

AValiação DO FATOR DE BIOACUMULAÇÃO DE CÁDMIO EM MINHOCAS NO PROCESSO DE VERMICOMPOSTAGEM

Rosecler Ribeiro¹
Maira Cristina Martini²
Wagner Manica Carlesso³
Simone Stulp⁴
Eduardo Miranda Ethur⁵
Lucélia Hoehne⁶

RESUMO

A vermicompostagem é um processo biotecnológico que utiliza resíduos orgânicos e transforma-os em materiais ricos em nutrientes. Alguns resíduos podem conter metais pesados como o Cd, tornando-se interessante avaliar a presença deste elemento no processo de adaptação das minhocas, bem como sua disponibilidade após a vermicultura. Assim, o objetivo desse trabalho foi verificar o Fator de Bioacumulação do Cádmio nas minhocas no processo de vermicompostagem vertical e horizontal, além de avaliar a biodisponibilidade do metal no composto final. Dessa forma, fez-se a mistura de húmus e esterco bovino na proporção 1:1 e adicionaram-se 100 mg Cd kg⁻¹ de substrato úmido, inocularam-se 10 minhocas *Eisenia andrei* (vermelha-da-Califórnia) em minhocários na forma vertical e horizontal por 60 dias. Conforme resultados, houve aumento da biomassa das minhocas em ambos os tipos de minhocários. No teste de fuga, as minhocas rejeitaram o meio contaminado. O fator de bioacumulação foi maior que 1, portanto, evidencia-se o acúmulo de Cd nos tecidos. Em relação à concentração de Cd nos substratos durante o processo de vermicompostagem, não houve diferenças estatísticas, constatando que não houve diminuição do metal no composto.

Palavras-chave: Húmus. Fator de Bioacumulação. *Eisenia andrei*.

ABSTRACT

Vermicomposting is a biotechnological process that uses organic waste and turns it into rich materials nutrients. Some waste can contain heavy metals such as Cd and becomes interesting to evaluate the presence of this element in the adaptation of earthworm process as well as their availability after vermiculture. The objective of this study was to assess the bioaccumulation factor of Cadmium on earthworms in vertical and horizontal vermicomposting process, besides evaluate metal bioavailability in the final compound. Thus, there was a mixture of humus and cattle manure in the proportion 1: 1 and added with 100 mg Cd kg⁻¹ wet substrate was inoculated earthworm *Eisenia andrei* 10 (Red California) in upright manner and minhocários horizontal for 60 days. As results, an increase in biomass of earthworms in both types of minhocários. In the leakage test, earthworms rejected the

¹Aluna do Curso de Química Industrial do Centro Universitário UNIVATES. <roseclerr@universo.univates.br>

²Aluna do Curso de Engenharia Ambiental do Centro Universitário UNIVATES. <mairinha.martini@hotmail.com>

³Aluno do Curso de Engenharia Ambiental do Centro Universitário UNIVATES. <wagner.carlesso@yahoo.com.br>

⁴Professora do Departamento de Química no Centro Universitário UNIVATES. <stulp@univates.br>

⁵Professor do Departamento de Química no Centro Universitário UNIVATES. <eduardome@univates.br>

⁶Professora do Departamento de Química no Centro Universitário UNIVATES. <luceliah@univates.br>

contaminated medium. The bioaccumulation factor was greater than 1, therefore, it is clear the Cd accumulation in tissues. Regarding the Cd concentration in the substrates during the process of vermicomposting no statistical differences, noting that there was no decrease in metal compound.

Keywords: Humus. Bioaccumulation factor. *Eisenia andrei*.

1 INTRODUÇÃO

A vermicompostagem é uma biotecnologia que transforma resíduos orgânicos em um produto rico em nutrientes, denominado húmus. Conforme sugerem os autores Aquino (2005), Kiehl (1985) e Malavolta (1989), o bioproduto gerado pode ser aplicado em diferentes áreas de cultivos, pois os nutrientes presentes contribuem para o bom desenvolvimento das plantas. Dessa forma, a vermicompostagem pode ser aplicada para reduzir a disponibilidade de metais pesados presentes nos resíduos orgânicos, especialmente em lodos de esgotos e outros tipos de lodos industriais que são utilizados na agricultura. Embora a vermicompostagem não elimine esses elementos, ao diminuir a biodisponibilidade desses metais, indiretamente ela estará contribuindo para uma menor concentração de metal pesado a ser absorvido pela planta, além de diminuir a contaminação pelas lixiviações das águas subterrâneas (BAIRD, 2002).

O fato de a vermicompostagem diminuir a biodisponibilidade dos metais pesados está relacionado à forte capacidade das substâncias húmicas (ácidos húmicos) presentes no composto. Essas substâncias formam quelatos, o que faz com que os metais tornem-se menos solúveis e, conseqüentemente, indisponíveis. A presença dos metais vai depender da contaminação existente na fonte geradora dos resíduos que serão utilizados no composto. Os meios ácidos aumentam a disponibilidade da grande maioria desses elementos tóxicos, até mesmo na presença de matéria orgânica (BAIRD, 2002).

As minhocas são seres vivos que podem ser utilizados como indicadores ambientais por pertencerem aos níveis mais baixos da teia alimentar (ANDRÉA, 2010). Levando-se isso em consideração, temos ainda disponíveis mais de 8.000 espécies de minhocas no mundo. No entanto, a *Eisenia andrei*, popularmente conhecida como a vermelha-da-Califórnia, é a mais utilizada pelos minhocultores devido a sua fácil adaptação nos mais variados tipos de resíduo, boa resistência à variação de temperatura e alta reprodutibilidade (SCHIEDECK, 2010).

Em virtude disso, existem estudos que utilizaram as minhocas vermelha-da-Califórnia para avaliar a biodisponibilidade dos poluentes e desta forma, indicar se a área é de risco ambiental. Neste contexto, cita-se o teste de fuga que consiste em avaliar o

comportamento de fuga das minhocas às áreas contaminadas (ANDRÉA, 2010). Outro parâmetro que pode ser utilizado para uma avaliação ambiental é o Fator de Bioacumulação (FBA). Nesse teste é analisada a razão da concentração do metal presente nos tecidos das minhocas sobre aquela que está no ambiente, ou seja, no húmus contaminado (BURATINI et al., 2006).

Embora o Cd tenha sido um elemento bastante importante no desenvolvimento econômico e tecnológico através da fabricação de baterias níquel-cádmio, circuitos eletrônicos em indústria de galvanoplastia, pigmentos de tintas e até mesmo em fertilizantes, ele é classificado como um metal pesado carcinogênico. Esse elemento está presente em pequenas quantidades no ambiente, porém, com a intervenção do homem, têm ocorrido contaminações em solo, água e inclusive na atmosfera. O Cd acumula facilmente nos organismos e isso pode acarretar um risco ecológico, uma vez que a acumulação é maior no nível mais elevado da teia alimentar (WORLD HEALTH ORGANIZATION, 2010).

Como o Cd é uma grande preocupação em relação à saúde pública e ambiental, percebe-se que há uma necessidade de desenvolver alternativas menos onerosas e viáveis com o intuito de diminuir a biodisponibilidade do metal no ambiente. Desta forma, desenvolvemos este estudo para avaliar a redução do cádmio por meio do processo de vermicompostagem vertical e horizontal, além de verificar os níveis do FBA nas minhocas.

2 MATERIAIS E MÉTODOS

2.1 Amostragem

Toda a vidraria utilizada no desenvolvimento da pesquisa foi descontaminada com ácido nítrico a 10% por 24 horas e posterior lavagem com água ultrapura.

Para fazer o substrato, foram adquiridos solo argiloso e esterco bovino de uma propriedade rural.

Para a avaliação de Cd no substrato, usou-se $\text{Cd}(\text{NO}_3)_2 \cdot 4(\text{H}_2\text{O})$ P.A (marca Vetec). Iniciou-se com a concentração de 300 mg kg^{-1} , dose máxima estudada por Spurgeon et al. (1994). Segundo os autores, essa concentração é o valor encontrado em solos próximos de indústria de galvanoplastia. Ao fazer o pré-teste na análise de fuga, as minhocas rejeitaram o ambiente por conta de uma alta letalidade, dessa forma, adaptamos o estudo para 100 mg Cd por 1 kg de substrato com teor de umidade variando entre 70 à 72%.

O tempo de vermicompostagem no estudo foi de 60 dias e inoculamos 10 minhocas em cada minhocário. Para os minhocários horizontais foram adicionados 500 g de substrato

com 500 g de esterco bovino e 100 mg de Cd. Quanto aos minhocários verticais foram distribuídos 250 g de substrato e 250 g de esterco bovino em cada um dos dois compartimentos (totalizando 1 kg) e acrescentou-se 50 mg de Cd em cada compartimento. Para cada uma das combinações foi feito um grupo controle (sem adição de Cd). Acrescentou-se esterco bovino para não haver perda da biomassa das minhocas, conforme sugerido por literaturas (SPURGEON et al., 1994); (ŽALTAUSKAITĖ; SODIENĖ 2010).

O húmus usado no estudo foi produzido nos minhocários do laboratório de pesquisa da UNIVATES em temperatura de 25 °C e umidade de 65%.

2.2 Inoculação das minhocas

Devido à fácil adaptação nos mais variados resíduos, optamos pela espécie de minhoca *Eisenia andrei*. Após a mistura dos substratos com Cd, foram inoculadas 10 minhocas adultas.

Para tanto, as minhocas da espécie *Eisenia andrei* foram lavadas em água ultrapura e seu excesso foi retirado com papel absorvente, sendo então pesadas em balanças analíticas e inoculadas nos substratos. A massa inicial de cada anelídeo foi superior a 0,25 g.

Os minhocários horizontais eram de material plástico em formato retangular com dimensões 23 cm x 15cm x 5cm e providos de tampa, conforme Figura 1.

Figura 1-Minhocário horizontal



O mesmo tratamento foi adotado para os minhocários verticais logo sendo construídos por três recipientes plásticos com dimensões 10 cm x 10 cm x 17 cm, contendo tampas, conforme Figura 2. As duas partes superiores do minhocário receberam no total 10 minhocas, 5 delas em cada compartimento.

Figura 2- Minhocário vertical



Todos os minhocários continham esterco na composição e os ensaios controle (sem Cd) foram identificados por húmus em minhocários verticais (HV) e húmus em minhocários horizontais (HH). Os minhocários contendo Cd foram identificados como: HV+Cd e HH+Cd.

2.3 Análises físico-químicas dos substratos

As amostras dos substratos foram coletadas aleatoriamente em vários pontos dos minhocários a cada quinze dias e, dessa forma, analisamos a concentração de cádmio. Para isso, as amostras foram decompostas conforme literatura (SPURGEON et al., 1994) e analisadas por espectrometria de emissão ótica com plasma indutivamente acoplado (ICP OES) (PerkinElmer, OPTMA 8000).

Para verificar o nível de confiança dos resultados obtidos nas análises, os dados foram submetidos a tratamentos estatísticos (HAIR et al, 2005) (DANCEY; REIDY, 2006). Foram utilizadas a Análise de Variância (ANOVA). Para fins de validação dos resultados obtidos, determinamos um nível de significância estatística de $p < 0,05$ e nível de confiança de 95%.

2.3 Análises do desenvolvimento (biomassa) das minhocas

As pesagens das minhocas foram feitas no 1º, 15º, 30º, 45º e 60º dias após a inoculação. Já a análise da concentração de Cd nos tecidos das minhocas foi feita somente no 60º dia, usando ICP OES, após decomposição das amostras.

2.4 Teste de Fuga

O teste de fuga foi realizado conforme protocolo da Organização Internacional de Normalização (ISO 17512-1, 2007). Seguindo o procedimento, utilizamos minhocas da espécie *Eisenia andrei* nas combinações húmus com cádmio e húmus com o metal.

Ao final das 48 horas, concluímos o teste de fuga e calculamos o índice de rejeição. Testes de pH foram realizados no início e no final, a fim de verificar se os resultados teriam sido influenciados pelo pH.

Por último, para verificar a quantidade de metal acumulado nos tecidos das minhocas, determinamos o Fator de Bioacumulação (FBA).

2.5 Fator de Bioacumulação

Após 60 dias da inoculação das minhocas em substratos contendo 100 mg de Cd kg⁻¹, analisamos a concentração do metal presente nos tecidos das mesmas por ICP OES. Então, chegamos ao resultado final a partir da fórmula segundo a literatura (BURATINI et al., 2006):

$$FBA = \frac{C_o}{C_s}$$

onde: FBA = Fator de Bioacumulação;

C_o = Concentração do composto no organismo (mg g⁻¹);

C_s = Concentração do composto no húmus (mg g⁻¹).

3 DISCUSSÃO E RESULTADOS

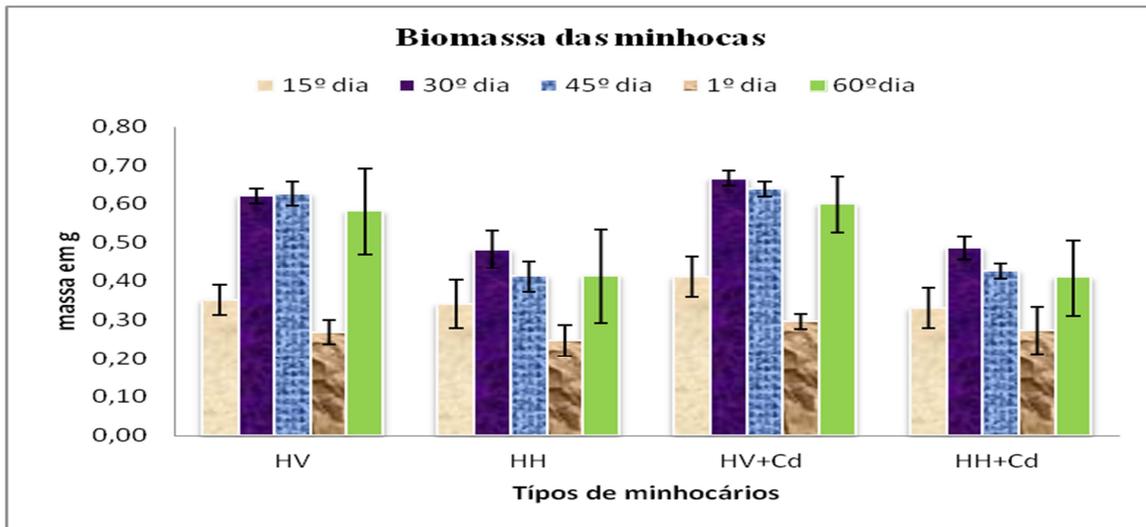
3.1 Avaliação quinzenal da biomassa das minhocas

Houve adaptação das minhocas em todos os minhocários, pois em todos eles ocorreu mais de 90% de sobrevivência. Além disso, a concentração de Cd não afetou o ciclo de reprodução, isso foi constatado pela presença de casulos em todos os minhocários. Em adição, percebemos que as minhocas tiveram um aumento da biomassa, conforme pode ser visto na Figura 3.

Como pode ser observado na Figura 3, tanto nos minhocários controle ou nos contendo Cd, houve um aumento da massa inicial. Pressupomos que esse aumento está relacionado com a disponibilidade de matéria orgânica que foi adicionada inicialmente (50% de esterco bovino). No decorrer do experimento não foi mais adicionado alimento para as minhocas, então se sugere que o alimento tenha se tornado escasso e isso pode ser percebido

pela diminuição da massa a partir do 45º dia. Conforme literaturas (SPURGEON et al., 1994), (ŽALTAUSKAITĖ; SODIENĖ, 2010), a perda da biomassa está relacionado com a falta de alimento.

Figura 3 – Avaliação quinzenal da biomassa das minhocas *Eisenia andrei* nos grupos controle

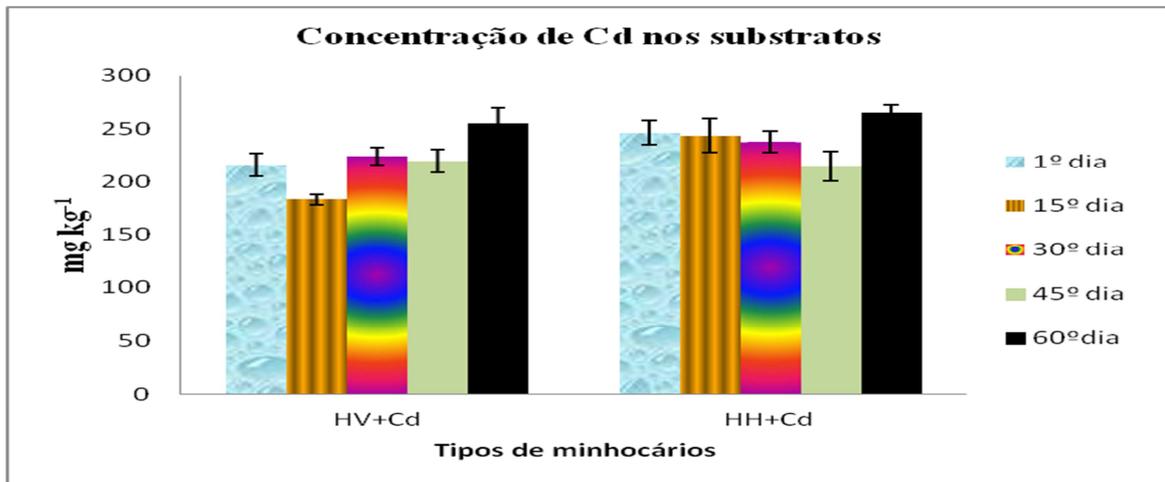


No entanto, alguns autores como Žaltauskaite e Sodiene (2010) constataram em seus estudos que a maior perda de massa das minhocas ocorreu em concentrações elevadas de Cd, situação esta que discorda com o presente trabalho, pois a diminuição da massa entre os grupos controle e aqueles contaminados pelo metal foram semelhantes.

3.2 Avaliação da concentração de Cd nos substratos

A Figura 4 ilustra as médias e os desvios de padrões de Cd nos substratos avaliados quinzenalmente. Percebemos que há diferença entre as médias das cinco datas de coleta de amostra. Entretanto, para saber se essas diferenças eram estatisticamente significantes, calculamos a análise de variância ANOVA para cada minhocário, considerando $p < 0,05$. Os resultados da concentração de Cd nos substratos estão evidenciados na Figura 4.

Figura 4 – Avaliação da concentração de Cd nos minhocários verticais e horizontais no período de 60 dias.



No geral, constatamos que existem diferenças entre as médias. Porém, essas não são estatisticamente significantes, pois os valores P foram superiores a $p < 0,05$. Além disso, reforçando essa percepção, o F calculado foi inferior ao F Crítico. Dessa forma, percebemos que esses resultados não estão de acordo com outros autores (GHYASVAND et al., 2008), porque constataram uma redução mais de 50% da biodisponibilidade do Cd após o processo de vermicompostagem. Supomos que o número de minhocas e tempo tenham influenciado na divergência dos resultados, uma vez que os autores referidos usaram dez vezes mais o número de minhocas e o tempo de compostagem foi maior (90 dias), ocorrendo, assim, mais rápido o processo.

3.3 Fator de Bioacumulação

Para verificar o fator de bioacumulação, no final dos 60 dias, analisamos as concentrações de Cd nas minhocas de cada minhocário e as relacionamos com as concentrações encontradas nos substratos em que estavam inoculadas. Fazendo-se essa relação, obtivemos o fator de bioacumulação conforme Tabela 1.

Tabela- 1 Fator de bioacumulação do Cd nas minhocas *Eisenia andrei*

Minhocários	Cd/tecidos (mg g ⁻¹)	Cd/substratos (mg g ⁻¹)	FBA
HV+Cd	0,50	0,26	1,95
HH +Cd	0,42	0,26	1,57

De acordo com Perämäki (1992), neste processo existem diversos fatores que podem influenciar na acumulação de Cd nas minhocas, desde o tipo de solo, idade das minhocas, espécie e pH do meio.

Por outro lado, mesmo que o FBA seja pequeno, esse fator é de suma importância na cadeia alimentar, pois pode haver intoxicação por animais que se alimentam dessas minhocas e assim sucessivamente por outros animais, conforme ainda o mesmo autor.

3.5 Teste de fuga

Antes da inoculação das minhocas nos minhocários contendo 100 mg kg^{-1} Cd, foi feito o teste de fuga. No tratamento com o húmus e cádmio, obteve-se rejeição de 80% das minhocas nesse meio. Esse resultado é justificado conforme trabalho da autora (ANDRÉA, 2010), pois as minhocas de alguma forma detectaram que o ambiente não é propício para a adaptação delas.

4 CONCLUSÃO

As minhocas da espécie *Eisenia andrei* tiveram uma boa adaptação ao meio contaminado, isso foi percebido pelo aumento da biomassa e pela porcentagem de minhocas vivas ao final dos 60 dias. Constatamos que, nos minhocários contendo húmus, o Cd ficou retido. Embora as minhocas da espécie *Eisenia andrei* tenham se adaptado no meio contaminado, constatou-se pelo teste de fuga que as mesmas conseguem identificar o risco ambiental.

Além disso, percebemos que não houve diminuição da biodisponibilidade de Cd. Supõe-se que o número de minhocas e o tempo contribuíram para esse resultado. No futuro, sugere-se aumentar o número de minhocas inoculadas para os próximos experimentos.

REFERÊNCIAS

ANDRÉA, M. M. O uso de minhocas como bioindicadores de contaminação de solo. *Acta Zoológica Mexicana* (n.s.). México, n. 2, p. 95-107, 2010.

AQUINO, A. M.; OLIVEIRA, A. M.G.; LOUREIRO, D. C. *Integrando compostagem e vermicompostagem na reciclagem de resíduos orgânico domésticos*. Circular técnica. Embrapa. RJ, junho de 2005.

BAIRD, C. *Química ambiental*. 2. ed. Porto Alegre: Bookman, 2002.

BURATINI, S.V.; BRANDELLI, A. Bioacumulação. In: ZAGATTO, P. A.; BERTOLETTI,

(Orgs.). *Ecotoxicologia Aquática*. São Carlos: Rimma, 2006. p. 56-88.

DANCEY, C. P.; REIDY, J. *Estatísticas sem matemática para psicologia*. 3. ed. Porto Alegre: Artmed, 2006.

GHYASVAND, S.; et al. Effect of pre-thermocomposting on decrease of cadmium and lead pollution in vermicomposting of municipal solid waste by *Eisenia fetida*. *American-Eurasian J. Agric. & Environ. Sci.*, Tehran, Iran, n. 4, v. 5, p. 537-540, 2008.

HAIR JR., J. F. et al. *Fundamentos de métodos de pesquisa em administração*. Trad. Lene Belon Ribeiro. Porto Alegre: Bookman, 2005.

INTERNACIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION. ISO/FDIS 17512-1:2007: *Soil quality – Avoidance test for testing the quality of soils and effects of chemicals on behaviour – Part 1: Test with earthworms (*Eisenia fetida* and *Eisenia andrei*)*, Geneva, 2007.

KIEHL, E. J. *Fertilizantes orgânicos*. São Paulo: Agronômica Ceres, 1985.

MALAVOLTA, E. *ABC da adubação*. 5. ed. São Paulo: Agronômica Ceres, 1989.

WORLD HEALTH ORGANIZATION. *Exposure to cadmium: a major public health concern*. Geneva (Switzerland), 2010. Disponível em: <http://www.who.int/ipcs/features/cadmium.pdf>. Acesso em: 25 mar. 2014.

PERÄMÄKI, P. ITÄMIES, KARTTUNEN V. LAJUNEN L.H.J. & PULLIAINEN. Influence of pH on the accumulation of cadmium and lead in earthworms (*Aporrectodea caliginosa*) under controlled conditions. *Annales Zoologici Fennici*. Helsinki, v. 29, p. 105-111, 1992.

SCHIEDECK, G. Espécies de minhocas para minhocultura. 2010. Artigo em Hypertexto. Disponível em: <http://www.infobibos.com/Artigos/2010_4/minhocultura/index.htm>. Acesso em: 1º abril 2014.

SPURGEON, D. J.; HOPKIN, S. P.; JONES, D. T. *Effects of cadmium, copper, lead and zinc on growth, reproduction and survival of the earthworm Eisenia fetida (savigny): assessing the environmental impact of point-source metal contamination in terrestrial ecosystems*. *Environmental Pollution*, England, p.123-130, 1994.

ŽALTAUSKAITĖ, J.; SODIENĖ, I. Effects of total cadmium and lead concentrations in soil on the growth, reproduction and survival of earthworm *Eisenia Andrei*. *Ekologija*, Lituania, n. 1-2, v. 56, p. 10-16, 2010.