

REJEITOS DE MINERAÇÃO LIBERADOS A PARTIR DE RUPTURA DE BARRAGEM EM BRUMADINHO: EFEITOS TÓXICOS EM MINHOCAS

MINING TAILINGS RELEASED FROM A DAM FAILURE IN BRUMADINHO: TOXIC EFFECTS ON EARTHWORMS

Livia Isabor de Lima Rangel Barreiros

Aluno de Graduação da Geologia, 8º período, Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ) Período PIBIC: maio a agosto de 2024
livia.rbarreiros@gmail.com

Zuleica Carmen Castilhos

Orientador, Bioquímica, D.Sc.
zcastilhos@cetem.gov.br

Ricardo Gonçalves Cesar

Coorientador, Geógrafo, D.Sc.
ricardogc.geo@gmail.com

RESUMO

Este estudo visa avaliar a toxicidade de amostras de solos impactados por rejeitos de mineração depositados em três áreas distintas afetadas pela ruptura da Barragem I em Brumadinho (MG), com base em bioensaios crônicos de reprodução e de fuga com *Eisenia andrei* e determinação da granulometria, pH, densidade de partículas e capacidade de retenção de água (CRA). Os resultados apontam materiais arenosos, levemente ácidos e de elevada densidade de partículas em função de um anômalo enriquecimento por Fe, que resultou em redução dos níveis de CRA. O bioensaios revelaram efeitos significativos de fuga e de reprodução sobre os organismos, provavelmente devido ao enriquecimento anômalo por Fe, que resultou em baixa disponibilidade água e de alimento para as minhocas.

Palavras-chave: toxicidade, *eisenia andrei*, ferro, bioensaios.

ABSTRACT

This study aims to study soil samples impacted mining tailings deposited on three distinct areas affected by the failure of the I dam in Brumadinho (MG), based on chronic bioassays of reproduction and avoidance tests with *Eisenia andrei* and determination of texture, pH, particle density and water holding capacity (WHC) The results revealed that the materials are sandy, weakly acidic and with high particle density due to an anomalous iron-enrichment, which resulted in the reduction in the WHC levels. The chronic bioassays showed significant avoidance and reproduction effects on the organisms, which are due to iron-enrichment that results in water and food reduction for the earthworms.

Keywords: toxicity, *eisenia andrei*, iron, bioassays.

1. INTRODUÇÃO

O rompimento da “Barragem I” da mina Córrego do Feijão, ocorrido em janeiro de 2019 em Brumadinho (MG), consiste em um dos maiores desastres ambientais brasileiros e de acidentes de trabalho. A barragem contendo rejeitos de mineração de ferro (Fe), sob responsabilidade da Vale S.A., liberou aproximadamente 12 milhões de m³ de materiais para o meio ambiente. Ao impactarem áreas urbanas e rurais, os rejeitos mobilizaram e se misturaram a diversos materiais, incluindo solos, casas, concreto, vegetação, óleo combustível, etc. (SIQUEIRA et al. 2022). A lama ainda atingiu o Rio Paraopeba, um importante afluente do Rio São Francisco, e as consequências ambientais de longo prazo são incertas. Portanto, o monitoramento dos impactos em sistemas aquáticos e terrestres é imperativo. Neste contexto, avaliações ecotoxicológicas focadas em sistemas fluviais e em solos são altamente relevantes, sendo ainda escassos os trabalhos com foco na fauna de solo.

Siqueira et al. (2022) efetuaram uma avaliação ecotoxicológica em solos impactados pela de rejeitos em Brumadinho (MG), com base em testes de toxicidade aguda com minhocas e microcrustáceos, e crônicos com colêmbolos e algas. Dados de toxicidade crônica e subaguda para minhocas podem complementar esses estudos anteriores e irão subsidiar um índice de risco ecológico pelo rompimento de barragens de mineração de ferro.

2. OBJETIVO

Avaliar a toxicidade potencial de solos impactados por rejeitos de mineração de ferro liberados pelo rompimento da Barragem I da Mina do Córrego do Feijão em Brumadinho (MG), com base em testes crônicos de reprodução e subagudos de fuga com minhocas (*Eisenia andrei*).

3. METODOLOGIA

Amostra compostas representativas de três grandes áreas de coleta foram obtidas através de mistura equânime de amostras individuais oriundas de cada área: Zona Quente (ZQ; n = 9), próximo à barragem; (ii) Parque das Cachoeiras (PC; n = 3), a jusante (~10km) da ZQ; e (iii) Alberto Flores (AF; n = 3), a jusante de PC e próximo à conexão ao Rio Paraopeba (SIQUEIRA et al. 2022). Uma amostra de solo referência foi coletada em uma área florestal não impactada pela corrida de lama, e foi utilizada como referência (*background*) (Ref.).

A determinação granulométrica, do pH (em água), da capacidade de retenção de água (CRA) e da densidade de partículas das amostras compostas foi realizada conforme EMBRAPA (1997). O bioensaio crônico de reprodução (56 dias) com *E. andrei* foi realizado de acordo com ISO (2012) e consistiu na exposição de 10 organismos adultos (biomassa entre 300 e 600mg) a réplicas (n = 4) contendo 500g de solo com umidade ajustada para 50% da CRA. Ao final do ensaio, foram avaliados o número de organismos juvenis por réplica, a mortalidade e a biomassa dos adultos.

O bioensaio de fuga foi executado conforme ISO (2008) e consistiu na exposição de 10 indivíduos adultos a réplicas (n = 3) divididas em sessões de mesma área. Uma sessão foi preenchida com solo artificial (70% de areia, 20% de caulim e 10% do pó de fibra de casca de coco – Garcia, 2004) e a outra com solo contaminado. Ao fim do ensaio, contabilizou-se o número de organismos em cada uma das sessões-teste. Quando 80% dos organismos foram encontrados na sessão contendo solo artificial, considerou-se que o solo tinha sua função de habitat limitada (ISO, 2008). O *Fisher Exact Test* foi também aplicado para avaliar diferenças significativas entre o *Dual Control Test* (réplicas contendo solo artificial puro em ambas sessões) e os tratamentos.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados indicam que, com exceção da amostra PC, as demais são de textura arenosa (Tabela 1). Tendo em vista reconhecida granulometria fina dos rejeitos, é provável a textura arenosa relevada pela determinação granulométrica esteja relacionada à agregação de partículas finas por óxidos de Fe (abundantes nos rejeitos). Os resultados também indicam teores elevados de densidade em comparação à amostra referência (Tabela 1), provavelmente decorrente pelo enriquecimento anômalo de Fe oriundos dos rejeitos. Deste enriquecimento por Fe decorre os baixos valores de CRA em comparação à amostra referência, haja vista que o Fe não é um bom absorvedor de água. Além disso, o incremento de Fe induz à diminuição do teor de matéria orgânica, reduzindo a CRA. No caso do pH, os valores se mostraram ácido-levemente ácidos (Tabela 1), inclusive para a amostra referência, o que é esperado para solos típicos da região tropical úmida. Todos esses dados estão de acordo com Siqueira et al. (2022), ou seja, as amostras compostas podem ser consideradas representativas das três grandes áreas de coleta.

Tabela 1: Determinação granulométrica, do pH, capacidade de retenção de água (CRA) e da densidade de partículas em amostras de rejeito em Brumadinho (MG). ZQ = Zona Quente; PC = Parque das Cachoeiras; AF = Alberto Flores. Ref. = amostra referência.

Área de estudo	Areia (%)	Silte (%)	Argila (%)	pH	CRA (%)	Dens. de partículas (g/cm ³)
Ref.	62,0	24,0	14,0	4,5	60,4	2,5
ZQ	59,0	27,5	13,6	4,4	40,1	3,4
PC	30,7	52,8	16,5	5,3	42,0	4,0
AF	62,2	31,3	6,4	5,4	38,1	3,4

A Figura 1 apresenta os resultados dos testes de reprodução e de fuga com *E. andrei*. Não foi constatada mortalidade de adultos após 28 dias de exposição, porém redução significativa da biomassa corporal foi encontrada na amostra AF. Uma redução drástica da reprodução de minhocas foi observada para todas as amostras, indicando alta toxicidade crônica. Nenhuma amostra acusou mais de 80% de fuga (o limite de comprometimento da função de habitat do solo). Porém, os níveis de fuga observados nas amostras ZQ e AF foram significativos (*Fisher Exact Test*, $p < 0,05$) em relação ao controle, indicando efeito comportamental subagudo.

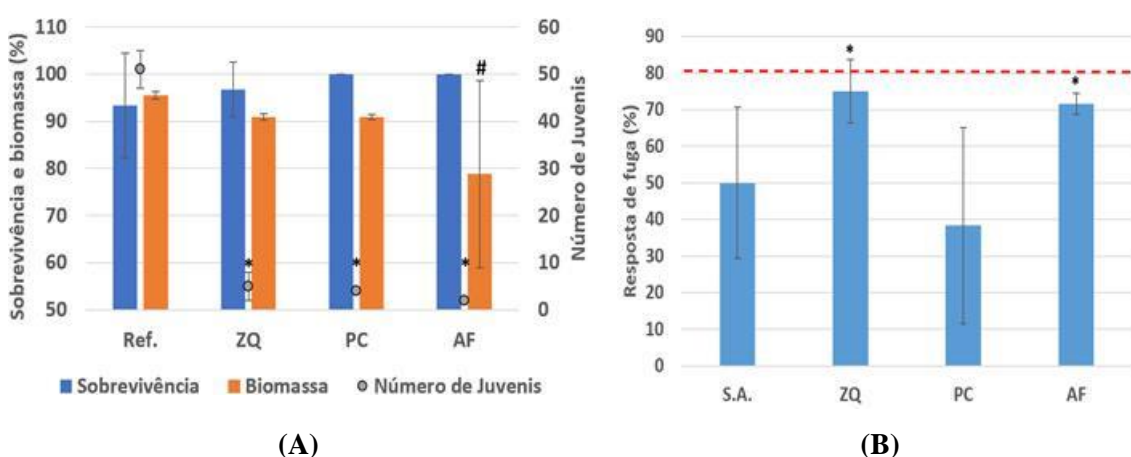


Figura 1: Bioensaios crônicos de reprodução (A) e subagudos de fuga (B) com *E. andrei*: mortalidade e biomassa (A) de minhocas adultas (*Eisenia andrei*); número de indivíduos juvenis por réplica (A); e fuga (B). ZQ = Zona Quente; PC = Parque das Cachoeiras; AF = Alberto Flores. Ref. = amostra referência. S.A. = solo artificial. * e # = reprodução (*), fuga (*) e biomassa (#) significativamente diferentes do controle.

A eclosão de casulos e o comportamento de fuga de minhocas são fortemente influenciados pela umidade do solo, e a redução dos níveis de CRA possivelmente impactou esses dados. A baixa disponibilidade de alimento (redução do teor de matéria orgânica) e a alta compactação do solo, devido ao incremento de Fe, pode também ter influenciado os baixos níveis de reprodução, a perda significativa de biomassa em AF e a fuga significativa observada em ZQ e AF. Tais resultados estão em consonância com Siqueira et al. (2022), os quais também encontraram baixa mortalidade de *E. andrei* sob exposição aguda, porém apontam níveis dramaticamente baixos de reprodução em colêmbolos (*Folsomia candida*). A determinação de metais nas amostras (em andamento) ajudará também a elucidar esses resultados.

5. CONCLUSÕES

Os materiais acusaram alta densidade de partículas e baixa CRA em função de enriquecimento anômalo de Fe induzido pela deposição dos rejeitos que, por sua vez, resultaram em alta toxicidade crônica e efeitos subagudos de fuga em minhocas. Assim, os rejeitos não foram capazes de causar morte significativa de minhocas sob exposições aguda e crônica, porém comprometeram a reprodução dos animais a longo prazo.

6. AGRADECIMENTOS

A autora agradece ao CNPq pela bolsa concedida e aos orientadores pelo suporte.

7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

EMBRAPA (Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária). Centro Nacional de Pesquisa de Solos. In: Manual de Métodos de Análises de Solo. Rio de Janeiro, RJ, p. 212.

Garcia, M. 2004. Effects of pesticides on soil fauna: Development of ecotoxicology test methods for tropical regions. In: Vlek, P. L. (ed.) Ecology and Development Series. Cuvillier Verlag, pp. 282.

ISO (International Organization for Standardization). 2012. Soil quality – effects of pollutants on earthworms (*Eisenia fetida*) – part 1: Determination of acute toxicity to *Eisenia fetida/andrei*. Geneva, Switzerland, ISO 11268-11262.

ISO (International Organization for Standardization). 2008. Soil Quality - Avoidance test for determining the quality of soils and effects of chemicals on behaviour – Part 1: Test with earthworms (*Eisenia fetida* and *Eisenia andrei*). ISO 17512-1., Geneva, ISO, 25p.

SIQUEIRA, D.; et al. Terrestrial and aquatic ecotoxicity of iron ore tailings after the failure of VALE S.A mining dam in Brumadinho (Brazil). Journal of Geochemical Exploration, 235: 106954.