

# DISPOSIÇÃO CONTINENTAL DE SEDIMENTOS DE DRAGAGEM: UMA ABORDAGEM ECOTOXICOLÓGICA UTILIZANDO OLIGOQUETAS



## Juan Pereira Colonese

Aluno de Graduação de Eng. Ambiental, 7º período, UFRJ  
Período PIBIC/CETEM: janeiro de 2009 a julho de 2011,  
jcolonese@cetem.gov.br

## Zuleica Carmen Castilhos

Orientadora, Farmacêutica, D.Sc.  
zcastilhos@cetem.gov.br

## 1. INTRODUÇÃO

A expansão urbano-industrial tem produzido crescentes cargas de resíduos/rejeitos não tratados, os quais durante décadas foram (e na sua maior parte ainda são) lançados ao meio ambiente, assoreando e contaminando corpos hídricos da região costeira do Rio de Janeiro (RJ). No caso da Baía da Baía de Guanabara (RJ), a maior parte dos sedimentos está fortemente contaminados por esgoto doméstico e despejos oriundos de indústrias co-localizadas.

A presença de metais tóxicos, contaminantes orgânicos e patógenos representam a principal questão na disposição adequada de sedimentos de dragagem em áreas continentais. Uma vez dispostos sobre os solos, além do risco de contaminação do freático, a incorporação de contaminantes pela pedofauna e plantas pode favorecer a inserção de poluentes na cadeia trófica terrestre, alterar a atividade microbiana do solo e inviabilizar o consumo humano de vegetais.

## 2. OBJETIVOS

Avaliar a ecotoxicidade aguda e a biodisponibilidade de mercúrio associada à disposição terrestre de sedimentos de dragagem em regiões tropicais, através de bioensaios com oligoquetas.

## 3. METODOLOGIA

### 3.1. Amostras

As amostras de sedimento foram obtidas em três pontos de coleta localizados no Canal do Fundão (Ilha da Cidade Universitária, RJ), estuário impactado por rejeitos industriais e domésticos. Neste momento, o referido canal sofre a maior intervenção de dragagem já realizada na América latina. Essas amostras foram misturadas, quarteadas e homogeneizadas, de forma a gerar uma única amostra composta.

A ecotoxicidade desse material foi testada em latossolos (RJ. 22° 41' 34.2"S, 430 17' 14.5"W) e chernossolos (RJ. 22° 51' 22.5"S, 430 30' 0.7"W), de forma a verificar a influência de solos com propriedades diversas sobre os mecanismos de disponibilidade de contaminantes.

Em laboratório, as amostras de solo foram secas e peneiradas a 1,7 mm. O material de dragagem foi seco a temperatura ambiente e levado a moinho de barras para desagregação.

### 3.2. Determinação do mercúrio total

A análise quantitativa de mercúrio total foi realizada nas matrizes de solo, sedimento e oligoquetas. Para tal, utilizou-se o equipamento LUMEX, uma absorção acoplada a um acessório de pirólise. Antes de serem submetidos a este procedimento os oligoquetas foram congelados, liofilizados e triturados.

Os fatores de contaminação de Hg (FC) foram calculados através da razão entre a concentração de metal no solo natural (*background*) pela concentração no solo tratado com diferentes doses de sedimento dragado.

O índice de geoacumulação (IGEO) de Hg para o sedimento estudado foi calculado através da equação 1 (Muller, 1979). O IGEO consiste em uma escala logarítmica a partir da qual é possível retratar o incremento do metal em relação *background* considerado. Os valores de IGEO são agrupados em 6 classes, em que as classes 0 e 6 indicam os níveis mínimos e máximos de poluição, respectivamente..

$$\text{IGEO} = \text{Log}_2 (\text{Me} / 1,5 \times \text{Me}_{\text{back}}) \quad \text{Equação 1}$$

Onde,

Me: Teor do elemento na fração fina do sedimento (fração silto-argilosa - < 0,075mm);

Me<sub>back</sub>: *Background* geoquímico considerado (folhelho médio – 40 ng/g).

### 3.3. Bioensaio agudo com oligoquetas

Os oligoquetas (*Eisenia andrei*) utilizados para a realização do teste de toxicidade foram cultivados no Laboratório de Ecotoxicologia (LECOMIN) do CETEM. O ensaio de ecotoxicidade aguda foi realizado conforme os procedimentos propostos por ASTM (2004). Para tanto, o experimento foi executado com 200 gramas de solo e 10 organismos adultos de peso semelhante (para garantia de populações mais homogêneas) por réplica (três). O monitoramento do pH dos solos foi efetuado por meio de eletrodo combinado imerso em água na proporção de 1:2,5 (sólido-líquido) (EMBRAPA, 1997). Para o controle, foram preparados solos artificiais de acordo com as recomendações de Garcia (1994), compostos de 70% de areia de quartzo, 70% de caulim e 10% de casca de coco. Após 14 dias de testes, o número de organismos sobreviventes em cada réplica foi verificado.

Os organismos sobreviventes foram enviados para determinação de Hg total. Os Fatores de Bioconcentração (FBC) foram calculados pela razão entre o teor total de Hg em tecido animal pela concentração do mesmo no solo. A avaliação da perda de biomassa dos animais foi realizada somente para doses onde não foi observado efeito letal, tendo sido aferida por meio da pesagem verificação da massa dos organismos-teste antes e após a exposição.

Esta metodologia foi empregada de forma a simular um cenário hipotético de disposição de material dragado, contendo predominantemente esgoto doméstico, sobre solos da Bacia da Baía de Guanabara Rio de Janeiro e seus possíveis efeitos adversos sobre a biota terrestre.

As doses de sedimento dragado empregadas nos ensaios foram estabelecidas segundo experimentos prévios realizados com as mesmas amostras de solos acrescidas de lodo de esgoto (CESAR *et al*, 2011). Dessa forma, as doses testadas seguiram uma progressão aritmética das doses idéias propostas por Tsutya (2000) para recuperação de áreas degradadas. Para latossolo a dose inicial foi de 6,66% e para chernossolo 6,58%. Assim, a quantidade de material em cada dose D<sub>i</sub> corresponde à dose inicial relativa de cada solo multiplicado por i.

## 4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 4.1. Quantificação do mercúrio total

Nas amostras de sedimento, a concentração de Hg total encontrada (1075 Hg ng/g) indicou forte contaminação (acima do nível 2) quando comparada a legislação brasileira (CONAMA 344/08) para sedimentos dragados. O cálculo do IGEO mostrou que o teor de Hg no material é aproximadamente 16 vezes maior (IGEO=4,2) do que aquela encontrada no folhelho médio. Este valor corresponde a um ambiente fortemente poluído, i.e., ou IGEO na Classe 5 (Müller,1979).

A concentração de Hg nas diferentes amostras de solo não ultrapassou o valor de prevenção estipulado pela legislação brasileira para qualidade ambiental de solos (CONAMA 420/09-500ng/g). Por outro lado, os FC's indicaram o incremento de Hg de até 6 vezes o valor do *background* após a adição de sedimento dragado, sugerindo a existência de anomalias geoquímicas significativas de Hg para estes materiais, como pode ser visto na Tabela 1.

## 4.2. Bioensaio agudo com oligoquetas edáficos

Os valores de pH em todas as amostras de solo estiveram na faixa da neutralidade (à exceção, como esperado, do latossolo sem adição de sedimento), porém é possível observar que ao se adicionar material dragado nos solos os valores de pH tendem a se elevar (Tabela 1). Tal fato decorre da natureza estuarina do sedimento estudado e da conseqüente abundância de carbonatos neste material

Os resultados referentes à mortalidade de oligoquetas demonstraram a existência de uma relação dose-resposta (incremento de dose-incremento de mortalidade) para ambos os solos estudadas (Tabela 1). Contudo, níveis maiores de mortalidade foram detectados para as amostras de latossolo, em detrimento ao chernossolo (Tabela 1). Cesar *et al.* (2011), ao estudar a ecotoxicidade desses mesmos solos acrescidos de lodo de esgoto, também verificou resultado semelhante. Tal fenômeno possivelmente decorre da presença de argilominerais expansivos no chernossolo, capazes de seqüestrar íons metálicos da solução do solo, tornando-os menos biodisponíveis. Outro aspecto que pode ter influenciado os mecanismos de ecotoxicidade é a alta fertilidade natural associada ao chernossolo. Neste sentido, a presença de elevadas concentrações de nutrientes pode acarretar na maior oferta de alimento para os animais e, dessa forma, indivíduos mais saudáveis tenderiam a suportar maiores níveis de agentes tóxicos no solo. É importante ressaltar, que os resultados observados de mortalidade são decorrentes da atuação simultânea de todos os contaminantes presentes no material testado e não exclusivamente da atuação do Hg.

Embora os resultados de perda de biomassa tenham indicado a ocorrência de efeitos adversos aos organismos (perda maior do que 20%) (Tabela 1), foi possível observar que o acréscimo de material dragado proporcionou a diminuição da perda de peso dos animais. Este fato pode estar associado à abundância de matéria orgânica no composto testado e o conseqüente aumento na oferta de alimento. Para o chernossolo, a perda de biomassa em D1 foi comparável àquela encontrada em solo artificial (S.A.), que possui alta concentração de matéria orgânica (10%). Estes resultados indicam que, possivelmente, a perda de biomassa por os oligoquetas não seja um bom indicador na avaliação ecotoxicológica de solos contaminados por esgoto doméstico. Neste sentido, é possível que a execução de bioensaios com collembolas possibilite a geração de indicadores mais sensíveis (de reprodução e fuga).

Tabela 1. Determinação de Hg total em amostras bióticas, abióticas e parâmetros de ecotoxicidade obtidos em bioensaios agudos. N/D= dado indisponível; S.A. = solo artificial

Amostra	pH	Mortalidade (%)	Perda de biomassa (%)	Hg (ng/g) solo	FC	Hg (ng/g) minhoca	FBC
S.A	5,9	0	13,1	20,2	-	27,8	1,37
Lat D0	4,6	0	35,2	97,0	-	126,0	1,30
Lat D1	6,2	0	21,6	162,1	1,67	47,0	0,29
Lat D2	6,3	90	N/D	227,3	2,34	41,0	0,18
Lat D3	7,0	97	N/D	292,4	3,01	N/D	N/D
Lat D5	7,1	100	N/D	422,7	4,36	N/D	N/D
Cher D0	6,1	0	24,8	58,0	-	60,0	1,03
Cher D1	6,5	0	14,6	124,9	2,15	33,5	0,27
Cher D2	6,5	4	N/D	191,8	3,31	45,5	0,24
Cher D3	6,9	94	N/D	258,8	4,46	56,0	0,22
Cher D5	7,1	100	N/D	353,7	6,10	N/D	N/D

Em geral, nos solos tratados com material dragado, a concentração de Hg em tecidos de oligoquetas tende a ser maior para os organismos expostos em chernossolo em detrimento ao latossolo. Esta constatação pode estar atrelada a maior disponibilidade de alimento no chernossolo e a maior resistência imunológica à presença de metais tóxicos nos tecidos. Nos solos acrescidos de sedimento dragado, os FBC's estiveram abaixo de uma unidade para ambas as classes de solo (Tabela 1), indicando que os organismos bioconcentraram o Hg, porém não bioacumularam (Liu *et al.*, 2005). Carbonell *et al.* (2009) e Cesar *et al.* (2011), ao estudarem a biodisponibilidade de Hg em solos tratados com lodo de esgoto, também encontraram FBCs abaixo de uma unidade. Além disso, é possível observar uma relação inversa entre o incremento de dose de material dragado e a redução dos valores de FBC nos solos. Esta observação parece apontar para um possível mecanismo de saturação de Hg por parte do metabolismo desses organismos.

## 5. AGRADECIMENTOS

Agradeço ao CNPq pela bolsa e incentivo concedido. Ao meu co-orientador, Ricardo Gonçalves Cesar, e à minha orientadora, Zuleica Castilhos, pela dedicação, atenção e ensinamentos. Aos meus colegas do Laboratório de Ecotoxicologia pelas tardes mais do que agradáveis.

## 6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ASTM (American Society for Testing and Materials). 2004. Standard Guide for Conducting Laboratory Soil Toxicity or Bioaccumulation Tests with the Lumbricid Earthworm *Eisenia fetida* and the enchytraeid potworm *Enchytraeus albidus*.

CESAR, R.G.; ÁLVARO, T.T.; SILVA, M.B.; COLONESE, J.; PEREIRA, C.; POLIVANOV, H.; EGLER, S.G.; BIDONE, E.D.; CASTILHOS, Z.C. Biodisponibilidade de contaminantes em solos brasileiros tratados com lodo de esgoto: uma abordagem ecotoxicológica utilizando bioensaios com organismos aquáticos e edáficos. **Geochimica Brasiliensis**, in press, 2011.

CONAMA. 2004. **Resolução 344**. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=445>>. Acesso em 3 mar. 2011.

CONAMA. 2009. **Resolução 420**. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=506>>. Acesso em 19 abr. 2010

CARBONELL, G., GÓMEZ, J.P.N., BABÍN, M.M., FERNÁNDEZ, C.; ALONSO, E., TARAZONA, J.V. Sewage sludge applied to agricultural soil: ecotoxicological effects on representative soil organisms. **Ecotoxicology and Environmental Safety**, 72: 1309-1319, 2009.

LIU, X., CHENGXIAO, H., ZHANG, S. Effects on earthworm activity on fertility and heavy metals bioavailability in sewage sludge. **Environment International**, 31: 874-879, 2005.

MÜLLER, G. Schwermetalle in den sediments des Rheins. Veranderungen Seite. Umschau, 78: 778-783, 1979.