

# Vermicompostagem de biossólido obtido de fossas sanitárias, grama e pó de serragem utilizando *Eisenia foetida* (Savigny, 1826)

José Roque Rodrigues de Godoy<sup>1</sup>, Carlos Moises Medeiros<sup>2</sup>, Genilson Pereira Santana<sup>3</sup>

## RESUMO

Apesar de apresentar grande potencial para o uso agrícola, os biossólidos produzidos de fossas sanitárias são normalmente incinerados, despejados em aterros ou corpos hídricos. Um dos motivos para essa destinação é a presença de patógenos. As características peculiares do biossólido produzido em Manaus (AM), que é a permanência nas fossas sanitárias, conferem a esse material altas concentrações de nutrientes (P e N) e matéria orgânica. No entanto, a destinação desse material é ainda incerta, bem como a grama de poda e a serragem de madeireiras. Visando ao aproveitamento desses materiais, no presente estudo o potencial da *Eisenia foetida* em converter biossólido, grama e serragem em vermicomposto foi avaliado. O experimento foi realizado durante seis semanas, usando as seguintes misturas: biossólido puro, biossólido + grama (1:1), biossólido + serragem (1:1) e biossólido + grama + serragem (1:1:1). No vermicomposto produzido foram determinados a concentração de N, P, Ca, Mg, Na, K, C e os metais pesados (Co, Cr, Cu, Pb e Zn). Os resultados mostraram que a *E. Foetida* apresenta baixa mortalidade de minhocas inoculadas, altas taxas de reprodução e capacidade de produção de vermicomposto. Além disso, todos os vermicompostos produzidos têm baixos níveis de metais pesados. Sendo assim, a vermicompostagem com *E. Foetida* apresenta-se como excelente alternativa para o tratamento de biossólido, grama e serragem, pois o produto final é um adubo organicamente viável.

**Palavras-chave:** Minhoca, sustentabilidade, adubo orgânico

## ABSTRACT

### Vermicomposting of biosolid from sanitary sewage by *Eisenia foetida* (Savigny, 1826)

In spite of the great potential for agricultural use, biosolids produced in sanitary pits are usually incinerated, dumped in landfills or water bodies. One reason for this assignment is the presence of pathogens. The peculiar characteristics of biosolids produced in Manaus (AM), which remain in sump, provide this material with high concentrations of nutrients (P and N) and organic matter. However, the destination of this material is still uncertain, as well as of grass clipping and sawdust from lumber-mills. Aiming at the utilization of these materials, this study evaluated the potential of *Eisenia foetida* to convert biosolids, grass clipping and sawdust into vermicompost. The experiment was conducted over six weeks using the following mixture: pure biosolids, biosolids + grass clipping (1:1), sludge + sawdust (1:1) and biosolids + grass clipping + sawdust (1:1:1). The concentration of N, P, Ca, Mg, Na, K, C and heavy metals (Co, Cr, Cu, Pb and Zn) were determined in the produced vermicompost. Results showed that *E. Foetida* caused low mortality of inoculated earthworm and had high reproduction rates and high capacity of vermicompost production. In addition, the different types of vermicompost produced low levels of heavy metals. Thus, vermicomposting with *E. Foetida* is an excellent alternative for the treatment of biosolids, grass clipping and sawdust, since the final product is an organically viable fertilizer.

**Key words:** Earthworm, sustainability, organic fertilizer

Recebido para publicação em março de 2008 e aprovado em julho de 2009

<sup>1</sup> Engenheiro Agrônomo, Mestre. Centro de Ciências do Ambiente, Universidade Federal do Amazonas, Av. Gal. Rodrigo Octávio Jordão Ramos, 3000, Coroado, Setor Sul do Campus Universitário, 69077-000 Manaus, Amazonas, Brasil. Jrgodoy@zipmail.com.br

<sup>2</sup> Engenheiro Agrônomo, Doutor. Faculdade de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Amazonas, Av. Gal. Rodrigo Octávio Jordão Ramos, 3000, Setor Sul do Campus Universitário, 69077-000, Coroado, Manaus, Amazonas, Brasil. cmedeiros@ufam.edu.br

<sup>3</sup> Bacharel em Química, Doutor. Departamento de Química, Universidade Federal do Amazonas, Av. Gal. Rodrigo Octávio Jordão Ramos, 3000, Setor Sul do Campus Universitário, 69077-000, Coroado, Manaus, Amazonas, Brasil. gsantana@ufam.edu.br

## INTRODUÇÃO

Em Manaus, praticamente inexistente um sistema efetivo de coleta e tratamento de esgotos, sendo esse efluente lançado em fossas sanitárias de diversos tipos. Quando elas ficam cheias, o lodo acumulado é removido por ação de caminhões do tipo *limpa fossa*. Esses caminhões são descarregados em lagoas de sedimentação, num processo que gera enormes quantidades de um biossólido, semelhante a uma argila hidratada, de coloração escura, rica em elementos nutrientes e matéria orgânica (Projeto Geo Cidades, 2002).

O biossólido possui algumas diferenças dos lodos de esgoto clássicos, aqueles obtidos em estações de tratamento de esgotos (ETE) tradicionais. Na ETE, o lodo apresenta elevada contaminação por patógenos (Paulino, 2001), o que representa um problema para o seu tratamento com técnicas convencionais (Duarte *et al.*, 2008), além de ser constituído por uma mistura de águas servidas, alguns despejos de águas industriais e comerciais e despejo sanitário, contendo normalmente níveis significativos de metais pesados (Anjos & Mattiazzo, 2000). O biossólido produzido em Manaus, devido ao tempo de permanência (~ 2 anos) nas fossas sanitárias, caracteriza-se por ser um resíduo livre de patógenos (EPA, 1985). Apesar do grande potencial de uso, por ter altas concentrações de nutrientes (P e N) e matéria orgânica (EPA, 1983), a disposição final desse resíduo sólido é a mesma dos lodos de ETE; ou seja, descarte em aterros sanitário ou despejo em corpos d'água.

O uso do biossólido na agricultura é sempre uma preocupação ambiental, cujo emprego implica geralmente em aumentar os níveis de metais pesados no solo. Consequentemente, o risco da entrada desses elementos na cadeia alimentar aumenta consideravelmente. Infelizmente, a contaminação ocorre sem que haja manifestação de sintomas de toxicidade e prejuízo na produção das culturas (Jeevan Rao & Shantaran, 1996). Inicialmente, os microrganismos do solo e depois a qualidade dos alimentos são afetados (Valsecchi *et al.*, 1995; Soares *et al.*, 2004). Por último o ser humano, que, dependendo do tipo de metal pesado absorvido, pode contrair diversas doenças e até mesmo morrer (Baird, 2002). Dentre as doenças, se destacam Mal de Alzheimer, lesões na pele, problemas respiratórios e cardiovasculares, distúrbio renal, hipertensão e câncer (Huheey *et al.*, 1993).

Neste contexto, a prática de reciclagem na agricultura destaca-se como opção mais adequada, tanto por reduzir a pressão sobre a exploração dos recursos naturais como por evitar opções menos adequadas e mais impactantes sobre o ambiente, além de proporcionar os melhores resultados econômicos. A viabilidade de utilização agrícola de alguns biossólidos de ETE em diversas culturas é nor-

malmente citada na literatura, por exemplo, milho (Simonete, 2003), couve (Rocha, 2003), eucalipto (Rocha *et al.*, 2004) etc.

Uma alternativa viável para o aproveitamento de biossólidos são as minhocas, principalmente as detritívoras, pois apresentam notável capacidade de converter matéria orgânica parcialmente estabilizada em material com melhores qualidades para a utilização agrícola, quando comparado ao material original (Known *et al.*, 2009). Infelizmente, poucas espécies podem ser criadas em cativeiro para a produção de vermicomposto, dentre as quais apenas duas são criadas no Brasil; Gigante Africana (*Eudrilus eugeniae* (Kinberg, 1867)) e Vermelha da Califórnia (*E. foetida*).

Ambas apresentam boas características zootécnicas para criação em cativeiro (Alvarez *et al.*, 1998). Particularmente a *E. foetida* é uma espécie adequada para experimentos envolvendo vermicompostagem, pois apresenta menor tendência a fugir, facilidade de identificação do clitelo, alta capacidade reprodutiva e boa adaptação a diversos tipos de substratos (Schldt *et al.*, 2005; Khwairakpam & Bhargava, 2009). Por causa desses atributos, essa espécie vem sendo utilizada com muito sucesso na vermicompostagem de diversos lodos de origem industrial e de esgotos domésticos (Ghosh, 2003; Garg *et al.*, 2006; Clarke *et al.*, 2007; Ravindran *et al.*, 2008; Khwairakpam & Bhargava, 2009).

Este trabalho teve como objetivo a transformação do biossólido proveniente de fossa sanitária em um produto com maior potencial de utilização agrícola, capaz de ser empregado mais facilmente e com menores riscos para o homem e o ambiente. Devido as suas qualidades e capacidade, a *E. foetida* foi usada como organismo responsável na vermicompostagem do biossólido oriundo de fossas sanitárias. Podas de grama e serragem de madeira foram adicionadas ao biossólido como forma de verificar sua influência no processo de vermicompostagem.

## MATERIAL E MÉTODOS

### *Produção do vermicomposto*

Foram utilizadas no experimento 1.000 minhocas cliteladas da espécie *E. foetida*, juntamente com biossólido coletado em uma empresa de saneamento e grama adquirida com a prefeitura de Manaus. O experimento foi planejado para um delineamento inteiramente casualizado (DIC 4t x 5r), com 20 parcelas experimentais. Cada uma foi preenchida com cinco litros dos seguintes substratos: biossólido puro (VL), proporções iguais de biossólido + grama (VLG), biossólido + serragem (VLS) e biossólido + grama + serragem (VLSG), distribuídos de acordo com o croqui do experimento. O substrato foi umedecido com água até atingir 70% e mantido durante todo

experimento com regas periódicas. Uma cobertura de aproximadamente 3 cm de grama picada foi empregada visando ao conforto ambiental das minhocas, conforme recomendado por Martinez (1998).

Após sete dias de repouso, foram inoculadas 50 minhocas cliteladas da espécie *E. foetida* por parcela, cuja densidade populacional inicial foi, portanto, de 10 minhocas por litro de substrato, mesma densidade adotada por Silva *et al.* (2002) em experimento semelhante utilizando lodo de esgoto e bagaço de cana-de-açúcar num processo de vermicompostagem. A partir da inoculação o experimento foi acompanhado semanalmente, para verificação do desenvolvimento das minhocas, sua reprodução e a conversão do material inoculado em vermicomposto.

O experimento foi encerrado na sexta semana, em virtude de algumas caixas apresentarem muito pouco substrato a ser convertido. Desse ponto em diante poderia haver mortalidade acentuada dos animais, principalmente os inicialmente inoculados, além disso esse período curto de vermicompostagem seria insuficiente para que minhocas nascediças chegassem à maturidade sexual, ou seja, estivessem cliteladas.

As minhocas cliteladas e nascediças, estas com tamanho igual ou superior a 10 mm, foram separadas manualmente. O vermicomposto foi peneirado e o volume final, medido em uma proveta graduada de 2.000 mL.

#### **Determinação de nutrientes e parâmetros de fertilidade**

O valor de pH em água, bem como as concentrações de N, P, Ca, Mg, Na, K, C e MO, foi determinado conforme recomendado pela Embrapa (1999).

#### **Determinação de metais pesados**

Para a determinação dos teores de metais pesados, cerca de 0,5 g de amostras de substratos e vermicompostos foi digerida utilizando mistura de HNO<sub>3</sub> concentrado e H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> a 20 vol, a uma temperatura de 150 °C, por 12 horas. Em seguida, a solução obtida foi filtrada e aferida para volume de 25 mL com água desmineralizada. Finalmente, as concentrações de Co, Cr, Cu, Pb e Zn foram medidas por espectrometria de absorção atômica de chama.

## **RESULTADOS E DISCUSSÃO**

Os dados obtidos ao término do experimento demonstram a existência de diferenças estatísticas significativas ( $p < 0,05$ ) do rendimento e da biometria das minhocas durante o processo de vermicompostagem. No bio-sólido puro e bio-sólido + grama (1:1), bio-sólido + serragem de madeira (1:1) e bio-sólido + serragem + grama (1:1:1) constatou-se que a mortalidade das minhocas cliteladas variou de 0,8 a 4,0% (Tabela 1). Apesar de haver diferenças esta-

tísticas do ponto de vista zootécnico, devido à capacidade proliferativa das minhocas, essa mortalidade é aceitável para um processo de vermicompostagem.

Por outro lado, as minhocas não-cliteladas foram caracterizadas por respostas diferentes quanto aos tratamentos. Isso fica bem caracterizado pelo número de minhocas que nasceram, variando entre 120 e 182. Os resultados mostram que no tratamento em que foi utilizado bio-sólido puro houve maior mortalidade de minhocas cliteladas e maior número de minhocas nascediças. Para o tratamento baseado na mistura bio-sólido + serragem ocorreu menor mortalidade e menor número de minhocas nascediças.

Os tratamentos contendo grama e serragem de madeira apresentaram índice de sobrevivência maior de minhocas inoculadas, porém no bio-sólido puro obteve-se maior taxa de reprodução, significando maior aumento da biomassa de minhocas. Isso pode ser explicado devido à maior porosidade dos substratos contendo grama e serragem em relação ao bio-sólido puro.

O maior incremento da reprodução das minhocas, verificado no bio-sólido puro, é acompanhado pelos maiores teores de N, P e Ca (Tabela 2). Deve-se salientar que esses elementos são extremamente importantes para o ciclo vital da *E. Foetida* (Venter, 1988, Martinez, 1998). Portanto, o bio-sólido puro constitui um alimento mais rico em nutrientes, o que propicia maior taxa de reprodução das minhocas, e consequentemente, maior incremento da biomassa.

A Tabela 3 mostra que ocorreu redução de volume durante o processo de vermicompostagem, variando entre 17 e 33%. Em termos de rendimento, nota-se que o vermicomposto produzido a partir dos bio-sólidos puro e misturado com serragem e grama não apresentou diferenças significativas.

A princípio, no substrato contendo grama (VLG) a perda de volume se dá em maior proporção, provavelmente porque a grama, além de possuir relação C/N baixa (29:1), é um material orgânico mais passível de sofrer degradação microbológica. Já no caso da serragem (VLS) ocorre o contrário; ou seja, esse substrato apresenta

**Tabela 1.** Médias das contagens de minhocas cliteladas e não-cliteladas após a vermicompostagem do bio-sólido de fossas sanitárias de Manaus produzido em 2008

Tratamentos	Minhocas cliteladas	Minhocas não-cliteladas
VL	48,2b	182,0a
VLG	48,8ab	151,6b
VLS	49,8a	130,8c
VLSG	49,6a	120,4d

Médias seguidas de mesma letra e na mesma coluna não diferem estatisticamente entre si, pelo teste de Tukey, a 5%. VL = Bio-sólido puro, VLG = Bio-sólido puro + grama, VLS = Bio-sólido puro + serragem e VLSG = Bio-sólido puro + grama + serragem.

**Tabela 2.** Análise química dos materiais componentes dos substratos, obtidos na região de Manaus em 2008

Material	N (%)	C (%)	C/N	P (g/kg)	K (g/kg)	Ca (g/kg)
Batatais	1,61	47,51	29,51	0,94	6,47	3,92
Quicuío	1,56	39,79	25,51	2	4,39	7,84
Mulateiro	0,27	49,39	182,93	0,03	0,08	0,01
Massaranduba	0,21	45,53	216,81	0,02	0,65	0,02
biossólido 01	2,66	36,64	13,77	6,42	0,76	22,94
biossólido 02	3,89	31,04	7,98	8,05	0,92	19,61
biossólido 03	3,49	30,83	8,83	8,6	0,77	18,63
Biossólido 04	2,77	25,93	9,36	8,38	0,54	16,67
Biossólido 05	3,08	32,02	10,4	8,68	0,52	19,61

**Tabela 3.** Volumes de vermicomposto peneirado e resíduos não-vermicompostados obtidos após o tratamento do biossólido proveniente das fossas sanitárias de Manaus que foi coletado em 2008

Tratamentos	Rendimento (%)	Resíduo (%)	Perda (%)
VL	46b	37c	17a
VLG	37c	30b	33c
VLS	61a	22a	17a
VLSG	47b	25a	28b

Médias seguidas de mesma letra e na mesma coluna não diferem estatisticamente entre si, pelo teste de Tukey, a 5%. VL = Biossólido puro, VLG = Biossólido puro + grama, VLS = Biossólido puro + serragem e VLSG = Biossólido puro + grama + serragem.

relação C/N alta. Uma das razões para isso é a presença de componentes de difícil degradação por microrganismos, como: celulose, hemicelulose e lignina.

Essa perda de volume pode ter decorrido também pela vermicompostagem ser conduzida com umidade entre 70 e 80%. Entretanto, durante a separação das minhocas do substrato a adição de água é suspensa para separar os animais (Martinez, 1998). No final do processo ocorre uma perda do volume correspondente à eliminação da água na forma de vapor. Outro fator importante é que o substrato continua sofrendo a ação de microrganismos existentes em sua flora. Isso contribui com o decréscimo do volume do material (Kiehl, 1985). Portanto, a redução de volume após o processo de vermicompostagem já era esperada.

Os tratamentos contendo serragem de madeira tiveram as menores reduções do volume inicial. Isso se deve ao fato de os componentes da madeira serem de difícil degradação, por apresentarem relação C/N maior, além de conter celulose, hemicelulose e lignina.

Como na literatura não há valores para indicar com precisão a qualidade de um fertilizante orgânico, neste trabalho adotou-se critérios sugeridos por Kiehl (1985), que são os teores de N, P, K e matéria orgânica, além da relação C/N. Na Tabela 4, verifica-se que os vermicompostos obtidos em todos os tratamentos experimentais apresentam boas características para a utilização como fertilizante orgânico.

A relação C/N de todos os vermicompostos ficou abaixo de 10:1, valor que representa a mesma proporção de N

**Tabela 4.** Análises físico-químicas de duas testemunhas e respectivos vermicompostos produzidos do biossólido das fossas sanitárias de Manaus e coletado em 2008

Amostra	Código	pH	N	P	K	Na	Ca	Mg	C	MO	C/N
Testemunha	V1	6,21	0,94	393	1120	49	11,52	5,15	14,45	24,86	15,37
	V2	5,85	1,27	601	1480	58	13,52	6,08	16,9	29,07	13,31
	L	5,77	2,47	697	76	150	17,45	4,24	19,79	34,05	8,01
	LG	5,82	2,38	675	410	120	20,36	4,98	28,49	49,01	11,97
	LS	5,45	1,48	349	49	34	5,55	2,07	33,13	56,99	22,39
	LSG	5,57	1,93	504	240	61	10,2	3,63	22,83	39,26	11,83
Tratadas	VL	5,18	2,33	534	190	160	25,88	7,75	12,41	21,34	5,33
	VLG	5,14	2,22	497	500	98	19,27	6,69	11,71	20,14	5,27
	VLS	5,53	1,88	415	181	57	12,46	4,36	19,41	33,39	10,32
	VLSG	5,79	1,95	482	450	58	11,82	4,96	17,62	30,31	9,04

V1: Vermicomposto 1, V2: Vermicomposto 2, L: Biossólido puro, LG: Biossólido + grama (1:1), LS: Biossólido + serragem (1:1), LSG: Biossólido + grama + serragem (1:1:1), VL = Biossólido puro, VLG = Biossólido puro + grama, VLS = Biossólido puro + serragem e VLSG = Biossólido puro + grama + serragem.



existente na biomassa de microrganismos. Assim, os vermicompostos produzidos, quando acrescentados no solo, não seriam um fator de imobilização do N pelos microrganismos do solo, funcionando como um bom fornecedor de N tanto para as raízes das plantas como para a flora microbiológica do solo.

Os teores de P presentes nos vermicompostos também constituem fonte importante desse nutriente, sendo uma alternativa viável para a produção vegetal na maioria dos solos tropicais. Por sua vez, os vermicompostos produzidos de bioestável puro (VL) e bioestável + serragem (VLS) não são boa fonte de K. Os demais (V1, V2, VG e VSG) apresentam teores melhores de K, isso ocorre por serem produzidos com substratos constituídos parcial-

mente por material vegetal, principalmente por folhas e ramos jovens de grama.

Em termos de metais pesados, todos os vermicompostos produzidos apresentam baixos teores (Tabela 5). Os vermicompostos VL e VLG, produzidos com bioestável e bioestável + grama, apresentam os maiores teores, embora tenham ficado, como os demais, dentro de níveis toleráveis. Isso se deve ao fato de o bioestável puro ser constituído por maior fonte desses metais na constituição dos substratos e a grama a segunda maior fonte. Outros fatores importantes são a maior redução de volume com consequente aumento da concentração desses metais nos vermicompostos e a serragem funcionar como um fator diluidor, tanto de metais pesados quanto de nutrientes.

**Tabela 5.** Teores de metais pesados (mg kg<sup>-1</sup>) de duas testemunhas e respectivos vermicompostos (mg kg<sup>-1</sup>) produzidos do bioestável das fossas sanitárias de Manaus, cujos substratos foram coletados em 2008

Amostra	Código	Zn	Cu	Pb	Co	Cr
Testemunha	V1	76,5	25,7	<0,06	<0,05	1,4
	V2	102,5	32,7	<0,06	<0,05	8,9
	L	915,4	301,6	4,6	2,5	59,6
	LG	986,7	275,2	3,5	5,5	63,4
	LS	687,9	171,6	<0,06	<0,05	37,5
	LGS	660,0	215,8	<0,06	6,8	56,7
Tratada	VL	1243,8	298,4	18,5	3,3	82,9
	VLG	965,0	277,3	22,4	10,5	92,2
	VLS	648,3	223,5	3,7	10,8	86,0
	VLSG	639,6	215,5	5,6	14,0	100,3

V1: Vermicomposto 1, V2: Vermicomposto 2, L: Bioestável puro, LG: Bioestável + grama (1:1), LS: Bioestável + serragem (1:1), LGS: Bioestável + grama + serragem (1:1:1), VL = Bioestável puro, VLG = Bioestável puro + grama, VLS = Bioestável puro + serragem e VLSG = Bioestável puro + grama + serragem.

## CONCLUSÕES

Os vermicompostos produzidos apresentaram qualidades desejáveis a um fertilizante orgânico, como teor de matéria orgânica, relação C/N, concentração de nutrientes, principalmente N e P, tendo boas possibilidades de uso desses materiais como adubo orgânico e condicionador do solo.

A produção média de vermicomposto ficou próxima a 40% nos substratos contendo grama e serragem, e nos substratos contendo apenas o bioestável a produção foi em torno de 60%, média aceitável num processo de vermicompostagem.

A *E. foetida* adaptou-se muito bem aos substratos contendo o bioestável, além de ter crescimento populacional satisfatório, havendo um potencial incremento de sua biomassa. Dessa forma, pode-se afirmar que do ponto de vista zootécnico o processo analisado é viável.

A concentração de metais pesados em todos vermicompostos produzidos é considerada baixa, podendo esses fertilizantes orgânicos serem utilizados na produção agrí-

cola. Usando o bioestável misturado com serragem e grama, dois resíduos urbanos abundantes, a produção de vermicomposto é uma alternativa ambientalmente viável.

## AGRADECIMENTOS

À PRESSEL, por ter cedido o seu bioestável para o desenvolvimento deste trabalho. À Embrapa Amazônia Ocidental, pela realização das análises químicas de nutrientes.

## REFERÊNCIAS

- Alvarez MR, Aragonés CR, Padiz AS & Vázquez MM (1998) Lombrices de tierra con valor comercial: biología y técnicas de cultivo. La Habana, Universidad de La Habana. 61p.
- Anjos ARM & Mattiazzi ME (2000) Metais pesados em plantas de milho cultivadas em latossolos repetidamente tratados com bioestável. *Scientia Agricola*, 57:769-776.
- Baird C (2002) *Química Ambiental*. 2.ed. Porto Alegre, Bookman. 622p.
- Clarke WP, Taylor M & Cossins R (2007) Evaluation by respirometry of the loading capacity of a high rate vermicompost bed for treating sewage sludge. *Bioresource Technology*, 98:2611-2618.

- Duarte ER, Almeida AC, Cabra BL, Abrão FO, Oliveira LN, Fonseca MP & Sampaio RA (2008) Análise da contaminação parasitária em compostos orgânicos produzidos com biossólidos de esgoto doméstico e resíduos agropecuários. *Ciência Rural*, 38:1279-1285.
- EMBRAPA (1999) Manual de análise do Solo, Centro Nacional de Pesquisa do Solo. 2ª ed. Rio de Janeiro, Atual. 418p.
- Environmental Protection Agency (1983) Land application of municipal sludge. Washington, EPA. 320p.
- Environmental Protection Agency (1985) Health effects of land application of municipal sludge. Washington, EPA. 78p.
- Garg P, Gupta A & Satya S (2006) Vermicomposting of different types of waste using *Eisenia foetida*: A comparative study. *Bioresource Technology*, 97:391-395.
- Ghosh C (2003) Integrated vermi-pisciculture – an alternative option for recycling of solid municipal waste in rural India. *Bioresource Tecnology*, 93:71-75.
- Huheey JE, Keiter EA & Keiter RL (1993) Inorganic Chemistry: principles of structure and reactivity. 4 ed. Nova York, Harper Collins College Publishers. 392p.
- Jeevan Rao K & Shantaran MV (1996) Effect of urban solid wastes on cadmium, lead and zinc in contaminated soils from southwest Poland. *Journal of Environmental Biology*, 17:25-32.
- Khwairakpam M & Bhargava R (2009) Vermitechnology for sewage sludge recycling. *Journal of Hazardous Materials*, 161:948-954.
- Kiehl EJ (1985) Fertilizantes orgânicos. Piracicaba, Agronômica Ceres, 492p.
- Known YT, Lee CW & Yun JH (2009) Development of vermicast from sludge and powdered oyster shell. *Journal of Cleaner Production*, 17:708-711.
- Martinez AA (1998) A grande e poderosa minhoca: Manual Prático do Minhocultor. Jaboticabal, FUNEP. 148p.
- Paulino RC, Castro AD & Thomaz-Soccol V (2001) Tratamento anaeróbico de esgoto e sua eficiência na redução da viabilidade de ovos de helmintos. *Revista da Sociedade Brasileira de Medicina Tropical*, 34:421-428.
- Projeto Geo Cidades (2002) Relatório Ambiental Urbano Integrado: Informe GEO: Manaus/Supervisão: Ana Lúcia Nadalutti La Rovere, Samyra Crespo; Coodenação: Rui Velloso, Rio de Janeiro, Consórcio Parceria 21. 188p
- Ravindran B, Dinesh SL, Kennedy LJ & Sekaran G (2008) Vermicomposting of solid waste generated from leather industries using epigeic earthworm *eisenia foetida*. *Applied biochemistry and biotechnology*, 151:480-488.
- Rocha GN, Gonçalves JLM & Moura IM (2004) Mudanças da Fertilidade do solo e crescimento de um povoamento de *Eucalyptus grandis* fertilizado com biossólido. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, 28:623-639.
- Rocha REM (2003) Avaliação de biossólido de águas servidas domiciliares como adubo em couve. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 38:1435-1441.
- Schldt MS, Rumi AG & Gregoric DEG (2005) Determinacion de edade (clases) en poblaciones de Eisenia fetida (Annelida: Lumbricidae) y sus implicancias reprobilógicas. *Revista del Museo de La Plata*, 17:1-10.
- Silva CD, Costa LM, Matos AT, Cecon PR & Silva DD (2002) Vermicompostagem de lodo de esgoto urbano e bagaço de cana-de-açúcar. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, 6:487-491.
- Simonete MA, Kiehl JC, Andrade CA & Teixeira CF (2003) Efeito do lodo de esgoto em um Argissolo e no crescimento e nutrição de milho. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 38:1187-1195.
- Soares JP, Souza JA & Cavalheiro ETG (2004), Caracterização de amostras comerciais de vermicomposto de esterco bovino e avaliação da influência do pH e do tempo na adsorção de Co(II), Zn(II) e Cu(II). *Química Nova*, 27:5-9.
- Valsecchi G, Gigliotti C & Farini A (1995) Microbial biomass, activity, and organic matter accumulation in soils contaminated with heavy metals. *Biology and Fertility of soil*, 20:253-259.
- Venter JM & Reinecke AJ (1998) The life-cycle of the compost worm *Eisenia foetida* (*Oligochaeta*). *South African Journal of Zoology*, 23:161-165.