

APLICAÇÃO DE TESTES DE ELUTRIAÇÃO PARA AVALIAÇÃO DA DISPONIBILIZAÇÃO DE CONTAMINANTES EM AMOSTRAS DE SEDIMENTO DO ESTUÁRIO DE SANTOS, SÃO PAULO

Lima, S.N.P.¹; Silvério, P.F.¹; Gonçalves, C.¹; Masutti, M.B.¹; Soares, A.¹

¹ Consultoria Paulista de Estudos Ambientais Ltda. –
Rua Henrique Monteiro, 90 – 13º. Andar – São Paulo – SP – CEP 05423-020
E-mail: cristina.goncalves@cpeanet.com

RESUMO

É uma crescente preocupação ambiental a possibilidade de disponibilização de contaminantes presentes nos sedimentos para a coluna d'água e para os organismos aquáticos durante o processo de dragagem e no momento de sua disposição em meio aquático. Visando avaliar a possibilidade deste impacto, são apresentados e discutidos, neste trabalho, os resultados obtidos na aplicação de dois testes de elutriação em amostra de sedimento coletada no estuário de Santos, São Paulo.

INTRODUÇÃO

Durante a elaboração de projetos de instalação de novos portos e terminais portuários, tem aumentado significativamente a importância dos estudos de impacto ambiental envolvendo a atividade de dragagem. A principal preocupação nestes projetos está relacionada à presença de contaminantes nos sedimentos a serem dragados e a possibilidade de disponibilização destes para a coluna d'água e organismos aquáticos, tanto durante o processo de dragagem quanto durante a disposição do material dragado em meio aquático. Nestas situações, o sedimento é submetido a diversos processos físico-químicos, os quais alteram o equilíbrio e partição entre suas partículas e compostos químicos a ele associados. Desta forma, o potencial tóxico e de disponibilidade de contaminantes apresentado pelo sedimento antes da dragagem podem ser muito diferentes logo após a dragagem e disposição. Estas alterações, inerentes ao processo de dragagem, podem alterar o potencial tóxico do sedimento e, desta forma, definir os riscos aos quais os

organismos aquáticos estarão submetidos no local de disposição.

Estudos que avaliam as interações físico-químicas que ocorrem entre o sedimento e a água nos processos de dragagem são conduzidos desde a década de 80 pela USACE (U.S. Army Corps of Engineers), responsável pela execução e controle de dragagens realizadas nos Estados Unidos, juntamente com a USEPA (U.S. Environmental Protection Agency). Diversas metodologias foram desenvolvidas e testadas por vários pesquisadores destes órgãos (Jones & Lee, 1978; Hayes, 1987; Havis, 1987, Havis, 1988; Ludwig *et al.*, 1989, DiGiano, 1993 e DiGiano *et al.*, 1995).

Dragagem com disposição oceânica normalmente são realizadas com dragas auto-propelidas de grande porte do tipo Hopper, com disposição por abertura direta das cisternas. Para possibilitar o bombeamento do material para dentro da cisterna da embarcação, o

sedimento é sugado juntamente com água formando uma mistura fluida na proporção aproximada de 4 partes de água para 1 de sedimento. O despejo deste material é feito em área marinha, onde a coluna d'água possui salinidade superior a da mistura da cisterna e a profundidade de lançamento é normalmente superior a uma dezena de metros.

Durante toda atividade de dragagem, o sedimento sofre os seguintes processos físicos, a saber:

Elutriação: mistura vigorosa da fração sólida e aquosa na proporção de 1:4 durante a dragagem;

Decantação e separação: durante o transporte da mistura no interior da cisterna até o local de lançamento;

Diluição: da fração aquosa ao misturar-se com a coluna d'água do local de lançamento;

Lixiviação: da fração sólida que decanta ao fundo e é remobilizada pelas correntes.

Uma vez que a disponibilização de contaminantes para a coluna d'água pode afetar negativamente a biota aquática, a avaliação do comportamento dos contaminantes agregados ao sedimento, durante o processo de dragagem, pode subsidiar o entendimento da magnitude, frequência e abrangência deste impacto e configurar mais uma linha de evidência técnico-científica para a caracterização e qualificação de material a ser dragado.

O presente estudo teve como objetivo avaliar dois testes de elutriação, baseados nas metodologias propostas pela US EPA (1998) e

US EPA/USACE (1998) e simular, de forma mais realista, as etapas da atividade de dragagem e disposição observando os processos físico-químicos e as alterações no potencial tóxico que ocorrem durante as etapas de dragagem, transporte e disposição em área oceânica.

Para realização deste estudo foram utilizados sedimentos coletados de duas áreas do estuário de Santos, São Paulo (designadas como A e B), onde uma caracterização química preliminar indicou a presença de concentrações de arsênio, mercúrio, diversos compostos HPA, α -BHC e DDT acima de Nível 1, e mercúrio e γ -BHC acima de Nível 2.

MATERIAIS E MÉTODOS

Foram testados dois métodos: SET (*standard elutriate test*) e DRET (*dredging elutriate test*). O primeiro foi desenvolvido pela US EPA (1998) e avalia a disposição dos sedimentos em meio aquático. O segundo foi desenvolvido pela USEPA, em conjunto com USACE (1998) e avalia a liberação de contaminantes no local de dragagem. As principais diferenças entre os dois testes estão na razão sedimento: água, medição das concentrações remanescentes de contaminante na fase dissolvida e total no elutriato e inclusão de etapa de aeração. Neste trabalho, incluiu-se no teste de SET a avaliação do teor de contaminante na fase total e dissolvida do elutriato.

As etapas dos testes de SET e DRET estão esquematicamente apresentadas nos diagramas apresentados nas Figura 1a e 1b, respectivamente.

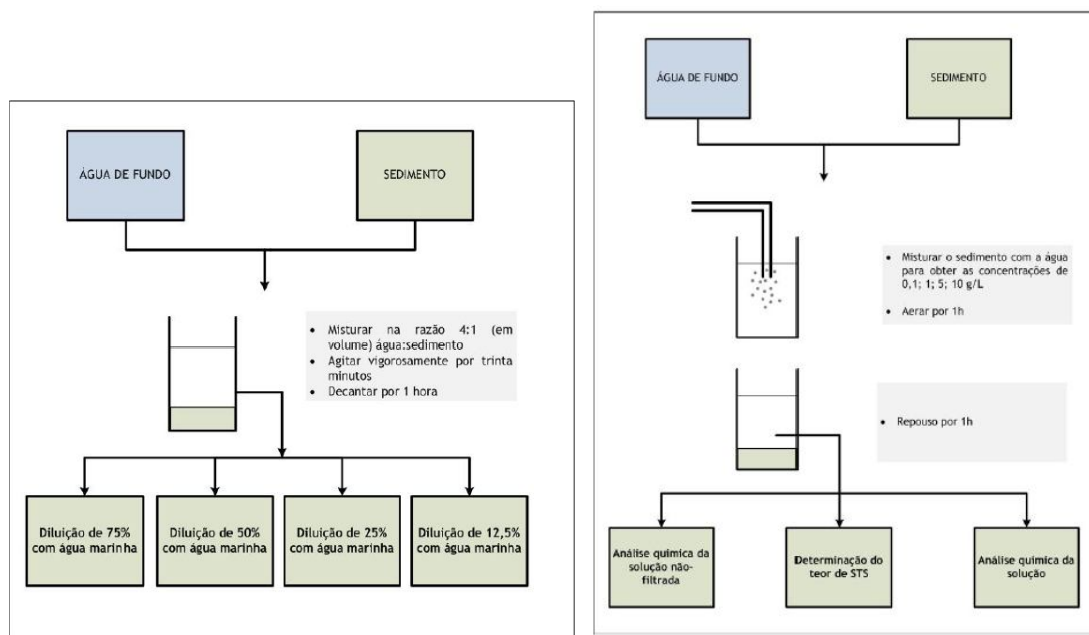


Figura 1 -A (esquerda)- Testes de SET (US EPA, 1998);B (direita)- teste de DRET (US EPA; USACE, 1998)

Para a realização dos testes, foram coletados 20 Kg de duas amostras provenientes de regiões distintas (A e B) do estuário de Santos, com a presença confirmada de contaminantes. Em cada área, também foram coletados 50L de água, a aproximadamente 50 cm acima do fundo, assim como amostra de água de local utilizado para disposição de material dragado. As amostras, após terem sido acondicionadas em recipientes apropriados, foram encaminhadas a FUNDESPA – Fundação de Estudos e Pesquisas Aquáticas, para realização dos testes de SET e DRET. As análises químicas, conduzidas no Instituto Oceanográfico da Universidade de São Paulo, englobaram todos os parâmetros contemplados na Resolução CONAMA 344/04 (metais e arsênio, compostos HPA, PCB totais, pesticidas organoclorados, TKN e fósforo) e foram realizadas nas amostras brutas e nos elutriatos obtidos pelos testes de SET e DRET.

RESULTADOS E DISCUSSÕES

As análises nas amostras brutas de sedimento apontaram resultados acima de Nível 1 da Resolução CONAMA 344/04 para a amostra proveniente da área A para os seguintes parâmetros: arsênio, HPA (exceto fenantreno, fluoranteno e pireno), gama-BHC (lindano) e DDD, além de mercúrio ligeiramente acima de Nível 2 ($0,89 \text{ mg Kg}^{-1}$). A amostra da área B apresentou arsênio, alguns compostos HPA (acenafteno, benzo(a)antraceno, benzo(a)pireno, dibenzo(a,h)antraceno e fluoreno) e alfa-BHC acima de Nível 1, assim como gama-BHC acima de Nível 2.

As amostras brutas de água de fundo foram submetidas às mesmas análises das amostras de sedimento. Os resultados obtidos foram comparados com os padrões de qualidade da Resolução CONAMA 357/05, a qual dispõe sobre a classificação dos corpos de água e dá diretrizes ambientais para o seu enquadramento. Os resultados das amostras de água de fundo

das áreas A e B foram comparados com os padrões de qualidade definidos para o artigo 21 (águas salobras classe 1), enquanto que os resultados da amostra de água marinha, coletada em área de disposição, a 15km da costa, foram comparados com os padrões do artigo 18 (salina de classe 1).

Os resultados obtidos apontaram traços de 2-metilnaftaleno em todas as amostras de água (de 1,3 a 3,2 ng.L⁻¹). Adicionalmente, nas águas estuarinas (provenientes das áreas A e B) observou-se a presença de nitrogênio Kjeldahl total (TKN), fósforo total, traços de acenafteno, 2-metilnaftaleno, pireno e/ou fluoranteno, em níveis abaixo dos padrões de qualidade estabelecidos pela Resolução CONAMA 357/05.

As amostras de sedimento obtidas após o teste de SET apontaram que ausência de diferença significativa na qualidade do sedimento antes e após a elutriação, inferindo que os contaminantes encontrados estão adsorvidos às partículas de sedimento e que há baixa probabilidade de solubilização destes contaminantes.

No caso das águas, observou-se que também não houve alteração na sua qualidade após a aplicação de ambos os testes de elutriação (SET e DRET). Foram quantificados, na amostra da área A, acenafteno, fluoranteno, 2-metilnaftaleno e pireno, em concentrações extremamente baixas, em nível de ppt (ng.L⁻¹), enquanto que na amostra da área B quantificou-se benzo(a)antraceno, benzo(a)pireno e criseno, porém em concentrações muito abaixo dos padrões de qualidade de água, de acordo com a Resolução Conama 357/05, mesmo comparando com o padrão mais restritivo (ocorrência de pesca ou cultivo de organismos, para fins de consumo intensivo).

Ao comparar os resultados do elutriato total com os do elutriato submetido a filtração em filtro de membrana de 0,45 µm anterior à análise, observou-se que cerca de 60% da concentração total encontrada esteve associada ao material particulado do elutriato. Isto se deveu ao fato da baixa solubilidade dos compostos HPA quantificados em água.

Em relação aos metais, os resultados destes nos elutrios estiveram abaixo dos padrões do CONAMA 357/05. Isto ocorreu muito provavelmente porque, após liberação de metais para a coluna d'água pela atividade de dragagem, existe rápida formação de oxidrilos de Fe e Mn, que tendem a sorver ou coprecipitar os metais (Calmano *et al.*, 1994). Em trabalho realizado com metais para o teste de SET por Jones e Lee (1978), os pesquisadores verificaram que uma fração muito baixa dos metais investigados (Cd, Cr, Ni, Pb, Cu, Hg e As) passaram para a fase dissolvida. O ferro e o manganês presentes na forma reduzida no sedimento, geralmente são oxidados devido a ressuspensão do material no sedimento, e por esta razão os hidróxidos (Fe(OH)₃ e Mn(OH)₃) formados atuam como retentores de metais.

As concentrações de fósforo nas águas, após elutriação pelo teste de SET, ultrapassaram os valores presentes no artigo 21 da Resolução do CONAMA 357/05. No entanto, o evento é considerado temporário e de pequena magnitude. A maior preocupação com os nutrientes é a possibilidade de eutrofização das águas e a proliferação de algas em ambientes marinhos e estuarinos. Segundo NRC (2000), o fator limitante para o crescimento destes organismos é, normalmente, o nitrogênio e não o fósforo. Por outro lado, dragagens em ambientes fechados ou em áreas com baixo tempo de

residência das águas, este fator pode corresponder a um aspecto ambiental significativo. Para o teste de DRET, fósforo total não foi mobilizado, permanecendo a concentração semelhante àquela obtida para a água bruta do estuário, independentemente da concentração do sedimento na água.

Os resultados de sólidos totais suspensos para a área A apontaram que, após 1 hora de decantação, não houve variação significativa em relação ao teor de sólidos presentes originalmente na amostra, independentemente da concentração inicial do sedimento usada. Já na área B, há uma diminuição da concentração originalmente encontrada do material em suspensão em relação à após uma hora de decantação; porém, a concentração é praticamente a mesma nas quatro concentrações de sedimento testadas.

Em estudo realizado por Palermo e Thackston (1988), preparando testes com misturas sedimento:água nas razões de 57 a 152 g.L⁻¹, observaram que o teor de sólidos totais suspensos, após 24 horas, era muito baixo (10 a 85 mg.L⁻¹), sugerindo que a maior parte do material suspenso durante a dragagem decanta rapidamente, deixando na água partículas extremamente finas (90% das partículas do sedimento sobrenadante eram menores que 10 µm em diâmetro).

Estudos de campo e laboratório quantificaram a extensão e o mecanismo de ressuspensão de sedimentos (NRC, 2000). Estes mostraram que a concentração de sedimentos ressuspensos é geralmente menor que 100 mg.L⁻¹, exceto na área imediatamente vicinal à operação de dragagem. Na maioria dos estudos de campo, a concentração de sedimentos ressuspensos é menor que 10 mg.L⁻¹ em

distâncias da ordem de 100m da draga. Estes resultados diferem fortemente de algumas especulações feitas inicialmente sobre concentrações de sedimentos ressuspensos de ordem superior a 1000 mg.L⁻¹.

CONCLUSÕES

Embora as concentrações de HPA, mercúrio e arsênio nos sedimentos terem ultrapassado Nível 1, e alguns casos, Nível 2 da Resolução CONAMA 344/04, valor acima do qual é esperado um efeito provável de toxicidade, os testes de elutriação realizados mostraram que as concentrações de contaminantes nas duas amostras de sedimento não foram suficientes para provocar remobilização de contaminantes para a coluna d'água em níveis prejudiciais, visto que os mesmos não ultrapassaram os padrões de qualidade para água, de acordo com a Resolução Conama 357/05. De todos os compostos avaliados, os nutrientes foram os que mais se mobilizaram para a coluna d'água no teste de SET. No entanto, esta mobilização é temporária, de pequena magnitude e reversível, uma vez que estão associados às partículas finas que voltam a sedimentar.

REFERÊNCIAS

- CALMANO, W.; FÖRSTNER, U.; HONG, J.; 1994, Environmental Geochemistry of Sulfide Oxidation; Alpers, C. N., Blowes, D.W., Eds.; *American Chemical Society*. Washington, DC, 298 – 321.
- DIGIANO, F. A; MILLER, C.T M., AND YOON, J.; 1993, Predicting Release of PCBs at Point of Dredging. *Journal of Environmental Engineering*, 119 (1), 72-89.
- DIGIANO, F.A.; MILLER, C.T., YOON, J.; 1995 Dredging Elutriate Test (DRET) Development, Technical Report D-95-1,

- U.S. Army Engineer Waterways Experiment Station, University of North Caroline.
- HAVIS, R.N.; 1987, Sediment resuspension by selected dredges, Environmental Effects of Dredging Technical Notes, EEDP-09-2, U.S.Army Engineer Waterways Experiment Station, Vicksburg, MS.
- HAVIS, R.N.; 1988, A preliminary evaluation of contaminant dredging at the point of dredging, Environmental Effects of Dredging Technical Notes, EEDP-09-3, U.S. Army Engineer Waterways Experiment Station, Vicksburg, MS.
- HAYES, D.F.; 1987, Guide to selecting a dredge for minimizing resuspension of sediment, Environmental Effects of Dredging Technical Notes, EEDP-09-1, U.S. Army Engineer Waterways Experiment Station, Vicksburg, MS.
- JONES, R.A.; LEE, G.F.; 1978. Evaluation of the elutriate test as a method of predicting contaminant release during open-water disposal of dredged sediments and environmental impact of open-water dredged material disposal, Technical Report D-78- 45, U.S. Army Engineer Waterways Experiment Station, Vicksburg, MS.
- LUDWIG, D.D.; SHERRARD, J.H.; AMENDE, R.A.;1989. Evaluation of the standard elutriate test as an estimator of contaminant release at dredging sites, *Journal Water Pollution Control Federation* 61, 1666-1672.
- NRC (NATIONAL RESEARCH COUNCIL); 2000, Clean Coastal Waters: Understanding and Reducing the Effects of Nutrient Pollution. Committee on the Causes and Management of Coastal Eutrophication Ocean Studies Board and Water Science and Technology Board, Commission on Geosciences, Environment, and Resources. Washington, D.C.: National Academy Press.
- PALERMO, M.R.; THACKSTON, E.L. (1988). Test for dredged material effluent quality, *Journal Environmental Engineering*, ASCE, 114(6), 1295-1309.
- USEPA (US ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY); 1998, Evaluation of Dredged Material Proposed for Discharge in Waters of the U.S. - Testing Manual - The Inland Testing Manual Guidance for performing Tier II Evaluations; 823-B-98-004.
- USEPA/USACE (US ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY/US ARMY CORPS OF ENGINEERS); 1998, Evaluation of Dredged Material Proposed for Discharge in Waters of the US – Testing Manual. EPA-823-B-98-004. U.S. Environmental Protection Agency, Office of Water (4305) and U.S. Army Corps of Engineers, 176p.