] M. H. Kurita, & W. C. Pfeifer. Heavy metal in sediment and biota of Sepetiba Bay, Rio de Janeiro-Brazil. In: Proceedings International Conference of the Total Environment, Viena, 1991.
- [10] C.E.V. Carvalho e L.D.Lacerda. Heavy metals in the Guanabara Bay biota: Why such low concentrations? *Ciência e Cultura*, 44: 2/3 pp.184-186. 1992.
- [11] A.C. Vieira, R.B.C Moraes e W.C. Pfeiffer. Avaliação da distribuição de metais pesados na baía de Guanabara utilizando o mexilhão *Perna perna*. VIII Congresso Latino Americano sobre Ciencias del Mar – Trujillo – Peru , 1999. Vol.II pp.861-863.
- [12] J.C. Amiard, C. Amiard-Triquet, B. Berthet and C. Metayer. Comparative study of the patterns of bioaccumulation of essential (Cu, Zn) and non-essential (Cd, Pb) trace metals in various estuarine and coastal organisms. *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.* Vol. 106, pp. 73-89, 1987.
- [13] J.C. Amiard, C. Amiard-Triquet and C. Denuit. Variations de l'activité de quelques enzymes de l'hémolymphe et de l'hépatopancreas de *carcinus maenas* in situ et expérimentalement sous l'effet de polluants métalliques (Cd, Pb, Cu et Zn). In: Índices bioquímicos et milieux marins. Publ. CNEXO (Actes Colloq.) N° 14, pp.385-398,1982.
- [14] C. Amiard-Triquet, J.C. Amiard, R. Ferrand, A.C. Andersen, M.P. Dobois. Disturbance of a met-enkephalin-like hormone in the hepatopancreas of crabs contaminated by metals. *Ecotoxicol. Environ. Safety*, vol.2 pp. 198-209. 1986
- [15] S.L.White and P.S. Rainbow. Regulation and accumulation of copper, zinc and cadmium by the shrimp *Palaemon elegans*. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* vol.8, pp. 95-101. 1984.
- [16] VIEIRA, A. C. 2000. Efeitos da qualidade ambiental da Baía de Guanabara nas populações de mexilhões *Perna perna* (Linné, 1758). Monografia de Especialização, Instituto de Biologia - UFF. 56p.
- [17] E. F. de A. LIMA. Avaliação dos registros de cádmio, cobre, cromo e zinco em mexilhão *Perna perna* (Linné, 1758) do litoral do estado do Rio de Janeiro (Brasil). Dissertação de Mestrado. Depto de Química, PUC-RJ, 106pp. 1997.