



UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO SEMI-ÁRIDO

PRÓ-REITORIA DE GRADUAÇÃO

CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS

CURSO DE AGRONOMIA

FRANCIMAR MAIK DA SILVA MORAIS

**REPRODUÇÃO E CRESCIMENTO DE MINHOCAS E BIOMASSA
MICROBIANA EM SUBSTRATOS**

MOSSORÓ-RN

2019

FRANCIMAR MAIK DA SILVA MORAIS

**REPRODUÇÃO E CRESCIMENTO DE MINHOCAS E BIOMASSA
MICROBIANA EM SUBSTRATOS**

Monografia apresentada à Universidade Federal Rural do Semi-Árido (UFERSA), como exigência final para obtenção do título de Bacharel em Agronomia.

Orientadora: Prof^a Dra. Eulene Francisco da Silva – UFERSA.

MOSSORÓ-RN

2019

© Todos os direitos estão reservados a Universidade Federal Rural do Semi-Árido. O conteúdo desta obra é de inteira responsabilidade do (a) autor (a), sendo o mesmo, passível de sanções administrativas ou penais, caso sejam infringidas as leis que regulamentam a Propriedade Intelectual, respectivamente, Patentes: Lei nº 9.279/1996 e Direitos Autorais: Lei nº 9.610/1998. O conteúdo desta obra tornar-se-á de domínio público após a data de defesa e homologação da sua respectiva ata. A mesma poderá servir de base literária para novas pesquisas, desde que a obra e seu (a) respectivo (a) autor (a) sejam devidamente citados e mencionados os seus créditos bibliográficos.

M827r MORAIS, FRANCIMAR MAIK DA SILVA
MORAIS. REPRODUÇÃO E CRESCIMENTO
DE MINHOCAS E BIOMASSA MICROBIANA
EM SUBSTRATOS / FRANCIMAR MAIK DA
SILVA MORAIS MORAIS. - 2019. 40 f. : il.

ORIENTADORA: EULENE FRANCISCO DA SILVA SILVA.

MONOGRAFIA (GRADUAÇÃO) - UNIVERSIDADE
FEDERAL RURAL DO SEMI-ÁRIDO, CURSO DE
AGRONOMIA, 2019.

1. VERMICOMPOSTAGEM. 2. ESTERCO BOVINO. 3.
ESTERCO CAPRINO. 4. CARBONO DA BIOMASSA
MICROBIANA. I. SILVA, EULENE FRANCISCO DA SILVA,
ORIENT. II. TÍTULO.

O serviço de Geração Automática de Ficha Catalográfica para Trabalhos de Conclusão de Curso (TCC's) foi desenvolvido pelo Instituto de Ciências Matemáticas e de Computação da Universidade de São Paulo (USP) e gentilmente cedido para o Sistema de Bibliotecas da Universidade Federal Rural do Semi-Árido (SISBI-UFERSA), sendo customizado pela Superintendência de Tecnologia da Informação e Comunicação (SUTIC) sob orientação dos bibliotecários da instituição para ser adaptado às necessidades dos alunos dos Cursos de Graduação e Programas de Pós-Graduação da Universidade.

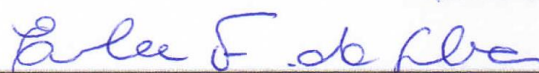
FRANCIMAR MAIK DA SILVA MORAIS

**REPRODUÇÃO E CRESCIMENTO DE MINHOCAS E BIOMASSA
MICROBIANA EM SUBSTRATOS**

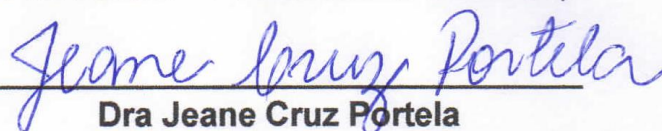
Monografia apresentada à Universidade
Federal Rural do Semi-Árido (UFERSA),
como exigência final para obtenção do
título de Bacharel em Agronomia.

APROVADO EM: 13 / 08 / 2019.

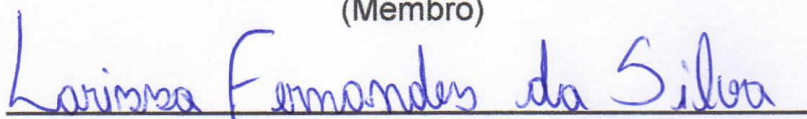
BANCA EXAMINADORA



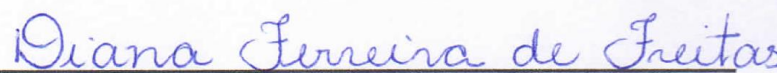
Dra. Eulene Francisco da Silva
(Orientadora – Professora da UFERSA)



Dra Jeane Cruz Portela
(Membro)



Gestora Ambiental Larissa Fernandes da Silva
(Membro)



Dra Diana Ferreira de Freitas
(Membro)

*Dedico este trabalho a minha família
e amigos.*

AGRADECIMENTOS

Em primeiro lugar, agradeço a Deus, que me encoraja e me dá a certeza de que nunca estou só.

Agradeço a minha família, pessoas que sempre me apoiaram e foram presentes na minha educação.

Agradeço à Prof.^a Dra. Eulene Francisco da Silva, por ter me orientado durante um longo período da minha graduação, com dedicação e atenção, deste modo, sendo responsável pelo fim de mais este ciclo da minha vida.

Agradeço a todos membros do GEPES (Grupo de Extensão, Pesquisa e Ensino em Solos), que auxiliaram em todas etapas experimentais, e a PROEC pela bolsa de extensão.

Agradeço a todos amigos que tive o privilegio de conhecer durante este ciclo.

E por fim, agradeço a minha namorada, Simone Cintia, pessoa que mais me ouviu e me ajudou nos momentos difíceis. Obrigado pelo ombro amigo e por todo amor que me dedicou neste período.

“Consagre ao Senhor tudo o que você faz, e os seus planos serão bem-sucedidos.”
Provérbios 16:3

“O temor do Senhor é o princípio da sabedoria.”
Provérbios 9:10

RESUMO

O húmus gerado na vermicompostagem de minhoca tem tido um excelente apelo agronômico por atuar sobre atributos físicos, químicos e biológicos do solo. Dentro atributos biológicos, os substratos têm atuado de forma diferenciada no crescimento e reprodução de minhocas, e na biomassa microbiana. Assim, o objetivo geral deste trabalho foi avaliar a influência de substratos com diferentes proporções de resíduos de origem vegetal e animal na reprodução e crescimento de minhocas (*Eisenia foetida*), bem como analisar seu efeito no carbono da biomassa microbiana na Região Semiárida Potiguar. O trabalho foi realizado juntamente com os agricultores pertencentes à Associação dos Agricultores Familiares da Agrovila Pomar, na MAISA, em Mossoró-RN, Região Semiárida do Brasil. O delineamento experimental utilizado foi em blocos casualizados, em esquema fatorial 6x4, com quatro repetições. Os tratamentos constaram de seis substratos: T1 - Esterco bovino + Folhas de cajueiro (*Anacardium occidentale* L.); T2 - Esterco caprino + Folhas de cajueiro; T3 - Esterco bovino + Folhas catanduva (*Piptadenia moniliformis* Benth.); T4 - Esterco caprino + Folhas catanduva; T5 - Esterco bovino + Folhas de cajueiro + Folhas de catanduva; T6 - Esterco caprino + Folhas de cajueiro + Folhas de catanduva, com quatro datas de avaliação (30, 60, 90 e 120 dias), totalizando 96 unidades experimentais. Para o número de minhocas, índice de multiplicação, e biomassa de minhoca observou-se que os tratamentos T1 (41; 11;16g), T3 (40; 10; 16g) e T5 (49; 12; 17g), respectivamente, foram superiores aos demais tratamentos. Observa-se que independente do resíduo vegetal, o esterco bovino estimulou a multiplicação e o crescimento da minhoca *Eisenia foetida*. O comprimento das minhocas foi um fator genético não sendo estimulado pelo tipo de substrato. A maior oferta de carbono e energia pelo esterco bovino para utilização dos microrganismos, proporcionou maior teor de carbono na biomassa microbiana do substrato. A quantidade do substrato consumida pelas minhocas foi suficiente para aumentar o crescimento e reprodução de minhocas até no máximo de 83 dias com uso do substrato com esterco bovino e, 72 dias para o substrato com esterco caprino. Houve redução linear da biomassa microbiana ao longo de 120 dias de compostagem.

Palavras Chave: Vermicompostagem. Esterco bovino. Esterco caprino. Carbono da biomassa microbiana.

ABSTRACT

The humus produced during earthworm vermicomposting has been excellent for acting physicochemical and biological attributes soil. Within biological attributes, substrates have different actions on earthworm growth and reproduction, and soil microbial biomass. Thus, the objective of this work was to evaluate the influence of substrates with different proportions of residues of plant and animal origin on the reproduction and growth of earthworms (*Eisenia foetida*), as well as, to analyze their effect on soil microbial biomass carbon at semi-arid region from Rio Grande do Norte states, Brazil. The experiment was carried out together with the farmers belonging to the Agrovila Pomar Family Farmers Association, on the MAISA farm, in the municipality of Mossoró-RN. The experimental design was a randomized block design, in 6 x 4 factorial scheme with four repetitions. The treatments consisted of six substrates: T1 - Cattle manure + Cashew tree leaves (*Anacardium occidentale* L.); T2 - Goat manure + Cashew tree leaves; T3- Cattle manure + Catanduva tree leaves (*Piptadenia moniliformis* Benth.); T4 - Goat manure + Catanduva tree leaves; T5 - Cattle manure + Cashew tree leaves + Catanduva tree leaves; T6- Goat manure + Cashew tree leaves + Catanduva tree leaves, with four evaluation dates (30, 60, 90 and 120 days), totaling 96 experimental units. For the number of worms, multiplication index and microbial biomass it was observed that the treatments T1 (41; 11; 16g), T3 (40; 10; 16g) e T5 (49; 12; 17g), respectively, were superior to the other treatments. Regardless of plant residue, cattle manure stimulated the multiplication and growth of the earthworm *Eisenia foetida*. Worm length was a genetic factor not stimulated by substrate type. The largest supply of carbon and energy by cattle manure for use by microorganisms, provided higher carbon content in the substrate microbial biomass. The amount of substrate consumed by earthworms was sufficient to increase earthworm growth and reproduction up to a maximum of 83 days using substrate with cattle manure.and, 72 days for goat manure substrate. There was a linear reduction of microbial biomass over 120 days of composting.

Keywords: Vermicomposting. Cattle manure. Goat manure. Carbon of microbial biomass

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Caracterização química de cada componente utilizado na formulação dos tratamentos analisados.....	25
Tabela 2: Número de minhocas, comprimento, índice de multiplicação, biomassa total e carbono da biomassa microbiana para os respectivos tratamentos analisados, média de 4 repetições.....	30
Tabela 3: Equações ajustadas para estimar os valores máximos de número de minhoca, biomassa total e carbono da biomassa microbiana, no período de 30 a 120 dias de vermicompostagem.....	31

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	12
2	REFERENCIAL TEÓRICO	14
	2.1 Minhoca Vermelha Californiana.....	14
	2.2 Minhoca Versus Ecologia	16
	2.3 Vermicompostagem	17
	2.3.1 Processo, tempo, condições de humificação e qualidade da vermicompostagem	18
	2.4 Crescimento e reprodução de minhoca em função do substrato	19
	2.5 Biomassa microbiana.....	21
3	OBJETIVOS	23
	3.1 Objetivo geral.....	23
	3.2 Objetivos específicos	23
4	MATERIAIS E MÉTODOS.....	24
	4.1 Área de estudo	24
	4.2 Condução e delineamento experimental	24
	4.3 Análise das matrizes quanto à reprodução e crescimento da <i>Eisenia foetida</i>	26
	4.4 Determinação do carbono da biomassa microbiana.....	26
	4.5 Análise estatística	27
5	RESULTADOS E DISCUSSÃO	28
6	CONCLUSÃO	33
7	REFERÊNCIAS	34

1 INTRODUÇÃO

Pesquisas envolvendo resíduos agropecuários são cada vez mais essenciais, principalmente relacionados com o tema de conservação de solo e água. Neste contexto, a reciclagem na agricultura tem se destacado como opção adequada, tanto por reduzir a pressão sobre a exploração dos recursos naturais, como por evitar acúmulo de resíduos no ambiente, além de proporcionar os melhores resultados econômicos. Segundo Amorim et al. (2005), dentre as técnicas do tratamento biológico dos resíduos, a vermicompostagem tem se destacado por apresentar baixos custos de implementação, fácil manuseio e rápido processamento. O composto gerado na vermicompostagem de minhoca tem tido excelente apelo agrônomo por atuar sobre atributos físicos do solo, como aeração, porosidade, densidade e capacidade de retenção de água, além de disponibilizar nutrientes sob formas prontamente assimiláveis pelas plantas, além de enzimas, ácidos húmicos e hormônios vegetais (LIM et al., 2015).

Na vermicompostagem as minhocas, principalmente as detritívoras apresentam capacidade de converter matéria orgânica parcialmente estabilizada em material com melhores qualidades químicas para a utilização agrícola, quando comparado ao material original (KNOWN et al., 2009). Na região semiárida devido à escassez de água, alta temperatura e alta evapotranspiração é recomendada o uso de compostos orgânicos, especialmente no cultivo de frutíferas, sendo o principal composto utilizado o esterco animal. Todavia, a vermicompostagem possibilita o reaproveitamento desse resíduo e ainda associá-lo a outros resíduos de origem vegetal representando uma alternativa de substituição parcial ao uso do esterco, nas situações em que as quantidades desse material são insuficientes para atender à demanda.

Existem entre 240 e 260 espécies de minhocas no Brasil (SCHIEDECK et al., 2006). Mas dentre as poucas espécies que se adaptam em cativeiro para a produção de vermicomposto, apenas duas são mais recomendadas a Gigante Africana (*Eudrilus eugeniae* (Kinberg, 1867)) e Vermelha da Califórnia (*Eisenia foetida*). Dentre essas, a minhoca Vermelha da Califórnia é a mais recomendada para a produção de húmus pois, além de se adaptar facilmente às condições de cativeiro, apresenta capacidade de produção de húmus e uma alta velocidade de reprodução, sendo altamente capaz de se acasalar durante praticamente toda sua existência (OLIVEIRA et al., 2008; RIBEIRO et al., 2012). A *E. foetida* alimenta-se de resíduos semicrus podendo acelerar o seu processo de decomposição, tanto pelo revolvimento dos resíduos, favorecendo sua aeração e

homogeneização, como pelos processamentos químicos que ocorrem em seu trato digestivo (OLIVEIRA et al., 2008).

A atividade reprodutiva das minhocas pode ser influenciada pelas condições ambientais, nutricionais, densidade populacional e substrato (Alencar et al., 2016). Apesar de ser um consenso que essa espécie *E. foetida* apresenta alta capacidade de proliferação, crescimento rápido, elevada resistência e adaptabilidade às condições de cativeiro, na literatura são reportadas diferenças acerca do crescimento e a reprodução dessa espécie de minhoca em função do tipo de substrato e suas misturas (KAUSHIK e GARG, 2003; OLIVEIRA et al., 2008; ALENCAR et al., 2016; BHAT et al., 2016; SHARMA e GARG, 2018; GONGA et al., 2018). De forma geral, o uso de resíduos orgânicos estimula a biomassa microbiana do solo (BMS) e como faz parte do processo de vermicompostagem deve ser quantificada.

A produção orgânica e agroecológica tem ganhado cada vez mais espaço no mercado brasileiro, devido o fato da maior conscientização por parte dos consumidores sobre a importância de uma alimentação mais segura e produzida de forma sustentável. Com isso, passou-se a utilizar o adubo orgânico como forma de restituir ao solo os nutrientes que as culturas absorvem para seu desenvolvimento e produção, onde uma forma de se obter resultado de forma mais rápido é a adição de um material já mineralizados, onde não precisa passar por procedimento de decomposição, desta forma, sendo o húmus o composto mais utilizado com esse intuito. Apesar de todas as vantagens obtidas por esse sistema de produção agroecológico, são poucos os estudos que forneçam dados sobre a qualidade desses compostos, seus efeitos, quais tipos de matéria prima são mais adequados para o processo, qual tempo garante uma melhor mineralização e o efeito do substrato sobre o desenvolvimento e multiplicação das minhocas.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 Minhoca Vermelha Californiana

As minhocas pertencem ao Reino Animalia, Filo Annelida, Classe Oligochaeta, Ordem Haplotaxida e Família Lumbricidae. São animais de corpo alongado, cilíndrico, recoberto por anéis e com algumas cerdas corporais, que auxiliam na locomoção. São animais predominantemente noturnos, ficando enterrados durante o dia e saindo à noite para se alimentar e se acasalar. Não possuem sistema auditivo nem visual, mas algumas células sensoriais estão presentes, captando estímulos mecânicos, químicos, térmicos e luminosos (REYNOLDS, 1994).

No uso da vermicompostagem, a escolha das minhocas é um aspecto importante na evolução do processo, pois de acordo com Reynolds (1994), existem cerca de 7.254 espécies de *Oligochaeta*, das quais cerca da metade (3.627) são minhocas terrestres, com um acréscimo anual médio de 68 espécies novas. Geralmente, são classificadas conforme sua coloração: vermelha e cinzenta. Do grupo vermelho destaca-se a minhoca vermelha (*Lumbricus rubellus*) e a vermelha-da-califórnia (*Eisenia foetida*). Do grupo cinzenta há a minhoca do campo (*Allolobophora caliginosa*) e a minhoca da noite (*Lumbricus ferrestris*) (CARLESSO et al., 2011). No Brasil existem entre 240 e 260 espécies de minhocas (SCHIEDECK et al., 2006). Mas dentre as poucas espécies que se adaptam em cativeiro para a produção de vermicomposto, a Vermelha da Califórnia (*Eisenia foetida*) é a preferida para a produção de húmus pois, além de se adaptar facilmente às condições de cativeiro, apresenta capacidade de produção de húmus e velocidade de reprodução, sendo altamente capaz de se acasalar durante praticamente toda sua existência (OLIVEIRA et al., 2008; CARLESSO et al., 2011; RIBEIRO et al., 2012).

A *Eisenia fétida* ou *Eisenia foetida* mais conhecida como minhoca Vermelha-da-Califórnia ou Minhoca vermelha californiana é uma espécie nativa da Europa que se desenvolve nas camadas superficiais do solo, e se reproduz o ano todo. É hermafrodita e gera grande quantidade de húmus, pois a mesma consegue consumir diariamente o equivalente ao seu peso em matéria orgânica (SCHIEDECK et al., 2006; CARLESSO et al., 2011). Pode medir em média de 6 a 8 cm de comprimento, e apesar de serem hermafroditas, ou seja, possuírem os órgãos sexuais masculinos e femininos no mesmo indivíduo, essa espécie precisa acasalar-se com outra de sua espécie para atingir bons níveis de reprodução. Para reproduzirem, as minhocas precisam estar na idade adulta, o que pode ser verificado pela presença do clitelo bem desenvolvido, as quais atingem essa

condição na fase entre os 40 e 60 dias de vida. Produzem um casulo por período reprodutivo (cada 3 a 7 dias), contendo em seu interior entre 2 a 5 novas minhocas (SCHIEDECK et al., 2006; CARLESSO et al., 2011). Domínguez e Gómez-Brandón, (2010) em uma revisão detalhada sobre a biologia dessa espécie indica que em condições ideais, seu ciclo de vida (desde o momento em que o casulo é depositado até próxima geração) variam de 45 a 51 dias. Os juvenis atingem a maturidade entre 21 a 30 dias. As cópulas ocorrem perto da superfície e a postura inicia-se por volta de 48 horas após a cópula. A taxa de produção é de 0,35-0,5 casulos por dia. A eclodibilidade é de 72 a 82% e o tempo de incubação varia de 18 a 26 dias. O número de descendentes por casulo varia entre 2,5 e 3,8, dependendo da temperatura.

Quanto a temperatura e umidade, a *E. foetida* tolera uma ampla faixa, o que a torna muito resistente e, conseqüentemente, uma espécie dominante em culturas mistas. A temperatura ótima para seu crescimento é de 25°C, sendo que a 32°C desde o nascimento inibe o seu crescimento todavia, se esta temperatura for precedida por um período de crescimento normal a 25-28°C por um mês ou mais, o crescimento pode continuar a 32°C. A temperatura crítica em que ocorre a morte é de 33,3°C, embora indivíduos que foram aclimatados gradualmente possam estar ativos após 11 dias a 35°C (DOMÍNGUEZ & GÓMEZ-BRANDÓN, 2010).

Embora possa tolerar uma ampla faixa de umidade, o conteúdo ótimo de umidade dessa espécie é em torno de 80 a 85%. Alguns indivíduos sobreviveram a períodos de imersão total acima de 6 meses. Em resposta a condições de umidade e temperatura, este verme pode ter diferentes estratégias biológicas como períodos de inatividades (diapausa) ou regressões no seu ciclo de vida, embora isto não tenha sido estudada. Na diapausa, o corpo do verme é fortemente torcido e imóvel, e permanece nesse estado até que as condições ambientais sejam novamente favoráveis (DOMÍNGUEZ e GÓMEZ-BRANDÓN, 2010).

Os anelídeos suportam bem a área mais fria da base do composto e por isso se proliferam rapidamente. As minhocas começam a atacar pela base o composto e vão subindo pela pilha à medida que vai se decompondo a matéria, e conforme toleram a temperatura que é em torno de 13 a 22 °C a mais ideal, tendo preferência por matéria orgânica pouco ácida e sem cheiro forte. (MARCONDES, 1994). Como todas as outras espécies de minhocas, não possuem olhos, sofre de fotofobia não toleram a luz solar, sendo mortal, devido à rápida desidratação, pois essas perdem calor rapidamente pela pele

ficando ressecadas, dificultando a respiração cutânea (elas absorvem o oxigênio pela pele e liberam o dióxido de carbono) (BRITO et al., 2007).

2.2 Minhoca Versus Ecologia

As minhocas vivem no solo, especialmente em áreas com cobertura vegetal, matéria orgânica umidade. Correspondem a um dos principais grupos de organismos edáficos atuantes nos processos de movimentação de partículas e ciclagem de nutrientes, sendo essenciais para melhoria das características agronômicas do solo bem como a manutenção da sustentabilidade dos agroecossistemas (STEFFEN et al., 2013). Por meio da constante movimentação e atividade de ingestão de solo e resíduos orgânicos, constroem galerias que contribuem com o aumento da aeração e da taxa de infiltração de água no solo. A liberação de excrementos na superfície e no interior do solo modifica positivamente sua estrutura e fertilidade. A densidade e diversidade de minhocas em agroecossistemas pode ser determinada por diferentes métodos de extração.

Algumas espécies de minhocas, por apresentarem sensibilidade a alterações de uso e manejo do solo são excelentes bioindicadoras ambientais, representando importante ferramenta para avaliação de impactos em ecossistemas. Em termos químicos, o vermicomposto auxilia na disponibilidade no teor de nitrogênio, cálcio, potássio, magnésio e fósforo. Em relação a fatores físicos aumenta a aeração, drenagem, retenção de água e nutrientes, e biologicamente, propicia a ativação microbiológica e o aumento da bioestrutura do solo (VENTURINI et al., 2003).

As minhocas são classificadas de acordo com a sua capacidade de atividade no solo e também por sua estratégia alimentar, no que toca a sua atividade no solo elas são divididas em três grupos diferentes, tais quais: epigéicas, endogéicas e anécicas (STEFFEN et al., 2013). Ecologicamente, as minhocas epigéicas vivem mais nas superfícies do solo, chegando até 10 cm do mesmo, seu tamanho é relativamente pequeno e têm uma taxa de reprodução alta, no entanto sua expectativa de vida é curta, sua alimentação vai ser por meio de matéria orgânica em nível de decomposição primário. As minhocas endogéicas são as maiores e têm uma pigmentação mais acentuada, vivem mais e se reproduzem menos e são as minhocas que têm mais espécies sendo as responsáveis pela maior parte da agregação e estabilidade da matéria orgânica no solo, sua alimentação pode ser por meio de matéria orgânica e também de solo minerais. E por fim as anécicas geralmente são grandes e seu habitat é em galerias verticais em pelo menos 40 cm ou

mais de profundidade, têm o hábito de se alimentar durante a noite por matérias orgânicas em níveis de decomposição intermediário (ESTEVES, 2018; STEFFEN et al., 2013).

Segundo Esteves (2018), as minhocas possuem enzimas digestivas (lipases, celulasas, amilases e proteases) que são capazes de degradar biomoléculas complexas em elementos simples permitindo uma conversão bioquímica de várias macromoléculas presentes na matéria orgânica. É importante destacar que as minhocas também possuem exoenzimas, que são produzidas pelos microrganismos que terão o papel de aumentar a degradação da matéria orgânica e também a apropriação de nutrientes pela minhoca.

2.3 Vermicompostagem

A compostagem é um processo natural de decomposição aeróbica, em que há desprendimento de gás carbônico, água (na forma de vapor) e energia por causa da ação de microrganismos, onde parte da energia é usada pelos microrganismos para crescimento e movimento, e o restante é liberado como calor, que se procura conservar na compostagem. O composto, produto da compostagem, é um material homogêneo e relativamente estável (STEVENS, 2014).

O vermicomposto é um produto orgânico transformado e estabilizado por minhocas, rico em ácidos húmicos. Neste processo, as minhocas são os agentes decompositores e, requer pouco consumo de energia, além de fornece material estabilizado em tempo menor, se comparado com a compostagem (ANTUNES, 2009, ANTUNES et al., 2016). A vermicompostagem tem a vantagem de ter um baixo custo de capital e de operação, simplicidade de ação e eficiência relativamente alta. A acelerada humificação do vermicomposto reflete em um decréscimo da relação C/N e aumento de nutrientes minerais (N, P e K) e está relacionada com a mineralização da MO pelas minhocas (ATIYEH et al., 2001; COTTA et al., 2015).

Durante a vermicompostagem ocorre a transformação de matéria orgânica recente em matéria orgânica estabilizada, através da ação das minhocas junto com a microflora que vive em seu trato digestivo (EDWARDS, 1995). No intestino das minhocas, os restos orgânicos que não foram digeridos, bem como, os que não foram assimilados, são expelidos juntamente com as partículas de solo, na forma de um composto orgânico rico em nutrientes, que recebe o nome de coprólito, transformada em uma matéria orgânica mais lábil, de mais fácil assimilação pela rizosfera (EDWARDS, 1995).

2.3.1 Processo, tempo, condições de humificação e qualidade da vermicompostagem

A vermicompostagem deve ser feita em local com mínima variação de temperatura, escolhendo materiais que permitam boas condições para o crescimento das minhocas. A primeira fase desse processo ocorre sob atuação mecânica e enzimática do intestino das minhocas e de microrganismos que ali vivem, envolvendo redução de tamanho e da complexidade. Materiais ureídeos, muco e açúcares podem ser incrementados na estrutura do vermicomposto. Após expelido do intestino das minhocas, o vermicomposto passa para a fase de cura, em que continuam tendo transformações por microrganismos do meio externo ao corpo das minhocas, para redução da estrutura e da complexidade, são liberados íons que podem servir de nutrientes para as plantas (PANDEY et al., 2017). Quando o vermicomposto está pronto para uso, apresentam cheiro de solo ou de mofo com aspecto de pó de café, e de coloração mais escura possível. Ao ser apertado nas mãos, não libera água, mas mantém o aspecto úmido, sem sujar as mãos.

A vermicompostagem dos resíduos representa um ganho no tempo e na qualidade do produto final. Em comparação com a compostagem tradicional, a presença de muco intestinal das minhocas acelera a taxa de liberação de minerais e a taxa de humificação. Além disso, a presença de muco estimula o crescimento e atividade bacterianos, principalmente sobre resíduos vegetais e frutas (HUANG e XIA, 2018). Materiais como, restos de alimentos e resíduos vegetais, ficam prontos em média após 90 dias.

Quanto à humificação, as boas condições para a vermicompostagem são aquelas adequadas para o crescimento, reprodução e alimentação das minhocas. Segundo Ibrahim et al. (2016), as condições ideais de pH são variáveis desde de 5,0 a 9,0 dependendo da espécie. A umidade está em torno de 80 a 90% com limite mínimo de 60%, desde que se mantenha as condições de aerobiose. A temperatura ótima para seu crescimento é de 25°C, como também, preferem ambientes escuros.

A qualidade do vermicomposto pode ser aferida e o teor de carbono deve estar em torno de 50%, as substâncias húmicas e nutrientes devem ser estáveis dando indicativo do fim dos processos de estabilização das mesmas. A relação C:N ideal é de 18:1, as partículas ficam com tamanho de 30-50% menores que os materiais iniciais, aumentando a área superficial (PANDEY et al., 2017). Associado a isso, deve-se ter ausência de patógenos, ter uma textura fibrosa, esponjosa e granular. Deve ter porosidade para retenção de água, aeração suficiente para manutenção da respiração das raízes das plantas e permitir boa drenagem, quando necessário (PANDEY et al., 2017).

É importante destacar que as minhocas conseguem produzir vermicomposto em grande escala, sendo que do alimento consumido em média 40% será utilizado em seu esqueleto carbônico e o restante será biotransformado em húmus e excretado, sendo um material orgânico rico em nitrogênio, fósforo, potássio, cálcio, enxofre e magnésio (BORALI, 2000).

2.4 Crescimento e reprodução de minhoca em função do substrato

A espécie *Eisenia foetida* Savigny (1826) apresenta uma alta capacidade de proliferação, crescimento rápido, elevada resistência e adaptabilidade às condições de cativeiro, além de sobreviver em ambientes ricos em materiais em compostagem e esterco de animais (AQUINO e NOGUEIRA, 2001). Como matéria prima mais comuns para produção de vermicompostos são utilizados todos os tipos de dejetos animais, resíduos de plantas, lodos, resíduos domésticos, restos de frutas e verduras. No entanto, alguns materiais não são recomendados para produção do vermicomposto, por serem de difícil e lenta decomposição como carnes, ossos, graxa, laticínios e manteigas. Fezes humanas e de cachorros não são recomendadas por serem potenciais transmissoras de doenças. (MORAES et al., 2017).

A alimentação é necessária a cada 3 a 5 dias, com uma taxa de alimentação diária ideal de 0,75 kg de alimento/kg de minhoca/dia (LOH et al., 2005; NDEGWA et al., 2000). A superalimentação deve ser evitada, pois pode levar a uma fermentação excessiva no resíduo e causando sua morte. Além disso, a superalimentação pode atrair ácaros, que competem com minhocas por alimento (NDEGWA et al., 2000). A restrição alimentar também provocada pela superpopulação é um dos fatores relacionados à diminuição da biomassa e produção de casulos de minhocas (Suthar, 2012).

Avaliando a eficiência de diversos substratos constituídos à base de dejetos de animais e resíduos vegetais, Alencar et al. (2016), constataram após 60 dias de avaliação que a adição de esterco curtido de cama de galinha de corte composto por casca de arroz favoreceu uma alta taxa de multiplicação das minhocas (46,50) e um maior número de minhocas jovens (274) de *Eisenia foetida*. Antonioli et al. (2009), observaram que a adição de casca de arroz inteira, moída ou carbonizada adicionada ao esterco bovino favoreceu a multiplicação e o crescimento da *Eisenia foetida*, proporcionando maior crescimento de organismos jovens, adultos e maior multiplicação das minhocas. Farias et al. (2018), em experimento com diversos substratos orgânicos observaram que ao associar

esterco bovino, ovino, caprino e composto orgânico obtiveram maior número de adulto jovem (414) e maior índice de multiplicação (82,8) do que com esterco bovino isolado.

Analisando diferentes tipos de esterco de animais na vermicompostagem atuando no crescimento e reprodução *E. foetida*, Loh et al. (2005), constataram que para a biomassa da minhoca e desempenho reprodutivo, em termos de crescimento, número, produção de casulo/minhoca, e minhocas jovens após 5 semanas de experimento foram maiores no esterco bovino do que no esterco caprino, segundo os autores devido ao ambiente mais nutritivo e amigável, “*nutritious and friendly environment*”, para as minhocas. Todavia, a eclodibilidade dos casulos não foi afetada pelos esterco.

Além do tipo de substrato, a proporção do substrato utilizada pode ter efeito nulo, negativo ou positivo no crescimento e a reprodução da minhoca. Steffen *et al.* (2010), verificaram que a adição de casca de arroz bruta não melhorou a biomassa final de minhocas quando misturada ao esterco bovino em proporções de 25 e 50%. Na mistura de resíduos de papel ao esterco bovino em percentuais superiores a 30% provocou redução em todos os parâmetros biológicos quando comparado ao esterco sem mistura (GUPTA e GARG, 2009).

Analisando diferentes proporções de lodo de curtume e esterco bovino, Malafaia et al. (2015) observaram que a densidade de minhocas sofreu um decréscimo linear com o aumento das doses de lodo, todavia, a biomassa teve um comportamento quadrático, aumentando até a dose de 25% de lodo + 75 % de esterco, sofrendo posteriormente um decréscimo com o aumento das doses de lodo. Ressalta-se que neste experimento a dose com 100% de lodo de cortume constatou-se 100% de mortalidade após 24 horas. Independente do tratamento após o 90º dia verificou-se diminuição na população de minhoca, sendo essa diminuição relacionada ao esgotamento de material alimentício disponível para as minhocas.

Na análise de diferentes proporções de esterco bovino, casca de amendoim e borra de café, Zibetti et al. (2015) verificaram que a adição de borra de café (25%) ao esterco bovino (75%) aumentou a biomassa total e indicou uma tendência de aumento na produção de casulos, enquanto a casca de amendoim não influenciou essas variáveis. Segundo Mussatto et al. (2012), a borra de café contém açúcares como manose, galactose e arabinose, além de celulose; esses compostos podem ter enriquecido o alimento proporcionando às minhocas melhores condições de crescimento em biomassa.

Os resultados contraditórios podem ser explicados a partir do entendimento que o tipo e a proporção de materiais estruturantes utilizados podem influenciar a biologia das

minhocas, bem como a taxa de mineralização do resíduo orgânico, além de minimizar a concentração de gases tóxicos gerados no próprio processo de degradação (SUTHAR, 2009).

Vários resíduos diferenciados tem sido testado como substrato para vermicompostagem, dentre eles o Biochar que é um produto carbonaceo resultante da pirólise lenta de biomassa rica em carbono sob condições de baixo oxigênio (Zhang e Sun, 2014). Avaliando o efeito do biochar de bambu na vermicompostagem de resíduos verdes com a minhoca *Eisenia fétida*, Gong et al. (2018) observaram que a adição desse biocarvão aumentou ($P < 0,05$) a biomassa das minhocas, número de juvenis, e a adição de 6% de adição de biochar (p/p) promoveu maior crescimento das minhocas. Além disso, aumentou as atividades da desidrogenase, celulase, urease e fosfatase alcalina. Comparado com o controle, taxa de degradação de lignina foi aumentada até 13,89% pela adição de biochar. Malińska et al. (2016), observaram que a adição de biochar à mistura de lodo de esgoto e palha de trigo antes da compostagem aumentou o crescimento, número médio de casulos, número de minhocas e resultou em maiores taxas de reprodução de *E. fétida* durante a vermicompostagem em laboratório.

Outro substrato diferente utilizado na vermicompostagem é o uso do lodo resultante das operações de tingimento e impressão têxteis. Kaushik e Garg (2003) utilizando uma mistura de lodo têxtil misturado com esterco de vaca observaram que o alta proporção de lodo têxtil nas misturas da ração (até 80%) promoveram uma diminuição na sobrevivência e crescimento de *E. foetida*, além de atrasar a maturidade sexual e a reprodução. Isto mostra a sensibilidade dessa minhoca ao substrato. Godoy et al. (2009), constataram que mesmo sem o uso de dejetos de animais, a associação de bio sólidos, grama de poda e a serragem de madeiras promoveram um crescimento populacional satisfatório, havendo um potencial incremento de sua biomassa de *E. foetida*.

2.5 Biomassa microbiana

A biomassa microbiana é definida como a parte viva da matéria orgânica do solo (MOS) e representa cerca de 1-5% dos materiais orgânicos do solo. São considerados todos os organismos de tamanho inferior a $5 \times 10^3 \mu\text{m}^3$, como os fungos, bactérias, actinomicetos, leveduras e representantes da microfauna como os protozoários (MOREIRA e SIQUEIRA, 2006). Os microrganismos participam de forma direta na decomposição da matéria orgânica, sendo um dos responsáveis pelo ciclo biogeoquímico dos nutrientes, e assim, mediando sua disponibilidade no solo (BALOTA et al., 1998),

considerada como depósito de nutrientes de extrema importância para as plantas (GRISI e GRAY, 1986).

A biomassa microbiana ao decompor e mineralizar resíduos orgânicos utiliza-os como fonte de nutrientes e energia para manutenção e multiplicação celular, podendo torna-los, em algumas situações, temporariamente indisponíveis no solo. Por isso, estimativas da biomassa microbiana têm sido usadas em estudos de fluxo de C e N, possibilitando a associação da quantidade de nutrientes imobilizados e a atividade da biomassa microbiana com a fertilidade e o potencial de produtividade do solo (ASSIS et al., 2003; GAMA-RODRIGUES e GAMA-RODRIGUES, 2008). Geralmente, o “turnover” de C e N na biomassa microbiana é muito rápido, ocorrendo alterações nesse compartimento antes que essas possam ser detectadas por C e N total, por isso, tem sido usada como bioindicador de manejos agrícolas (DADALTO et al., 2015; FERREIRA et al., 2017).

De forma geral, o uso de resíduos orgânicos, especialmente esterco de animais na agricultura estimulam a biomassa microbiana do solo (BMS). Müller et al. (2014) observaram que tanto o uso de esterco bovino, quanto de aves, proporcionaram aumento na carbono da BMS. No processo de vermicompostagem, as minhocas envolvidas no sistema geralmente estimulam indiretamente às populações microbianas por meio da fragmentação homogeneização da matéria orgânica, a qual resulta em uma maior área superficial disponível para colonização microbiana e sua decomposição, ou modificando a atividade microbiana da biomassa por meio da digestão, estimulação e dispersão no substrato. (DOMÍNGUEZ, 2004). Aira et al. (2007) observaram que a presença de minhocas aumentou o carbono da biomassa microbiana durante a vermicompostagem, independentemente da taxa de aplicação de lama contendo esterco de porco.

3 OBJETIVOS

3.1 Objetivo geral

Avaliar a influência de substratos com diferentes proporções de resíduos de origem vegetal e animal na reprodução e crescimento de minhocas (*Eisenia foetida*), bem como analisar seu efeito no carbono da biomassa microbiana na Região Semiárida Potiguar.

3.2 Objetivos específicos

- Verificar qual combinação de substratos permitem um maior número, crescimento e biomassa total de minhocas;
- Determinar qual combinação de substratos assegura um vermicomposto de melhor qualidade;
- Encontrar o período ideal de vermicompostagem para obter um vermicomposto de boa qualidade.

4 MATERIAIS E MÉTODOS

4.1 Área de estudo

O experimento foi implantado na sede da Associação dos Agricultores Familiares da Agrovila Pomar-ASSAF, na fazenda Maísa. Este Assentamento é resultado do Programa Nacional de Reforma Agrária, desenvolvido pelo Instituto Nacional de Colonização e Reforma Agrária (INCRA) fundado oficialmente no ano de 2004. Está localizada em Mossoró-RN, situada a 5° 11' de latitude S e 37°20' de longitude W, a 18 m de altitude. O clima do local segundo Köppen classifica-se como BSh, semiárido com temperatura média anual de 26,5 °C. A precipitação pluvial média anual é de 700 mm, com maior intensidade nos meses de fevereiro a junho e vegetação caatinga (ALVAREZ et al., 2014). Localizada na microrregião da Chapada do Apodi, possui quanto à estratigrafia representada na base, pelo arenito Açú e, no topo, pelo Calcário Jandaíra que ocorre em quase todo o seu domínio.

4.2 Delineamento experimental e condução

O delineamento experimental utilizado foi em blocos casualizados, em esquema fatorial 6x4, com quatro repetições. Os tratamentos constaram de seis substratos: T1 - Esterco bovino + Folhas de cajueiro (*Anacardium occidentale* L.); T2 - Esterco caprino + Folhas de cajueiro; T3 - Esterco bovino + Folhas catanduva (*Piptadenia moniliformis* Benth.); T4 - Esterco caprino + Folhas catanduva; T5 - Esterco bovino + Folhas de cajueiro + Folhas de catanduva; T6 - Esterco caprino + Folhas de cajueiro + Folhas de catanduva, com quatro datas de avaliação (30, 60, 90 e 120 dias), totalizando 96 unidades experimentais.

Após a instalação do experimento, o acompanhamento foi realizado semanalmente, sendo os agricultores responsáveis pela irrigação do experimento. O vermicomposto gerado no experimento foi analisado nos laboratório de Análise de Solo, Água e Planta (LASAP/Solos) da Universidade Federal Rural do Semi-Árido (UFERSA).

As unidades experimentais utilizadas foram vasos de polietileno, com capacidade de 8 litros contendo drenos de 0,5 cm no fundo. Cada vaso foi forrado com material de polipropileno com malha de 1 mm e tamanho de 25 x 25 cm, para impedir a fuga das minhocas e a entrada de formigas. Os vasos foram mantidos ao ar livre na temperatura ambiente sob sombra de árvores, semelhante aos conduzidos pelos produtores no seu cotidiano, para se ter a máxima aproximação da realidade do produtor. Os vasos foram trocados de posição uma vez por semana no sentido horário. Essas trocas foram feitas em

blocos, para que todas as repetições dos tratamentos passassem por diferentes locais no habitat. Nos dias que a luminosidade foi intensa ou sobre chuva forte, os vasos foram cobertos com lona plástica preta para proteção da luz que causa a repulsa das minhocas, por serem animais fotofóbicos.

Os vasos foram montados com proporções equivalentes de materiais aos experimentos realizados em grande escala dos produtores, sendo que para os T1 e T2 com folhas de cajueiro foram utilizados: T1 - 25g folha de cajueiro e 800g esterco bovino; T2 - 25g folha de cajueiro e 500g esterco caprino. Para os tratamentos com folhas de catanduva foram utilizados: T3- 25g folha de catanduva e 800g Esterco bovino; T4- 25g Folha de catanduva e 500g Esterco caprino. Nos tratamentos que foram realizados as misturas das folhas utilizaram-se: T5 -12,5g Folha de cajueiro, 12,5g folha de catanduva e 800g Esterco bovino; T6 - 12,5g Folha de cajueiro, 12,5g folha de catanduva e 500g Esterco caprino. Os matérias utilizados na formulação dos substratos são caracterizados na tabela 1.

Tabela 1: Caracterização química de cada componente utilizado na formulação dos tratamentos analisados, Mossoró-RN, 2019.

Resíduos orgânicos	pH	CE -(dS m ⁻¹)-	Lignina ---(%)--	C -----g Kg ⁻¹ -----	N	P	K
Esterco bovino	7,1	0,7	22,2	56,6	45,1	0,7	6,5
Esterco caprino	8,5	2,4	2,0	15,3	29,8	0,2	8,3
Folha de catanduva	4,2	0,5	32,5	52,4	20,5	0,1	1,5
Folha de cajueiro	5,9	0,5	35,2	57,12	30	0,05	6,2
Resíduos orgânicos	Ca -----g Kg ⁻¹ -----	Mg	Na	Fe -----g Kg ⁻¹ -----	Mn	Zn -----g Kg ⁻¹ -----	Cu
Esterco bovino	0,3	0,07	352	114	17	9,8	0,4
Esterco caprino	0,1	0,05	218	242	5,7	5,9	1
Folha de catanduva	0,1	0,03	146	482	20	3,2	1,2
Folha de cajueiro	0,4	0,07	589,6	141,7	30	2,5	0,7

C- Carbono. N- Nitrogênio. P- Fósforo. K- Potássio. Ca- Cálcio. Mg- Magnésio. Na- Sódio. Fe- Ferro. Mn- Manganês. Zn- Zinco. Cu- Cobre.

4.3 Análise das matrizes quanto à reprodução e crescimento da *Eisenia foetida*

A matriz de minhocas vermelha californiana (*Eisenia foetida*) foi cedida pela presidente da ASSAF, no qual apresenta um comprimento médio entre 9 e 12 cm o que é considerado tamanho da fase adulta, podendo estar ou não, em plena atividade reprodutiva (caracterizadas pela presença do clitelo). Sua escolha foi baseada no comportamento peregrino, sua fácil colonização de áreas compostas por quantidades elevadas de matéria orgânica e a capacidade de adaptação a variações de temperatura (EDWARDS e ARANCON, 2004).

Em cada unidade experimental foram adicionadas 5 minhocas, não lavadas previamente para evitar o estresse, mas com auxílio de um pincel de cerdas finas e delicadas, retiradas o excesso de sujeira aderido ao corpo. Em seguida a biomassa foi determinada em balança para serem, então, colocadas nos vasos contendo o resíduo orgânico umedecido próximo a capacidade de campo.

Em cada data de avaliação (30, 60, 90 e 120 dias), os vasos foram “desmontados” e o conteúdo dos vasos depositado em bandejas plásticas, nas quais as minhocas foram separadas manualmente. Posteriormente, realizou-se as determinações dos níveis populacionais remanescentes, número de indivíduos por vaso, tamanho médio de cinco maiores minhocas (cm) com auxílio de régua e biomassa total utilizando balança com precisão, determinando também, o índice de multiplicação das minhocas (população final / população inicial) (FARIAS et al., 2018).

4.4 Determinação do carbono da biomassa microbiana

O carbono da biomassa microbiana (CBM) foi determinado pelo método de irradiação-extração por micro-ondas. Nessa metodologia, 10g de vermicomposto com umidade ajustada para 60% sofreram irradiação de micro-ondas, recebendo 800J g⁻¹ durante 96 s, em duas etapas, e outras não foram irradiadas. O carbono das amostras irradiadas e não irradiadas foi extraído com K₂SO₄ a 0,5mol L⁻¹ na razão 1:2,5 vermicomposto: extrator. A dosagem de carbono nos extratos foi realizada pela reação com K₂Cr₂O₇ 0,17mol L⁻¹ e 5ml de H₂SO₄ concentrado e titulação com Fe₂SO₄NH₄ 0,03mol L⁻¹. O cálculo do CBM foi obtido pela diferença entre os teores de C das amostras irradiadas e as amostras não irradiadas, sendo adotado valor de K_c igual a 0,213 (ISLAM e WEIL, 1998), que corresponde à fração da CBM extraída pela solução de K₂SO₄ 0,5mol L⁻¹.

4.5 Análise estatística

A análise estatística foi realizada com auxílio do programa SAEF 9.0 aplicando-se análise de variância por meio do teste F, e, em seguida, os dados foram comparados por meio do teste de Tukey à 5% e regressão.

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os dados analisados estatisticamente apresentaram interação entre os dias de avaliação e tratamentos, portanto para análise qualitativa foi feita o teste de média e para os dados quantitativos a regressão.

Na Tabela 2 encontram-se os resultados para número de minhocas, comprimento, e biomassa total de minhocas, além do carbono da biomassa microbiana do vermicomposto, nos diferentes substratos de origem vegetal e animal. Analisando-se o número de minhocas e o índice de multiplicação, respectivamente, observou-se que nos tratamentos T1 (41; 11), T3 (40; 10) e T5 (49; 12) houve uma superioridade em relação aos demais tratamentos (Tabela 2). Independente do resíduo vegetal, nota-se que o esterco bovino estimulou a multiplicação das minhocas. A biomassa total de minhoca seguiu a mesma tendência do número de minhocas com superioridade dos tratamentos T1 (16g), T3 (16g) e T5 (17g) em relação aos demais tratamentos (Tabela 2). Todavia, o comprimento das minhocas não foi estimulado pelo tipo de substrato e não foi encontrado diferença estatística significativa entre os tratamentos sendo a média em torno de 12,7 cm, notando que esse fator é mais genético do que em relação à oferta de substrato.

Tabela 2: Número de minhocas, comprimento, índice de multiplicação, Biomassa total e carbono da biomassa microbiana para os respectivos tratamentos analisados, média de 4 repetições, Mossoró-RN, 2019.

Tratamento	Nº de minhocas	Índice de multiplicação	Comprimento (cm)	Biomassa total (g)	CBM ($\mu\text{g g}^{-1}$)
T1	41 B	11 A	13 A	16 A	8.819 AB
T2	18 C	5 B	11 A	8 B	7.724 BC
T3	40 B	10 A	13 A	16 A	9.262 A
T4	16 C	4 B	13 A	9 B	7.363 C
T5	49 A	12 A	13 A	17 A	9.786 A
T6	22 C	5 B	13 A	9 B	7.461 BC

CBM- Carbono da biomassa microbiana. T1 - Esterco bovino + Folhas de cajueiro (*Anacardium occidentale* L.); T2 - Esterco caprino + Folhas de cajueiro; T3 - Esterco bovino + Folhas catanduva (*Piptadenia moniliformis* Benth.); T4 - Esterco caprino + Folhas catanduva; T5 - Esterco caprino + bovino + Folhas de cajueiro; T6 - Esterco caprino + bovino + Folhas de Catanduva. Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey. a 5% probabilidade.

O esterco caprino ao ser trazido do campo notou-se uma grande quantidade de areia em sua composição, fato que refletiu no menor teor de C ($15,3 \text{ g kg}^{-1}$) em relação ao esterco bovino ($56,6 \text{ g kg}^{-1}$), na maior densidade e na menor aeração dos tratamentos T2, T3 e T5, reduzindo assim, a oferta de substrato para as minhocas, o que pode ter

ocasionado menor multiplicação e menor ganho de massa corpórea. Além disso, devido a menor oferta do esterco caprino, os agricultores ao utilizar esse substrato colocam uma menor proporção para vermicompostagem, o que também pode ter influenciado negativamente na multiplicação e biomassa das minhocas.

Mesmo assim, nota-se na literatura que o esterco bovino é uma excelente fonte de alimento para a *E. foetida*, resultado também obtido por Reinecke e Viljoen, (1990). Este fato também foi observado por Antonioli et al. (2009) que constatou que a adição de casca de arroz inteira, moída ou carbonizada adicionada ao esterco bovino, favoreceu o crescimento da *Eisenia foetida*, proporcionando maior crescimento de organismos jovens, adultos e maior multiplicação das minhocas.

Ao avaliar esterco de diferentes animais na vermicompostagem e sua interferência no crescimento e reprodução da *E. foetida*, Loh et al. (2005), observaram que o esterco bovino comparado ao caprino proporcionou melhores condições para desempenho reprodutivo e biomassa de minhoca, e maiores quantidades em número de minhocas, produção de casulo/minhoca, e minhocas jovens após 5 semanas de experimento. Os autores caracterizaram o esterco bovino como ambiente agradável para as minhocas, atribuindo seu melhor desempenho ao maior teor de N.

Analisando diferentes proporções de resíduos de palha de arroz, papel e esterco bovino, Sharma e Garga, 2018 observaram que na proporção de 90% + 10% de esterco e palha, respectivamente, foi registrada as maiores biomassa máxima ($1501,7 \pm 6,57$ mg/minhoca), ganho de biomassa líquida/minhoca ($1176,3 \pm 20,94$ mg), taxa de crescimento/minhoca/dia ($15,7 \pm 0,28$ mg) e número total de minhoca jovens ($247,0 \pm 13,11$) sendo a biomassa máxima atingida entre o 60º e o 75º dia na maioria dos vermicompostos. O menor desempenho foi registrado quando diminui a quantidade de esterco, ou seja, proporção de 50% + 50% (esterco + palha, respectivamente).

Similarmente ao ocorrido com o crescimento das minhocas, o carbono da biomassa microbiana também foi maior nos tratamentos T1 ($8.819 \mu\text{g g}^{-1}$), T3 ($9.262 \mu\text{g g}^{-1}$) e T5 ($9.786 \mu\text{g g}^{-1}$), porém entre o tratamento T1, T2 ($7.724 \mu\text{g g}^{-1}$) e T6 ($7.461 \mu\text{g g}^{-1}$) não houve diferença significativa. Nota-se que a presença de maior quantidade de minhoca favoreceu também a biomassa microbiana. Quanto ao tipo de matéria vegetal misturado ao esterco, percebe-se que esse não interferiu no aumento da população microbiana, assim como ocorreu no trabalho realizado por Nascimento et al., (2015). Todavia, aconselha-se adicionar o material vegetal ao substrato a ser humificado, uma

vez que, proporciona melhor aeração e menor densidade do substrato, o que permite melhores condições para a vida microbiana.

No processo de vermicompostagem, as minhocas envolvidas no sistema, geralmente estimulam indiretamente às populações microbianas por meio da fragmentação e homogeneização da matéria orgânica, a qual resulta em uma maior área de superfície disponível para colonização microbiana e sua decomposição, ou modificando a atividade microbiana da biomassa através da digestão, estimulação e dispersão no substrato. (DOMÍNGUEZ, 2004). Analisando biomassa microbiana e vermicompostagem Aquino et al. (2005) observaram que aos 26 dias após a vermicompostagem, o substrato esterco bovino apresentou maior valor de biomassa microbiana, possivelmente pela maior oferta de C e energia para utilização dos microrganismos.

Analisando cada tratamento dentro do tempo de avaliação, na tentativa de obter o período ideal de vermicompostagem para minhoca e biomassa microbiana nota-se que, a maioria dos dados de reprodução e crescimento de minhoca tiveram ajustes quadráticos, e a maioria dos dados de carbono da biomassa microbiana tiveram ajustes lineares (Tabela 3).

Tabela 3: Equações ajustadas para estimar os valores máximos de número de minhoca, biomassa total e carbono da biomassa microbiana, no período de 30 a 120 dias de vermicompostagem. Mossoró-RN, 2019.

Características		Equação	R ²	dy/dx	Quantidade máxima
Número de minhocas	T1	$\hat{y} = -1,721 + 1,986*x - 0,0142*x^2$	0,82	70	68
	T2	$\hat{y} = 4,843 + 0,895**x - 0,00756**x^2$	0,91	59	31
	T3	$\hat{y} = 0,329 + 1,486**x - 0,00921*x^2$	0,88	81	60
	T4	$\hat{y} = 3,393 + 0,786*x - 0,00645*x^2$	0,63	61	27
	T5	$\hat{y} = -0,886 + 1,860*x - 0,0114*x^2$	0,63	83	75
	T6	$\hat{y} = 3,029 + 0,826*x - 0,00573*x^2$	0,61	72	33
Características		Equação	R ²	dy/dx	Comprimento máximo
Comprimento	T1	$\hat{y} = 10,587 + 0,158**x - 0,00130**x^2$	0,92	61	15,39
	T2	$\hat{y} = 12,113 + 0,0742*x - 0,000954*x^2$	0,79	39	13,32
	T3	$\hat{y} = 10,989 + 0,159**x - 0,00143**x^2$	0,91	56	15,41
	T4	$\hat{y} = 12,890 + 0,144*x - 0,00168*x^2$	0,72	43	15,99

	T5	$\hat{y} = 13$	-	-	-
	T6	$\hat{y} = 12,414 + 0,136*x - 0,00155*x^2$	0,74	44	15,40
Características		Equação	R ²	dy/dx	Biomassa máxima
Biomassa total	T1	$\hat{y} = 3,66 + 0,528*x - 0,00351*x^2$	0,64	75	41,29
	T2	$\hat{y} = 5,842 + 0,210*x - 0,00200*x^2$	0,97	52	11,35
	T3	$\hat{y} = 3,673 + 0,439*x - 0,00258*x^2$	0,72	85	22,92
	T4	$\hat{y} = 9$	-	-	-
	T5	$\hat{y} = 17$	-	-	-
	T6	$\hat{y} = 9$	-	-	-
Características		Equação	R ²	dy/dx	Teor Máximo de Carbono
CBM	T1	$\hat{y} = 14578,2 - 95,982*x$	0,73	-	-
	T2	$\hat{y} = 16250,5 - 142,21*x$	0,87	-	-
	T3	$\hat{y} = 15813,0 - 109,19*x$	0,89	-	-
	T4	$\hat{y} = 16111,0 - 145,78*x$	0,82	-	-
	T5	$\hat{y} = 13721,1 + 59,980*x - 1,395*x^2$	0,80	21	14.365,48
	T6	$\hat{y} = 15901,5 - 140,67*x$	0,83	-	-

CBM- Carbono da biomassa microbiana. T1 - Esterco bovino + Folhas de cajueiro (*Anacardium occidentale* L.); T2 - Esterco caprino + Folhas de cajueiro; T3 - Esterco bovino + Folhas catanduva (*Piptadenia moniliformis* Benth.); T4 - Esterco caprino + Folhas catanduva; T5 - Esterco caprino + bovino + Folhas de cajueiro; T6 - Esterco caprino + bovino + Folhas de Catanduva. Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey. a 5% probabilidade.

Analisando o número de minhoca observou-se que no tratamento com esterco bovino T1, T3 e T5 obteve-se as quantidades máximas de minhoca (68, 60 e 75 respectivamente) aos 70, 81 e 83 dias, respectivamente (Tabela 3). Já nos tratamento com esterco caprino T2, T4 e T6, os dias foram reduzidos para 59, 61 e 72 dias, respectivamente, para obter o número máximo de minhocas (31, 27 e 33 minhocas, respectivamente). Aquino et. al. (1994) relata que a população de minhocas adultas tende a reduzir ao longo da vermicompostagem, seja pelo aumento populacional provocado pela multiplicação de minhocas (NDEGWA et al., 2000) ou pela redução na oferta de alimento (AQUINO et al., 2005).

Com relação ao comprimento, apesar do ajuste quadrático, observou-se pouca variação nos comprimentos máximos estimados. O T2 (esterco caprino + folha de

cajueiro) foi o que obteve menor comprimento máximo (13,32 cm) em relação aos demais e, isso foi obtido aos 39 dias (Tabela 3). Para biomassa total de minhoca houve ajuste quadrático somente para os três primeiros tratamentos. Houve destaque para o T1 (esterco bovino + folha de cajueiro) que aos 75 dias atingiu um biomassa máxima de 41,29 g.

Com a redução da matéria orgânica fresca e potencial aumento da matéria orgânica humificada ao longo do tempo, reduziu-se o número e a biomassa total de minhocas. Assumindo que uma minhoca consome a alimentação até metade do seu peso corporal por dia (CARLESSO et al., 2011; MALIŇSKA et al., 2016), evidenciamos que a quantidade do substrato consumida pelas minhocas foi suficiente para até 83 dias com substrato de esterco bovino e 72 dias para o substrato esterco caprino, indicando que o esterco bovino oferece melhores condições de crescimento e reprodução que o esterco caprino, independente do material vegetal.. Após esse período foi observada uma diminuição significativa na reprodução e crescimento da minhoca até o final do experimento.

Analizando biomassa microbiana com lodo de esgoto, Benitez et al. (1999) observaram que após 9 semanas (63 dias), a biomassa total das minhocas declinou de forma constante e alguns vermes clitélizados perderam condições reprodutivas. Este fato implicaria que, após 9 semanas, todo o substrato fresco tinha sido consumido por minhocas, e novo substrato seria necessário para manter o crescimento da minhoca e reprodução.

Para o teor de carbono da biomassa microbiana somente o T5 teve ajuste quadrático com o teor máximo (14.364,48 aos $\mu\text{g g}^{-1}$) obtido aos 21 dias, notando-se redução após esse período. Os demais tratamentos tiveram ajustes lineares negativos, ou seja, o teor de carbono da biomassa microbiana foi reduzindo ao longo dos 120 dias de vermicompostagem, a medida que foram reduzindo a oferta de matéria orgânica fresca e aumentando o teor de matéria orgânica humificada.

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Independente do resíduo vegetal, o esterco bovino estimulou a multiplicação e o crescimento da minhoca *Eisenia foetida*. O seu comprimento é um fator genético, não sendo estimulado pelo tipo de substrato.

A maior oferta de carbono e energia pelo esterco bovino para utilização dos microrganismos proporcionou maior teor de carbono na biomassa microbiana do substrato.

A quantidade do substrato consumida pelas minhocas foi suficiente para aumentar o crescimento e reprodução de minhocas até no máximo de 83 dias com uso do substrato com esterco bovino e, 72 dias para o substrato com esterco caprino. Sendo que a biomassa microbiana reduziu linearmente ao longo de 120 dias de compostagem.

7 REFERÊNCIAS

- AIRA, M.; MONROY, F.; DOMÍNGUEZ, J. *Eisenia fetida* (Oligochaeta: Lumbricidae) modifies the structure and physiological capabilities of microbial communities improving carbon mineralization during vermicomposting of pig manure. **Microbial Ecol**, v. 54, p. 662-671, 2007.
- ALENCAR, A. P.; JOELSON NETTO, A.; NOGUEIRA, B. D. Efeito de substratos na produção e multiplicação de *Eisenia fétida* Savigny (1826). **Acta Kariri Pesquisa e Desenvolvimento**, v.1, p.21-28, 2016.
- Alvares, C.A.; Stape, J. L., Sentelhas, P. C., Alves, J. L. M. G., Sparovek, G. (2014). Köppen's climate classification map for Brazil. *Meteorologische Zeitschrift*, 22(6):711–728. <https://doi.org/10.1127/0941-2948/2013/0507>
- AMORIM, A.C.; LUCAS JUNIOR, J.; RESENDE, K.T. Compostagem e vermicompostagem de dejetos de caprinos: efeito das estações do ano. **Revista Engenharia Agrícola**, v. 25, p. 57-66, 2005.
- ANTUNES, R.M.; CASTILHOS, R.M.V.; CASTILHO, D.D.; LEAL, O.A.; ANDREAZZA, R. Crescimento inicial de acácia-negra com vermicompostos de diferentes resíduos agroindustriais. **Ciência Florestal**, v. 26, n. 1, p. 1-9, 2016
- ANTONIOLLI, Z. A.; STEFFEN, G.P. K.; STEFFEN, R.B. Utilização de casca de arroz e esterco bovino como substrato para a multiplicação de *Eisenia fetida* Savigny (1826). **Ciência Agrotecnologia**, v. 33, p. 824-830, 2009.
- ANTUNES, R.M. **Humificação de resíduos orgânicos durante a vermicompostagem e seu efeito nos atributos químicos do solo e no crescimento inicial de acácia negra (*Acacia mearnsii*)**. 2009. 86f. Tese (Doutorado em Ciência do Solo). Programa de Pós-Graduação em Agronomia. Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel. Universidade Federal de Pelotas, Pelotas, 2009.
- AQUINO, A. M.; NOGUEIRA, E. M. Fatores limitantes da vermicompostagem de esterco suíno e de aves e influência da densidade populacional das minhocas na sua reprodução. **Seropédica: ch Agrobiologia**, 2001. 10 p. (Documentos EMBRAPA; 147).
- AQUINO, A. M.; ALMEIDA, D.L.; GUERRA, J. G. M.; DE-POLLI, H. Biomassa microbiana, colóides orgânicos e nitrogênio inorgânico durante a vermicompostagem de

diferentes substratos. **Pesquisa agropecuária brasileira**, v. 40, n. 11, p. 1087-1093, 2005.

ASSIS, E.P.M.; Cordeiro M.A.S.; Paulino H.B.; Carneiro M.A.C. Efeito da aplicação de nitrogênio na atividade microbiana e na decomposição da palhada de sorgo em solo de cerrado sob plantio direto. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v. 33, n. 2, p. 107-112, 2003.

ATIYEH, R.M.; EDWARDS, C.A.; SUBLER, S.; METZGER, J.D. Pig manure vermicompost as a component of a horticultural bedding plant medium: effects on physicochemical proprieties and plant growth. **Bioresource Technology**, v. 78, p. 11-20, 2001.

BALOTA, E. L.; COLOZZI-FILHO, A.; ANDRADE, D. S.; HUNGRIA, M Biomassa microbiana e sua atividade em solos sob diferentes sistemas de preparo e sucessão de culturas. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.22, p.641–650, 1998.

BENITEZ, E.; NOGALES, R.; ELVIRA, C.; MASCIANDARO, G.; CECCANTI, B. Enzyme activities as indicators of the stabilization of sewage sludges composting with *Eisenia foetida*. **Bioresource Technology**, v. 67, p. 297-303, 1999.

BHAT, S.A.; SINGH, J.; VIG, A.P. Effect on Growth of Earthworm and Chemical Parameters during Vermicomposting of Pressmud Sludge Mixed with Cattle Dung Mixture. **Procedia Environmental Sciences**, v. 35, p.425 – 434, 2016.

BORALI, M.P. **Eficiência da vermicompostagem para um composto de lixo orgânico consorciado com resíduo de processamento de derivados de carne de bovinos e suínos enriquecidos com fertilizantes minerais**. Universidade de São Paulo-USP: Centro de Recursos Hídricos e Ecologia Aplicada, São Carlos, São Paulo, 2000. 182 f. Dissertação (Mestrado do Curso de Engenharia Ambiental).

BRITO, A. E.; SALGUEIRO, A. A. Tratamento de resíduo sanguíneo de hemocentro por vermicompostagem. **Revista Ciências e Tecnologia**, n.1, v.1, p.1-7, 2007. Disponível em: http://www.unicap.br/revistas/revista_e/artigo2.pdf Acesso em: 10 Janeiro de 2019.

CARLESSO, W.M.; RIBEIRO, R. HOEHNE, L. Tratamento de resíduos a partir de compostagem e vermicompostagem. **Revista Destaques Acadêmicos**, v. 3, n. 4, p. 105-110, 2011.

COTTA, J.A.O.; CARVALHO, N.L.C.; BRUM, T.S.; REZENDE, M.O.O. Compostagem versus vermicompostagem: comparação das técnicas utilizando resíduos vegetais, esterco bovino e serragem. **Engenharia Sanitária Ambiental**, v.20 n.1, p. 65-78, 2015.

CPRM. **Geodiversidade do Estado do Rio Grande do Norte 2010**. Rio de Janeiro: Disponível em: < <http://rigeo.cprm.gov.br/xmlui/handle/doc/16773>>. Acesso em: 16 de fevereiro de 2019.

DADALTO, J.P.; FERNANDES, H.C. TEIXEIRA, M.M. CECON, P.R.; MATOS, A.T. Sistema de preparo do solo e sua influência na atividade microbiana. **Engenharia Agrícola**, v.35, n.3, p.506-513, 2015.

DOMÍNGUEZ, J.; GÓMEZ-BRANDÓN, M. Ciclos de vida de las lombrices de tierra aptas para el vermicompostaje: Life cycles of vermicomposting earthworms. **Acta zoológica mexicana**, v. 26, N. Especial 2, p. 309-320, 2010.

DOMÍNGUEZ, J. State of the art and new perspectives on vermicomposting research. In: C.A. Edwards (Ed.). **Earthworm Ecology**, 2. ed. CRC Press LLC, p. 401-424, 2004.

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.

EDWARDS, C.A. Historical overview of vermicomposting. **Biocycle**, v. 36, p. 56-58. 1995.

ESTEVEZ, E.D. **Análise metagenômica do microbioma do intestino e dos coprólitos das minhocas *Perionyx excavatus* e *Dichogaster annae***. Universidade Federal do Paraná-UFPR: Setor de Ciências Biológicas, Curitiba, 2018. 131 p. Tese (Doutorado em Bioquímica).

FARIAS, J.R.M.; BATISTA, R.F.; FARIAS, P.C.B.; VITAL, A.F.M.; SANTOS, R.V. Reprodução de minhocas em substratos orgânicos e a percepção de agricultores familiares sobre a minhocultura. **Revista Agropecuária Técnica**, v. 39, n. 2, p. 202-210, 2018.

FERREIRA, E. P. B.; STONE, L. F.; MARTIN-DIDONET, G.C. C.; População e atividade microbiana do solo em sistema agroecológico de produção. **Revista Ciência Agronômica**, v. 48, n. 1, p. 22-31, 2017 ^a.

GAMA-RODRIGUES, E.F.; GAMA-RODRIGUES, A.C. Biomassa microbiana e ciclagem de nutrientes. In: Santos GA, Silva LS, Canellas LP, Camargo FAO. **Fundamentos da matéria orgânica do solo**. 2.ed. Porto Alegre, Metrópole. p.159-170, 2008.

GODOY, J.R.R.; MEDEIROS, C.M.; SANTANA, G.P. Vermicompostagem de biossólido obtido de fossas sanitárias, grama e pó de serragem utilizando *Eisenia foetida* (Savigny, 1826). **Revista Ceres**, v. 56, p. 648-653, 2009.

GONGA, X.; CAIA, L.; LIA, S.; CHANG, S.X.; SUNA, X.; AN, Z. Bamboo biochar amendment improves the growth and reproduction of *Eisenia fetida* and the quality of green waste vermicomposto. **Ecotoxicology and Environmental Safety**, v. 156, p. 197-204, 2018.

GRISI, B.M. e GRAY, T.R.G. Comparação dos métodos de fumigação, taxa de respiração em resposta à adição de glicose e conteúdo de ATP para estimar a biomassa microbiana do solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 10, p. 109-115, 1986.

GUPTA, R.; GARG, V.K. Vermiremediation and nutrient recovery of non-recyclable paper waste employing *Eisenia foetida*. **Journal of Hazardous Materials**, v. 162, p. 430-439, 2009.

HUANG, K.; XIA, H. Role of earthworms' mucus in vermicomposting system: Biodegradation tests based on humification and microbial activity. **Science of the Total Environment**, v. 610, p. 703-708, 2018.

IBRAHIM, M. H.; QUAIK, S.; ISMAIL, S. A. Optimal Conditions and Environmental Factors Involved in Breeding Earthworms for Vermicomposting. In: **Prospects of Organic Waste Management and the Significance of Earthworms**. Springer, Cham, 2016. p. 147-165.

ISLAM, K. R.; WEIL, R. R. Microwave irradiation of soil for routine measurement of microbial biomass carbon. **Biology and Fertility Soils**, v. 27, p. 408-416, 1998.

KAUSHIK, P.; GARG V.K. Vermicomposting of mixed solid textile mill sludge and cow dung with the epigeic earthworm *Eisenia foetida*. **Bioresource Technology**, v. 90, p. 311–316, 2003.

KNOWN, Y.T.; LEE, C.W.; YUN, J.H. Development of vermicast from sludge and powdered oyster shell. **Journal of Cleaner Production**, v. 17, p. 708-711, 2009.

LIM, S.L.; WU, T.Y.; LIM, P.N.; SHAK, K.P.Y. The use of vermicompost in organic farming: overview, effects on soil and economics. **Journal Science Food Agriculture**, v. 95, p. 1143-1156, 2015.

LOH, T.C.; LEE, Y.C. LIANG, J.B.; TAN, D. Vermicomposting of cattle and goat manures by *Eisenia foetida* and their growth and reproduction performance. **Bioresource Technology**, v. 96, p. 111–114, 2005.

MALAFAIA, G.; JORDÃO, C.R.; ARAÚJO, F.G.; LEANDRO, W.M.; RODRIGUES, A.S.L. Vermicompostagem de lodo de curtume em associação com esterco bovino utilizando *Eisenia fétida*. **Engenharia Sanitária e Ambiental**, v.20, n.4, p. 709-716, 2015.

MALIŃSKA, K.; ZABOCHNICKA-ŚWIĄTEK, M.; CÁCERES, R.; MARFÀ, O. The effect of precomposted sewage sludge mixture amended with biochar on the growth and reproduction of *Eisenia fetida* during laboratory vermicomposting. **Ecological Engineering**, v. 90, p. 35–41, 2016.

MARCONDES, A. C.; LAMMOGLIA, D. A. **Biologia: ciência da vida**. São Paulo: Atual, 1994.

MORAES, Rodrigo Fonseca et al. ÁCARO-VERMELHO-DAS-PALMEIRAS NO ESTADO DO PARÁ. **21º Seminário de Iniciação Científica da Embrapa Amazônia Oriental**, 2017.

MOREIRA, F. M. S.; SIQUEIRA, J. O. **Microbiologia e bioquímica do solo**. 2. Ed. Lavras- MG: Editora UFLA, 2006.

MÜLLER, D. H.; CAMILI, E.C.; GUIMARÃES, S.C.; CAMPO, D.T.S.; MARTINS, M.E.; BARROS, K.C. Biomassa e atividade microbiana de solo sob aplicação de resíduos orgânicos. **Revista Internacional de Ciências**, v.4 - n.2 p. 71-82, 2014.

MUSSATO, S. I.; MACHADO, E. M. S.; CARNEIRO, L. M.; TEIXEIRA, J. A. Sugar metabolism and ethanol production by different yeast strains from coffee industry wastes hydrolysates. **Applied Energy**, v. 92, p. 763-768, 2012.

- NASCIMENTO, A.F.; PIRES, F.R.; CZEPAK, M.P.; FERNANDES, A.A.; ALVES, A.; RODRIGUES, J.O. Caracterização de vermicomposto produzido com palha de café e esterco bovino. **Revista Caatinga**, v.28, n.4, p. 1 – 9, 2015.
- NDEGWA, P.M., THOMPSON, S.A., DAS, K.C. Effects of stocking density and feeding rate on vermicomposting of biosolids. **Bioresource Technology**, v. 71, p. 5–12, 2000.
- OLIVEIRA, E.M.; COSTA, F.X.; COSTA, C.C.; Reprodução de minhoca (*Eisenia foetida*) em diferentes substratos. **Revista Caatinga**, v.21, p.146-150, 2008.
- PANDEY, A.; GUNASEKARAN, P.; NORONHA, S. Current Developments in Biotechnology and Bioengineering. **Elsevier**: 1st Ed. Amsterdam, 2017. 850 p.
- REINECKE, A. J.; VILJOEN, S. A. The influence of feeding patterns on growth and reproduction of the vermicomposting earthworm *Eisenia fetida* (Oligochaeta). **Biology and Fertility of Soils**, v. 10, p. 184-187, 1990.
- REYNOLDS, J. Earthworms of the world. **Global diversity** v. 4, p. 11-16, 1994.
- RIBEIRO, R.; HOEHNE, L.; CARLESSO, W.M.; ETHUR, E.M., STÜLP, S. Absorção de cobre por minhocas da espécie *Eisenia andrei* em solos e húmus contaminados. **Revista Destaques Acadêmicos**, v. 4, p. 31-39, 2012.
- SCHIEDECK, G.; GONÇALVES, M.M.; SCHWENGBER, J.E. **Minhocultura e produção de húmus para a agricultura familiar**. Embrapa/ Circular técnica 57. Pelotas, RS 2006.
- SHARMA, K.; GARG, V.K. Comparative analysis of vermicompost quality produced from rice straw and paper waste employing earthworm *eisenia fetida* (sav.). **Bioresource technology**, v. 250, p. 708-715, 2018.
- STEFFEN, G.P.K.; ANTONIOLLI, Z.I.; STEFFEN, R.B.; JACQUES, R.J.S. Importância ecológica e ambiental das minhocas. (Environmental And Ecological Importance Of Earthworms). **Revista de Ciências Agrárias**, v. 36, n. 2, p. 137-147, 2013.
- STEFFEN, G.P.K.; ANTONIOLLI, Z.I.; STEFFEN, R.B.; MACHADO, R.G. Casca de arroz e esterco bovino como substratos para a multiplicação de minhocas e produção de mudas de tomate e alface. **Acta Zoológica Mexicana**, v. 26, p. 333-343, 2010.

STEVENS, D. **O uso da vermicompostagem para redução de cromo de lodo de cortume e após a aplicação como fertilizante no cultivo e cebolinha (*Allium fistulosum* L.)**, LAJEADO, CENTRO UNIVERSITÁRIO UNIVATES, 2015 (tese mestrado).

SUTHAR, S. Vermicomposting of herbal pharmaceutical industry solid wastes. **Ecological Engineering**, v. 39, p. 1-6, 2012.

SUTHAR, S. Vermicomposting of vegetable-market solid waste using *Eisenia fetida*: impact of bulking material on earthworm growth and decomposition rate. **Ecological Engineering**, v. 35, p. 914-920, 2009.

VENTURINI, S.F.; ANTONIOLLI, Z.I.; GIRACCA, E.M.N.; VENTURINI, E.F.; GIRALDI, C.M. Uso de vermicomposto na cultura do feijoeiro. **Revista Brasileira de Agrociência**, v.9, n. 1, p. 45-48, 2003.

ZHANG, T.; SUN, D. Z. ENSO asymmetry in CMIP5 models. **Journal of Climate**, 2014. Disponível em: <<https://journals.ametsoc.org/doi/pdf/10.1175/JCLI-D-13-00454.1>> Acesso em: 15 de fevereiro de 2019.

ZIBETTI, V. K.; NACHTIGAL, G. F.; LIMA, D. L.; SCHIEDECK, G. Crescimento e reprodução de minhocas em misturas de resíduos orgânicos e efeitos nas propriedades químicas e microbiológicas do húmus. **Interciencia**, v. 40, n. 1, p. 57-62, 2015.