

Silveira, R. M. & Resgalla Jr., C. 2009. Avaliação da qualidade do sedimento do estuário do Rio Itajaí-Açú, Saco da Fazenda e região costeira adjacente mediante o uso de testes de toxicidade, 127-138p. *In*: Joaquim Olinto Branco; Maria José Lunardon-Branco & Valéria Regina Bellotto (Org.). Estuário do Rio Itajaí-Açú, Santa Catarina: caracterização ambiental e alterações antrópicas. Editora UNIVALI, Itajaí, SC., 312p.

Capítulo 8

Avaliação da qualidade do sedimento do estuário do Rio Itajaí-Açú, Saco da Fazenda e região costeira adjacente mediante o uso de testes de toxicidade.

Rafaela Michels da Silveira¹, Charrid Resgalla Jr²

CTTMar/UNIVALI - Cx.P. 360, Itajaí, SC, 88.302-202, ¹silveirarm@yahoo.com.br;
²cresgalla@univali.br

ABSTRACT

Itajaí-Açú is the most important river of the Santa Catarina State and is used as point of the marine trade, being the receiving body of the agricultural and industrial effluents of the whole basin. The chemical compositions of these effluents can present processes of adsorption in the sediments, taking the need the ecotoxicological studies for information on possible impacts in dredging activities. The aqueous phase of the sediments (elutriate) of the river Itajaí-Açú, saco da Fazenda and adjacent coastal area were analysed by embryo-larval toxicity tests with the use of urchin *Arbacia lixula*. The points in the area of navigation of the river Itajaí-Açú presented low toxicity, but a high temporary variability due to the dredging activities. In the area to amount to the Itajaí harbor, the sediments presented a high toxicity while in the adjacent coastal area the low toxicity suggests areas to be used as reference sediments. Granulometric analyses, like percentile of clay and organic matter, demonstrate relationship between the points of high toxicity. The saco da Fazenda presented low toxicity of their sediments, but probably this fact is related to the dredging activities for paisagismo works and urbanization of the area. The results of the toxicity tests with the sediment of the saco da Fazenda point to strong influence of the ribeirão Schneider as source of organic contamination.

Keywords: Sediments, Toxicity, Rio Itajaí-Açú, Saco da Fazenda, Dredging.

INTRODUÇÃO

Frequentemente, em regiões portuárias, a profundidade local de equilíbrio não necessariamente é a ideal para a navegação, obrigando a realização de obras de dragagem para a manutenção da profundidade de calagem para as embarcações. Operações de dragagem, mais do que simplesmente deslocar sedimento de uma região para outra, podem potencialmente liberar uma quantidade significativa de poluentes que se acumularam no tempo (CTTMar/UNIVALI, 2002).

Os sedimentos de ambientes naturais de água doce e marinho são os reservatórios naturais de detritos físicos e biológicos e de uma ampla variedade de compostos químicos, servindo também como fontes poluidoras não pontuais. A transferência direta de compostos químicos do sedimento para os organismos é hoje conhecida como uma das principais rotas de contaminação (Calmano & Förstner, 1996).

Sedimentos de fundo envolvidos em operação de dragagem são usualmente considerados depósitos finais da maior parte da descarga de poluentes em ecossistemas aquáticos. Muitas substâncias tóxicas estão presentes em sedimentos, tanto sob forma inorgânica (metais pesados) como forma orgânica (hidrocarbonetos e defensivos agrícolas) e podem ser adsorvidos tanto em partículas minerais quanto orgânicas (Robbe, 1984). Estes sedimentos têm a capacidade de acumular estas substâncias, que apesar de estarem ou não biodisponibilizadas, podem oferecer fonte de contaminação a partir de processos naturais (bioperturbação e ação de correntes de rios e marés), e por ação direta do homem com atividades de dragagens, podendo comprometer a qualidade da água. Esta disponibilidade dos contaminantes, retida nos sedimentos, pode variar com as condições físico-químicas e biológicas do ambiente, além de apresentar variações temporais e espaciais na sua concentração. Somam-se a isso, as interações químicas entre as próprias substâncias, que podem fazer com que essas misturas tenham características de toxicidez totalmente diferentes daquelas observáveis ao se estudar cada constituinte em separado, vindo a apresentar efeito tóxico aditivo, antagônico ou sinérgico sobre os organismos, dependendo da dose e do tempo de exposição dos mesmos, bem como das características do ambiente (Zamboni, 1993).

O presente trabalho teve como objetivo avaliar a qualidade do sedimento do rio Itajaí-Açú mediante o uso de testes de toxicidade crônico de curta duração e correlacionar a sua toxicidade com as atividades de dragagem realizadas pela Superintendência do Porto de Itajaí.

MATERIAL E MÉTODOS

Os testes de toxicidade com elutriatos foram desenvolvidos para avaliar efeitos da disposição de material dragado sobre a qualidade da água. Os trabalhos foram realizados em duas etapas, a primeira com a coleta dos sedimentos e a preparação de sua fração aquosa (elutriato), e a segunda com o teste de toxicidade de desenvolvimento embrio-larval (crônico de curta duração) do ouriço *Arbacia lixula*.

As amostragens foram realizadas trimestralmente em sete diferentes pontos do rio Itajaí-Açú e região costeira adjacente (Fig. 1A) entre 24/02/00 e 14/09/01, e em sete diferentes pontos no saco da Fazenda (Fig. 1B), entre 01/06/00 e 03/12/01. Os sedimentos foram coletados por um busca-fundo tipo Ponar, sendo armazenados em sacos plásticos sem ar e acondicionados em caixa de isopor para conservação até a chegada ao laboratório. No laboratório, foram conservados a 4 °C em geladeira.

O elutriato foi preparado com uma subamostra homogeneizada do material coletado. Utilizou-se uma proporção 1:4 de sedimento e água do mar por deslocamento de volume onde foi misturada vigorosamente por 30 minutos com um agitador mecânico. Após o período de agitação, o material foi deixado para decantar e o sobrenadante foi filtrado em filtro de fibra de vidro Whatmann® (GF/F). O elutriato assim obtido foi estocado em vidro âmbar a 4 °C até a realização dos testes de toxicidade dentro de um prazo máximo de duas semanas (EPA, 1998).

Para a realização dos testes, trinta adultos do ouriço *Arbacia lixula* foram coletados por mergulho no município de Penha (SC) e mantidos em laboratório por dois dias antes dos testes. A liberação dos gametas foi provocada por injeção de solução de cloreto de potássio (KCl 0,5 M) na região perioral do ouriço. Os óvulos, identificados por sua cor "tijolo", foram coletados em béqueres com água do mar em volume de 250 mL. O esperma, identificado por sua cor branca, foi coletado com uma pipeta de Pasteur, diretamente dos poros genitais, e depositados em um béquer de 30 mL, mantido sobre o gelo e diluído com água do mar. Para a fecundação, foram adicionados de 1 a 2 mL da solução espermática ao béquer contendo os óvulos, com agitação e repouso de 20 minutos para completa fecundação. Foram preparadas cinco réplicas de ensaio para cada elutriato, dos quais uma réplica destinou-se ao controle de salinidade e pH em frascos de 15 mL. O mesmo tratamento foi aplicado para os frascos de controle biológico. Um número mínimo de 300 ovos de *Arbacia lixula* foi transferido para os frascos testes e incubados por um período de 24 horas a 25±2 °C e fotoperíodo de 12:12.

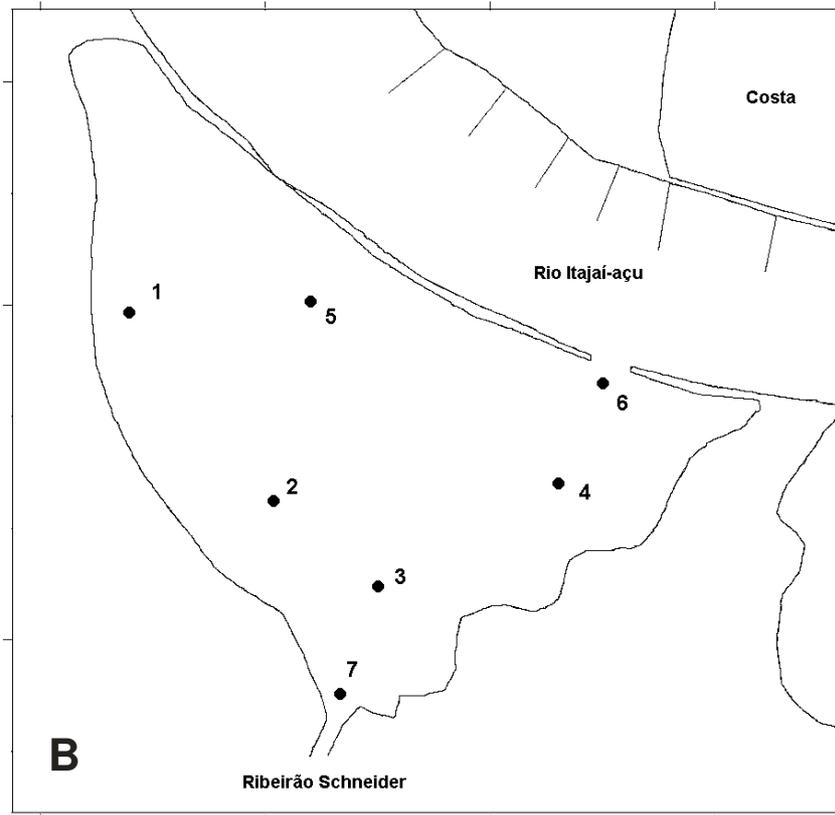
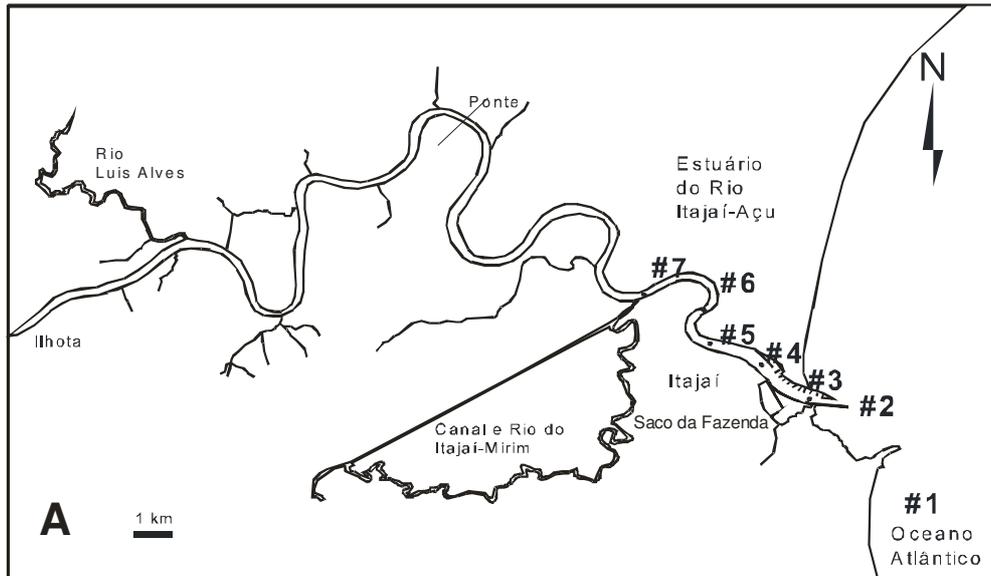


Figura 1. A- Mapa de localização dos pontos de coleta no rio Itajaí-Açu e região costeira adjacente e B- mapa de localização dos pontos de coleta no saco da Fazenda (sub-ambiente do rio Itajaí-Açu).

A finalização do teste foi realizada por fixação com formol a 4%. Foram considerados os testes válidos quando o percentual de efeito nos frascos controle

não ultrapassou 20% e alterações superiores de pH e salinidade não excederam 20% da inicial. A análise do conteúdo dos frascos para a identificação do efeito tóxico foi realizada em microscópio verificando o estágio de desenvolvimento de no mínimo 100 embriões, utilizando-se uma Câmara de Sedgwick-Rafter (CETESB, 1992).

Os efeitos obtidos nos diferentes testes foram ajustados utilizando-se a fórmula de Abbott (USEPA, 1991), segundo o efeito observado no controle para comparações entre as diferentes datas de coleta. Os resultados foram expressos em porcentagem de efeito (%).

$$P^a = \frac{P_i - P_0}{(1 - P_0)} \quad \text{onde, } P^a = \text{porcentagem de efeito corrigido por Abbott; } P_i =$$

porcentagem de efeito da amostra, P_0 = porcentagem de efeito no controle.

Os resultados foram expressos em porcentagem de efeito (%). A sensibilidade de *Arbacia lixula* foi comparada com *Lytechinus variegatus* (espécie protocolada no Brasil) para a validação do monitoramento realizado.

Dados de granulometria dos sedimentos testados foram obtidos no programa de monitoramento do Porto de Itajaí (CTTMar/UNIVALI, 2002).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Sensibilidade de *Arbacia lixula*

Para as amostras de sedimento do saco da Fazenda coletadas em 03/12/01 foram realizados testes de toxicidade com o elutriato utilizando duas espécies de ouriços, *Arbacia lixula* que foi a utilizada durante os experimentos neste trabalho e *Lytechinus variegatus*, espécie indicada no protocolo da CETESB (1992). Estes testes foram realizados com a finalidade de comparar a sensibilidade das espécies, verificando se existe alguma diferença significativa entre as respostas dos organismos. Observou-se que as duas espécies apresentaram sensibilidades semelhantes em relação ao elutriato do sedimento do saco da Fazenda (Fig. 2).

Segundo um levantamento realizado por Resgalla & Laitano (2002), a sensibilidade dos ouriços *Arbacia lixula* e *Lytechinus variegatus* não apresentam

grandes variações em relação a tóxicos ou substâncias de referência, indicando a possibilidade de uso de ambas as espécies para avaliação crônica em testes de toxicidade.

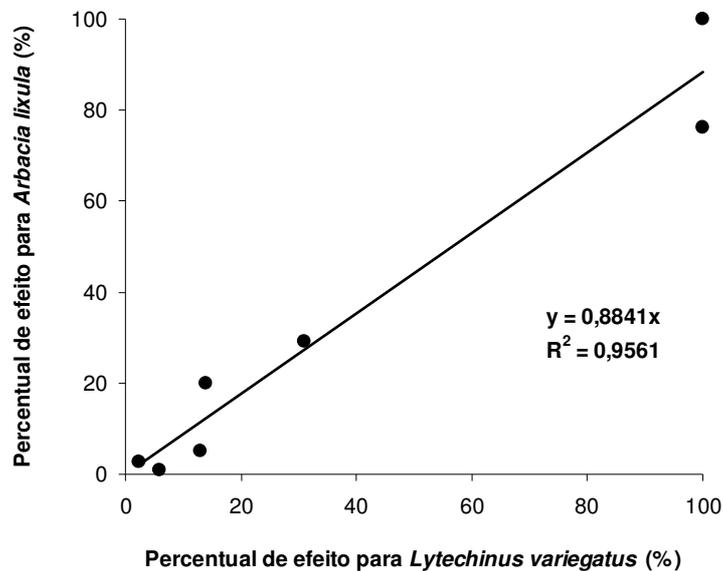


Figura 2. Relação entre o percentual de efeito nos testes com o elutriato de sedimento utilizando os ouriços *Lytechinus variegatus* e *Arbacia lixula* como organismos-teste.

Rio Itajaí-Açú

Observou-se um claro gradiente de toxicidade do sedimento ao longo dos pontos amostrais do rio Itajaí-Açú, de sentido decrescente à medida que se percorre de dentro para fora do rio (Fig. 3). Dentro deste gradiente, observou-se que os pontos de coleta P2, P3, P4 e P5, apresentaram uma alta variabilidade temporal de sua toxicidade.

A toxicidade do sedimento está relacionada à circulação do rio, que é do tipo altamente estratificada, onde a penetração da cunha salina varia em função da descarga fluvial. A influência da cunha salina estaria relacionada à flocculação, precipitação e acúmulo de substâncias no sedimento (Schettini & Carvalho, 1998). Diferenças de toxicidade encontradas nos pontos de coleta situados dentro do rio Itajaí-Açú ocorrem principalmente devido às atividades de dragagem, que promovem uma alta atividade de remobilização do sedimento. No rio, os pontos de coleta P2, P3, P4 e P5 são áreas constantemente dragadas para manter a

profundidade de navegação, sendo neste caso, caracterizadas por sedimentos com uma alta variabilidade temporal de suas características químicas e granulométricas. Enquanto que os pontos P6 e P7, que não sofrem dragagem, apresentam os maiores valores de toxicidade devidos, provavelmente, a um maior tempo de acúmulo de substâncias naturais e antropogênicas. Estes pontos sofrem influência direta da vazão do rio em período de alta vazão, com a remobilização dos sedimentos tóxicos e deposição provável no P5, ponto de transição entre áreas dragadas e não dragadas.

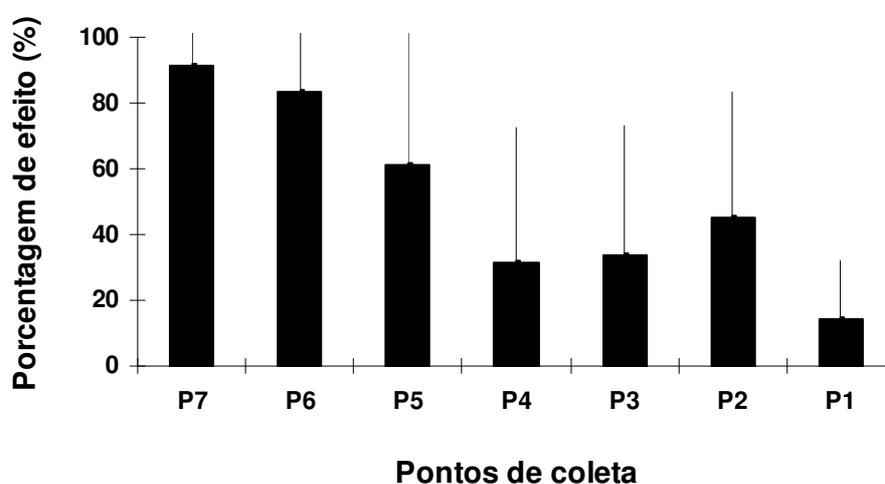


Figura 3. Média (coluna) e desvio padrão (linha) de efeito observado nos testes de toxicidade embrio-larval de *Arbacia lixula* por ponto de coleta no rio Itajaí-Açú.

Em termos de variação espaço-temporal (Fig. 4), a toxicidade do sedimento definiu dois grupos de pontos de coleta. O primeiro constituído por sedimentos de alta toxicidade (pontos P5, P6 e P7), e o segundo grupo por pontos de baixa toxicidade (P1, P2, P3 e P4). O ponto P5 pode ser considerado como transicional entre os dois grupos anteriormente definidos, pois apresenta alta toxicidade, mas também uma alta variabilidade temporal. Igualmente, o ponto P1, localizado na região costeira adjacente apresenta comportamento diferenciado, com baixa toxicidade e variabilidade temporal. Esta característica aponta um local para a coleta de sedimento de referência, ou seja, sedimentos que apresentam efeitos inerentes à metodologia aplicada nos testes de toxicidade.

A alta variabilidade temporal na toxicidade dos sedimentos pode ser explicada, também, pelo tipo de draga utilizada pela administração do porto local. Pelo sistema, a draga não transporta o sedimento para zonas de despejo, mas promove sua ressuspensão para que as correntes de vazão do rio exerçam o papel de transportador. Entretanto este fluxo pode ser influenciado por correntes de maré, o que promoveria um maior tempo de residência e distribuição deste sedimento dentro do canal (Schettini & Carvalho, 1998).

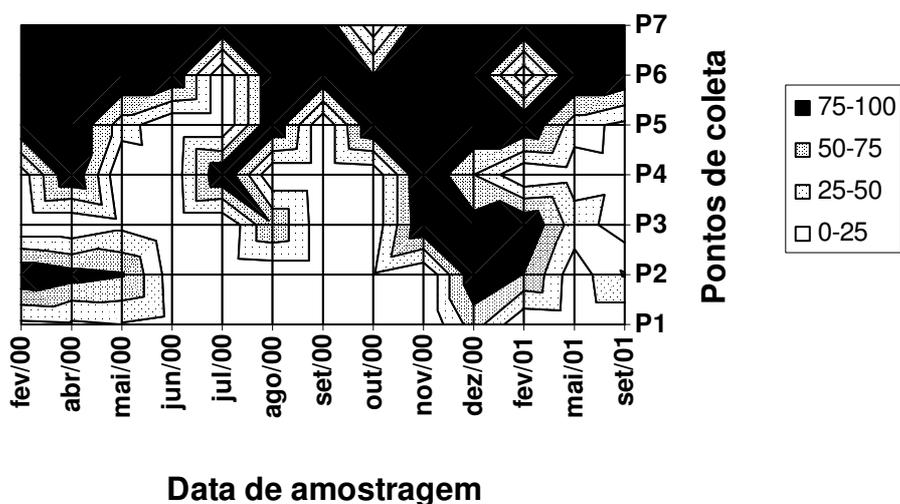


Figura 4. Percentual de toxicidade do sedimento nos diferentes pontos de coleta do rio Itajaí-Açú, num período amostral de 20 meses.

Sedimentos de granulometria fina e alto percentual de matéria orgânica na sua composição favorecem uma maior adsorção de contaminantes (Calmano & Förstner, 1996, Abessa *et al.* 1998). Nos locais em que o sedimento foi caracterizado por alto teor de argila, o elutriato apresentou uma maior toxicidade para os organismos-teste. Através das análises granulométricas das amostras coletadas no rio Itajaí-Açú, foi observado a relação entre os pontos de maior toxicidade (P5, P6 e P7) e o percentual de argila e matéria orgânica na sua composição (Fig. 5A). A distribuição do percentual de argila apresentou uma alta concordância com o gradiente de toxicidade estabelecido ao longo do rio Itajaí-Açú, cujo percentual médio de argila foi superior a 73 % para as altas toxicidades (P5, P6 e P7). Esta relação direta entre o percentual de finos e a toxicidade também foi confirmada em relação ao percentual de matéria orgânica do sedimento do rio Itajaí-Açú referente às amostras de setembro de 2001 (Fig. 5B).

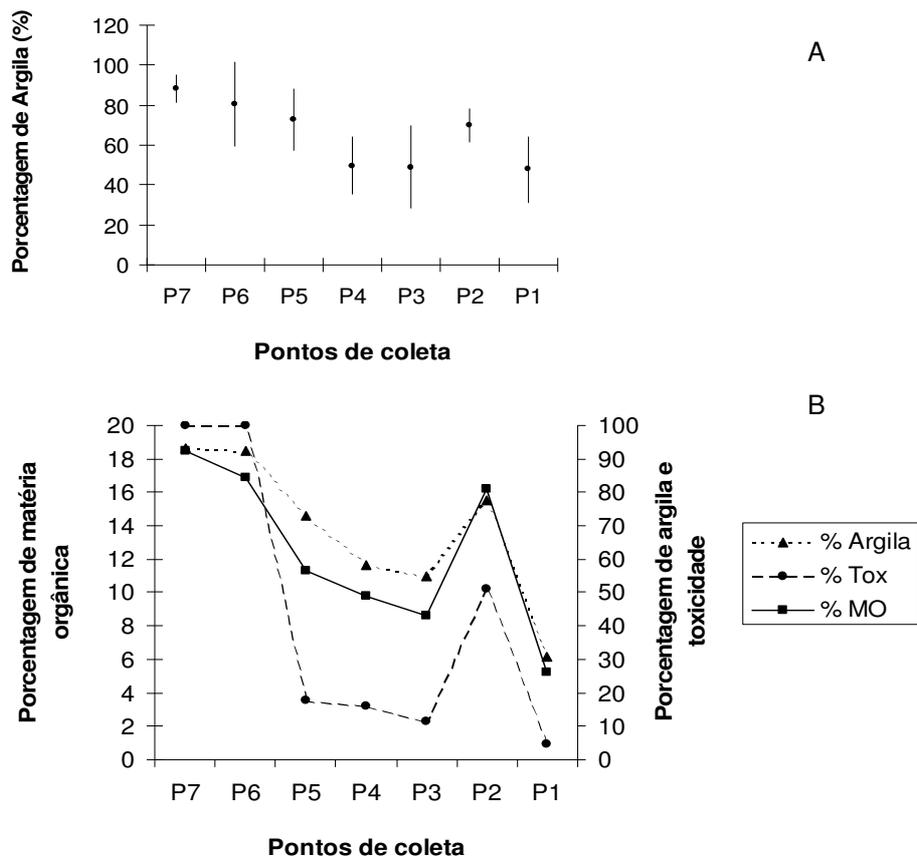


Figura 5. A- Média do percentual de argila (ponto) e desvio padrão (linha) nas amostras de sedimento do rio Itajaí-Açú durante todo o período amostral e B- Percentual médio de argila, matéria orgânica e toxicidade nas amostras de sedimento do rio Itajaí-Açú ao longo dos pontos de coleta para setembro de 2001. Onde: % Argila = porcentagem de argila do sedimento; % Tox = porcentagem de efeito nos testes de toxicidade; e, % MO = porcentagem de matéria orgânica do sedimento.

Se a atividade de dragagem consta, basicamente, em remover o sedimento mais fino do canal de navegação, então a disponibilização de constituintes tóxicos para a coluna de água e a sua deposição em áreas acima e abaixo dos pontos de manutenção do canal são uma situação comum no rio Itajaí-Açú.

Saco da Fazenda

Os estudos sobre a qualidade do sedimento do saco da Fazenda tiveram início paralelamente às atividades de dragagem para projetos de urbanização e paisagismo. A baixa toxicidade encontrada inicialmente com o início das atividades de dragagem (Fig. 6) difere dos valores observados para uma

amostragem realizada em setembro de 1999, dados que foram obtidos antes das obras. Para o período de estudo (01/06/00 a 03/12/01), observou-se que a toxicidade, em geral, foi baixa quando comparada com o sedimento do rio Itajaí-Açú, mas com igual variabilidade temporal. Observou-se também que a toxicidade do sedimento no ambiente apresentou um aumento ao longo do estudo (Fig. 7).

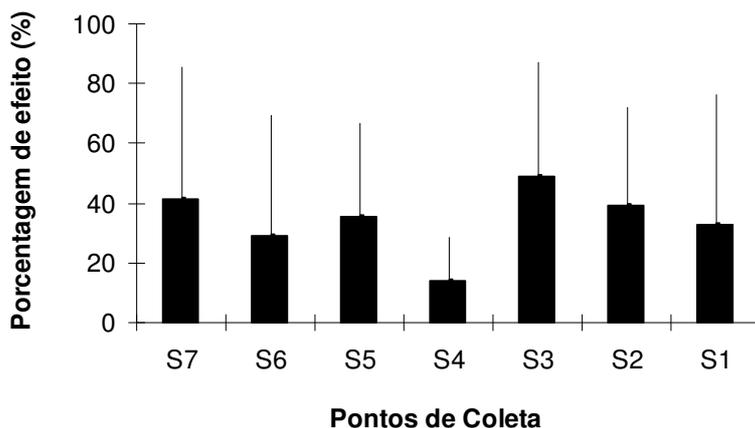


Figura 6. Média (coluna) e desvio padrão (linha) de efeito observado nos testes de toxicidade embrio-larval de *Arbacia lixula* por ponto de coleta no saco da Fazenda.

A partir de uma análise da carta de qualidade do sedimento no saco da Fazenda (Fig. 7), foi possível observar gradientes com duas fontes de contaminação, uma do rio Itajaí-Açú (amostragens de dezembro de 2000 e março de 2001) e outro em maior escala influenciada pelo ribeirão Schneider (setembro de 2000, maio e agosto de 2001). A foz do ribeirão Schneider apresentou uma alta toxicidade que provavelmente foi acompanhada por uma alteração na sua granulometria. Na desembocadura do ribeirão, o percentual de argila, antes da dragagem, era baixo devido a sua maior dinâmica e por isto apresentava sedimentos menos tóxicos. Após a dragagem, novas áreas deposicionais de sedimento foram estabelecidas, permitindo identificar a influência do ribeirão no aporte de sedimento contaminado para dentro do saco da Fazenda (setembro de 2000 e março e maio de 2001).

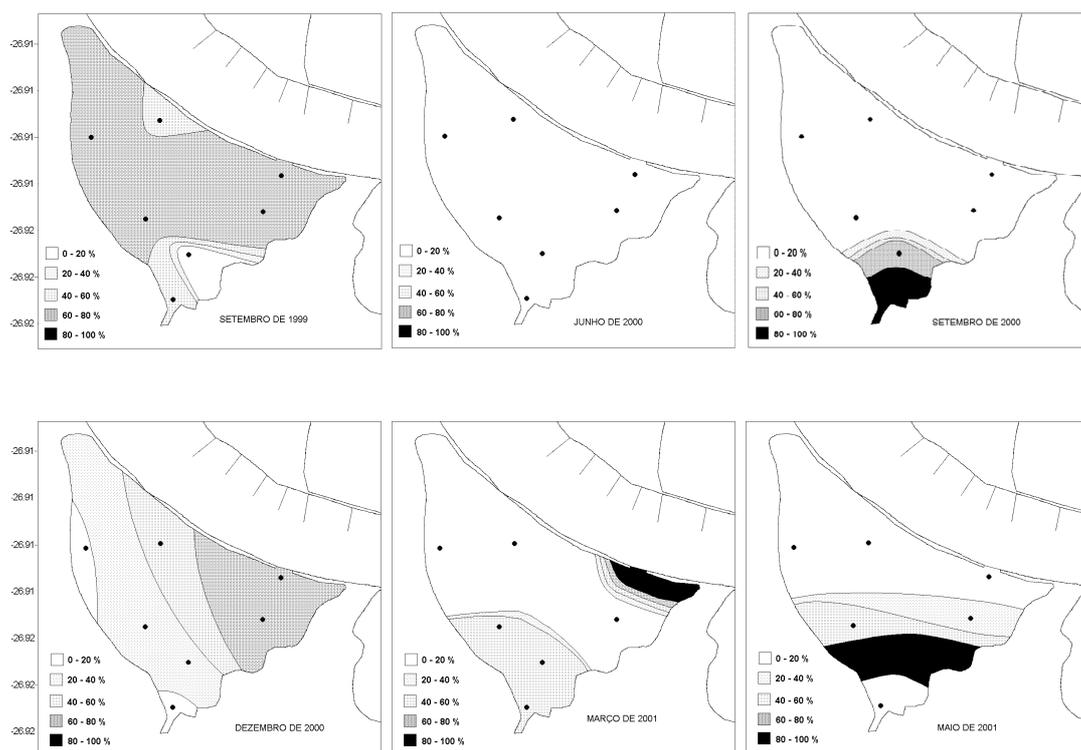


Figura 7. Distribuição espacial dos percentuais de efeito corrigido para os testes crônicos embriolarval de *Arbacia lixula* (ouriço) utilizando elutriatos do sedimento do saco da Fazenda em períodos amostrais diferentes (antes da dragagem = setembro de 1999; após a dragagem = janeiro de 2000).

Em um estudo realizado por Laitano & Resgalla Jr. (2000) em base de testes de toxicidade do sedimento nesta mesma área, foi destacado que o saco da Fazenda pode apresentar contaminação por metais (zinco, manganês, chumbo e níquel) além de compostos orgânicos. Os dados referentes ao percentual de argila dos sedimentos não explicaram satisfatoriamente a toxicidade estabelecida (Fig. 8A). Os sedimentos dos pontos de maiores toxicidades (S3 e S7) não foram constituídos predominantemente pela fração de argila. O mesmo foi observado quando foi comparada a toxicidade com os conteúdos de matéria orgânica (Fig. 8B). Entretanto, esta fraca correlação entre a granulometria e a toxicidade pode ser atribuída à intensa remobilização do sedimento promovida pela atividade de dragagem sofrida pelo ambiente durante os anos de 2000 e 2001.

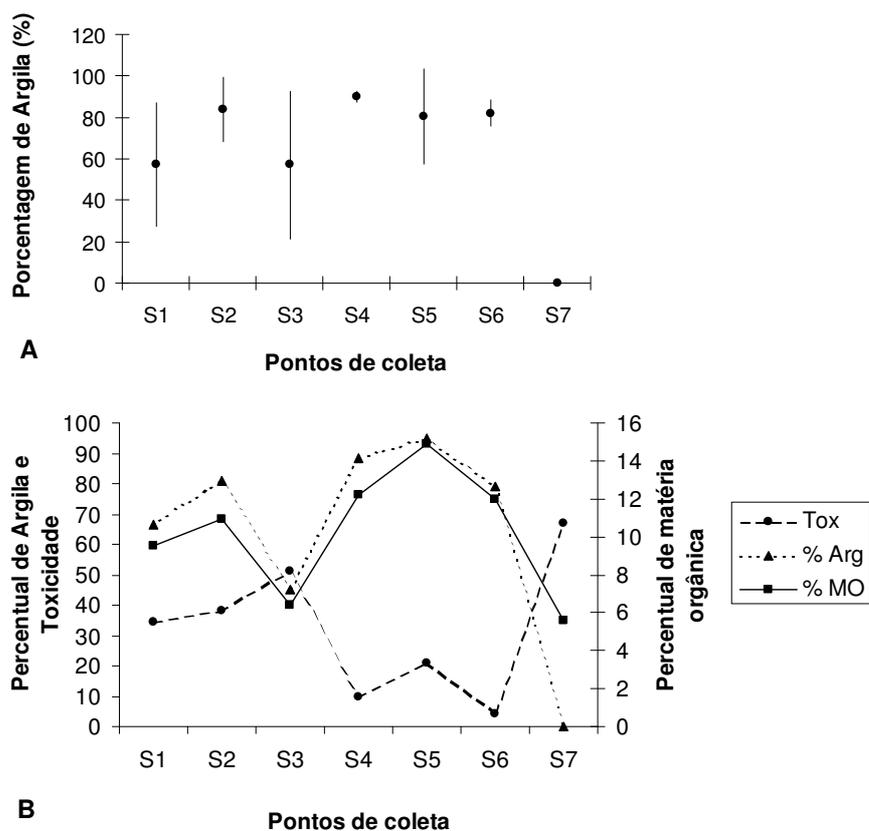


Figura 8. A- Percentual médio de argila nas amostras de sedimento do saco da Fazenda durante todo o período amostral e B- percentual médio da fração argila, matéria orgânica e toxicidade nas amostras de sedimento do saco da fazenda para os pontos de coleta realizados em 06/00, 09/00 e 08/01.

De qualquer forma, os prováveis responsáveis pela contaminação do saco da Fazenda são de origem orgânica e de seus subprodutos como a amônia (NH_3). Segundo Rörig *et al.* (2007), a água que chega ao saco da Fazenda proveniente do ribeirão Schneider pode ser considerado como um esgoto bruto, devido à ocupação urbana da região e pela ausência de um sistema de tratamento de efluentes. Para o rio Itajaí-Açú, existe uma maior diversidade de contaminantes (e.g. metais) além da carga de matéria orgânica, e que podem comprometer a qualidade do sedimento neste corpo de água (Rörig, 2005).

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Abessa, D.M.S.; Sousa, E.C.P. & Tommasi, L.R. 1998. Considerações sobre o emprego da Tríade de Qualidade de sedimento no estudo da contaminação marinha. São Paulo: Instituto Oceanográfico. *Relatórios Técnicos do Instituto Oceanográfico*, n.44, 12 p.
- Calmano, W. & Förstner, U. 1996. *Sediments and toxic substances: Environmental effects and ecotoxicity*. Berlin, Springer-Verlag, 335p.
- CETESB, 1992. Água do Mar - *Teste de Toxicidade Crônica de Curta Duração com Lytechinus variegatus*. Lamarck, 1816. L5. 250, 20p.
- CTTMar-UNIVALI. 2002. *Efeitos Ambientais da Atividade do Porto de Itajaí na Qualidade da Água e do Sedimento do Estuário do rio Itajaí e Plataforma Adjacente: Relatório Complementar*. Itajaí: UNIVALI - CTTMar. 72p.
- Gherardi-Goldstein, E.; Bertoletti, E. & Zagatto, P.A. 1990. *Procedimentos para Utilização de testes de Toxicidade no controle de Efluentes Líquidos*. CETESB: São Paulo, 17p.
- Laitano, K. & Resgalla Jr., C. 2000. Uso de testes de toxicidade com larvas de *Arbacia lixula* e juvenis de *Metamysidopsis elongata atlantica* na avaliação da qualidade do sedimentos dos rios Camboriú e Itajaí-Açú (Santa Catarina). In: *Ecotoxicologia. Perspectivas para o século XXI* (Espíndola, G.; Botta Paschoal, C.M.R.; Rocha, O.; Bohrer, M.B.C. & Oliveira Neto, A.L. eds.). São Carlos: Rima, p. 29-42.
- Resgalla Jr., C. & Laitano, K.S. 2002. Sensibilidade dos organismos marinhos utilizados em testes de toxicidade no Brasil. *Notas Téc. Facimar*, 6:153-163.
- Robbe, D. 1984. Interprétation des teneurs en éléments métalliques associés aux sédiments. Rapport des laboratoires. *Serie: Environnement et Génie Urbain*, EG-1.
- Rörig, L.R. 2005. *Uso múltiplos e qualidade das águas da bacia do baixo Itajaí-Açú, SC. Elementos para um gerenciamento integrado*. Tese de Doutorado. Ecologia e Recursos Naturais, UFSCar. 295pp.
- Rörig, L.R.; Tundisi, J.G.; Schettini, C.A.F.; Pereira Filho, J.; Menezes, J.T.; Almeida, T.C.M.; Urban, S.R.; Radetski, C.M.; Sperb, R.; Stramosk, C.; Macedo, R.S.; Silva, M.A.C.; Peres, J.A.A. 2007. From a water resource to a point pollution source: the daily journey of a coastal urban stream. *Brazilian Journal of Biology*, 68(1):00-00. (no prelo).
- Schettini, C.A.F. & Carvalho, J.L.B. 1998. Hidrodinâmica e distribuição dos sólidos dissolvidos no estuário do rio Itajaí-Açú. (Relatório). *Notas Técnicas da Facimar*, 2:131-140.
- USEPA. 1998. *Evaluation of Dredged Material Proposed for Discharge in Waters of the U.S.: Testing Manual*. EPA 823-B-98-004.
- USEPA. 1991. *Methods for measuring the acute toxicity of effluents and receiving waters to freshwater and marine organisms*. Ohio, USA, 4° ed. 293p.
- Zamboni, A.J. 1993. *Avaliação da qualidade de água e sedimento do canal de São Sebastião através de testes de toxicidade com Lytechinus variegatus*. São Carlos. Tese (Mestrado em Ciências da Engenharia Ambiental) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo.