

HERLON SÉRGIO NADOLNY

REPRODUÇÃO E DESENVOLVIMENTO DAS MINHOCAS (*Eisenia andrei* Bouché 1972 e *Eudrilus eugeniae* (Kinberg 1867)) EM RESÍDUO ORGÂNICO DOMÉSTICO

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciência do Solo, Área de concentração em Química e Biologia do Solo e Nutrição de Plantas Departamento de Solos, Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná, como requisito parcial à obtenção do grau de Mestre em Ciência do solo.

Orientador: Prof. Dr. Jair Alves Dionísio

Co-orientadores: Dr. George Gardner Brown

Prof^a. Dr^a. Ida Chapaval Pimentel

**CURITIBA
2009**

Dedico,
aos meus pais e minha querida Isabel, pelo apoio, força e incentivo no desenvolvimento deste trabalho.

AGRADECIMENTOS

A Deus que me deu oportunidade e força nos momentos em que precisei para vencer os obstáculos surgidos durante os trabalho;

A meus pais que além do apoio moral o apoio financeiro que pretendo lhes devolver com muito amor;

A minha noiva, e companheira Isabel pelas noites em claro no laboratório e apoio;

Ao Professor Orientador Dr. Jair Alves Dionísio, pela oportunidade de ingresso no programa, paciência, amizade e principalmente por ter dividido comigo suas idéias e conhecimentos;

Aos Professores co-orientadores Dr. George Gardner Brown (Embrapa Florestas) e Prof. Dr. Ida Chapaval Pimentel, pela amizade e imensa ajuda durante a condução de todo o trabalho e divisão de conhecimentos;

Aos Professores do Programa de Pós-Graduação em Ciência do solo, pela acolhida, transmissão de conhecimentos e amizade;

A todos os colegas de mestrado e outros que estavam na graduação e ajudaram em algum momento, pelo companheirismo, amizade e pelos bons momentos vividos durante esta etapa de vida;

Aos funcionários e técnicos laboratoristas do Departamento de Solos e Engenharia Agrícola do Setor de Ciências Agrárias da Universidade Federal do Paraná, em especial e sem ordem de valores, Aldair, Dona Elda, Maria Aparecida, Roberto, Cleusa e Zé Roberto, que tornaram a pesquisa possível pela experiência, ajuda e amizade;

Aos pesquisadores da Embrapa florestas do laboratório de Fitopatologia Dr. Albino, Dr. Álvaro e Dr. Celso que me mostraram o caminho e fazem parte desta história que é uma das melhores da minha vida e muitas outras pessoas que de alguma forma colaboraram dando apoio diante das dificuldades para que este trabalho pudesse ser concluído.

*“Você pode ficar desapontado se falhar,
mas já está derrotado se não tentar.”*
Beverly Sills

RESUMO

Os resíduos orgânicos domésticos (ROD) são materiais ricos em proteínas, que em muitos casos são armazenados e descartados, dentro de sacolas plásticas, porém, podem ser transformados em adubo orgânico pelo processo de vermicompostagem em pequenas usinas de reciclagem. O presente trabalho teve como objetivos selecionar a melhor espécie de minhoca detritívora e o melhor nível populacional para estabilizar os ROD e verificar se a composição do vermicomposto produzido atende à legislação específica de fertilizantes orgânicos. A transformação do ROD foi avaliada em casa de vegetação, nas dependências da Universidade Federal do Paraná em Curitiba-PR, utilizando-se o delineamento experimental inteiramente casualizado em esquema fatorial 2x6x2, sendo duas espécies de minhocas (*Eudrilus eugeniae* e *Eisenia andrei*), seis níveis populacionais (0, 3, 6, 9, 12 e 15 minhocas/vaso) e duas datas de avaliação (30 e 60 dias), com cinco repetições para cada tratamento, totalizando 120 unidades experimentais com capacidade de 5 L. Aos 30 dias a espécie de minhoca *E. andrei* apresentou melhor aproveitamento dos resíduos, aumentando a biomassa em 130% e com altas taxas de remanescência de 80% para o tratamento T3 (6 minhocas/vaso). *E. eugeniae* apresentou baixas taxas de remanescência que oscilaram de 1 a 50% e perda de biomassa de 90%. As composições físico-químicas dos vermicompostos atenderam a legislação federal para compostos orgânicos quanto aos parâmetros: pH, C, N, relação C/N e umidade. A reciclagem do ROD através do processo de vermicompostagem poderá contribuir para a redução do lixo lançado em aterros e "lixões", aliada a prática de separação de materiais inertes, já praticada em Curitiba e muitas cidades brasileiras.

Palavras-chave: Vermicompostagem, Lixo domiciliar, Resíduos orgânicos domésticos, Oligochaetas, húmus .

ABSTRACT

Domestic organic wastes (ROD) are materials rich in proteins, which in many cases are stored and discarded, inside plastic bags. However, they can be transformed into organic fertilizer through the process of vermicomposting in small recycling units. This study aimed to select the best detritivorous earthworm species and best population level to stabilize the ROD and verify if the vermicompost produced meets the specific legal requirements for organic fertilizers. The transformation of ROD was evaluated in a greenhouse on the premises Federal University of Paraná, Curitiba-PR, using a completely randomized 2x6x2 factorial scheme, with two species of earthworms *Eudrilus eugeniae* and *Eisenia andrei*, six population levels (0, 3, 6, 9, 12 and 15 worms per pot) and two sampling dates (30 and 60 days) with five replicates for each treatment, totaling 120 experimental units with capacity of 5 L. At 30 days the earthworm species *E. andrei* showed better transformation of the wastes, increasing the biomass in 130% and with high rates of recovery of 80% for T3 (6 worms / pot). *E. eugeniae* presented low recovery rates that ranged from 1 to 50% and biomass loss of 90%. The physic-chemical composition of the vermicompost met federal legislation for organic fertilizers the pH, C, N, C / N ratio and moisture. Recycling ROD through vermicomposting can contribute to reducing waste in landfills, coupled with the practice of separation of inert materials, already practiced in Curitiba and many Brazilian cities.

Keywords: Vermicomposting, Household garbage, Domestic organic wastes, Oligochaetas, humus

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

FIGURA 1 -	(A) BIOMASSAS INOCULADA E REMANESCENTE DE <i>E. andrei</i> AOS 30 DIAS NO SUBSTRATO RESÍDUO ORGÂNICO DOMÉSTICO; (B) BIOMASSAS MÉDIAS, INOCULADA E REMANESCENTE DE <i>E. andrei</i> AOS 30 DIAS NO SUBSTRATO RESÍDUO ORGÂNICO DOMÉSTICO.....	41
FIGURA 2 -	(A) BIOMASSAS, INOCULADA E REMANESCENTE DE <i>E. andrei</i> AOS 60 DIAS NO SUBSTRATO RESÍDUO ORGÂNICO DOMÉSTICO (B) BIOMASSAS MÉDIA INOCULADA E A REMANESCENTE DE <i>E. andrei</i> AOS 60 DIAS NO SUBSTRATO RESÍDUO ORGÂNICO DOMÉSTICO.....	42
FIGURA 3 -	(A) BIOMASSAS REMANESCENTES DE <i>E. andrei</i> AOS 30 E 60 DIAS NO SUBSTRATO RESÍDUO ORGÂNICO DOMÉSTICO (B) BIOMASSAS MÉDIA REMANESCENTE DE <i>E. andrei</i> AOS 30 E 60 DIAS NO SUBSTRATO RESÍDUO ORGÂNICO DOMÉSTICO.....	43
FIGURA 4 -	(A) BIOMASSAS, INOCULADA E REMANESCENTE DE <i>E. eugeniae</i> AOS 30 DIAS NO SUBSTRATO RESÍDUO ORGÂNICO DOMÉSTICO (B) BIOMASSAS MÉDIAS, INOCULADA E REMANESCENTE DE <i>E. eugeniae</i> AOS 30 DIAS NO SUBSTRATO RESÍDUO ORGÂNICO DOMÉSTICO.....	44
FIGURA 5 -	(A) BIOMASSAS, INOCULADA E REMANESCENTE DE <i>E. eugeniae</i> AOS 60 DIAS NO SUBSTRATO RESÍDUO ORGÂNICO DOMÉSTICO (B) BIOMASSAS MÉDIAS, INOCULADA E REMANESCENTE DE <i>E. eugeniae</i> AOS 60 DIAS NO SUBSTRATO RESÍDUO ORGÂNICO DOMÉSTICO.....	45
FIGURA 6 -	(A) BIOMASSAS REMANESCENTES DE <i>E. eugeniae</i> AOS 30 E 60 DIAS NO SUBSTRATO RESÍDUO ORGÂNICO DOMÉSTICO (B) BIOMASSAS MÉDIA REMANESCENTE DE <i>E. eugeniae</i> AOS 30 E 60 DIAS NO SUBSTRATO RESÍDUO ORGÂNICO DOMÉSTICO.....	46
FIGURA 7 -	(A) NÚMERO DE CASULOS PRODUZIDOS CONFORME POPULAÇÃO INICIALMENTE INOCULADA (B) POPULAÇÃO REMANESCENTE DA ESPÉCIE <i>E. andrei</i> AOS 30 DIAS, NO SUBSTRATO ROD.....	47
FIGURA 8 -	(A) BIOMASSA FINAL ATINGIDA POR <i>E. eugeniae</i> , CONFORME POPULAÇÃO INICIALMENTE INOCULADA (B) POPULAÇÃO REMANESCENTE AOS 30 DIAS, NO SUBSTRATO ROD.....	47
FIGURA 9 -	DISTRIBUIÇÃO ATRIBUTOS QUÍMICOS POR ESPÉCIE DE MINHOCAS CONFORME ANÁLISES DO VERMICOMPOSTO PRODUZIDO DURANTE OS EXPERIMENTOS E VERMICOMPOSTO PRONTO. (ACP REALIZADO VIA PROGRAMA DE ANÁLISE ESTATÍSTICA MULTIVARIADA-CANOCO).....	50

LISTA DE TABELAS

TABELA 1 -	COMPARAÇÃO DOS ASPECTOS BIOLÓGICOS DAS MINHOCAS <i>E. andrei</i> e <i>E. eugeniae</i> a 25° C (ADAPTADO DE DOMINGUES, 2004).....	23
TABELA 2 -	RESÍDUOS ORGÂNICOS UTILIZADOS COMO ALIMENTO PARA AS MINHOCAS NOS EXPERIMENTOS.....	28
TABELA 3 -	TAXA DE REMANESCENCIA (%) DE MINHOCAS ADULTAS NO SUBSTRATO RESÍDUO ORGÂNICO DOMÉSTICO AOS 30 E 60 DIAS NO FINAL DOS EXPERIMENTOS.....	34
TABELA 4 -	NÚMEROS DE MINHOCAS ADULTAS REMANESCENTES, JOVENS, TOTAIS E CASULOS AOS 30 E 60 DIAS, NO SUBSTRATO RESÍDUO ORGÂNICO DOMÉSTICO (MÉDIA DE CINCO REPETIÇÕES).....	36
TABELA 5 -	COMPOSIÇÃO QUÍMICA DO VERMICOMPOSTO PRODUZIDO PELAS DUAS ESPÉCIES, NAS DUAS DATAS E COMPARADO COM O VERMICOMPOSTO INICIAL.....	48
TABELA 6 -	TEMPERATURA DA PILHA DE ROD DURANTE PRÉ-COMPOSTAGEM PARA ELIMINAÇÃO DO EXCESSO DE ÁGUA.....	53
TABELA 7 -	SUGESTÕES DE MANEJO DOS MINHOCÁRIOS NAS RESIDÊNCIAS.....	57

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	10
2	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	14
2.2	TRATAMENTOS DE LIXO.....	15
2.3	VERMICOMPOSTAGEM.....	17
2.3.1	Tempo do processo de vermicompostagem e qualidade do vermicomposto.....	18
2.3.2	Umidade e pH no minhocário.....	19
2.3.3	Materiais estruturantes.....	20
2.4	ESPÉCIES DE MINHOCAS	20
2.4.1	<i>Eisenia andrei</i>	22
2.4.2	<i>Eudrilus eugeniae</i>	22
2.5	ASPECTOS DO VERMICOMPOSTO	23
2.5.1	Lixiviados do ROD.....	25
3	MATERIAL E MÉTODOS	27
3.1	LOCALIZAÇÃO	27
3.2	MATRIZES DE MINHOCAS	27
3.3	CARACTERIZAÇÃO DOS RESÍDUOS ORGÂNICOS DOMÉSTICOS (ROD)	27
3.4	INSTALAÇÃO E CONDUÇÃO DO EXPERIMENTO	28
3.4.1	Análises do vermicomposto.....	30
3.4.2	Análises estatísticas.....	32
4	RESULTADOS E DISCUSSÕES	33
4.1	TAXA DE REMANESCÊNCIA DAS ESPÉCIES <i>E. andrei</i> e <i>E. eugeniae</i> ... 33	33
4.2	PARÂMETROS BIOLÓGICOS: minhocas adultas, jovens e casulos..... 36	36
4.3	BIOMASSAS: INOCULADA E REMANESCENTE..... 40	40
4.4	ANÁLISES DO VERMICOMPOSTO..... 48	48
4.5	PRÉ-EXPERIMENTOS 51	51
4.5.1	Lixiviados 51	51
4.5.2	Resumo de fatos ocorridos 52	52
4.5.3	Sugestões de manejo dos minhocários 56	56
5	CONCLUSÕES 58	58
	REFERÊNCIAS 59	59

1 INTRODUÇÃO

A degradação do ambiente, tal como a retirada do horizonte orgânico do solo de matas nativas para utilização em jardinagem, hortas residenciais e melhoramento de áreas pouco férteis, ocorre de forma devastadora e pode levar o solo a perder suas características produtivas. O manejo adequado do solo para a agricultura é fundamental e depende de estudos para o desenvolvimento de técnicas que diminuam os impactos ambientais negativos.

O solo de hortas residenciais pode ser melhorado, com técnicas de preparo destes pequenos pedaços de terra, através da produção orgânica que vem crescendo entre os pequenos produtores.

Mais de 50% do que chamamos lixo e que formam os aterros sanitários é composto de materiais que podem ser reutilizados ou reciclados (SBRT, 2004). A reciclagem de resíduos orgânicos pode atenuar os perigos para o meio ambiente que são resultantes da atual agricultura intensiva praticada (ORDOÑEZ *et al.*, 2006).

O desenvolvimento de técnicas apropriadas para o tratamento do lixo, além de solucionar os problemas econômicos, ecológicos e de saúde causados pelo acúmulo inadequado do lixo urbano, resulta na produção de matéria orgânica pronta para ser utilizada na agricultura (TEIXEIRA *et al.*, 2002).

A questão do lixo é um dos maiores problemas enfrentados pelas prefeituras de todo o Brasil e também de outros países. É preciso reavaliar os valores que estão a frente dos nossos modelos de desenvolvimento e, antes de se falar em lixo de uma maneira geral, é preciso alterar nosso modo de viver, produzir, consumir e descartar. Qualquer iniciativa neste sentido deverá praticar os conceitos complementares de redução, reutilização e reciclagem. Com isso, colocar em prática a sustentabilidade que pode manter os ambientes urbanos saudáveis para as novas gerações.

Com o aumento da população, os resíduos orgânicos domésticos (ROD) constituem um problema para o meio ambiente (NAIR *et al.*, 2005), no que diz respeito aos locais onde serão depositados. O ROD é normalmente encaminhado para aterros sanitários fora do centro urbano e dentro de sacos plásticos que permanecem por muito tempo no ambiente dificultando sua decomposição natural. O ROD lançado no ambiente, sem nenhum tratamento prévio, tem acarretado sérios problemas sanitários (MARTINEZ, 1998). Isso demonstra que o desequilíbrio em que

vivemos entre meio ambiente e desenvolvimento, sem limites de produção e consumo, pode acarretar em sérios problemas ao homem.

Na tentativa de equacionar o problema, vários métodos de tratamento e disposição do lixo são propostos, como a compostagem, a incineração e em algumas cidades está sendo desenvolvida a triagem do lixo.

A compostagem, uma técnica tão antiga quanto à agricultura, é um processo muito utilizado, revertendo qualquer tipo de resíduo orgânico em fertilizante (RAVEN, 2002). Oliveira *et al.* (2005) mostram que o processo de compostagem pode aliviar a deposição de 60% do montante praticado nos dias atuais. Essa técnica aliada à reciclagem dos materiais inertes separados pode reduzir significativamente a quantidade de resíduos a ser disposta no ambiente (GROSSI, 1993).

O acentuado crescimento demográfico, seguido do grande desenvolvimento tecnológico vem aumentando consideravelmente a quantidade de resíduos sólidos refugados pelo homem, problemática que assume proporções ainda maiores, na medida em que se verifica a redução da disponibilidade de áreas para disposição dos rejeitos e o seu alto potencial de contaminação do meio ambiente. Há alguns anos a vermicompostagem vem sendo desenvolvida para estabilização mais rápida dos ROD, restos da agricultura e de alguns segmentos industriais.

Os ROD podem ser transformados em adubo orgânico através da vermicompostagem. O produto deste processo, conhecido como húmus de minhoca, ou vermicomposto não causa impacto ao meio ambiente, podendo ser descartado em qualquer lugar, caso não seja utilizado, pois é rico em matéria orgânica (MO).

A MO é um componente estabilizador extremamente importante, em termos de fertilidade do solo, atuando como fornecedora de nutrientes e aumentando a capacidade de troca de cátions (CTC), saturação em bases (V%), além de servir como condicionadora das características físicas, químicas e biológicas do solo (KIEHL, 1985).

A vermicompostagem do ROD pode diminuir significativamente a quantidade de lixo no ambiente, com a ajuda das minhocas que estabilizam mais rapidamente do que a compostagem todo esse tipo de material. A vermicompostagem teve início na década de 40 em Rothamstead (Inglaterra) e hoje com a explosão do interesse por produtos orgânicos a vermicompostagem pode ser uma boa alternativa para produção de insumo orgânico, colheita de alimento saudável, economia e preservação do meio ambiente.

As minhocas foram motivo de comentários de grandes filósofos e pesquisadores através da história. Aristóteles afirmou que elas eram os intestinos da terra, pela capacidade de transformação de restos vegetais e Darwin descreveu em 1881 a influência que estes animais exercem sobre as propriedades do solo com criação de galerias por onde se locomovem e por onde entra o ar e a água que chegam até as raízes das plantas. Além de manterem o solo com suas propriedades adequadas para o uso esses animais também possuem a capacidade de reverter o processo de poluição do solo. Ramos *et al.* (2008) demonstraram essa capacidade em seus estudos, onde o lodo de esgoto mais solo contaminado, quando inoculadas as minhocas, as emissões de gases diminuíram significativamente.

No Brasil o processo de vermicompostagem é conhecido vulgarmente como minhocultura e é utilizado na maioria dos casos em áreas do interior do país e feito com o esterco bovino. O esterco bovino é o alimento preferido pelas minhocas, mas já existem muitas pesquisas onde foi estudada a estabilização de diferentes materiais orgânicos, como aparas de jardim, restos industriais o ROD e até mesmo o lodo de esgoto. Aquino *et al.* (2005) estudando o tempo de estabilização do ROD e outros materiais orgânicos, pelas minhocas, através dos processos de compostagem e posterior vermicompostagem, usou a proporção de 1 L ($\cong 2.000$ animais) m^{-2} de canteiro. Neste estudo, os autores concluíram que a vermicompostagem estabilizou muito rapidamente o ROD, em apenas 30 dias.

O vermicomposto tem muitos efeitos benéficos para o solo e plantas, como fornecedor de nutrientes minerais e reduz o efeito tóxico causado por agrotóxicos, como descrito por Rodrigues (1999).

As espécies de minhocas *Eisenia andrei* Bouché 1972 e *Eudrilus eugeniae* (Kinberg 1867) possuem diferentes capacidades quanto ao aproveitamento do ROD. O vermicomposto, produzido para comercialização, a partir de ROD deve estar de acordo com os parâmetros físico-químicos estabelecidos pelo Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento, enquadrados como composto orgânico. Desta forma devem atender aos parâmetros previstos no decreto: 86.955 de 1982 que são os valores contidos de C, mínimo de 40%, N, mínimo de 1%, pH, mínimo de 6, umidade mínima de 40% e C/N máxima de 18:1. A técnica de vermicompostagem pode criar uma rede de produção orgânica com produtos de boa qualidade, para serem consumidos nas residências onde é realizado o processamento dos ROD (APPELHOF, 1997).

O presente trabalho teve como objetivos selecionar a melhor espécie de minhoca detritívora e o melhor nível populacional para estabilizar os ROD e diminuir a deposição do lixo no ambiente e verificar se a composição do vermicomposto produzido atende à legislação específica de fertilizantes orgânicos. Assim, reciclar o ROD pode trazer uma série de benefícios (MARTINEZ, 1998), e promover a sustentabilidade nos centros urbanos.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 PRODUÇÃO DO LIXO

Em uma visão global, a quantidade de lixo coletada e despejada no ambiente é inimaginável. Kaviraj *et al.* (2003), Talyan *et al.* (2007) e Suthar (2008), todos autores indianos que publicaram trabalhos a respeito do gerenciamento e melhoramento da disposição de resíduos naquele país, comentam também sobre o crescimento da população urbana e o êxodo rural.

Com um aumento de aproximadamente 15% da população no período entre 1996 a 2007 (IBGE, 2007), é preciso encontrar formas para disposição correta do lixo. A quantidade de lixo produzida no Brasil gira em torno de 228.413 t/dia e 25% desse montante é depositado nos chamados “lixões”, onde não existe nenhum tipo de controle (IBGE, 2000).

Paraná, Santa Catarina e Rio Grande do Sul colaboram com 19.874 t/dia, desses, o Paraná é responsável por 7.542 t/dia e Curitiba responde pela produção de 1.548 t/dia, com 100% da coleta depositada em aterros controlados (IBGE, 2000). A capital paranaense deve orgulhar-se por ter todo lixo depositado em aterros controlados, ao contrário de algumas capitais no país e muitos municípios que não possuem aterro controlado e sim lixões sem nenhum tipo fiscalização ou cuidados.

O aterro sanitário da “Caximba” está com sua capacidade esgotada e a prefeitura do município de Curitiba deve até final de 2008 resolver essa situação (JORNAL GAZETA DO POVO 06/11/2007). Até o momento, em que este texto foi redigido, muitas outras reportagens sobre o assunto foram veiculadas através do mesmo jornal e parece que o problema está longe de seu final.

Em outra matéria sobre o aterro sanitário da Caximba, publicado no JORNAL GAZETA DO POVO (17/01/2009), o impasse está em encontrar um local para o novo aterro. Martinez (1998) também lembra desse assunto, bem como muitos autores em seus trabalhos realizados em outros países.

O serviço brasileiro de resposta técnica – (SBRT), em 2004 realizou uma pesquisa sobre a composição média do lixo brasileiro e chegou ao seguinte resultado: 52% resíduo orgânico, 28% papel, 6% plástico, 6% outros, 5% metal e 3% vidro. Com estes valores, é fácil observar que pelo menos a metade do lixo pode ser

convertida em um bom adubo orgânico para ser usado nas residências, levando-se em conta o uso apenas da parte orgânica.

Os ROD são um tipo de material que não tem custo para o consumidor, trazendo benefício com a utilização ou ciclagem de nutrientes minerais nele contidos. Difere de outros insumos orgânicos, como esterco bovino que não possui oferta ou torna-se difícil e onerosa sua coleta para suprir a demanda local ou regional.

2.2 TRATAMENTOS DE LIXO

Existem no Brasil os aterros sanitários, lixões, vazadouros em áreas alagadas, aterros controlados e regiões onde já foram implantadas as estações de triagem, compostagem e incineradores que degradam restos inertes (IBGE, 2000). Mesmo assim, esses processos não causam diminuição evidente de deposição de lixo nos aterros. Jahnel *et al.* (1999) demonstraram que o processo de compostagem pode ser feito de forma muito fácil, mas o período para a maturação dos restos orgânicos (52 dias), pode ser um fator limitante para moradores em residências.

Silva *et al.* (2005) no estado de São Paulo realizaram comparações entre sistemas de compostagem para o tratamento do lixo em usinas com funcionamento mecânico. Após 2 anos de trabalho os estudos destacaram que apenas aqueles sistemas de revolvimento contínuo, pode resultar em um bom produto final, para uso na agricultura, mas o tempo ainda é um problema para compostagem de grandes quantidades de resíduos, demandando entre 90 e 180 dias para completa maturação.

Por se tratar de poucos estados da federação que realmente tentam mudar essa situação, o lixo torna-se um inconveniente presente em todos os municípios brasileiros (IBGE, 2000).

Se todo o lixo das cidades fosse coletado separadamente, a fração orgânica teria grande aplicabilidade na agricultura, mas isso se houvesse a conscientização da população, a economia seria grande. O lixo poderia ser disposto diretamente em áreas de agricultura e aumentaria a produtividade, economia com insumos químicos, consequentemente poupando a perda de toda a matéria orgânica carregada de nutrientes (MANTOVANI *et al.*, 2005).

Aquino (2002) menciona a possibilidade de utilização da matéria orgânica do lixo na agricultura urbana, com conscientização de todos, em viagem de estudos até Cuba que mostrou ser um país muito avançado no que diz respeito ao cultivo em hortas residenciais.

Como o tratamento do lixo na maioria das cidades brasileiras é deficiente, existe ainda o problema do chorume, que polui o solo, a água superficial, o lençol freático e o ar. Em relação a esta questão nos aterros sanitários, sobre o chorume produzido pela decomposição dos resíduos orgânicos, pode-se dizer que a redução do lixo orgânico diminuiria consideravelmente a produção de chorume.

O chorume de aterro sanitário é um líquido escuro e extremamente poluente, mas que se diluído em doses corretas pode ser usado na agricultura (SILVA FILHO *et al.*, 2005).

Taylor *et al.* (2003) desenvolveu um trabalho utilizando o vermicomposto como filtro e relatou que este processo é possível para filtração de água residual e as minhocas podem colonizar esses filtros tornando-os ainda mais eficazes.

Gorgati e Lucas Junior (2002) demonstraram a compostagem de lixo urbano em leiras cobertas e descobertas e relatam que a leira descoberta exposta as chuvas, gera uma quantidade 2000 vezes maior de chorume do que a leira coberta. A lixiviação de água da chuva através do composto faz uma lavagem de toda a pilha onde está o lixo misturado com todo tipo de material poluente, como metais pesados que são carregados pela água. Silva *et al.* (2005) constataram em suas amostras um nível elevado de metais pesados proveniente de materiais inertes, como plástico e papel coloridos.

Ainda sobre a questão do “chorume”, outro grande problema nos aterros sanitários é que estes locais, expostos a chuvas sofrem a lavagem de pilhas, baterias de equipamentos eletrônicos e de automóveis. Esses equipamentos acabam por vazarem compostos de metais pesados como o chumbo e o mercúrio que são altamente tóxicos para os seres humanos, plantas e animais (UEM, 2004).

Silva *et al.* (2005) e Gorgati e Lucas Junior (2002) chegaram a resultados diferentes sobre o chorume obtido na compostagem realizada de diferentes formas, em leira coberta e sistema mecanizado, mas suas colocações são muito parecidas, afirmando que a cobertura das leiras ou o revolvimento feito mecanicamente e de forma contínua, diminui a lixiviação. Isso talvez tenha ocorrido pelo tipo de material usado nos estudos e quantidade do mesmo.

2.3 VERMICOMPOSTAGEM

A vermicompostagem aparece como um processo simples de estabilização do ROD, que nada mais é do que a combinação da ação das minhocas e microrganismos do solo. As minhocas são animais constituintes da macrofauna do solo, que se alimentam principalmente de material orgânico em diferentes estágios de decomposição (LEE, 1985). Elas não são apenas os animais mais conhecidos da fauna do solo, mas também são importantes no processo de humificação e por isso recebem uma atenção maior gerando assunto para um número considerável de textos a respeito delas (BROWN, 1978).

Na região metropolitana de Curitiba a vermicompostagem vem sendo praticada desde 1983, e utilizam como fonte de matéria prima o esterco bovino (HASSE, 1998). No Brasil Aquino (1992, 2005), Alves (1997), além de pessoas que desenvolvem a vermicompostagem, sem divulgar o trabalho, já testaram ou usam esse processo utilizando os ROD, como fonte de alimento para as minhocas. Muitos trabalhos anteriores a estes utilizaram o esterco bovino como alimento oferecido as minhocas.

Suthar e Singh (2008) testaram a vermicompostagem com as espécies de minhocas *Perionyx excavatus*, *Lampito mauritiae* e *Eisenia fetida* no mesmo cativeiro e comprovaram que a presença de espécies diferentes no mesmo cativeiro acelerou a estabilização de restos de culturas e resíduos domésticos enriquecendo o vermicomposto com nutrientes mineralizados e microrganismos. Com isso a degradação de celulose também foi favorecida pelas minhocas por apresentar alta atividade de fungos nos minhocários (AIRA *et al.*, 2006).

As espécies *E. andrei* e *E. eugeniae* também podem ser criadas juntas em um mesmo cativeiro, mas *E. andrei*, pode ser dominada por *E. eugeniae* em regiões de clima quente (MARTINEZ, 1998).

Appelhof (1997), Nair (2005) e Haimi (1990) nos EUA, Austrália e Finlândia, respectivamente, vêm desenvolvendo estudos com ROD para encontrar as respostas e soluções para a crescente deposição de lixo em aterros naqueles países e Portugal aparece em sites de busca da internet como o país onde a cidade de Beja trata todo o lixo orgânico e lodo de esgoto tratado pelo processo de vermicompostagem.

2.3.1 Tempo do processo de vermicompostagem e qualidade do vermicomposto

As minhocas promovem a aceleração e a maturação do composto utilizado como alimento e após todo o processo, o vermicomposto pode ser usado imediatamente (AQUINO *et al.*, 2005). Além disso, trata-se de um processo muito fácil de ser controlado, mas que exige alguns cuidados. Aquino e Meirelles (2006) demonstraram que além de fácil, o processo é barato podendo ser utilizado bambu para confecção do canteiro onde será feito o reaproveitamento do ROD.

Garg *et al.* (2006) afirmaram em seus estudos que a vermitecnologia é um processo muito adequado para decomposição de diferentes tipos de resíduos orgânicos. Os autores utilizaram resíduos da indústria têxtil, lodo de esgoto e resíduos da agricultura, atingindo resultados mais rápidos e muito satisfatórios, como o aumento da disponibilidade de N, P e K e aumento no pH.

Suthar (2006) também utilizou material restante da indústria, um tipo de goma, misturada com esterco bovino para acelerar o processo, oferecendo um alimento atrativo às minhocas que aumentaram a disponibilidade de N, P e K.

Tognetti *et al.* (2006) na Argentina utilizaram o processo de compostagem prévia, para depois da fase termofílica, retirar parte da pilha para ser submetida ao processo de vermicompostagem, obtendo diminuição no tempo de estabilização e disponibilidade maior de nutrientes no vermicomposto que no composto. Tognetti *et al.* (2007), não encontrou grandes diferenças entre composição química nos dois processos, mas evidenciou um aumento significativo na disponibilidade de N, durante a vermicompostagem.

Lazcano *et al.* (2008) além de descreverem um aumento em N, também descrevem que o P aparece aumentado na presença das minhocas no trabalho de vermicompostagem.

Adi e Noor, (2008) também estudaram a vermicompostagem fazendo uma compostagem prévia do material a ser oferecido às minhocas em misturas com esterco bovino, borra de café e restos de cozinha, e encontraram que a borra de café utilizada enriqueceu ainda mais o vermicomposto final.

Tognetti *et al.* (2006), Frederickson *et al.* (2007) e Frederickson *et al.* (1997), descrevem a vermicompostagem como um processo para a rápida estabilização dos

ROD com disponibilização melhor de nutrientes no vermicomposto em relação ao composto.

Já Suthar (2006) usou misturas contendo serragem para elevar a relação carbono - nitrogênio (C/N) do resíduo industrial chamado de goma que serviu para alimentar minhocas. Esta comparação foi realizada, devido à questão do lixo residencial conter os filtros de café, que podem ser descartados juntamente com os restos orgânicos e assim melhora o ambiente de vermicompostagem, sendo este o material estruturante que aumenta o crescimento e a reprodução das minhocas (DOMÍNGUEZ *et al.*, 2000).

2.3.2 Umidade e pH no minhocário

As minhocas em sua maioria são animais aeróbios necessitando de ar e umidade para as trocas gasosas que são feitas através da parede do corpo (RUPPERT; BARNES, 1996).

Nair (2005) descreve o problema da umidade como o principal causador de efeitos negativos na vermicompostagem. Isso quer dizer que: Devido à umidade dos ROD ser elevada, em certo momento a lixiviação pode ser grande e assim é necessário o uso de algum tipo de objeto que de estrutura ao composto, como papelão, cortes de jardim, incluindo galhos pequenos ou algo nesse sentido, que favoreça a aeração.

Dominguez e Edwards (1997) descreveram em seus estudos que a umidade do cativeiro onde serão mantidas as minhocas deve ser muito bem controlada e estar entre 80 e 90%.

Outro termo utilizado para descrever a vermicompostagem foi vermiremediação que continua traduzindo muito bem a capacidade de remediação que as minhocas possuem sobre restos culturais, da indústria e residenciais.

Gupta e Garg (2008) que chamaram o processo de vermicompostagem de vermiremediação trabalharam com restos não recicláveis da indústria de papel, fazendo misturas deste com esterco bovino, para que as minhocas fossem atraídas pelo alimento e obtiveram novamente resultados significativos no aumento de N, P e

K disponíveis. Além disso o comportamento das minhocas foi melhor em misturas acima de 30% de papel.

A vermicompostagem tem efeitos positivos, como elevação do pH, baixa relação carbono/nitrogênio e redução no tempo para estabilização de restos do processamento de frutas juntamente com composto de lixo urbano no estado de São Paulo (VERAS; POVINELLI, 2004). Na vermicompostagem caseira, dependendo do lugar onde será instalada a caixa de minhocas, é aconselhado não depositar carnes ou derivados do leite, apesar de serem consumidos pelas minhocas, pois atraem moscas e ratos, além de gerar odor desagradável (APPELHOF, 1997).

2.3.3 Materiais estruturantes

Alguns resíduos usados na vermicompostagem necessitam de algum tipo de estrutura, para que o ar entre e não se forme um substrato por onde as minhocas não consigam se locomover.

Domingues *et al.* (2000) que trata do efeito de materiais estruturantes como serragem, papelão e papel, em experimentos com o lodo de esgoto, descreve que com essas misturas realizadas a reprodução das minhocas foi potencializada, contudo o crescimento das matrizes nos tratamentos não foi afetado.

Suthar (2008) dá um bom exemplo de material estruturante, usando o bagaço de cana para aumentar a aeração e a relação C/N no processo de vermicompostagem do lodo de esgoto, com isso obtendo bons resultados, com diminuição do tempo no processo de vermicompostagem e aumento da reprodução das minhocas.

2.4 ESPÉCIES DE MINHOCAS

As minhocas presentes no solo costumam constituir a maior proporção da macrofauna, decompondo e revolvendo o material não humificado para produzir o chamado “húmus de minhoca” (MALAVOLTA, 2006).

As espécies detritívoras como são chamadas as minhocas capazes de degradar vários tipos de material orgânico como esterco bovino, restos de alguns segmentos industriais, lodo de esgoto e ROD têm relação direta ou muito próxima com outros animais da fauna do solo, microrganismos ou macrorganismos (AIRA, 2008). Edwards *et al.*, (2004) citam que muitas espécies de minhocas podem ser usadas para vermicompostagem (minhocultura), mas relativamente poucas são usadas ou pesquisadas adequadamente. Monroy *et al.* (2008), Aira *et al.* (2008), Suthar e Sing (2008) e Padmavathiamma *et al.* (2007), trabalharam com algumas espécies que ainda não são conhecidas no Brasil em criações comerciais (*Lumbricus rubellus*, *Eisenia fetida*, *Perionyx sansibaricus*, *Megascolex chinensis*, *Perionyx excavatus*, *Lampito mauritiae*). A identificação correta das espécies, ecologia, comportamento e conhecimentos que favoreçam a permanência das minhocas dentro dos minhocários, são fatores importantes para que se tenha um trabalho rápido de estabilização do ROD.

Eisenia andrei Bouché 1972 e *Eudrilus eugeniae* (Kinberg 1867), são duas espécies de minhocas epigêicas, que vivem sobre o solo mineral e na liteira, alimentando-se desta (MARTINEZ, 1998). Estas duas espécies fazem parte da macrofauna do solo e são espécies exóticas no Brasil, usadas principalmente em minhocultura (BROWN; JAMES, 2006). As minhocas detritívoras são muito utilizadas em estudos de estabilização de vários substratos, como o esterco bovino, a cana-de-açúcar e o lodo de esgoto conforme demonstrado por Aquino *et al.*, (1994, 1994). A *E. andrei*, está sendo reconhecida em muitos lugares como a espécie de minhoca que realmente compõe as criações no Brasil. Esse fator pode ser ainda melhor já que a vermicompostagem realizada por está espécie pode ser mais rápida por ser mais eficiente que suas “primas” *E. fetida* (CAPISTRAN *et al.* 2001) com a qual é confundida. Essa comparação entre elas é necessária devido terem relação muito próxima e por serem as espécies mais utilizadas para minhocultura (DOMINGUEZ *et al.* 2005, EDWARDS *et al.* 2004). No entanto Dominguez *et al.* (2005) recomenda que as duas espécies não sejam criadas juntas. Isso diminui significativamente a viabilidade de casulos provenientes do cruzamento entre elas. Apesar de serem espécies diferentes (DOMINGUEZ *et al.* 2005), elas possuem um ciclo de vida e comportamento muito parecidos (DOMINGUEZ, 2004), e por isso são confundidas.

Eisenia andrei produz significativamente mais casulos, comparadas com outras espécies estudadas por Reinecke (1991), mas sua reprodução pode variar

conforme o alimento oferecido e as condições do meio ambiente (GESTEL *et al.* 1992). Talvez seja esse o maior motivo pelo qual *E. andrei*, quando criada em conjunto com outras espécies, se torna dominante no cativeiro, sendo considerada a melhor espécie para países temperados (EDWARDS; ARANCON, 2004).

2.4.1 *Eisenia andrei*

Apesar de ser considerada uma minhoca de clima temperado, *E. andrei* é a espécie mais usada para vermicompostagem (minhocultura) no Brasil, devido a seu comportamento peregrino, a fácil colonização de áreas compostas por quantidades elevadas de matéria orgânica e a capacidade de adaptação a grandes variações de temperatura (EDWARDS; ARANCON, 2004). Com relação à temperatura esta espécie é muito tolerante, suportando grandes variações. A expectativa de vida é de entre 4-5 anos, mas em condições naturais pode ser diferente devido a um grande número de parasitas e predadores (DOMINGUEZ, 2004). Outro bom motivo pela escolha desta espécie é porque muitos resíduos orgânicos são facilmente colonizados e consumidos por *E. andrei* (DOMINGUEZ, 2004), incluindo o ROD.

2.4.2 *Eudrilus eugeniae*

É uma espécie nativa da África e de condições tropicais, mas que é muito usada em países como EUA e Canadá como isca para pesca (DOMINGUEZ, 2004), *Eudrilus eugeniae* ou gigante africana como é conhecida no Brasil, cresce extremamente rápido nos primeiros 50 dias de seu ciclo (VILJOEN; REINECKE, 1989).

No Brasil, pode ser criada em regiões onde as temperaturas não atinjam níveis abaixo de 15°C, o que causa sua morte. Rodriguez *et al.* (1986) confirmam a pouca tolerância por baixas temperaturas nesta espécie e descrevem a rapidez no tempo de incubação dos casulos sob temperatura de 30° C. Se os minhocários não estiverem bem protegidos as chuvas também causam reações negativas nas

criações (MARTINEZ, 1998). A temperatura é o fator limitante desta espécie para ser criada em locais frios ou desprotegidos e também por ser uma minhoca de grande mobilidade, fugindo do cativeiro sempre que este apresenta algum fator negativo às suas necessidades (MARTINEZ, 1998). Nos trabalhos realizados por Padmavathiamma *et al.* (2007) esta espécie foi considerada a melhor entre as usadas pelos autores, e sua capacidade de degradação foi reforçada com os estudos de Dominguez (2004) e Sinha *et al.* (2002) que descreveram a grande capacidade de degradação de restos orgânicos e o crescimento acelerado. Alguns aspectos biológicos das espécies de minhocas utilizadas neste trabalho estão demonstrados na TABELA 1.

TABELA 1 – COMPARAÇÃO DOS ASPECTOS BIOLÓGICOS DAS MINHOCAS *E. andrei* e *E. eugeniae* a TEMPERATURA DE 25° C

	<i>Eisenia andrei</i>	<i>Eudrilus eugeniae</i>
Cor	Vermelha	Marrom avermelhado
Tamanho médio do adulto largura, comprimento (mm)	4-8 x 50-100	5-7 x 80-190
Média de peso do adulto (g)	0,55	2,7-3,5
Tempo para maturidade (dias)	21-28	40-49
Número de casulos dia ⁻¹	0,35-0,50	0,42-0,51
Tempo de incubação dos casulos (dias)	18-26	12-16
Viabilidade de nascimentos (%)	72	75-84
Número de minhocas casulo ⁻¹	2,5-3,8	2-2,7
Ciclo de vida (dias)	45-51	50-70
Ótima temperatura e limites (° C)	25 (0-35)	25 (16-30)
Ótima umidade e limites (%)	80-85 (70-90)	80 (70-85)

FONTE: Adaptado de DOMINGUES, 2004

2.5 ASPECTOS DO VERMICOMPOSTO

Segundo a legislação federal sobre fertilizantes orgânicos, Lei 6.934 de 13/07/81, estes são definidos como todo o produto de origem vegetal ou animal que, aplicado ao solo de forma correta, melhora as qualidades físicas, químicas, físico-químicas e biológicas do solo fazendo correções de efeitos desfavoráveis e fornecendo nutrientes para as plantas (KIEHL, 1985).

A legislação brasileira para fertilizantes orgânicos, no qual se encaixa o vermicomposto, diz que esse tipo de insumo é aquele que apresenta em sua composição ao menos um elemento necessário para o crescimento das plantas (MINISTÉRIO DA AGRICULTURA).

Os índices de umidade e pH também são mencionados na legislação e para os produtores de fertilizantes orgânicos, estes devem apresentar uma declaração expressa de ausência de agentes fitotóxicos, agentes patogênicos ao homem, animais e as plantas e descrever sobre a presença de agentes poluentes, pragas ou ervas daninhas (KIEHL, 1985).

Os insumos orgânicos podem ser produzidos de duas maneiras distintas: compostagem e vermicompostagem. Nos dois casos será obtido um produto final de boa qualidade para uso em hortas residenciais, mas estes necessitam de diferentes cuidados durante o processo.

A compostagem necessita principalmente de revolvimento periódico, o que se torna trabalhoso e gasta tempo. A vermicompostagem, por outro lado necessita de caminhadas diárias até o local para alimentação das minhocas, que consiste em depositar os ROD sobre a cama e observar se o minhocário não necessita de umidade ou leve revolvimento.

Esses processos de estabilização dos ROD têm grande diferença em relação ao tempo demandado para que o produto final esteja pronto para ser usado. Tognetti *et al.* (2007) e Frederickson *et al.* (1997) trabalharam combinando a compostagem e vermicompostagem e o tempo descrito pelos autores descreve claramente a vermicompostagem como melhor para estabilização de resíduos orgânicos.

As minhocas se alimentam do ROD e produzem o vermicomposto que pode ser usado nos jardins e hortas de residências por não gerar sintomas de fitotoxicidade em plantas cultivadas (ALVES; PASSONI, 1997) e melhorar

significativamente as propriedades físicas, químicas e biológicas do solo (KIEHL, 1985; RODRIGUES, 1999).

Resultados do uso do vermicomposto têm sido observados em grande variedade de plantas, normalmente gerando uma planta extremamente sadia com frutos ou folhas de qualidade para a alimentação orgânica (APPELHOF, 1997). O vermicomposto, que se adquire em supermercados ou lojas especializadas em vendas de insumos para a agricultura, hortas ou jardinagem, nem sempre contém o material descrito na embalagem (HASSE, 1998). Eles possuem uma grande parte de solo misturado com o vermicomposto e muitas vezes patógenos, poluentes ou sementes de ervas daninhas que podem causar mal ao homem, animais e plantas, principalmente pelo motivo de contaminar as hortas residenciais (HASSE, 1998).

Monroy *et al.* (2008) testaram a eficiência das minhocas em mudar a densidade de microrganismos depois de o substrato ser ingerido pelas minhocas e devolvidos ao solo como peletes fecais. Ficou claro no trabalho desses autores que houve diminuição significativa em alguns grupos de microrganismos, como dos coliformes totais.

Durante a passagem dos resíduos no intestino das minhocas, este sofre algumas alterações e o que é visto nos peletes fecais é apenas alta atividade microbiana, benéfica ao solo (DOMINGUES *et al.*, 1999). A ausência de fitotoxicidade em vermicompostos também é observada pelo índice de germinação e desenvolvimento de plantas (CAMPITELLI; CEPPI, 2008). Dominguez (2004) observou que a compostagem na sua fase termofílica sofre grande diminuição da carga de patógenos. Na vermicompostagem caseira não serão descartados grandes quantidades de restos que possam promover a fase termofílica, mas em compensação, quando as minhocas ingerem esses resíduos, estes sofrem várias transformações.

Dominguez (2004) descreve a diminuição de 100% dos coliformes fecais no vermicomposto e 70% de diminuição em *Salmonella* sp. Sinha *et al.* (2002) também afirma que as minhocas eliminam diversos microrganismos patogênicos ao homem, oferecendo um vermicomposto livre de perigos a saúde humana.

2.5.1 Lixiviados do ROD

O lixiviado é um líquido proveniente da decomposição dos resíduos orgânicos. A idéia que muitas pessoas fazem sobre o chamado “chorume” é que este pode causar efeitos negativos ao ambiente. O chorume do lixo em aterros sanitários se não captado e tratado corretamente causa sérios problemas ao solo, águas superficiais e subterrâneas e a qualidade do ar, mas apenas nos aterros e onde não é tratado. O ROD apresenta umidade muito elevada e seu lixiviado pode ser utilizado como biofertilizante líquido, como foi observado por Tejada *et al.*, (2008) em seus experimentos com lixiviados do processo de vermicompostagem com esterco bovino ou cortes de plantas.

Taylor *et al.* (2003) também provaram em seus estudos que os lixiviados que passam pelo vermicomposto são ricos em oxigênio e não causam efeitos adversos ao ambiente. Sendo assim o chorume ou lixiviado não causará nenhum problema onde será praticado a vermicompostagem caseira, devido ao volume de material orgânico depositado nos minhocários não ser elevado. Assim como a própria vermicompostagem que vem sendo considerada a solução para muitos problemas ambientais, o estudo de variações deste processo também chama a atenção. Mesmo necessitando da adição de doses de NPK no lixiviado da vermicompostagem para o aumento da produção do sorgo, ainda é viável seu uso para o aumento da produção desta cultura, sendo um fertilizante líquido de excelente qualidade (GUTIERREZ *et al.*, 2008).

3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 LOCALIZAÇÃO

O experimento foi totalmente conduzido no Departamento de Solos e Engenharia Agrícola da Universidade Federal do Paraná (UFPR) em Curitiba-PR, em casa de vegetação com sistema de controle de temperatura, através de termostato e ligamento automático do sistema.

3.2 MATRIZES DE MINHOCAS

As matrizes de *E. andrei*, foram adquiridas de um produtor de húmus em São José dos Pinhais – PR, região metropolitana de Curitiba e as de *E. eugeniae*, foram adquiridas de Juiz de Fora MG, da empresa MINHOBX. As minhocas selecionadas, das duas espécies, eram animais adultos em plena atividade reprodutiva, caracterizadas pela presença do clitelo.

3.3 CARACTERIZAÇÃO DOS RESÍDUOS ORGÂNICOS DOMÉSTICOS (ROD)

Os ROD usados como alimento para as minhocas nos experimentos foi coletado em revenda hortifrutigranjeiro situado no bairro Água Verde em Curitiba – PR. Esses eram compostos de restos vegetais e frutas que apresentavam ligeira decomposição, por se tratarem de materiais que eram destinados ao lixo, devido à idade ou danificação no carregamento, encaixotamento e transporte para serem encaminhados ao consumidor final. Seu destino comum seria a coleta por empresa terceirizada que lança todo esse resíduo no aterro sanitários da “Caximba”, localizado na região metropolitana de Curitiba.

O resíduo recolhido foi selecionado visando semelhança com o material que é consumido em residências (TABELA 2).

TABELA 2 - RESÍDUOS ORGÂNICOS UTILIZADOS COMO ALIMENTO PARA AS MINHOCAS NOS EXPERIMENTOS

Alface	Folhas de couve flor
Banana	Maça
Berinjela	Mamão
Brócolis	Manga
Carambola	Melancia
Couve	Melão
Folhas de brócolis	Pepino

FONTE: o autor

Todo o ROD foi fragmentado em pedaços menores, com auxílio de faca, o que normalmente acontece nas residências, assim facilitando sua decomposição.

A umidade do ROD, foi avaliada retirando-se alíquotas de aproximadamente 20 g (peso fresco) e colocadas em Becker com capacidade de 500 mL, de peso conhecido e levados a estufa de circulação de ar forçado a 65°C, por 48 horas (TEDESCO *et al.*, 1995). Com este procedimento, foi observado que os ROD tem alto teor de umidade, chegando a 92%.

3.4 INSTALAÇÃO E CONDUÇÃO DO EXPERIMENTO

Os trabalhos tiveram início em 27/12/2008, com a instalação do experimento da espécie *E. eugeniae* e duraram até 26/01/2009 para os tratamentos de 30 dias e até 26/02/2009 para os tratamentos de 60 dias. Foram realizados os experimentos com *E. eugeniae* nesta data pois o clima estaria mais adequados as suas populações. Os experimentos com *E. andrei* começaram em 01/03/2009 e seguiram até 29/04/2009, com intervalo de 30 dias entre cada tratamento.

Foi utilizado um delineamento experimental inteiramente casualizado em esquema fatorial 2x6x2, sendo duas espécies de minhocas, *E. andrei* e *E. eugeniae*, seis níveis populacionais de minhocas (0, 3, 6, 9, 12, 15 minhocas/vaso) e duas datas de avaliação (30 e 60 dias), com cinco repetições, totalizando 120 unidades experimentais.

Foram usados vasos de polietileno, com capacidade de 5 L (h = 20 cm, diâmetro superior 20 cm e inferior 17 cm), contendo drenos de 0,5 cm no fundo.

Cada vaso foi forrado com material semelhante a tecido, de polipropileno vulgarmente chamado de “TNT” ou “cami” para impedir a fuga das minhocas.

Os vasos foram mantidos em casa de vegetação, com controle de temperatura através de termostato que controla o ligamento e desligamento da ventilação e exaustão da estufa com névoa de água. A temperatura do ar na casa de vegetação manteve-se entre 22 e 28° C conforme regulagem do termostato de controle de ligamento e desligamento do mecanismo. A temperatura dentro dos vasos do experimento variou de 18 a 23° C durante o período dos experimentos. Realizou-se o monitoramento diário da temperatura da estufa e temperatura dentro dos vasos, com termômetro de mercúrio deixado próximo dos vasos do experimento, e outro que era deixado no interior dos vasos, sobre a superfície do substrato. Para se obter um resultado mais exato o termômetro de dentro dos vasos era trocado aleatoriamente e feita uma média entre cinco repetições.

Os vasos eram trocados de posição duas vezes por semana no sentido horário. Essas trocas eram feitas em blocos, para todas as repetições dos tratamentos passarem por diferentes locais da casa de vegetação.

O experimento foi mantido no piso da casa de vegetação e coberto com lona plástica preta, para proteção da luz que causa a repulsa das minhocas, por serem animais fotofóbicos. A lona plástica era removida diariamente e os vasos mantidos descobertos por uma hora, durante o funcionamento do sistema de controle da temperatura, para aeração e aferição da umidade através da névoa de água sobre os vasos.

Foram depositados 500 mL de vermicomposto pronto, aproximadamente 450 g, para servir de refugio inicial as minhocas até o ROD começar a ser ingerido. O vermicomposto pronto foi seco ao ar no fornecedor onde foi adquirido por um período de 60 dias. O material foi triado para verificação de que não existia nenhuma minhoca ou casulo que pudesse interferir nas contagens e peneirado para retirada de pedras e outros materiais inertes, antes de ser umedecido até o valor de 80% da capacidade de campo, valor sugerido por Schiedeck *et al.* (2006) e colocado nos vasos formando uma camada de 4 cm de profundidade.

A cada vaso, foram diretamente adicionados 500 g de ROD fresco, em estágio inicial de decomposição, mais comum para as frutas que foram coletadas no estabelecimento de origem, simulando o que acontece nas residências.

As minhocas adicionadas aos tratamentos (0 a 15) em cada unidade experimental, foram previamente lavadas para retirar qualquer tipo de sujeira aderido ao corpo e secas com papel toalha, tomando cuidado para não permitir o ressecamento excessivo do corpo. Em seguida a biomassa foi determinada em balança com precisão de milésimo de grama para serem então colocadas nos vasos contendo o vermicomposto pronto e umedecido.

O acompanhamento dos trabalhos foi diário, com observações de comportamento das minhocas, para verificar qualquer situação adversa, que poderia diminuir o rendimento das mesmas no processo de estabilização do ROD.

Em cada data de avaliação, aos 30 e 60 dias, os vasos sem conteúdo foram “desmontados” e o conteúdo dos vasos foi depositado em bandeja plástica e as minhocas foram separadas manualmente com auxílio de uma pinça. Posteriormente, realizou-se a determinação dos níveis populacionais remanescentes e a biomassa final conforme descrito anteriormente. As minhocas foram identificadas a olho nu, como animais adultos ou jovens, de acordo com a presença do clitelo. Como parâmetro reprodutivo foi avaliado a produção de casulos/vaso, mediante a catação manual com auxílio de uma pinça.

O vermicomposto gerado no experimento foi analisado nos laboratórios de Biogeoquímica e Fertilidade do Solo do Departamento de Solos da UFPR. As amostras eram provenientes de todos os vasos que fizeram parte dos estudos. Foram retiradas cinco amostras do vermicomposto utilizado inicialmente na montagem dos experimentos para também ser analisado e comparado com o material proveniente dos ROD.

3.4.1 Análises do vermicomposto

As amostras foram coletadas exclusivamente do vermicomposto produzido e acumulado na superfície dos vasos. Sendo assim foram retiradas com uma espátula de todos os vasos porções aproximadas de 30 g (peso úmido) e armazenadas em sacos plásticos mantidos em geladeira a 4° C.

Foi determinada a umidade, secando as amostras a 65-70°C, por 48 h, até peso constante, conforme Tedesco *et al.* (1995). As amostras foram coletadas de

todos os vasos no final de cada data de avaliação (30 e 60 dias) e colocadas em placas de Petri de peso conhecido.

O pH foi determinado em extrato de CaCl_2 , na proporção de 1:5 (vermicomposto: solução de CaCl_2 0,01 M), segundo Tedesco *et al.* (1995). Devido à coleta do material analisado ter sido feita superficialmente, não se obteve grande quantidade de vermicomposto e utilizou-se as amostras de umidade para avaliação do pH.

Para as análises químicas do vermicomposto, avaliaram-se os teores totais dos elementos C, N, P, K, Ca e Mg.

Contudo observou-se em muitas repetições dentro dos tratamentos, que as minhocas haviam morrido ou fugido. Portanto as análises foram realizadas apenas nas repetições onde se encontraram minhocas totalizando 60 repetições.

As concentrações do carbono orgânico total e nitrogênio foram avaliadas por combustão no analisador de CNHS elementar, modelo Vario EL III (Elementar, Hanau, Alemanha). Para preparação do material a ser analisado, primeiramente as amostras secas, utilizadas na determinação da umidade e pH, foram moídas em moinho de bola. Após a moagem, o vermicomposto foi peneirado em peneira de malha 0,250 mm. O material que passou pela peneira foi encapsulado em estanho. O peso de vermicomposto colocado em cada cápsula foi de 20 miligramas.

Os elementos P, K, Ca e Mg total foram extraídos simultaneamente, através da digestão ácida (ácido clorídrico 3N), via seca segundo Jones e Case descritos por Martins e Reissmann (2007).

Foi pesado 1g de húmus de cada repetição de cada tratamento e colocado para queima na mufla durante 3 h a 500° C. Depois da temperatura cair naturalmente, a mufla foi aberta e adicionaram-se 5 gotas de HCl 3N retornando o material à mufla por mais 3 h, até atingir coloração marrom claro, indicando combustão completa. Após o resfriamento, adicionaram-se aos poucos 10 ml de HCl 3N em cada amostra e aqueceu-se em placa a 70°/80° C por aproximadamente 10 minutos para solubilização total dos elementos. Retiraram-se as amostras da placa aquecida, quando a cor da solução ficou amarelada. A solução foi filtrada em balão volumétrico de 100 mL e papel filtro W42. Os cadinhos foram esvaziados nos funis de filtração, novamente preenchidos com água deionizada e aquecidos novamente na placa a 70° - 80° C para obtenção total do material. As

lavagens do papel filtro e do funil aconteceram até que o balão volumétrico alcançasse 100 mL.

O P total foi determinado em espectrofotômetro UVMINI 1240 pelo método de colorimetria do metavanadato, sendo livre de interferências de sais da mistura de digestão. O K foi determinado através de fotometria de chama de emissão e o Ca e Mg foram determinados simultaneamente no espectrofotômetro de absorção atômica descritos por Martins e Reissmann (2007), no equipamento de absorção *spectrometer AA240FS* Varian, Austrália.

3.4.2 Análises estatísticas

Avaliou-se o efeito dos tratamentos de minhocas e tempo de incubação através de análise de variância, análise de regressão e teste de médias (Tukey) a 5% de probabilidade utilizando programa ASSISTAT (SILVA; AZEVEDO, 2009) e CANOCO (TERBRAAK; SMILAUER, 2002) para análises de componentes principais (ACP) na composição química do vermicomposto e Excel para geração de gráficos e tabelas.

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

4.1 TAXA DE PERMANÊNCIA DAS ESPÉCIES *E. andrei* e *E. eugeniae*

A permanência de *E. andrei* (30 dias) foi significativamente superior a *E. eugeniae* (30 dias) nos tratamentos T3 e T4, ou seja, quando os níveis populacionais ficaram maiores, a partir de 9 minhocas/vaso. Para a espécie *E. eugeniae* (30 dias) os tratamentos T3, T4 e T5 apresentaram as menores taxas de remanescência devido à competição no interior dos vasos e a conseqüente fuga/morte dos animais. Essa espécie apresenta tamanho e peso médio superiores à *E. andrei* e conseqüentemente necessita de maiores quantidades de alimento (TABELA 1).

Na TABELA 3 são demonstrados os índices de minhocas adultas remanescentes das duas espécies aos 30 e 60 dias de avaliação. Nota-se que para o fator tempo (60 dias) a remanescência foi significativamente inferior aos tratamentos (30 dias), com exceção do tratamento T2, para a *E. andrei* que não foi constatado diferença significativa. De acordo com Gestel *et al.* (1992) a correlação entre população e crescimento é diretamente influenciada pela competição por alimento e ambiente. Este autor obteve valores 60% menores ao final dos trabalhos, comparados com o número inicial.

Comparado com *E. eugeniae*, os resultados da espécie *E. andrei* foram nitidamente melhores. Estes valores foram diretamente afetados pelo número de minhocas adultas que foram recuperadas nas datas finais de avaliação.

Apesar de comprovar que o comportamento das duas espécies usadas nos experimentos é muito diferente, Haimi (1990) afirma que *E. andrei* pode deixar o cativeiro frequentemente em busca de alimento fresco. Esse fator já era esperado, pois não havia intenção de retroalimentar os tratamentos, tornando os valores obtidos nos tratamentos de 60 dias afetados pela procura de alimento, competição e conseqüentemente a morte das minhocas.

Como mostrado na TABELA 2, o Resíduo Orgânico Doméstico (ROD) utilizado, em grande parte é de fácil degradação e depois de colocado para vermicompostagem entra rapidamente em decomposição e é degradado pelas minhocas em apenas 30 dias, como afirma Aquino *et al.* (2005).

TABELA 3 – TAXA DE REMANESCÊNCIA (%) DE MINHOCAS ADULTAS NO SUBSTRATO RESÍDUO ORGÂNICO DOMÉSTICO AOS 30 E 60 DIAS NO FINAL DOS EXPERIMENTOS

Tratamento	¹ T1**	¹ T2*	¹ T3*	T4*	T5 ^{ns}
¹ <i>E. andrei</i> 30 dias **	80 A a	80 A a	75 A ab	76 A ab	9 A c
<i>E. andrei</i> 60 dias ^{ns}	40 BC a	56 AB a	22 B a	15 B a	18 A a
<i>E. eugeniae</i> 30 dias **	80 A a	57 AB ab	24 B bc	23 B bc	6 A c
<i>E. eugeniae</i> 60 dias ^{ns}	13 C a	6 C a	22 B a	1 C a	5 A a

Valores seguidos de letras diferentes nas linhas (minúsculas) e colunas (maiúsculas) representam diferenças significativas pelo teste de Tukey.

Legenda: T1 – 3 indivíduos/vaso; T2 - 6 indivíduos; T3 - 9 indivíduos; T4 - 12 indivíduos; T5 - 15 indivíduos. ns – não significativo; * 5% de probabilidade; ** 1% de probabilidade. 1 – estatística realizada com valores transformados por log(x+1) em base 10.

No tratamento T5 para as duas espécies, onde houve maior número de indivíduos inoculados, a competição por alimento diminuiu consideravelmente as populações. O mesmo foi observado por Domingues *et al.* (1997) sobre este comportamento, relatando que as maiores populações em experimentos de laboratório, diminuí a reprodução e causa a morte das matrizes.

Em relação ao nível populacional, constatou-se que *E. andrei* no tratamento T5 (15 minhocas/vaso), aos 30 dias, apresentou a menor taxa de remanescência, diferindo-se significativamente dos demais tratamentos. Já em relação aos 60 dias, observa-se que a taxa de remanescência foi inferior aos 30 dias e os tratamentos (T1, T3 e T4) foram menores.

Sobre a espécie *E. eugeniae*, aos 30 dias, verificou-se que o tratamento T1, apresentou a maior taxa de remanescência, diferindo-se significativamente dos demais, com exceção do T2. Além disso, verificou-se que os tratamentos T3, T4 e T5 não apresentaram diferenças significativas, ou seja, quando a densidade populacional passou de 9 indivíduos/vaso, a taxa de remanescência foi menor. *E. eugeniae* (60 dias) não apresentou diferença estatística entre os tratamentos (níveis populacionais), mas apresentou menores taxas de remanescência se comparada com 30 dias para os tratamentos T1, T2 e T4.

Visualizando a TABELA 3, podemos afirmar que os tratamentos T5 (15 minhocas/vaso) e a espécie *E. eugeniae* (60 dias) apresentaram os resultados mais adversos. Sendo assim é possível afirmar que a competição por alimento gera a fuga ou a morte das minhocas e/ou o ambiente no interior dos vasos não foi adequado para esta espécie, assim como descrito por Gestel *et al.* (1992). Outro fator descrito por Haimi (1990) e Martinez (1998) que usaram *E. andrei* e *E.*

eugeniae, respectivamente, foi a fuga ou morte das matrizes, causada pela alta densidade populacional.

4.2 PARÂMETROS BIOLÓGICOS: MINHOCAS ADULTAS, JOVENS E CASULOS

Na TABELA 4 são apresentados os diferentes parâmetros biológicos reprodutivos que foram analisados. Verifica-se que o tratamento 60 dias, para as duas espécies, foi o mais reduzido, para os parâmetros número de adultas recuperadas e número total de indivíduos final, que inclui os nascimentos durante o período experimental.

TABELA 4 – NÚMEROS DE MINHOCAS ADULTAS REMANESCENTES, JOVENS, TOTAIS E CASULOS AOS 30 E 60 DIAS, NO SUBSTRATO RESÍDUO ORGÂNICO DOMÉSTICO (MÉDIA DE CINCO REPETIÇÕES)

Tratamento	T1	T2	T3	T4	T5
<i>E. andrei</i> 30 dias			N ^o /vaso		
Adultas**	2,4 A bc	4,8 A abc	6,8 A ab	9,2 A a	1,4 A c
Jovens ^{ns}	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Casulos*	26,0 A a	25,4 A a	21 A b	7,6 A c	2,2 A d
Total de indivíduos	2,4 AB b	4,8 A ab	6,8 NS ab	9,2 A a	1,4 B b
<i>E. andrei</i> 60 dias			N ^o /vaso		
Adultas	1,2 B ns	4,2 A ns	2,0 A ns	1,8 C ns	2,8 A ns
Jovens	5,6 A ns	0,8 A ns	0,8 A ns	3,8 A ns	12,2 A ns
Casulos	12,0 B ns	6,0 A ns	5,8 A ns	17,4 A ns	37,6 A ns
Total de indivíduos	6,8 A ns	5,0 A ns	2,8 NS ns	5,6 AB ns	15,0 A ns
<i>E. eugeniae</i> 30 dias			N ^o /vaso		
Adultas	2,4 A ns	3,4 A ns	2,2 A ns	2,8 B ns	1,0 A ns
Jovens	0,0 C ns	0,4 A ns	0,0 A ns	0,0 B ns	0,0 C ns
Casulos	2,8 C ns	3,8 A ns	3,6 A ns	2,0 A ns	1,4 A ns
Total de indivíduos	2,4 AB ns	3,8 A ns	2,2 NS ns	2,8 AB ns	1,0 B ns
<i>E. eugeniae</i> 60 dias			N ^o /vaso		
Adultas	0,4 C ns	0,4 A ns	2,0 A ns	0,2 D ns	0,8 A ns
Jovens	0,2 B ns	0,4 A ns	0,2 A ns	0,0 B ns	0,4 B ns
Casulos	3,2 C ns	1,2 A ns	5,0 A ns	2,0 A ns	1,4 A ns
Total de indivíduos	0,6 B ns	0,4 A ns	2,2 NS ns	0,2 B ns	1,2 B ns

Valores seguidos de letras (minúsculas) nas linhas e letras (maiúsculas) nas colunas representam diferenças significativas pelo teste de Tukey.

Legenda: T1 – 3 indivíduos; T2 - 6 indivíduos; T3 - 9 indivíduos; T4 - 12 indivíduos; T5 - 15 indivíduos. ns – não significativo; * 5% de probabilidade; ** 1% de probabilidade. Valores utilizados nas análises foram transformados por RAIZ (x+ 0,375). Para análise das médias de minhocas adultas, jovens e casulos, foi usado Kruskal-wallis para os dados que mesmo após transformações não deram normalidade de acordo com teste de shapiro-wilk.

O número de casulos encontrados nos tratamentos (níveis populacionais), das duas espécies, não foi significativamente diferente, com exceção de *E. andrei* (30 dias), onde os tratamentos T1 e T2 foram superiores.

O número de casulos encontrados em cada vaso nas duas espécies no tratamento T1 diferiu significativamente, sendo que a espécie *E. eugeniae* apresentou os resultados significativamente inferiores. Segundo Haimi e Huhta (1986) e Dominguez *et al.* (1997) a diminuição observada está de acordo com o comportamento desses animais, pois devido à competição e a falta de um tipo de alimento, pronto para o consumo imediato, ocorre a diminuição na deposição de casulos. Essa redução foi observada por Haimi e Huhta (1986) quando conduziram experimentos dessa natureza, nos quais a população de minhocas apresentou redução na produção de casulos.

Em relação ao parâmetro “minhocas jovens” nascidas nos vasos, não foram constatadas diferenças significativas entre os níveis populacionais, espécies e época de avaliação.

Para *E. andrei*, aos 30 dias, não foi observado a presença de indivíduos jovens, ou seja, a taxa de nascimento foi nula, o que era esperado, pois o ciclo de vida desta espécie não permite os nascimentos neste período (TABELA 1). No entanto, para *E. eugeniae*, nesse período, apenas no tratamento T2 (6 minhocas/vaso) foram encontrados indivíduos jovens, o que está de acordo com Dominguez (2004).

Aos 60 dias para a espécie *E. andrei* o número máximo de indivíduos jovens foi encontrado no tratamento T5 (15 minhocas/vaso) o que representa a máxima densidade populacional estudada, porém, não apresentou diferença significativa em relação aos demais tratamentos. Já para *E. eugeniae* verifica-se que praticamente não houve nascimento em todos os tratamentos, ou seja, independente do nível populacional, pois as médias foram inferiores a uma unidade. Os dados obtidos indicam que a espécie *E. eugeniae* é de alta sensibilidade ao substrato ROD e ao ambiente, nos quais provavelmente identificou a presença de pelo menos um fator limitante (DOMINGUEZ, 2004) provavelmente morrendo ou abandonando os vasos em busca de alimento. Além disso, deve-se ressaltar que se não houver alimento após a eclosão destes casulos o tempo de vida das minhocas jovens e o seu desenvolvimento é prejudicado (EDWARDS *et al.*, 2004), o que interfere diretamente na quantificação final dos indivíduos jovens por tratamento.

Os nascimentos quantificados entre as espécies (TABELA 4), revelam que *E. andrei* apresentou maior aceitação que *E. eugeniae* ao ROD, sendo capaz de sobreviver nele e degradá-lo, apresentando maior taxa de eclosão em todos tratamentos (níveis populacionais) aos 60 dias. O tratamento T5 (15 minhocas/vaso) para a espécie *E. andrei* (60 dias) apresentou o maior número de indivíduos jovens, porém não diferiu significativamente dos demais níveis. Isto pode ter ocorrido pelo fato de que as minhocas adultas introduzidas nesse tratamento fugiram e/ou morreram, porém, já haviam depositado seus casulos.

Para o parâmetro número total de indivíduos a TABELA 4, demonstra que *E. eugeniae* 30 e 60 dias e *E. andrei* 60 dias não diferiram significativamente entre os níveis populacionais. Porém *E. andrei* 30 dias, no tratamento T4 (12 minhocas/vaso) diferiu significativamente dos tratamentos T1 (3 minhocas/vaso) e T5 (15 minhocas/vaso). A inexistência de diferenças significativas entre os tratamentos (níveis populacionais) é explicada pela TABELA 3, taxa de remanescência já anteriormente apresentada.

Observando o parâmetro total de indivíduos entre as espécies verificou-se que o tratamento T1 (3 minhocas/vaso) *E. andrei* 60 dias teve valor significativamente superior a *E. eugeniae* aos 60 dias em consequência da baixa taxa de remanescência (13,3 %) e baixo número de adultos (0,4) no tratamento.

Os tratamentos T2 (6 minhocas/vaso) e T3 (9 minhocas/vaso) não diferenciaram entre as espécies aos 30 e 60 dias. Já o tratamento T4 (12 minhocas/vaso) foi significativamente superior em *E. andrei* 30 dias, diferindo de *E. eugeniae* 60 dias. O tratamento T5 (15 minhocas/vaso) foi significativo em *E. andrei* 60 dias diferindo de *E. andrei* 30 dias, *E. eugeniae* 30 e 60 dias, pois foram nestes tratamentos onde foi inoculado o maior número de minhocas, consequentemente gerando o mais alto número de casulos e indivíduos jovens.

Os resultados apresentados nas TABELAS 3 e 4 demonstram claramente que a limitação de alimento e espaço foram fatores importantes. Sob condições apropriadas de espaço e disponibilidade de alimento as minhocas se reproduzem e completam o trabalho de estabilização dos ROD sem necessidade de muitos cuidados (HUHTA; HAIMI, 1988).

Loureiro *et al.* (2007) que utilizou a mistura de esterco bovino e ROD, encontro que as minhocas continuaram a produzir casulos nos ROD, mesmo sem a adição de esterco fresco. Portanto, as minhocas podem se reproduzir neste tipo de

substrato, e a vermicompostagem de ROD é possível e de grande valor para a sustentabilidade urbana, se for praticado em residências.

Se os experimentos tivessem maior duração e fossem retro-alimentados, como fizeram Huhta e Haimi (1988) que desenvolveram trabalhos por um ano com alimentações periódicas da mistura esterco + ROD, os resultados deste trabalho poderiam ser melhores, pois o número de casulos para *E. andrei* (30 dias) foi significativo (TABELA 4) sendo a espécie onde o número de indivíduos remanescentes foi maior entre as espécies. As comparações entre espécies mostram grandes diferenças entre elas, devido ao próprio comportamento e necessidade de altas quantidades de alimento, como afirma Dominguez *et al.* (1997).

Verifica-se que o número médio de casulos para a espécie *E. andrei* (aos 30 dias) foi superior aos demais tratamentos (níveis populacionais), porém diferindo-se significativamente apenas no tratamento T1 (3 minhocas/vaso). Mesmo assim, verifica-se que a taxa de deposição foi de 0,12 casulos/minhoca/dia, o que é inferior ao esperado, pois essa espécie no substrato esterco bovino, a 25° C, apresenta média de 0,4 casulos/minhoca/dia (Dominguez, 2004).

Eisenia andrei (aos 60 dias) não apresentou diferenças significativas entre os tratamentos (níveis populacionais), apesar de os valores absolutos terem grande amplitude.

Para *E. andrei* aos 60 dias, o tratamento T5 (15 minhocas/vaso) apresentou maior valor para o parâmetro casulo/minhoca. Este valor pode ser explicado pela máxima quantidade de casulos produzida no experimento (TABELA 4), o que era esperado devido ao elevado nível populacional.

O número de casulo/minhoca, para a espécie *E. andrei* (aos 30 e 60 dias), diferiu significativamente nos tratamentos T4 e T5, respectivamente, 12 e 15 minhocas/vaso, demonstrando que nos intervalos analisados houve deposição continuada de casulos, sendo assim, atingindo-se o máximo aos 60 dias.

Eudrilus eugeniae (30 dias) não diferenciou significativamente entre os tratamentos (níveis populacionais). O mais expressivo índice de deposição de casulos (0,02/minhoca) foi atingido no tratamento T3 (9 minhocas/vaso), porém, era esperada para essa espécie uma média de 0,45 casulos/minhoca/dia (Dominguez, 2004). Para o tempo de 60 dias, *E. eugeniae* foi igual nos tratamentos T1, T3 e T4, mas ainda com baixos índices de deposição de casulos.

As baixas taxas de deposição de casulos nas duas espécies estudadas, principalmente para *E. eugeniae*, podem ser atribuídas a reduzida taxa de remanescência (TABELA 3) das matrizes adultas, que conseqüentemente interferiu diretamente na produção de casulos, estreitando a relação casulo/minhoca. Além disso, Reinecke e Viljoen (1993) observaram que a falta de alimento, associada à alta densidade populacional (8 minhocas/containeres de 1L) que corresponde ao tratamento T5 (15 minhocas) deste trabalho, diminuiu em 50% a deposição de casulos na espécie *E. eugeniae*, em relação ao tratamento 4 minhocas/containeres de 1 L respectivamente o tratamento T3 (9 minhocas) deste experimento.

Deve-se ressaltar que as grandes reduções na taxa de deposição de casulos, comparado com os resultados de Dominguez (2004) e Reinecke e Viljoen (1993) também podem ser explicadas pela diferença de composição do alimento, pois enquanto o primeiro autor trabalhou com o substrato esterco bovino e os segundos com a mistura de ROD e esterco bovino, na presente pesquisa utilizou-se apenas o ROD, que possui composição diferente dos demais, como menor riqueza de nitrogênio. Este fato pode ter interferido negativamente na taxa de deposição de casulos/minhoca.

Comparando-se as datas de avaliação (30 e 60 dias), para as duas espécies, verifica-se que nos tratamentos T1 e T3 (3 e 9 minhocas/vaso) não foram constatadas diferenças significativas.

Nos tratamentos T4 (12 minhocas/vaso) e T5 (15 minhocas/vaso) o número de casulos/minhoca foi significativamente superior aos 60 dias, para a espécie *E. andrei*, quando comparado com os 30 dias dessa espécie e aos 30 e 60 dias da *E. eugeniae*.

4.3 BIOMASSA: INOCULADA E REMANESCENTE

Verifica-se que na FIGURA 1A que para a espécie *E. andrei* aos 30 dias nos tratamentos (níveis populacionais), não foram constatadas diferenças significativas, apesar de ser observado uma tendência de acréscimo. Porém, no tratamento T5 (15 minhocas/vaso) houve perda de 81,0 % da Biomassa Total Inoculada (BTI) em relação à Biomassa Total Remanescente (BTR). Isto se explica pela baixa taxa de

remanescência neste tratamento que foi de 9,33% (TABELA 5). Considerando-se que no período (30 dias) não houve nascimento de minhocas (Tabela 6), as remanescentes, nos vasos, aceitaram o ROD como alimento e assim elevaram a biomassa. Esse fato é confirmado pela FIGURA 1.B, na qual se verifica que em todos os tratamentos, independente do nível populacional, as minhocas remanescentes apresentaram acréscimo de biomassa, diferindo-se significativamente, com exceção do tratamento T5.

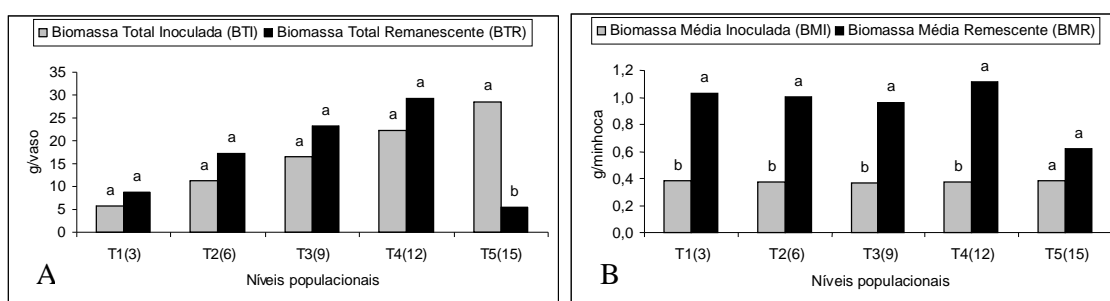


FIGURA 1 - (A) BIOMASSAS INOCULADA E REMANESCENTE DE *E. andrei* AOS 30 DIAS NO SUBSTRATO RESÍDUO ORGÂNICO DOMÉSTICO; (B) BIOMASSAS MÉDIAS, INOCULADA E REMANESCENTE DE *E. andrei* AOS 30 DIAS NO SUBSTRATO RESÍDUO ORGÂNICO DOMÉSTICO

Observa-se na FIGURA 1.B que a BMI em todos os tratamentos foi muito similar, oscilando de 0,364 a 0,383 g/indivíduo. Aos 30 dias de inoculação, na BMR observaram-se, entre os tratamentos, acréscimos de 63 a 200%, que diferiram significativamente da BMI, com exceção do tratamento T5.

O tratamento T4 (12 minhocas/vaso) foi o que apresentou maior ganho de peso em função do elevado número de minhocas inoculadas e remanescência de 76,67%.

Apesar de toda a competição e fuga também já descritas anteriormente pode-se observar que o alimento oferecido às minhocas foi aceito, pois houve ganho de biomassa e por que conforme Edwards (2004), esses resíduos são bem aceitos por esta espécie.

Na FIGURA 2.A, para *E. andrei* (60 dias) os tratamentos (níveis populacionais) não apresentaram diferenças significativas entre si, apesar de ter ocorrido perda de 20 % de biomassa nos tratamentos T3 e T4 que ocorreu devido ao baixo número de minhocas remanescentes nestes tratamentos (TABELA 4).

Observando-se a FIGURA 2.B, verifica-se que a BMI foi semelhante para todos os tratamentos, variando entre 0,342 a 0,378 g/minhoca e na BMR houve redução nos tratamentos T1, T4 e T5 que oscilaram de 15 a 60%.

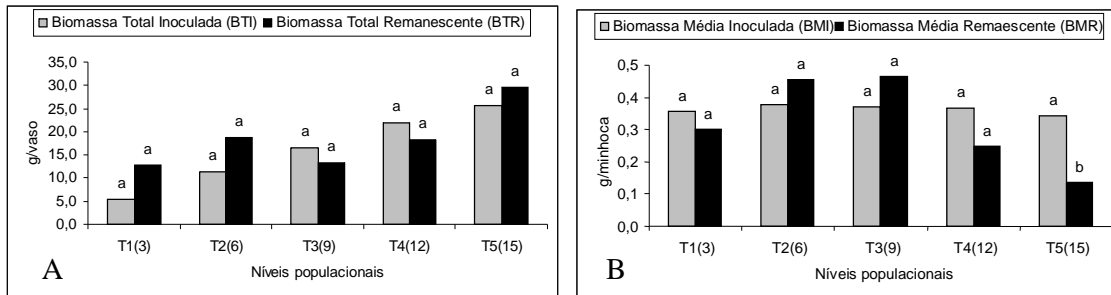


FIGURA 2 - (A) BIOMASSAS, INOCULADA E REMANESCENTE DE *E. andrei* AOS 60 DIAS NO SUBSTRATO RESÍDUO ORGÂNICO DOMÉSTICO (B); BIOMASSAS MÉDIA INOCULADA E A REMANESCENTE DE *E. andrei* AOS 60 DIAS NO SUBSTRATO RESÍDUO ORGÂNICO DOMÉSTICO

A BMR apresentou acréscimos entre 20 e 26%, respectivamente, para os tratamentos T2 e T3. Os valores para o tratamento T2 podem ser explicados pela maior taxa de remanescência (Tabela 3). Porém em ambos os tratamentos foi constatado que a relação adultos/jovens foi, respectivamente 2,5 a 5,3, demonstrando a predominância aos 60 dias de indivíduos adultos que ao permanecerem no vaso exploraram com mais eficiência o substrato alimentar.

Como se trata do período de 60 dias os resultados de BMR devem ser interpretados com cuidado, pois por um lado, a falta de alimento fresco pode ter contribuído para a perda de biomassa e também pela fuga das matrizes (TABELA 3) que como afirma Haimi, (1990) podem migrar frequentemente do cativeiro a procura de alimento fresco. Por outro lado, as minhocas remanescentes podem usufruir de maior oferta de alimento.

A FIGURA 3.A mostra uma síntese dos resultados entre as datas de avaliação (30 e 60 dias) com a espécie *E. andrei*. Verifica-se que não houve diferenças significativas entre os tratamentos, com exceção do tratamento T5, onde a BT aos 60 dias aumentou 347,3% em relação à BT aos 30 dias. Isto pode ter ocorrido pelo número de minhocas jovens que nasceram durante a realização do trabalho (TABELA 4) e dessa forma contribuíram para elevação desse parâmetro.

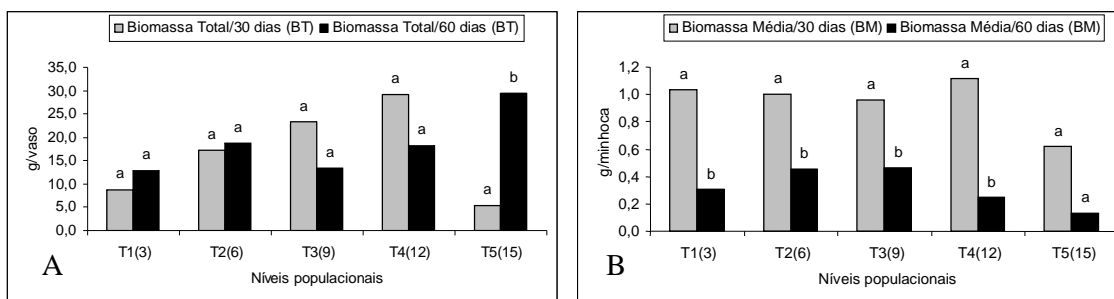


FIGURA 3 - (A) BIOMASSAS REMANESCENTES DE *E. andrei* AOS 30 E 60 DIAS NO SUBSTRATO RESÍDUO ORGÂNICO DOMÉSTICO (B) BIOMASSAS MÉDIA REMANESCENTE DE *E. andrei* AOS 30 E 60 DIAS NO SUBSTRATO RESÍDUO ORGÂNICO DOMÉSTICO

Já na FIGURA 3.B em relação ao parâmetro BMR, verifica-se que há diferença significativa entre os intervalos de avaliação (30 e 60 dias), com superioridade do primeiro, para os tratamentos T1 a T4. Dessa forma, fica evidente que aos 60 dias a BT não aumentou significativamente (Figura 3.A), porém, a BMR foi reduzida significativamente, exceção do tratamento T5. De acordo com Haimi (1990) as minhocas desta espécie estão sempre a procura de alimento fresco, o que já não existia aos 60 dias. Com isto pode-se concluir que *E. andrei* aceita o ROD como fonte de alimento, mas este deve ser frequentemente fornecido para que não ocorra falta e desencadeie a fuga das matrizes.

Para a espécie *E. eugeniae* os resultados foram muito diferentes em relação à *E. andrei* para os parâmetros de Biomassa (Total, Remanescente e Média) aos 30 e 60 dias.

Como pode ser visto na FIGURA 4.A, para a espécie de minhoca *E. eugeniae*, houve redução da biomassa, pois a BTR foi inferior à BTI, o que não era esperado. Os tratamentos T1 e T2 não mostraram diferenças significativas, mesmo apresentando as maiores taxas de remanescência. No entanto, nos demais tratamentos a BTR foi significativamente inferior à BTI. Esses resultados observados foram diretamente influenciados pela baixa taxa de remanescência (Tabela 3) e pela reduzida taxa de nascimentos (Tabela 4). De uma maneira geral houve redução da BTR e essas reduções variaram de 26,27 a 99,22% com exceção do Tratamento T1 que aumentou 5,29 %.

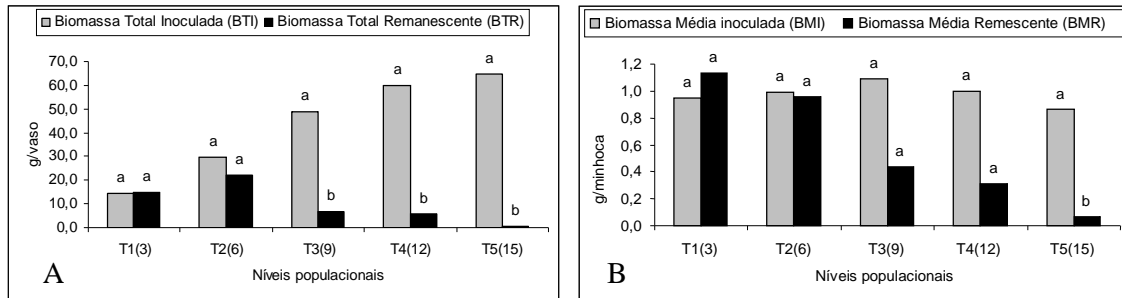


FIGURA 4 - (A) BIOMASSAS, INOCULADA E REMANESCENTE DE *E. eugeniae* AOS 30 DIAS NO SUBSTRATO RESÍDUO ORGÂNICO DOMÉSTICO (B) BIOMASSAS MÉDIAS, INOCULADA E REMANESCENTE DE *E. eugeniae* AOS 30 DIAS NO SUBSTRATO RESÍDUO ORGÂNICO DOMÉSTICO

Na Figura 4.B verifica-se que não houve diferença significativa entre os parâmetros BMI e BMR, em todos os tratamentos, com exceção do tratamento T5. Porém, apenas no tratamento T1 houve acréscimo na BMR. Verifica-se que os valores de BMR são confirmados pelos valores reduzidos de BTR (Figura 4.A), que já foram explicados anteriormente. Já no tratamento T5 (15 minhocas/vaso), foi encontrada apenas uma minhoca adulta remanescente e nenhuma jovem (Tabela 6) o que se refletiu na redução da BMR em 91%. As diferenças nos tratamentos foram diretamente influenciadas pelo número de indivíduos remanescentes, que conforme o aumento do nível populacional a remanescência foi menor (TABELA 3). O comportamento de *E. eugeniae* em situação de elevada densidade populacional e conseqüente fuga dos locais de confinamento é confirmado por Aquino *et al.* (2005) por ser uma espécie muito ativa, que necessita de grandes quantidades de alimento para sua proliferação.

Aos 60 dias de inoculação observou-se que a BTR foi significativamente inferior à BTI em todos os tratamentos. Esse comportamento já foi detectado aos 30 dias (Figura 4.A).

Deve-se observar que a taxa de remanescência foi o menor em todos os tratamentos que variou de 1,67 a 22,22% (TABELA 3).

A BMR em todos os tratamentos apresentou redução que variou de 157,40 a 367,35% quando comparada com a BMI, isso provavelmente ocorreu em função da não aceitação do substrato, como fonte alimentar e sim como refúgio.

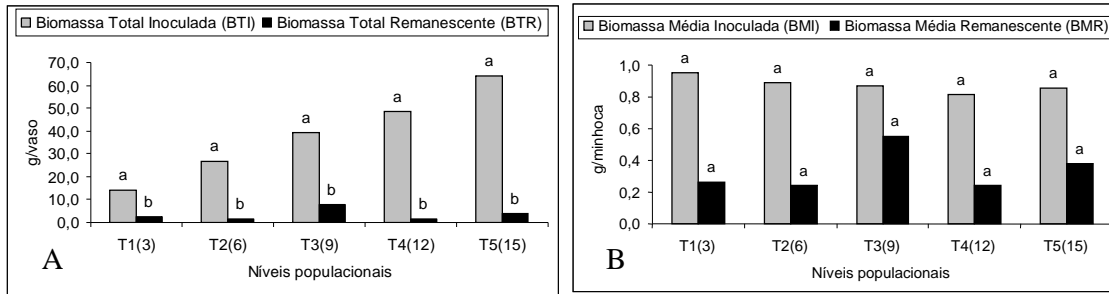


FIGURA 5 - (A) BIOMASSAS, INOCULADA E REMANESCENTE DE *E. eugeniae* AOS 60 DIAS NO SUBSTRATO RESÍDUO ORGÂNICO DOMÉSTICO (B) BIOMASSAS MÉDIAS, INOCULADA E REMANESCENTE DE *E. eugeniae* AOS 60 DIAS NO SUBSTRATO RESÍDUO ORGÂNICO DOMÉSTICO

Observa-se na FIGURA 5.B que todos os valores da BMR foram menores que os valores da BMI, com perdas que variaram entre 36,47 a 72,78%, porém não apresentou diferenças significativas em todos os tratamentos. Isto está de acordo com os valores encontrados na TABELA 3, que mostra a baixa remanescência de minhocas nos tratamentos (T1, T2, T3, T4 e T5) para a espécie *E. eugeniae* (60dias) que foram de 13,33 – 6,67 – 22,22 – 1,67 e 5,33% respectivamente.

Eudrilus eugeniae aos 30 e 60 dias não apresentaram diferenças significativas entre os tratamentos níveis populacionais, como demonstrados na FIGURA 6.A, porém nota-se que as biomassas totais aos 60 dias decresceram entre 78,95 e 93,12% nos tratamentos T1, T2 e T4 e obtiveram ganho de biomassa nos tratamentos T3 e T5 de 15,15 a 560%, que se explica pelo maior número de minhocas adultas encontradas ao final dos experimentos.

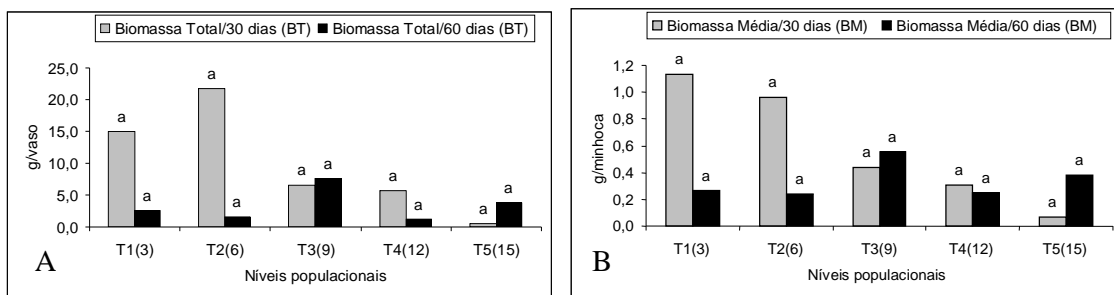


FIGURA 6 - (A) BIOMASSAS REMANESCENTES DE *E. eugeniae* AOS 30 E 60 DIAS NO SUBSTRATO RESÍDUO ORGÂNICO DOMÉSTICO (B) BIOMASSAS MÉDIA REMANESCENTE DE *E. eugeniae* AOS 30 E 60 DIAS NO SUBSTRATO RESÍDUO ORGÂNICO DOMÉSTICO

Inúmeras vezes, quando eram feitas as observações diárias dos experimentos, foram encontradas minhocas fora dos vasos, por isso muitas repetições do tratamento *E. eugeniae* aos 60 dias foram perdidos causando muitos efeitos negativos. A espécie de minhoca, *E. eugeniae* não é a melhor escolha para o tratamento dos ROD por ser uma espécie de grande mobilidade, e que cresce extremamente rápido, necessitando de grandes quantidades de alimento para seu desenvolvimento e reprodução normal como afirma Martinez, (1998). O uso, principalmente de *E. eugeniae* para experimentos em pequena escala deve ter alguns cuidados redobrados, como melhorar o ambiente para que não ocorra a morte ou a fuga como Jain *et al.*, (2003) fez em seus trabalhos, melhorando o ambiente dentro dos cativeiros, colocando areia, solo, serragem e tecido úmido, de algodão no fundo de cada vaso e obtendo melhores resultados sobre o tempo do processo de vermicompostagem e reprodução das minhocas.

Na FIGURA 7.A, pode ser observado que *E.andrei* (30 dias) obteve valor significativo, próximo de 100%. Contudo verifica-se que conforme as populações dos tratamentos aumentaram a produção de casulos diminuiu. Quando usadas as populações remanescentes (FIGURA 7.B) o teste de regressão mostrou-se significativamente menor. Isto esta de acordo com discussões feitas na TABELA 4, que mostra os baixos números de minhocas adultas remanescentes.

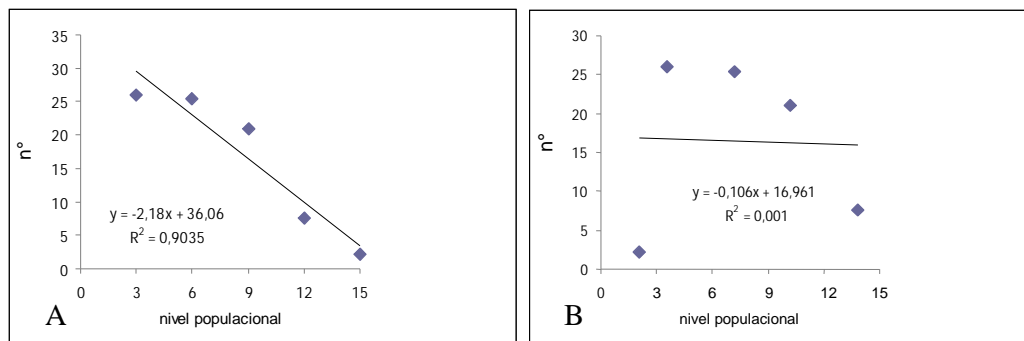


FIGURA 7 - (A) NÚMERO DE CASULOS PRODUZIDOS CONFORME POPULAÇÃO INICIALMENTE INOCULADA (B) POPULAÇÃO REMANESCENTE DA ESPÉCIE *E. andrei* AOS 30 DIAS, NO SUBSTRATO ROD

Os níveis populacionais influenciaram o crescimento de *E. eugeniae* como pode ser observado na FIGURA 8.A. Enquanto os níveis populacionais aumentavam a biomassa diminuiu, que está de acordo com Dominguez *et al.*, (2001) que trabalhou com populações de 1, 2, 4, 8 e 16 minhocas por tratamento e observou que as populações de 1, 2 e 4 minhocas obtiveram os maiores crescimentos de 0,4 g/semana a 25° C em esterco bovino. Os valores deste estudo também foram influenciados pela taxa de indivíduos remanescentes no final do período de 60 dias, que ficou entre 1,67 e 22,22%, como já discutido anteriormente.

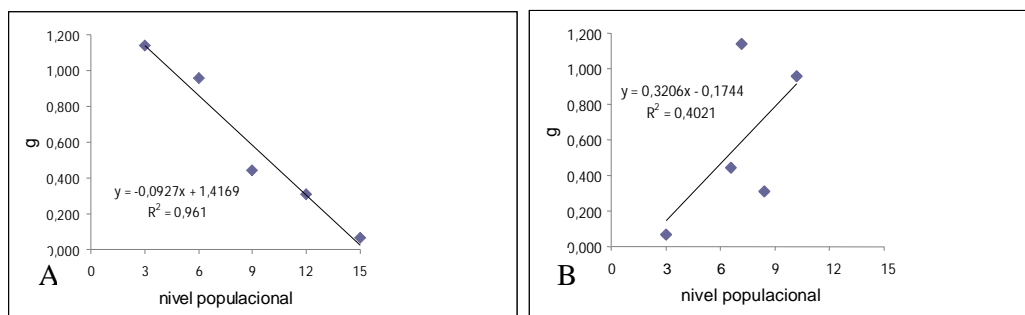


FIGURA 8 - (A) BIOMASSA FINAL ATINGIDA POR *E. eugeniae*, CONFORME POPULAÇÃO INICIALMENTE INOCULADA (B) POPULAÇÃO REMANESCENTE AOS 30 DIAS, NO SUBSTRATO ROD

A população remanescente demonstrada na FIGURA 8.B, não foi significativa, mas mostra uma tendência em maior ganho de peso quando as populações são menores. Isto está de acordo com a TABELA 4 onde o tratamento T5 foi encontrado apenas uma minhoca remanescente.

4.4 ANÁLISES DO VERMICOMPOSTO

O vermicomposto ou húmus de minhoca, até a presente data não possui legislação específica, que estabeleça os parâmetros mínimos de composição assim como os respectivos valores de referência. Diante dessa situação o vermicomposto está enquadrado como composto orgânico.

Os parâmetros avaliados nos vermicompostos estão apresentados na TABELA 5 e estão dentro das normas do decreto federal nº 86.955 de 1982 do

Ministério da Agricultura, que determina para composto orgânico os seguintes parâmetros: C, N, pH e umidade. Estes deverão apresentar os seguintes valores mínimos: 40%; 1 %; 6 e 40 % respectivamente e C/N máxima 18/1.

TABELA 5 – COMPOSIÇÃO QUÍMICA DO VERMICOMPOSTO PRODUZIDO PELAS DUAS ESPÉCIES, NAS DUAS DATAS E COMPARADO COM O VERMICOMPOSTO INICIAL

Tratamentos	Ca	Mg	P	K	C	N	pH	Relação
			g kg ⁻¹			%	CaCl ₂	C/N
<i>E. andrei</i> (30 dias)								
Trat. T3	8,2 A	6,0 A	6,4 A	19,1 A	238,9 A	2,04 AB	7,5 A	12/1
Total dos trat.	7,9 A	6,1 A	6,3 A	19,4 AB	239,0 A	2,04 AB	7,5 A	12/1
<i>E. andrei</i> (60 dias)								
Trat. T3	8,8 A	6,6 A	6,3 A	19,8 A	245,4 A	1,99 B	7,4 A	12/1
Total dos trat.	8,6 A	6,5 A	6,3 A	20,8 A	245,7 A	2,01 B	7,4 A	12/1
<i>E. eugeniae</i> (30 dias)								
Trat. T3	7,9 A	6,3 A	6,3 A	18,6 A	247,9 A	2,12 A	7,4 A	12/1
Total dos trat.	7,9 A	6,2 A	6,6 A	18,9 B	243,9 A	2,09 A	7,5 A	12/1
<i>E. eugeniae</i> (60 dias)								
Trat. T3	7,7 A	6,0 A	6,3 A	15,9 B	236,2 A	1,98 B	7,5 A	12/1
Total dos trat.	7,8 A	6,0 A	6,2 A	17,5 B	235,8 A	1,98 B	7,5 A	12/1
Vermicomposto inicial*	5,9 A	5,8 A	5,7 B	7,5 C	237,6 A	1,93 B	6,9 B	12/1

Valores seguidos de letras diferentes (maiúsculas) na coluna representam diferenças significativas pelo teste de Tukey.

Legenda:

Tratamento T3 – onde foram constatados pelo menos três repetições com a presença de minhocas ativas, para as duas espécies, nas duas data de avaliação.

Total tratamentos – testes realizados com todos os tratamentos e repetições

Os valores estão em normalidade de acordo com teste de Shapiro-Wilk.

*vermicomposto inicial usado nos experimentos para servir como refugio inicial às minhocas em cada tratamento

Na Tabela 5 verifica-se que os elementos Ca, Mg e C, presentes nos vermicompostos não diferiram significativamente entre os tratamentos T3 e Total tratamentos, indicando a similaridade de composição.

O P no vermicomposto produzido foi similar nos tratamentos T3 e Total trat., porém apresentou diferença significativa quando comparados ao vermicomposto pronto.

O K teve diferenças significativas no tratamento Total trat. *E. andrei* 30 dias, *E. eugeniae* 30 dias, no tratamento *E. eugeniae* 60 dias em ambos (Trat. T3 e Total trat.) e no tratamento vermicomposto pronto, onde foi o menor valor encontrado.

O N foi um dos elementos que apresentou grande oscilação, variando de 1,93 % a 2,12 %, sendo que os valores mais expressivos foram observados nos tratamentos Trat. T3 para *E. eugeniae* aos 30 dias e Total trat., que diferiram significativamente dos tratamentos aos 60 dias (Trat. T3 e Total trat.) como também do Vermicomposto pronto. Os menores valores para K e N foram constatados principalmente aos 60 dias e no vermicomposto pronto, isto provavelmente ocorreu em função das sucessivas regas para manutenção da umidade do substrato, o que ocasionou as perdas por lixiviação. Além disso, deve-se acrescentar que o armazenamento do vermicomposto pronto, no local de origem, de onde foi adquirido, passa por processo de secagem ao ar, o que também pode ocasionar perda de N por volatilização. Ainda, pode-se destacar que o vermicomposto pronto foi produzido com diferentes fontes de matéria orgânica, como esterco bovino, eqüino, ovino e cortes de jardim.

Em relação ao índice pH, o vermicomposto pronto diferiu-se significativamente dos demais, pois esse menor valor provavelmente foi decorrente das regas acima mencionadas.

De acordo com a TABELA 5 verifica-se que os valores encontrados estão coerentes com a legislação para comercialização do vermicomposto, além disso, são similares aos citados por Loureiro *et al.*, (2007).

Além da alteração do pH de 5 para 8, Garg *et al.* (2006) descreve um aumento na disponibilidade de nitrogênio, fósforo e potássio no vermicomposto, e afirma que a vermicompostagem é uma tecnologia sustentável para a decomposição de diferentes tipos de resíduos e uso deste para melhoramento do solo.

Na TABELA 5 os resultados encontrados são provenientes de análises com os tratamentos onde foi encontrado o maior número de minhocas. Pode-se dizer que esses animais melhoram a disponibilidade de nutrientes para as plantas após os ROD passarem pelo trato digestivo das minhocas, como afirma Dominguez (2004), que fez análises do alimento antes e depois de ser ingerido pelas minhocas.

Na figura 9 as análises foram feitas no vermicomposto pronto que tem origem diferente e onde foi usado outro tipo de substrato como alimento as minhocas, para ser comparado com a disponibilidade de nutrientes vindas de outras fontes de

alimento. Foi observado um aumento significativo na disponibilidade de alguns nutrientes. Isso pode ter ocorrido pelo fato do lixiviado do ROD ter passado através do vermicomposto, o que pode ter enriquecido o mesmo com nutrientes, pois como já mencionado anteriormente o lixiviado pode ser usado também como fertilizante líquido.

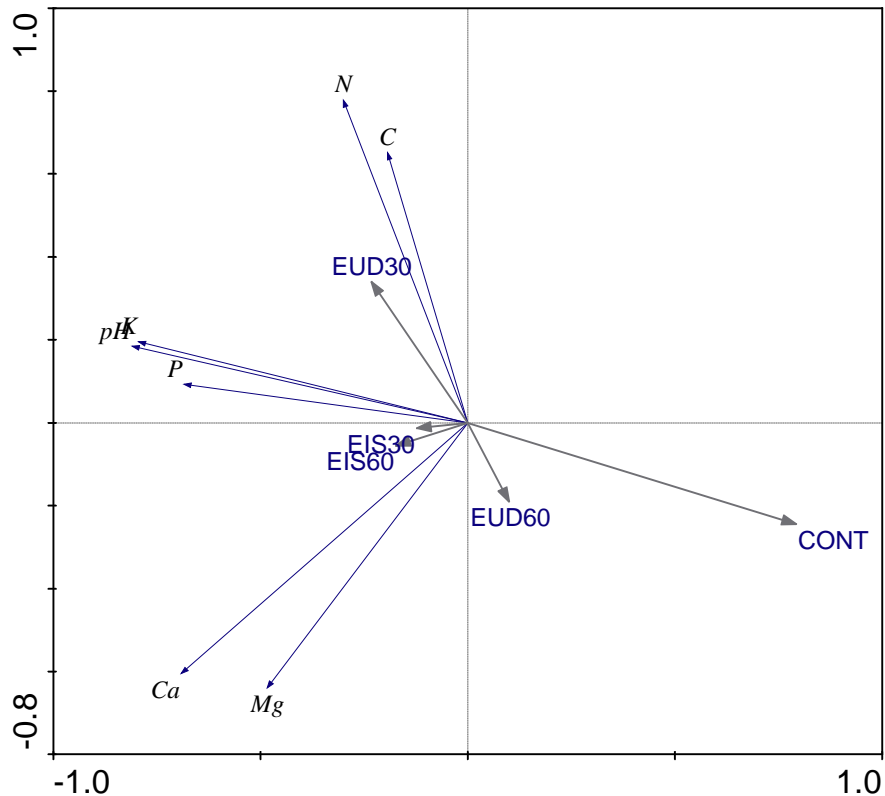


FIGURA 9 – DISTRIBUIÇÃO DE ATRIBUTOS QUÍMICOS POR ESPÉCIE DE MINHOCAS CONFORME ANÁLISES DO VERMICOMPOSTO PRODUZIDO DURANTE OS EXPERIMENTOS E VERMICOMPOSTO PRONTO. (ACP REALIZADO VIA PROGRAMA DE ANÁLISE ESTATÍSTICA MULTIVARIADA-CANOCO)

Através de análise multivariada, na figura 9 observa-se que o eixo 2 (vertical) separou claramente o vermicomposto pronto (CONT) e *E. eugeniae* (EUD 60). Novamente o tratamento de 60 dias ficou marcado pela alta mortalidade, devido a falta e a competição por alimento.

A análise de componentes principais é considerada como uma boa explicação da variabilidade dos dados quando a soma dos três primeiros eixos canônicos é

superior a 70%, sendo assim a análise apresentada na FIGURA 9 tem-se que: os eixos um, dois e três explicam 37%, 27% e 19,8%, respectivamente, (não plotado), atingindo 83,8 %, que explica grande parte dos dados analisados.

Mesmo a amostra CONT, ter direção oposta a maioria das outras amostras, não se pode dizer que não existe diferença entre aquelas que têm sentido igual. Isso porque o CANOCO não mostra as diferenças e sim a correlação entre as amostragens. Sendo assim é observado em qual elemento as amostras possuem maior diferença.

Isto pode ser explicado pelo fato de que todo o ROD foi fragmentado e misturado e o que pode ter ocorrido é que o substrato que serviu de alimento as minhocas favorece o enriquecimento do vermicomposto pelos minerais analisados depois que passa no trato digestivo desses animais, segundo Domingues (2004).

4.5 PRÉ EXPERIMENTOS

4.5.1 Lixiviados

A questão do lixo nos grandes centros, hoje em dia causa prejuízos incalculáveis ao meio ambiente. A decomposição do lixo forma o chamado chorume que tem alta carga poluidora para o solo, ar e água. Nas primeiras tentativas de instalação dos experimentos, que foram perdidas devido a acidez do lixiviado do ROD, foram realizadas algumas análises para constatação do pH do lixiviado do ROD. Amostras de água retiradas dos pratos dos vasos e amostras dos tonéis usados para armazenamento dos ROD foram submetidas a testes de pH, conforme TEDESCO *et al.*, (1995). Foi observado um pH distante do que as minhocas necessitam para sobreviver. Este valor girava em torno de 3-4, o que é extremamente fora do pH 7 considerado ótimo para as minhocas. Como foi utilizada apenas na última tentativa uma quantidade de vermicomposto pronto no fundo de cada unidade experimental, não foi feito nenhum tipo de preparo para ser feita a coleta do lixiviado de todos os vasos. Mesmo assim, chamou a atenção de que o líquido que parava nos pratos de cada vaso era inodoro e com pH 7-8,5. Estes dados devem ser mais bem estudados, pois os experimentos não foram preparados para fazer a coleta e servem somente como subsídio para futuros estudos. ANTONIO *et al.* (2008), utilizou lixiviados da vermicompostagem de esterco bovino e descreve este como um bom fertilizante líquido, mas necessita de pequeno enriquecimento com NPK para máxima produtividade. Já FILHO *et al.* (2005) no Brasil utilizou o lixiviado de aterro sanitário, o chorume que é um dos maiores problemas nesses espaços. FILHO *et al.* (2005) diluiu o chorume em doses para utilização deste como fertilizante e afirma que se diluído em doses corretas, também pode ser usado como fertilizante líquido para recuperação de áreas degradadas. TAYLOR *et al.* (2003) captou a água residual de esgoto doméstico que passa pelo vermicomposto e além de descrevê-lo como um bom filtro afirma que as minhocas podem ocupar esse ambiente por ser ótimo para elas.

4.5.2 Resumo de fatos ocorridos

Na realização dos trabalhos foram observados alguns fatores que levaram a perda de inúmeras tentativas. As minhocas necessitam de refúgio para se protegerem de fatores adversos que neste caso não foi dado o devido valor, no início dos trabalhos. Alguns aspectos servirão de subsídio para futuros estudos sobre a vermicompostagem dos ROD.

Na primeira tentativa, tentou-se colocar as minhocas diretamente sobre os ROD com apenas um pedaço de tecido, no fundo de cada vaso. Esse tecido foi colocado em todas as tentativas, da mesma forma, para tentar evitar a fuga das minhocas pelos drenos dos vasos. Todas as minhocas morreram pela acidez dos ROD, fato que não havia sido observado e seria um dos maiores problemas a enfrentar.

Com discussões e leituras foi sugerido o uso de vermicomposto para servir de refugio inicial as minhocas no fundo dos vasos. Isso não era a intenção para se obter vermicomposto puro para as análises químicas do material.

Utilizaram-se 130 ml de vermicomposto por vaso seco em estufa a 70° C para não haver problemas com casulos que poderiam ter vindo da criação de onde se coletou o húmus. Após a secagem, ainda foi triado e peneirado para retirada de qualquer outro material como pedras e até mesmo casulos que a está altura estavam secos e inviabilizados.

O vermicomposto foi umedecido com água de torneira a 70–80% de umidade, através de testes anteriores feitos com alíquotas de peso e volume de água conhecidos, foi determinada a umidade e adicionado água no vermicomposto pronto, conforme peso total do vermicomposto e água na quantidade determinada. Com esse umedecimento o húmus apresentou odor que não era muito agradável, mas mesmo assim iniciou-se a montagem. Uma semana após o andamento dos experimentos observou-se que nos pratos dos vasos eram encontradas minhocas mortas e descoloradas e havia muita água nos pratos dos vasos.

Na terceira tentativa com a certeza de que a secagem do vermicomposto colocado como refugio gerou algum fator desagradável as minhocas foram realizadas novas discussões e novas mudanças foram feitas nos tratamentos. A população que estava sendo usada para os experimentos, era muito grande para a

quantidade de vermicomposto com 5 níveis populacionais 5, 10, 20, 40 e 80 minhocas por vaso.

Além de a população ser muito grande para a pequena quantidade de vermicomposto, tentou-se fazer uma pré-compostagem dos ROD, para eliminar parte da água, antes de ser colocado nos vasos. Essa pré-compostagem foi feita de maneira a não deixar que os ROD entrassem em contato com o solo, utilizando o mesmo tecido dos vasos como barreira entre os ROD e o solo, onde foram pré-compostados por 6 dias.

Foi montada uma pilha com todo o material coletado de aproximadamente 1m de altura e mais um fator foi verificado e constatado e poderá ser relevante para novos estudos. Esse fator diz respeito à temperatura onde os ROD não atingem níveis elevados como acontece em pilhas de compostagem feitas corretamente com materiais ricos em carbono que chegam a atingir 70° C ou até mais.

Na realização dos trabalhos, em relação à fase termofílica, esta não teve grande importância (TABELA 6). Como o lixo doméstico não é depositado em grandes quantidades, este não aquece o suficiente, ao ponto de matar as minhocas ou causar efeitos negativos nos tratamentos.

TABELA 6 – TEMPERATURA DA PILHA DE ROD DURANTE PRÉ-COMPOSTAGEM PARA ELIMINAÇÃO DE EXCESSO DE ÁGUA

	5/4/08	7/4/08	9/4/08	11/4/08
Ponto 1	36° C	30° C	30° C	31° C
Ponto 2	36° C	32° C	31° C	30° C
Ponto 3	37° C	32° C	31° C	29° C
Ponto 4	37° C	31° C	31° C	29° C
Ponto 5	38° C	30° C	31° C	30° C
X	36,8° C	31° C	30,8° C	29,8° C

Com a pré-compostagem o material se transformou em uma massa compacta e procurou-se por materiais que serviriam como estrutura possibilitando a aeração do substrato (DOMINGUEZ *et al.*, 2000). Foram testados alguns materiais como papelão picado e ROD, pedaços de madeira da indústria de papel de Araucária e ROD, pedra brita e ROD. A pedra pareceu mais adequada, pois não interferiria nos

resultados das análises químicas do vermicomposto. Foi colocada no fundo de cada vaso, uma porção de pedras e para isso foi utilizado o mesmo recipiente usado para medida do vermicomposto pronto. Antes de se montar o experimento foi verificado o pH dos resíduos e constatado o grande problema, com valor de pH de 3,5, o que causa a morte das matrizes. Tornou-se a pré-compostar o ROD, mas desta vez em contêineres fechados e foi observado com clareza o fator mais marcante, a acidez.

O lixiviado queimava toda a grama onde era feito a drenagem da água dos contêineres. Após uma semana de drenagem de toda a água e tentativas de elevar o pH do resíduo com doses de Cloreto de cálcio, atingiu-se o pH de 6,5. Com a acidez controlada e o vermicomposto do mesmo fornecedor, seco ao ar e triado da mesma forma, quando umedecido exalava cheiro agradável, semelhante ao de um solo úmido. Nesta tentativa foram feitos testes antes de refazer o trabalho. As minhocas foram deixadas por uma noite no laboratório dentro dos vasos para colocar os ROD no dia seguinte. Pela manhã foram encontradas muitas minhocas mortas pelo chão do laboratório e foi feita a recontagem, a pesagem das matrizes e colocado o alimento, o que não havia sido feito no dia anterior. A água continuava a aparecer nos pratos dos vasos, mas algumas minhocas estavam dentro dos vasos e poucas apareciam mortas. Uma semana depois não foi observado nenhum tipo de ação das minhocas. Mesmo com a pré-compostagem e o uso de pedras no fundo dos vasos para evitar o acúmulo de água, porém o ROD ainda era muito compacto para a passagem de ar.

Devido ao clima já estar mais frio também foram colocados todos os vasos no laboratório de Biologia do Solo e após aquela semana observou-se um forte odor e a invasão de moscas no laboratório. Nos tratamentos foram diminuídas as populações de minhocas para 0, 3, 6, 9, 12 e 15 e acrescentados no fundo de cada vaso, 4 vezes mais vermicomposto, que foram testados em alguns vasos, durante 30 dias e tudo correu perfeitamente sem ser necessário a pré-compostagem. Foram repetidos todos os procedimentos de montagem pela quarta vez e todo o experimento foi colocado em estufa fechada, sem controle de temperatura devido o equipamento estar com defeito. Uma onda de frio chegou e fez a temperatura despencar a 0° C e desta vez as minhocas morreram devido ao frio, onde *E. andrei* se mostrou mais tolerante a baixas temperaturas, ocorrendo poucas mortes. O mesmo não aconteceu com *E. eugeniae* onde o frio ocasionou morte de 100% das matrizes.

Na tentativa os resultados obtidos nos experimentos distinguem claramente o melhor desempenho e adaptação da espécie *E. andrei*, aos cativeiros que foram submetidas e ao clima de Curitiba - PR. Esta espécie apresentou maior ganho de massa nos tratamentos, melhor adaptação ao alimento fornecido a elas, bem como não foi observado a fuga em massa das matrizes.

De acordo com DOMINGUES *et al.* (1997) a competição entre as minhocas durante o processo de vermicompostagem é intenso. Isso mostra claramente que, o que ocorreu nos trabalhos está totalmente dentro das expectativas, pois a competição por alimento entre as minhocas causa a morte ou a fuga do cativeiro.

Para reforçar as afirmações de Dominguez, em relação ao número de minhocas que foram encontrados ao final dos trabalhos e o valor final da biomassa, LAVELLE *et al.* (2004) em um único parágrafo dá motivo para saber que os experimentos sofreram com o comportamento normal das minhocas. Diz ele:

A maior diferença entre experimentos em escala pequena e o mundo real é que em experimentos confinados, minhocas têm oportunidades limitadas para encontrar comida e mover-se. Isto provavelmente mostra porque quase sempre elas perdem peso ou morrem em experimentos de laboratório.

Além disso, não deve ser esquecido que trabalhos com animais vivos exigem alguns procedimentos e estes têm seu comportamento e necessidades específicas (CAPISTRÁN *et al.*, 2001). Poderia ser usada uma porção conhecida de esterco bovino para servir como alimento inicial as minhocas dentro dos vasos, devido este ser o alimento que manteria todas as matrizes dentro dos vasos até que os ROD também fossem digeridos. Isso não foi feito devido um dos objetivos do trabalho, ser a caracterização química do vermicomposto proveniente dos ROD. Com o ambiente no interior dos vasos melhorado e um pouco de alimento pronto para ser consumido, seriam obtidos melhores resultados. JAIN *et al.* (2003) usou vasos semelhantes em seu estudo e obteve resultados melhores, que podem ter ocorrido devido ao refugio inicial usado por ele em seus experimentos: areia, solo, serragem e tecido de algodão que com certeza deixou o ambiente mais propício para que as minhocas utilizadas por ele, a *E. fetida* que tem relação e comportamento muito parecido com a *E. andrei*, segundo DOMINGUEZ *et al.* (2005).

4.5.3 Sugestões de manejo dos minhocários

Com base nas leituras realizadas durante as execuções dos trabalhos, conhecimentos adquiridos, afirmações e descobertas de vários autores, a TABELA 7 traz alguns fatores que devem ser levados em consideração, e para que se obtenha resultados positivos deve-se lembrar que é necessário um mínimo de consciência ecológica para desenvolver um trabalho prazeroso e de conhecimento contínuo.

Na tabela 7 são discutidos alguns fatores que podem afetar vermicompostagem que são umidade e a falta de alimento, mas em outra linha da tabela trata da atração de insetos ou outros animais. Moscas pequenas irão aparecer nos minhocário e estas não tem nenhum tipo de problema, pois se trata apenas de insetos que também aparecem dentro de casa e são conhecidas como mosca das frutas, diferente das chamadas de “varejeiras”, aquelas de cores fortes, verdes ou azuis. A adição de qualquer tipo de carne deve ser evitada, devido ao odor que esse tipo de resíduo pode gerar no minhocário.

TABELA 7 – SUGESTÕES DE MANEJO DOS MINHOCÁRIOS NAS RESIDÊNCIAS

PROBLEMA	POSSÍVEL CAUSA	SOLUÇÃO
Minhocas acumulam-se nas camadas superiores do minhocário;	Excesso de água	Coloque pedaços de jornal, papelão ou folhas secas.
Minhocas acumulam-se no fundo do minhocário;	Falta de água	*Umedeça o minhocário com água, sem exageros
Odores desagradáveis	Cama pouco arejada, Adição de comida em excesso	**Interrompa a adição de comida e Revolva todo o material
Minhocas começam a fugir do minhocário	Pouca comida	**Adicione comida e se possível retire um pouco do vermicomposto
Excesso de resíduos no minhocário ou presença de moscas	Adição de comida em excesso	**Interrompa a adição de comida e revolva o material
Cheiro a podre	Alimentos, como carne, peixe, laticínios e gorduras	***Não coloque esses alimentos no canteiro
Aparecimento de moscas ou roedores	Decomposição lenta, ambiente ácido (excesso de cítricos) e carnes em geral	Não use alimentos podres. Dê comida variada e em pedaços. Enterre ou cubra os alimentos na "cama das minhocas". Não exagere nos cítricos. Exponha o canteiro ao ar por algumas horas.

* utilize o método da mão para verificar. Pegue um punhado de vermicomposto e aperte entre os dedos. Não deve escorrer e sim pingar algumas gotas.

** o revolvimento ajuda na aeração e uma grande quantidade de alimentos se transforma em uma massa que impede a passagem do ar.

*** muito importante não depositar esse tipo de resíduo.

Fonte: <http://www.confagri.pt/ambiente/areastematicas/solo/documentos/doc68.htm>

5 CONCLUSÕES

1 - *Eisenia andrei*, aos 30 dias de inoculação, obteve taxas de remanescência de 80% e aumentos de biomassa em torno de 130%, sendo o tratamento T3 (6 minhocas/vaso) o que apresentou os melhores resultados, indicando que essa espécie aceitou o resíduos orgânicos domésticos (ROD) como fonte alimentícia, sendo a espécie mais indicada para a vermicompostagem caseira.

2 - *Eudrilus eugeniae* diferiu significativamente de *E. andrei*, onde apenas aos 30 dias os tratamentos com 3 e 6 minhocas/vaso, obtiveram taxa de remanescência de 80 e 56% e apenas no tratamento 3 minhocas/vaso aos 30 dias a biomassa aumentou 5%. Aos 60 dias a taxa de remanescência e valores de biomassa foram inferiores. *E. eugeniae* não aceitou o ROD como fonte alimentícia e o ambiente nos vasos não esteve de acordo com as necessidades dessa espécie.

3 - A vermicompostagem dos ROD é viável para produção de vermicomposto (húmus), gerando insumo com propriedades químicas e físicas que atendem legislação brasileira vigente, assegurando a comercialização como composto orgânico.

4 - Enquanto existiu alimento fresco houve degradação e estabilização da fração orgânica, confirmando a possibilidade de uso da técnica de vermicompostagem para redução de lixo orgânico enviado aos aterros municipais.

REFERÊNCIAS

- ADI, A. J.; NOOR, Z. M. Waste recycling: Utilization of coffee grounds and kitchen waste in vermicomposting. **Bioresource Technology**, Essex, v. 100, n. 2, p. 1027-1030, 2008.
- AIRA, M.; MONROY, F.; DOMINGUEZ, J. *Eisenia fetida* (Oligochaeta, Lumbricidae) activates fungal growth, triggering cellulose decomposition during vermicomposting. **Microbial Ecology**, New York, v. 52, p. 738-746, 2006.
- AIRA, M.; SAMPEDRO, L.; MONROY, F.; DOMINGUEZ, J. Detritivorous earthworms directly modify the structure, thus altering the functioning of a microdecomposer food web. **Soil Biology & Biochemistry**, Elmsford, v. 40, p. 2511-2516, 2008.
- ALMEIDA, P. C. C. de. **Minhocultura**. 3. Ed. Cuiabá: SEBRAE/MT, 1999.
- ALVES, W. L.; PASSONI, A. A. Composto e vermicomposto de lixo urbano na produção de mudas de Oiti (*Licania Tomentosa* (BENTH)) para arborização. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 32, n. 10, p. 1053-1058, 1997.
- GUTIERREZ-MICELI F. A.; GARCIA-GOMEZ, R. C.; RINCON ROSALES, R.; ABUD-ARCHILA, M.; OLIVA LLAVEN, M. A.; GUILLEN CRUZ, M. J.; DENDOOVEN, L. Formulation of a liquid fertilizer for sorghum (*Sorghum bicolor* (L.) Moench) using vermicompost leachate. **Bioresource Technology**, Essex, v. 99, p. 6174–6180, 2008.
- APPELHOF, M. **Worms eat my garbage**. 2. ed. Michigan: Ed. Flower Press, 1997.
- AQUINO, A. M. **Agricultura urbana em Cuba**: análise de alguns aspectos técnicos. Seropédica: Embrapa, 2002. (Documento 160).
- AQUINO, A. M.; MEIRELLES, E. C. **Canteiros de bambu para a criação ecológica de minhocas**. Seropédica: Embrapa, 2006. (Comunicado Técnico 93).
- AQUINO, A. M.; ALMEIDA, D. L.; SILVA, V. F. **Utilização de minhocas na estabilização de resíduos orgânicos: vermicompostagem**. Rio de Janeiro: Embrapa, 1992.

AQUINO, A. M.; DE-POLLI, H; ALMEIDA, D. L. **Alternativas para substituição parcial do esterco na vermicompostagem**. Rio de Janeiro: Embrapa, 1994. p. 1-4. (Comunicado Técnico nº. 11).

AQUINO, A. M.; OLIVEIRA, A. M. G.; LOUREIRO, D. C. **Integrando compostagem e vermicompostagem na reciclagem de resíduos orgânicos domésticos**. Seropédica: Embrapa, 2005. (Circular Técnica 12).

AQUINO, A. M.; ALMEIDA, D. L.; FREIRE, L. R.; DE-POLLI, H. Reprodução de minhocas (*Oligochaeta*) em esterco bovino e bagaço de cana-de-açúcar. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 29, n. 2, p. 161-168, 1994.

ARANCON, N. Q.; EDWARDS, C. A.; BIERMAN, P. Influences of vermicomposts on field strawberries: Part 2. Effects on soil microbiological and chemical properties. **Bioresource Technology**, Essex, v. 97, p. 831-840, 2006.

ATIYEH, R. M.; EDWARDS, C. A.; ARANCON, N. Q.; METZGER, J. D. The influence of humic acids derived from earthworm-processed organic wastes on plant growth. **Bioresource Technology**, Essex, v. 84, p. 7-14, 2002.

ATIYEH, R. M.; SUBLER, S.; EDWARDS, C. A.; BACHMAN, G.; METZGER, J. D.; SHUSTER, W. Effects of vermicomposts and composts on plant growth in horticultural container media and soil. **Pedobiologia**, Jena, v. 44, p. 579-590, 2000.

BROWN; A. L. **Ecology of soil organisms**. London: Ed. Heinemann Educational Books, 1978.

BROWN, G. G. How do earthworms affect microfloral and faunal community diversity? **Plant and Soil**, The Hague, v. 170, p. 209-231, 1995.

BROWN, G. G.; JAMES, S. W. Earthworm biodiversity in São Paulo state, Brasil. **European Journal of Soil Biology**, Montrouge, v. 42, supplements 1, p. 145-149, 2006.

CAMPITELLI, P.; CEPPI, S. Chemical, physical and biological compost and vermicompost characterization: A chemometric study. **Chemometrics and Intelligent Laboratory Systems**, Amsterdam, v. 90, p. 64-71, 2008.

CAPISTRÁN, F.; ARANDA, E.; ROMERO, J.C. **Manual de reciclaje, compostaje y lombricompostaje**. Veracruz: Instituto de Ecología A. C., 2001.

DOMINGUEZ, J. State of the art and new perspectives on vermicomposting Research. In: EDWARDS, C. A. **Earthworm ecology**. 2. ed. Florida: CRC Press, 2004. p. 401-424.

DOMÍNGUEZ, J.; EDWARDS, C. A. Effects of stocking rate and moisture content on the growth and maturation of *Eisenia andrei* (Oligochaeta) in pig manure. **Soil Biology & Biochemistry**, Elmsford, v. 29, n. 3, p. 743-746, 1997.

DOMINGUEZ, J.; BRIONES, M. J. I.; MATO, S. Effect of the diet on growth and reproduction of *Eisenia andrei* (Oligochaeta, Lumbricidae). **Pedobiologia**, Jena, v. 41, p. 566-576, 1997.

DOMINGUEZ, J.; EDWARDS, C. A.; ASHBY, J. The biology and population dynamics of *Eudrilus eugeniae* (Kinberg) (Oligochaeta) in cattle waste solids. **Pedobiologia**, Jena, v. 45, p. 341-353, 2001.

DOMÍNGUEZ, J.; EDWARDS, C. A.; WEBSTER, M. Vermicomposting of sewage sludge: Effect of bulking materials on the growth and reproduction of the earthworm *Eisenia andrei*. **Pedobiologia**, Jena, v. 44, p. 24-32, 2000.

DOMINGUEZ, J.; VELANDO, A.; FERREIRO, A. Are *Eisenia fetida* (Savigny, 1826) and *Eisenia andrei* Bouché (1972) (Oligochaeta, Lubricidae) different biological species? **Pedobiologia**, Jena, v. 49, p. 81-87, 2005.

EDWARDS, C. A.; ARANCON, N. Q. The use of earthworms in the breakdown of organic wastes to produce vermicomposts and animal feed protein. In: EDWARDS, C. A. **Earthworm ecology**. 2. ed. Florida: CRC Press, 2004. p. 345-379.

FREDERICKSON, J.; HOWELL, G.; HOBSON, A. M. Effect of pre-composting and vermicomposting on compost characteristics. **Soil Biology**, Paris, v. 43, p. 320-326, 2007.

FREDERICKSON, J.; BUTT, K. R.; MORRIS, R. M.; DANIEL, C. Combining vermiculture with traditional green waste composting systems. **Soil Biology & Biochemistry**, Elmsford, v. 29, p. 725-730, 1997.

GARG, P.; GUPTA, A.; SATYA, S. Vermicomposting of different types of waste using *Eisenia foetida*: A comparative study. **Bioresource Technology**, Essex, v. 97, p. 391-395, 2006.

GESTEL, C. A. M. van; BREEMEN, E. M. D van; BAERSELMAN, R. Influence of environmental conditions on the growth and reproduction of the earthworm *Eisenia andrei* in an artificial soil substrate. **Pedobiologia**, Jena, v. 36, p. 109-120, 1992.

GORGATI, C. Q.; JÚNIOR, J. de L. Compostagem de resíduos sólidos urbanos: produção de chorume durante o processo, nas estações de verão e inverno, em áreas de proteção de mananciais. In: SIMPÓSIO ÍTALO BRASILEIRO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL, 6., 2002, Vitória. **Anais...** Vitória, 2002.

GROSSI, M. G. L. **Avaliação da quantidade dos produtos obtidos de usinas de compostagem brasileiras de lixo doméstico através de determinação de metais pesados e substâncias orgânicas tóxicas.** 222 p. Tese (Doutorado) - Universidade de São Paulo, São Paulo, 1993.

GUPTA, R.; GARG, V. K. Vermiremediation and nutrient recovery of non-recyclable paper waste employing *Eisenia fetida*. **Journal of Hazardous Materials**, Amsterdam, v. 162, n. 1, p. 430-439, 2008.

HAIMI, J. Growth and reproduction of the compost-living earthworms *Eisenia andrei* and *Eisenia fetida*. **Revue D'Ecologie et de Biologie du Sol**, Montrouge, v. 27, n. 4, p. 415-421, 1990.

HAIMI, J.; HUHTA, V. Capacity of various organic residues to support adequate earthworm biomass for vermicomposting. **Biology and Fertility of Soils**, Berlin, v. 2, p. 23-27, 1986.

HASSE, I. **Ocorrência de microrganismos fitopatogênicos e sementes de plantas daninhas em diferentes vermicompostos produzidos e comercializados na região metropolitana de Curitiba – PR.** 66 f. Dissertação (Mestrado em Ciência do Solo) – Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 1998.

HUHTA, V; HAIMI, J. Reproduction and biomass of *Eisenia foetida* in domestic waste. In: EDWARDS, CLIVE A.; NEUHAUSER, E. F. (Ed.). **Earthworms in waste and environmental management.** The Hague: SPS, 1988. p. 65-69.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Pesquisa Nacional de Saneamento Básico**. Tabela 110 - Quantidade diária de lixo coletado, por unidade de destino final do lixo coletado, segundo as Grandes Regiões, Unidades da Federação, Regiões Metropolitanas e Municípios das Capitais – 2000. Disponível em:

<http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/populacao/condicaodevida/pnsb/lixo_coletado/lixo_coletado110.shtm> Acesso em: 22/11/2007.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Contagem da população**.

Tabela 1.1- População recenseada e estimada, segundo as Grandes Regiões e as Unidades da Federação – 2007. Disponível em:

<http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/populacao/contagem2007/contagem_final/tabela1_1.pdf>. Acesso em: 15/4/2008.

JAHNEL, M. C.; MELLONI, R.; CARDOSO, E. J. B. N. Maturidade de composto de lixo urbano. **Scientia Agrícola**, Piracicaba, v. 56, n. 2, 1999.

JAIN, K.; SINGH, J.; GUPTA, S. K. Development of a modified vermireactor for efficient vermicomposting: a laboratory study. **Bioresource Technology**, Essex, v. 90, p. 335-337, 2003.

JEYABAL, A.; KUPPUSWAMY, G. Recycling of organic wastes for the production of vermicompost and its response in rice–legume cropping system and soil fertility. **European Journal of Agronomy**, v. 15, p. 153-170, 2001.

JORNAL GAZETA DO POVO. Curitiba tem até fim de 2008 para achar novo destino para o lixo. Caderno Vida e Cidadania. 6/11/2008.

JORNAL GAZETA DO POVO. Caximba só recebera lixo até julho, diz IAP . Caderno Vida e Cidadania. 17/01/2009.

KAVIRAJ; S. S. Municipal solid waste management through vermicomposting employing exotic and local species of earthworms. **Bioresource Technology**, Essex, v. 90, p. 169-173, 2003.

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

LAVELLE, P.; CHARPENTIER, F.; VILLENAVE, C.; ROSSI, J.-P.; DEROUARD, L.; PASHANASI, B.; ANDRE, J.; PONGE, J.-F.; BERNIER, N. Effects of earthworms on soil organic matter and nutrient dynamics at a landscape scale over decades. In: EDWARDS, C. A. **Earthworm Ecology**. 2.ed. Florida: CRC PRESS, 2004. p. 145-160.

LAZCANO, C.; GÓMEZ-BRANDÓN, M.; DOMINGUEZ J. Comparison of the effectiveness of composting and vermicomposting for the biological stabilization of cattle manure. **Chemosphere**, Oxford, v. 72, p. 1013-1019, 2008.

LEE, K. E. **Earthworms, their ecology and relationships with soils and land use**. Sydney: Academic Press, 1985.

LOUREIRO, D. C.; AQUINO, A. M. de; ZONTA, E.; LIMA, E. Compostagem e vermicompostagem de resíduos domiciliares com esterco bovino para a produção de insumo orgânico. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 42, n. 7, p. 1043-1048, 2007.

MALAVOLTA, E. **Manual de nutrição mineral de plantas**. São Paulo: Agronômica Ceres, 2006.

MANTOVANI, J. R.; FERREIRA, M. E.; CRUZ, M. C. P. da; BARBOSA, J. C. Alterações nos atributos de fertilidade em solo adubado com composto de lixo urbano. **Revista Brasileira de Ciências do Solo**, Campinas, v. 29, p. 817-824, 2005.

MARTINEZ, Â. A. **A grande e poderosa minhoca**: manual prático do minhocultor. 4. ed. ampl. e rev. Jaboticabal: Ed. Funep, 1998.

MARTINS, A. P. L.; REISSMANN, C. B. Material vegetal e as rotinas laboratoriais nos procedimentos químico-analíticos (Revisão Bibliográfica). **Scientia Agrária**, Curitiba, v. 8, n. 1, p. 1-17, 2007.

MINISTÉRIO DA AGRICULTURA. **SISLEGIS** – Sistema de Legislação Agrícola Federal.–Decreto nº 4.954 de 14 de janeiro de 2004. Disponível em: <<http://extranet.agricultura.gov.br/sislegis-consulta/consultarLegislacao.do?operacao=visualizar&id=5473>>. Acesso em: 27/11/2007.

MONROY, F.; AIRA, M.; DOMINGUES, J. Changes in density of nematodes, protozoa and total coliforms after transit through the gut of four epigeic earthworms (Oligochaeta). **Applied Soil Ecology**, Amsterdam, v. 39, p. 127-132, 2008.

MORSELLI, T. B. G. A.; FERNANDES, H. S.; MARTINS, S. R. Respostas do repolho (*Brassica oleracea* “capitata”) e couve-flor (*Brassica oleracea* “botrytis”) à aplicação de vermicomposto na forma líquida. In: I CONGRESSO BRASILEIRO, 1.; CONGRESSO GAÚCHO DE MINHOCULTURA, 3., 1999, Pelotas. **Anais...** Pelotas, 1999.

MORSELLI, T. B. G. A.; SALLIS, M. da G.; TERRA, S.; FERNANDES, H. S. Resposta da cultura da alface à aplicação de vermicomposto. In: I CONGRESSO BRASILEIRO, 1.; CONGRESSO GAÚCHO DE MINHOCULTURA, 3., 1999, Pelotas. **Anais...** Pelotas, 1999.

NAIR, J.; SEKIOZOIC, V.; ANDA, M. Effect of pre-compost on vermicomposting of kitchen waste. **Bioresource Technology**, Essex, v. 97, p. 2091-2095, 2005.

OLIVEIRA, A. M. G.; AQUINO, A. M. de; NETO, M. T. de C. **Compostagem caseira de lixo orgânico doméstico**. Cruz das Almas: Embrapa, 2005. (Circular Técnica 76).

ORDOÑEZ, C.; TEJADA, M.; BENITEZ, C.; GONZALEZ, J. L. Characterization of a phosphorus–potassium solution obtained during a protein concentrate process from sunflower flour. Application on rye-grass. **Bioresource Technology**, Essex, v. 97, p. 522–528, 2006.

PADMAVATHIAMMA, P. K.; LI, L. Y.; KUMARI, U. R. An experimental study of vermi-biowaste composting for agricultural soil improvement. **Bioresource Technology**, Essex, v. 99, p. 1672-1681, 2007.

RAMOS, S. M. C.; BERNAL, D. A.; MOLINA, J. A. M.; CLEEMPUT, O. V.; DENDOOVEN, L. Emission of nitrous oxide from hydrocarbon contaminated soil amended with waste water sludge and earthworms. **Applied Soil Ecology**, Amsterdam, v. 41, n. 1, p. 69-76, 2008.

RAVEN, P. H.; EVERT, R. F.; EICHHORN, S. E. **Biologia vegetal**. 6. ed. São Paulo: Guanabara koogan, 2002. p. 717.

REINECKE, A. J.; VILJOEN, S. A. A comparison of the biology of *Eisenia fetida* and *Eisenia andrei* (Oligochaeta). **Biology and Fertility of Soils**, Berlin, v. 11, p. 295-300, 1991.

REINECKE, A. J.; VILJOEN, S. A. Effects of worm density on growth and cocoon production of the African Nightcrawler *Eudrilus eugeniae* (Oligochaeta). **European Journal of Soil Biology**, Mountrouge, v. 29, n. 1, p. 29-34, 1993.

RODRIGUEZ, C; CANETTI, M. E; REINES, M; SIERRA, A. Ciclo de vida de *Eudrilus eugeniae* (Oligochaeta: Eudrilidae) a 30° C. **Poeyana**, Cuba, n. 326, p. 1-13, 1986

RODRIGUES, V. G. S.. **Vermicompostagem ou minhocultura**. Porto Velho: Embrapa, 1999. (Recomendação Técnica para a Agropecuária de Rondônia – Manual do Produtor).

RUPPERT, E. E.; BARNES, R. D. **Zoologia dos invertebrados**. São Paulo: Roca, 1996.

SBRT - SERVIÇO BRASILEIRO DE RESPOSTA TÉCNICA. **Composição média do lixo brasileiro**. Disponível em: <<http://www.sbrt.ibict.br/pages/index.jsp;jsessionid=8E1FCE68C837AE3A9E33F328A4DA48E2>>. Acesso em: 18/10/ 2007.

SCHIEDECK, G.; GONÇALVES, M.de M.; SCHWENGBER, J. E. **Minhocultura e produção de húmus para a agricultura familiar**. Pelotas: Embrapa, 2006. (Circular Técnica 57).

SILVA, F.C.; CHITOLINA, J. C.; BALLESTERO, S. D.; VOIGTEL, S. D. S.; MELO, J. R. B. Processos de produção de composto de lixo e a sua qualidade como fertilizante orgânico. **Holos Environment**, Rio Claro, v. 5, n. 2, p. 121-136, 2005.

SILVA FILHO, N. L. da; FREITAS, N. P.; TEIXEIRA, N. T.; TERRA, R. A. da F.; MELO, E. C. N.; TOGNOCCHI, S. **Chorume na adubação de plantas com potencial de utilização para estabilização em aterros sanitários**. Sorocaba:Universidade de Sorocaba, 2005.

Silva, F. de A. S. e.; Azevedo, C. A. V. de. Principal Components Analysis in the Software Assisat-Statistical Attendance. In: WORLD CONGRESS ON COMPUTERS IN AGRICULTURE, 7, Reno-NV-USA: American Society of Agricultural and Biological Engineers, 2009.

SINHA, R. K.; HERAT, S.; AGARWAL, S.; ASADI, R.; CARRETERO, E. Vermiculture and waste management: study of action of earthworms *Elsinia foetida*, *Eudrilus eugeniae* and *Perionyx excavatus* on biodegradation of some community wastes in India and Austrália. **The Environmentalist**, Hampshire, v. 22, p. 261-268, 2002.

SUTHAR, S. Potential utilization of guar gum industrial waste in vermicompost production. **Bioresource Technology**, Essex, v. 97, p. 2474-2477, 2006.

SUTHAR, S. Vermistabilization of municipal sewage sludge amended with sugarcane trash using epigeic *Eisenia fetida* (Oligochaeta). **Journal of Hazardous Materials**, Amsterdam, v. 163, n. 1, p. 199-206, 2008.

SUTHAR, S.; SINGH, S. Comparison of some novel polyculture and traditional monoculture vermicomposting reactors to decompose organic wastes. **Ecological Engineering**, Oxford, v. 33, p. 210-219, 2008.

TALYAN, V; DAHIYA, R. P; SREEKRISHNAN, T. R. State of municipal solid waste management in Delhi, the capital of India. **Waste Management**, Oxford, 2007.

TAYLOR, M.; CLARKE, W. P.; GREENFIELD, P. F. The treatment of domestic waste water using small-scale vermicompost filter beds. **Ecological engineering**, Oxford, v. 21. p. 197-203. 2003.

TEDESCO, M. J.; GIANELLO, C.; BISSANI, C. A.; BOHNEN, H.; VOLKWEISS, S. J. **Análise de solo, plantas e outros materiais**. 2. ed. Porto Alegre: Departamento de Solos/UFRGS, 1995. (Boletim técnico n. 5).

TEIXEIRA, L. B.; GERMANO, V. L. C.; OLIVEIRA, R. F. de; JUNIOR, J. F. **Processo de compostagem a partir de lixo orgânico urbano e caroço de assai**. Belém: Embrapa, 2002. (Circular Técnica 29).

TEJADA, M.; GONZALEZ, J. L.; HERNANDEZ, M. T.; GARCIA, C. Agricultural use of leachates obtained from two different vermicomposting processes. **Bioresource Technology**, Essex, v. 99, p. 6228–6232, 2008.

TER BRAAK, C. J. F., SMILAUER, P. CANOCO reference manual and CanoDraw for Windows user's guide: Software for Canonical Community Ordination (version 4.5). Ithaca: **Microcomputer Power**, 2002. 500 p.

TOGNETTI, C.; MAZZARINO, M. J.; LAOS, F. Improving the quality of municipal organic waste compost. **Bioresource Technology**, Essex, V. 98, p. 1067-1076, 2006.

TOGNETTI, C.; MAZZARINO, M. J.; LAOS, F. Cocomposting biosolids and municipal organic waste: effects of process management on stabilization and quality. **Biology Fertility of Soils**, Berlin, v. 43, p. 387-397, 2007.

UNIVERSIDADE ESTADUAL DE MARINGÁ. Departamento de engenharia química – EM/DEQ. **Pilhas**. Disponível em: <<http://www.deq.uem.br/JornalDEQ/Pilhas.htm>>. Acesso em: 22/01/2009.

VENTIRINI, E. F.; VENTIRINI, S. F.; SANTI, A. L.; GIRACCA, E. N. Reciclagem da fração orgânica do lixo do município de Ivorá via vermicompostagem. In: CONGRESSO BRASILEIRO, 1; CONGRESSO GAÚCHO DE MINHOCULTURA, 3., 1999, Pelotas. **Anais...** Pelotas, 1999.

VERAS, L. R. V.; POVINELLI, J. A vermicompostagem do lodo de lagoas de tratamento de efluentes industriais consorciada com composto de lixo urbano. **Engenharia Sanitária e Ambiental**, Rio de Janeiro, v. 9, n. 3, p. 218-224, 2004.

VILJOEN, S. A.; REINECKE, A. J. Life cycle of the African nightcrawler, *Eudrilus eugeniae* (Oligochaeta). **South African Journal of Zoology**, Pretoria, v. 24, n. 1, p. 27-32, 1989.