

Avaliação ecotoxicológica de solo contaminado por mercúrio metálico utilizando o oligoqueta *Eisenia foetida*

Alinne dos Santos Ramos

Bolsista de Iniciação Científica, Eng^a Ambiental, CEFET- RJ

Zuleica Carmem Castilhos

Orientadora, Farmacêutica, D.Sc.

Silvia Gonçalves Egler

Co-orientador, Bióloga, M.Sc.

Resumo

No município de Descoberto (MG) foram desenvolvidas atividades de garimpo de ouro no período de 1824 até meados do século XX. O mercúrio (Hg) era utilizado na fase final do garimpo, para a separação e concentração do ouro. Após fortes chuvas ocorridas em Dezembro/2002, observou-se um afloramento de mercúrio metálico no solo dessa região. Diversos órgãos ambientais foram comunicados e realizaram vistorias no local e amostragem de solo para determinação da concentração de Hg. O objetivo do presente estudo é avaliar o potencial risco ecológico pela contaminação mercurial no solo da região, através de testes agudos de toxicidade utilizando a espécie *Eisenia foetida*. O método utilizado seguiu a norma da ASTM (E1676-95). As concentrações de mercúrio nas amostras testadas causaram efeitos sub - letais com aparente mudança de coloração observada nos organismos testados.

1. Introdução

O mercúrio (Hg) é um elemento traço pertencente ao grupo chamado de metais tóxicos, podendo ser encontrado na forma inorgânica (Hg^0 , Hg^2 e Hg_2^{2+}) e na forma orgânica (MeHg) (WHO, 1990). O Hg advém de fontes naturais como erupções vulcânicas e de fontes antropogênicas, como atividades mineradoras. No meio terrestre, os níveis de mercúrio podem ser influenciados pelas trocas atmosféricas, pela degradação da matéria orgânica e através dos processos de movimentação hidrológica (WHO, 1990). Apesar de ser altamente tóxico aos seres humanos e à biota, o mercúrio ainda é muito utilizado na mineração para a formação de amálgama na separação do ouro, causando danos à saúde humana e ao meio ambiente. Em Minas Gerais, no município de Descoberto, foram desenvolvidas atividades de garimpo de ouro no período de 1824 até meados do século XX. O mercúrio era utilizado na fase final do garimpo, para a separação e concentração do ouro. Após fortes chuvas ocorridas em Dezembro de 2002, observou-se um afloramento de mercúrio metálico no solo dessa região (Carvalho Filho et al., 2005). Diversos órgãos ambientais foram comunicados e realizaram vistorias no local e amostragem de solo para determinação da concentração de mercúrio.

Porém, para uma avaliação ambiental completa de uma área contaminada, recomenda-se a utilização de ensaios ecotoxicológicos para a verificação dos efeitos de contaminantes em um organismo vivo inserido em um

determinado ecossistema, indicando com maior precisão a toxicidade dos contaminantes presentes em amostras ambientais.

No caso da contaminação do solo, os testes ecotoxicológicos são realizados com minhocas da espécie *Eisenia foetida* de acordo com as normas da ASTM (1995) e OECD (1984). As minhocas são utilizadas para avaliação da contaminação do solo por diversos motivos: ingestão de grande quantidade de solo, demonstrando capacidade de acumulação de poluentes presentes neste compartimento, representam cerca de 92% da biomassa de invertebrados presentes no solo e são importantes na reciclagem de nutrientes. Segundo alguns autores (Neuhauser et al., 1985; Edwards & Bohlen, 1996), as minhocas se transformaram em uma alternativa viável para realização dos testes ecotoxicológicos também por serem simples de serem estudadas. Além disso, as minhocas são um importante elo na cadeia trófica terrestre, constituindo uma fonte de recurso para uma grande variedade de organismos, incluindo aves, mamíferos, répteis, anfíbios e insetos (Hinton, 2002), bem como na cadeia aquática, podendo ser alimento para peixes e outros organismos.

2. Objetivos

Este trabalho tem como objetivo geral avaliar o risco ecotoxicológico da contaminação por mercúrio em áreas abandonadas de garimpo de ouro tendo como objetivos específicos:

I – Avaliar a toxicidade aguda do solo contaminado por Hg do Município de Descoberto, em Minas Gerais, utilizando minhocas da espécie *Eisenia foetida*

II – Avaliar a concentração de mercúrio nos solos das áreas abandonadas de garimpos de ouro, considerando um passivo ambiental da atividade de mineração.

III – Obter parâmetros físico-químicos do solo, como umidade, pH, concentração de Hg e matéria orgânica.

3. Materiais e Métodos

3.1. Material

O município de Descoberto (Figura 1) está localizado na Zona da Mata Mineira, próximo a cidade de Juiz de Fora. O solo foi coletado na zona rural do município (21°23'50,1" S, 42°56'11,3" W), entre os dias 20 e 23 de Fevereiro de 2006, em quatro diferentes pontos de amostragem: três em área contaminada e uma em área de referência. A área contaminada, cerca de 8000 m², está localizada em uma encosta de vale fechado, declividade de cerca de 60°, e recoberta por gramínea braquiária. A Fundação Estadual do Meio Ambiente do Estado de Minas Gerais (FEAM) implantou um sistema de canais de drenagem para desviar a água superficial para fora da área contaminada. A coleta foi realizada com o auxílio do pesquisador Mauro Trindade da FEAM.

3.2. Métodos

As amostras foram coletadas após remoção da camada superficial do solo, cerca de 10 cm, e das gramíneas que o recobriam. Foram manuseadas com pá de plástico, acondicionadas em sacos plásticos etiquetados e

mantidas sob refrigeração em caixas de isopor até serem armazenadas em câmara fria no CETEM. Antes de processado, uma amostra *in natura* foi retirada para a análise da umidade e do pH (Embrapa, 1997). O restante foi seco a temperatura ambiente e peneirado com peneiras com malhas de 6, 100 e 200 mesh para a remoção de detritos maiores, análise de matéria orgânica e da concentração de mercúrio, respectivamente.

As análises da concentração de mercúrio foram realizadas no Laboratório de Especificação de Mercúrio da Coordenação de Análises Mineraias (COAM), do CETEM. A digestão foi realizada com 0,5 g de amostra em um balão volumétrico de 50 mL, sendo adicionados 2 mL de $\text{HNO}_3 - \text{HClO}_4$ (1:1), 5 mL de H_2SO_4 e 1 mL de H_2O , aquecido por 20 minutos em placa aquecedora de 230° a 250°C. Depois de resfriada, a solução foi avolumada para 50 mL com água destilada. As análises foram realizadas no Automatic Mercury Analyser Hg 3500, um Espectrofotômetro de Absorção Atômica, acoplado a um gerador de vapor frio. O controle da qualidade das análises foi realizado utilizando amostra certificada NIST Sam Joaquim soil, 2709. A estimativa da quantidade de matéria orgânica no solo foi realizada pela COAM/CETEM

A metodologia do teste de toxicidade está descrita na norma da American Society for Testing and Materials (ASTM E 1676-1995). Para o teste de sensibilidade foi utilizado a 2-cloroacetamida, como substância de referência. Para o ensaio foram utilizados 600g de solo por amostra, quantidade necessária para as triplicatas, minhocas adultas (com clitelo desenvolvido) e 10 espécimes/réplica. Para o controle foi utilizado solo de referência, coletado próximo aos locais de amostragem, fora da área contaminada. A duração do teste foi de 14 dias, sendo que no sétimo dia foi realizado uma verificação preliminar.

4. Resultados e Discussão

Foram coletadas amostras em três pontos na área contaminada (C6, D4 e D6) e um controle, solo de referência (V2), em local próximo, acima da área contaminada (Figura 1). Na tabela 1, encontram-se os resultados dos parâmetros físico-químicos e dos valores médios de HgT (média \pm desvio padrão) encontrados no solo da área estudada.

Tabela 1. Valores dos parâmetros físico-químicos e valores médios de HgT (média \pm desvio padrão), de amostras de solo contaminadas por Hg em Descoberto (MG).

Pontos de Coleta	Umidade (%)	pH	Matéria Orgânica (%)	HgT (ng/g)
Ponto V2	28,02	6	18,6	417,2 \pm 0,3
Ponto D6	29,90	6	20,8	497,3 \pm 1,0
Ponto C6	18,12	5	14,4	1333,1 \pm 3,5
Ponto D4	26,32	5	18,6	1234,5 \pm 0,7

Os níveis de HgT encontrados nas amostras de solo analisadas (Tabela 1), foram todos abaixo do limite de intervenção agrícola estimados em CETESB (2001), que é de 2500 ng/g. O valor de V2 encontrado é compatível ao valor médio de concentração natural de mercúrio, 300 ng/g, obtido no estudo realizado pela FEAM na área (FEAM, 2005). Na tabela 2, encontram-se os resultados dos parâmetros físico-químicos realizados no início e no final do teste de toxicidade. Na Tabela 3, encontram-se os resultados do teste agudo.

Tabela 2. Resultados dos parâmetros físico-químicos do teste de toxicidade realizados em amostras de solo contaminadas por Hg em Descoberto (MG).

Amostra	Umidade Inicial (%)	Umidade Final (%)	pH Inicial	pH Final
C6	45	22	6	5
D4	45	29	6	5
D6	45	18	6	5
V2	45	13	6	5

A umidade final do teste toxicidade diminuiu cerca de 50% em todas as amostras, provavelmente devido a atividade metabólica dos organismos e a permanência durante 14 dias a uma temperatura de 21°C.

Tabela 3. Número de indivíduos vivos por concentração e no solo de referência, em amostras de solo contaminadas por Hg em Descoberto (MG).

Amostra	Numero de indivíduos vivos	Número total de indivíduos
C6	30	30
D4	29	30
D6	29	30
V2	30	30

As minhocas apresentaram mudança na coloração em todas as amostras, exceto para o V2, sugerindo a possibilidade dessa mudança ser um dos efeitos a exposição mercurial. Para uma análise dos reais efeitos ou da transposição do mercúrio para as minhocas é necessário a realização de análises da concentração do metal

nos organismos. Um fator importante a ser considerado na análise dos resultados de testes de ecotoxicidade com organismos-teste é a biodisponibilidade da substância testada. Fatores físicos, químicos, biológicos, temporais e espaciais dificultam, mas não impossibilita a estimativa da biodisponibilidade da substância estudada (Rombke, 2005).

Modelos de transferência de metais do solo para as minhocas comprovaram a bioacumulação do mercúrio para estes organismos (ERP,1998). Este tipo de modelo será aplicado aos resultados obtidos da concentração de mercúrio nas minhocas testadas por esse trabalho, na tentativa de avaliar a relação entre as concentrações das amostras e as determinadas nos organismos-teste.

5. Conclusões

As concentrações de mercúrio nas amostras testadas não tiveram efeito letal nos organismos-teste, mas aparentemente podem causar efeitos sub-letais como o observado na diferença de coloração dos indivíduos sobreviventes.

Estudos de bioacumulação com as concentrações do mercúrio nos organismos submetidos ao teste serão realizados futuramente, permitindo uma melhor avaliação da relação entre as concentrações das amostras e as determinadas nos organismos-teste.

6. Referências Bibliográficas

- ASTM. Standard Guide for Conducting a Laboratory Soil Toxicity Test with Lumbricid Earthworm *Eisenia foetida* , **American Society for Testing and Materials, Standard Designation E1676-95**,1995
- CARVALHO FILHO, C.A; TRINDADE, M.C; BRANCO, O.E.A. Contamination by Mercury from Past Gold Mining Activities at Descoberto, State of Minas Gerais, Brazil: Historical Reconstitution. XIII International Conference on Heavy Metals in the Environment (2005)
- EDWARDS, C.A (1996). Biology and Ecology of Earthworms. 3ª ed. Chapman & Hall, New York
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. **Manual de métodos de análise de solo**, 2º ed.: EMBRAPA, 1997.
- ENVIRONMENTAL RESTORATION PROGRAM. **Development and Validation of Bioaccumulation Models for Earthworms**. ES/ER/TM – 220, 1998
- HINTON, J. **Earthworms as a bioindicator of mercury pollution in an artisanal gold mining community, Cachoeira do Piriá, Brazil**. 2002. Dissertação (Mestrado).
- NEUHAUSER, E.F; LOEHR, R.C., MILIGAN, D.L., & MALECKI, M.R. Toxicity of Metals to the Earthworm *Eisenia foetida* , **Biology an Fertility of Soils**, v1, p149-152, 1985.

- ROMBKE, J; JANSCH, S; DIDDEN, W. The use of earthworm in ecological soil classification and assessment concepts. **Ecotoxicology and Environmental Safety**, v62, p249-265, 2005
- WHO. Environmental Health Criteria (EHC 101). Methylmercury. Geneva, 143p, 1990

7. Agradecimentos

Ao CNPQ pela bolsa concedida, a E. Paiva, G. Alexandre, S. Ribeiro e N. Domingues da COAM pela ajuda e pela análise das amostras de Hg, ao Sr. Gilvan da Usina Piloto do CETEM pela paciência e boa vontade na trituração das minhas amostras, a todos meus amigos (Ana Paula, Beto, Karen, Jacqueline, Elton e Cíntia) pelo carinho, ajuda e apoio e as minhas orientadoras Zuleica Castilhos e Silvia Egler pelo apoio, paciência e ensinamento.