



Vermicompostagem para o gerenciamento de resíduos sólidos orgânicos domiciliares

Vermicomposting for the management of domestic solid organic wastes

Matheus Fontana Winck¹, Cristiane Froehlich², Dusan Schreiber³, Vanusca Dalosto Jahno⁴

RESUMO: Existem algumas possibilidades para a reciclagem de resíduos sólidos orgânicos, podendo ser por compostagem ou vermicompostagem, diminuindo assim o impacto ambiental do descarte desses resíduos em aterros sanitários e no meio ambiente. O objetivo do trabalho foi avaliar a vermicompostagem de resíduos orgânicos domiciliares com duas espécies de minhocas, *Eudrilus eugeniae* e *Eisenia fetida*. O processo de vermicompostagem desta pesquisa foi realizado durante seis meses, sendo retirado a cada 60 dias o vermicomposto e as vermicomposteiras monitoradas e alimentadas semanalmente. A partir do monitoramento semanal e ajustes durante a vermicompostagem, pôde-se prover ambiente (temperatura, pH, umidade e luminosidade) favorável à produção de vermicomposto. A disponibilidade de manganês e zinco foi maior quando o composto teve o pH mais ácido. Já a disponibilidade de fósforo, potássio, cálcio e magnésio apresentaram aumento quando o pH se estabilizou. Pôde-se concluir que o vermicomposto pode ser utilizado juntamente com o solo base, para aumentar a capacidade de troca de cátions solo-planta, bem como a adequação do pH do solo à necessidade de nutrientes da planta, libera os macro e micronutrientes necessários a seu desenvolvimento. O estudo contribui para o conhecimento acerca da vermicompostagem e seu uso em pequena escala.

Palavras-chave: Compostagem. Resíduos domiciliares. Resíduos orgânicos. Resíduos sólidos. Vermicultura.

ABSTRACT: There are possibilities for the recycling of solid organic wastes, by composting or vermicomposting, decreasing the environmental impact of discarding of residues in sanitary landfills and in the environment. Current research evaluates vermicomposting of domestic organic wastes with two species of earthworms, *Eudrilus eugeniae* and *Eisenia fetida*. The vermicomposting process was undertaken during six months, retrieved every 60 days and vermicomposting and vermicomposters monitored and fed weekly. Weekly monitoring and adjustments during vermicomposting showed an environment (temperature, pH, humidity and luminosity) favorable to the production of vermicomposting. Availability of manganese and zinc was higher when the compost's pH was more acidic. Availability of phosphorus, potassium, calcium and magnesium increased when pH was stabilized. Results show that vermicomposting may be employed together with basic soil to increase the capacity of exchange of cations soil-plants and adequacy of soil's pH to the needs of nutrients of the plant since macro- and micro-nutrients necessary for its development are released. Current study contributes towards analysis of vermicomposting and its use on a small scale.

Keywords: Composting. Solid wastes. Organic wastes. Home wastes. Vermiculture.

Autor correspondente:

Vanusca Dalosto Jahno: vanusca@feevale.br

Recebido em: 25/05/2021

Aceito em: 02/08/2021

¹ Mestre no Programa de Pós-graduação em Qualidade Ambiental pela Universidade FEEVALE, Novo Hamburgo (RS), Brasil.

² Doutora em Administração pela Universidade do Vale do Rio dos Sinos (UNISINOS). Professora Adjunta do Programa de Pós-Graduação Mestrado Acadêmico em Administração da Universidade FEEVALE, Novo Hamburgo (RS), Brasil.

³ Doutor em Administração pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS). Professor titular e pesquisador da Universidade FEEVALE, das Faculdades EST e da Faculdade Novo Hamburgo (RS), Brasil.

⁴ Doutora em Medicina e Ciências da Saúde pela Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul (PUCRS). Coordenadora do curso de Engenharia Química e Professora e pesquisadora da Universidade FEEVALE. Bolsista Produtividade em Pesquisa do CNPq - Nível 2. Novo Hamburgo (RS), Brasil.

INTRODUÇÃO

O manejo adequado de resíduos sólidos é uma dificuldade enfrentada por todos os países em desenvolvimento e desenvolvidos. A Lei nº 12.305/2010 instituiu a Política Nacional de Resíduos Sólidos no Brasil, que aborda a prevenção e redução na geração de resíduos (tendo como proposta a prática de hábitos de consumo sustentáveis) e indica um conjunto de instrumentos para propiciar o aumento da reciclagem e da reutilização dos resíduos sólidos, assim como a destinação ambientalmente adequada dos rejeitos (aquilo que não pode ser reciclado ou reutilizado). A meta no ano de 2010 era de se chegar a 20% de reciclagem até 2015 do total de resíduos gerados no país, sendo estendida para 2030 pela baixa adesão às práticas. Tais esforços representam no país um total de 1,6% (1.509 t/d) na compostagem de resíduos orgânicos (IPEA, 2012; JACOBI; BESEN, 2011; MARCHI; GONÇALVES, 2020; MMA, 2017).

A destinação correta de resíduos urbanos contribui não somente para a redução da quantidade dos mesmos destinados aos aterros e lixões ou incinerados, como proporciona oportunidades de melhorias ambientais, sendo a melhor alternativa para gestão e transformação de resíduos. De um ponto de vista de sustentabilidade o resíduo orgânico produzido nos domicílios ou dentro de estabelecimentos diversos deve ser reutilizado de maneira eficiente no ciclo econômico e produtivo (BHAT; SINGH; VIG, 2017; FIORI *et al.*, 2008; EPSTEIN, 1997; VERGNOUX *et al.*, 2009).

As formas consideradas mais adequadas sob a perspectiva de sustentabilidade ambiental de se reciclar e reutilizar os resíduos orgânicos são através da compostagem e vermicompostagem, pois ocorre o retorno de matéria orgânica ao solo. Isso porque, depois de terminados esses processos, o composto e vermicomposto resultantes podem conter macro e micronutrientes importantes para o metabolismo de vegetais, os quais, por vezes, não são encontrados em fertilizantes sintéticos. Diferentemente destes, além de aumentarem a fertilidade do solo, os compostos e vermicompostos melhoram a sua estrutura física, aumentam a sua capacidade de absorção de água, reduzem a sua compactação e melhoram o pH (CARVALHO; NAKAGAWA, 2012; MARSCHNER, 1996; SEDIYAMA *et al.*, 2000).

Fazer o reaproveitamento de resíduos orgânicos está preconizado pela Política Nacional de Resíduos Sólidos, Lei 12.305/2010 (MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE, 2010), assim como contribui para a Agenda 2030 divulgada pela Organização das Nações Unidas (ONU), nos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS). Para a geração de vermicomposto orgânico, deve-se aplicar a vermicompostagem, a qual trabalha o enriquecimento do composto orgânico, gerando húmus de minhoca ou vermicomposto orgânico (VIONE *et al.*, 2018). Entretanto, alguns resíduos não são próprios à vermicompostagem, provendo toxicidade às minhocas. De maneira geral, recomenda-se utilizar os restos de frutas não cítricas, vegetais, esterco, borra de café, restos de chá e ervas, entre outros (AQUINO, 2009). As minhocas

trabalham no processo de decomposição de resíduos sólidos orgânicos e excretam essa matéria humificada na forma de um bioproduto rico em nutrientes (GARG; YADAY, 2011; MARCONDES; LAMMOGLIA, 1996). É, portanto, um processo de ingestão, digestão e absorção de resíduo orgânico por vermes de terra (minhocas), seguido pela excreção da fusão que ocorrera no sistema metabólico do anelídeo, durante o qual suas atividades biológicas realçam os níveis de nutrientes presentes nesses resíduos orgânicos, os transformando em húmus (PATTNAIK; REDDY, 2009). A vermicompostagem pode ser utilizada para diversos tipos de resíduos, desde que certos fatores estejam dentro dos limites de aceitabilidade das minhocas como - temperatura, pH, umidade, toxicidade, entre outros, – evitando prejudicar seu desenvolvimento (VIONE *et al.*, 2018).

A adoção de prática domiciliar de compostagem e vermicompostagem oferece diversos benefícios, tanto no âmbito individual, de quem a pratica, como no âmbito coletivo/social. No âmbito individual destacam-se os benefícios associados à saúde mental, decorrente de uma atitude positiva, colaborativa, de natureza emocional, que atua como um importante dispositivo terapêutico, aliviando o estresse e proporcionando o bem-estar mental e físico, além de exigir alimentação mais balanceada através de frutas e vegetais para geração de resíduos para as vermicomposteiras (FREDRICKSON; JOINER, 2002). Ainda no âmbito individual, é possível ressaltar o benefício do produto do processo de compostagem, que é o composto de excelente qualidade, apropriado para uso doméstico em cultivo de flores e hortaliças, a custo reduzido, na comparação com os valores praticados do mesmo produto no mercado (SCHALCH; REZENDE, 1991). Já no tocante aos benefícios coletivos e sociais, vale citar a redução de volume de resíduos orgânicos direcionados para aterros sanitários, facultando aumento de vida útil dos mesmos, bem como a autoconsciência acerca do seu papel na sociedade para contribuir para mitigação dos impactos ambientais negativos e a redução do ritmo de mudanças climáticas, em curso (NAGARAJAN; RAJAKUMAR; AYYASAMY, 2014).

Ademais, conforme esboçado pela Agenda 2030 para os ODS da ONU (2018), busca-se reduzir substancialmente a geração de resíduos por meio da prevenção, redução, reciclagem e reuso (Objetivo doze). Manejar de maneira saudável os resíduos orgânicos e reduzir assim seus impactos sobre a saúde humana e o meio ambiente pode contribuir com tal agenda. Com o intuito de contribuir para o tema, o objetivo do trabalho foi avaliar a vermicompostagem de resíduos orgânicos domiciliares com duas espécies de minhocas, *Eudrilus eugeniae* e *Eisenia fetida*.

2 METODOLOGIA

Para realizar a pesquisa os autores optaram pelo método experimental, o qual, segundo Gil (2008), consiste em realizar a investigação científica do objeto de estudo, determinado e delimitado na etapa inicial, com o intuito de analisar a influência de variáveis específicas e

claramente definidas, em condições ambientais controladas e conhecidas. Esse método é considerado um dos mais relevantes, notadamente em ciências naturais.

Os resíduos orgânicos utilizados foram: frutas não cítricas, legumes, verduras, grãos e sementes, cascas de ovo, borras de café e restos de chá e erva-mate. Esses resíduos foram acondicionados em baldes em geladeiras convencionais após serem picados de maneira a possuir menor granulometria, facilitando a ingestão pelas minhocas, conforme exemplificado na Figura 1, sendo disponibilizados às mesmas semanalmente.

4



Figura 1. Restos orgânicos disponibilizados aos anelídeos.

O uso desse resíduo visava o preenchimento da parcela de matéria orgânica destinada à alimentação das minhocas. Já como parte seca (carbono) foi utilizada serragem. As minhocas de ambas as espécies foram adquiridas com produtores certificados (Marques & Yokoyama Comércio ME e Ecomais Produtos Agroecológicos), sendo alimentadas previamente de maneira semelhante, acrescentando-se esterco bovino à sua alimentação.

As vermicomposteiras foram mantidas em local fechado, protegidas da ação da chuva e do sol, para evitar o ressecamento do composto ou a lixiviação de nutrientes, conforme Figura 2. Também estavam envoltas com tecido de *nylon*. Os procedimentos metodológicos do experimento encontram respaldo no estudo realizado por Domínguez (2018).



Figura 2. Caixas utilizadas no experimento.

O processo de vermicompostagem desta pesquisa foi realizado durante seis meses, sendo retirado a cada 60 dias o vermicomposto e as vermicomposteiras monitoradas e alimentadas semanalmente. Para o cálculo da quantidade de minhocas introduzidas em cada caixa, foi levado em conta que a minhoca ingere por dia o equivalente ao seu peso, sendo seguida a equação $Qm = \frac{Qs}{tv}$, sendo Qm a quantidade de minhocas a ser introduzida em cada caixa em kg; Qs é a quantidade de substrato em cada caixa em kg; tv o tempo de vermicompostagem em dias (BIDONE, 2001). Sendo assim, através dessa equação, descontando-se inicialmente para a cama de 4 centímetros - 3,36 kg (cama de terra), 1,473 kg de resíduo inicial e 303 gramas de serragem - do total de volume que comporta a caixa plástica (37,8 kg), obtêm-se o total de 574 gramas de minhocas, ou seja, 1148 indivíduos da espécie *Eisenia fetida* e 574 da espécie *Eudrilus eugeniae*.

As vermicomposteiras foram mantidas com umidade variando entre 50 e 80%. A temperatura ficou entre 20 e 28 °C, sendo medidas semanalmente juntamente com o pH. Para tal foi utilizado um pHmetro com haste metálica capaz de penetrar no vermicomposto, o qual foi colocado em quatro pontos distintos de cada caixa por semana para então se verificar as médias de cada variável.

O vermicomposto resultante dessas vermicomposteiras foi analisado em triplicata após o término de cada período (60 dias). As análises foram realizadas na Central Analítica da Universidade Feevale para determinação dos nutrientes no produto resultante (vermicomposto), o qual foi analisado em termos de disponibilidade de macro (P, K, Ca, Mg), capacidade de troca catiônica, carbono e outros nutrientes e sais minerais (Na, Zn, Cu, Mn). Para mensuração de C (Carbono) foi utilizado tubo de digestão e adicionados 5 mL de $K_2Cr_2O_7$, 0,167 mol L⁻¹ e 10 mL de H_2SO_4 concentrado. Posteriormente, as amostras em tubos foram acondicionadas em bloco digestor e digeridas em temperatura de 170 °C, por 30 min. Após essa etapa, e depois de serem resfriadas, as amostras digeridas foram transferidas para *erlenmeyers*, onde foram adicionados 5 mL de H_3PO_4 . Em seguida, foram adicionadas três gotas do indicador difenilamina 1%, sendo as amostras tituladas com sulfato ferroso amoniacal 0,4 mol L⁻¹. Os teores de carbono orgânico (CO) foram calculados conforme Carmo e Silva (2012).

Os níveis de fósforo, potássio, cálcio e magnésio foram obtidos através de digestão em H_2O_2 e H_2SO_4 . Para tanto a digestão foi realizada em tubos de 25 x 250 mm em vidro *pyrex*. A homogeneização da mistura foi feita com ar comprimido e entre 6-12 h de decantação são retiradas alíquotas dos extratos para as determinações de N, P, K, Ca e Mg (TEDESCO *et al.*, 1995). Devido à possível presença de compostos heterocíclicos “refratários” nas amostras, utilizaram-se catalizadores de alta temperatura (cobre e selênio), para as medições dos níveis de nitrogênio. Os níveis de fósforo foram determinados por espectrofotometria numa alíquota do extrato, após a adição de molibdato de amônio e ácido aminonaftolsulfônico. Os teores de potássio foram determinados por fotometria de chama após diluição do extrato, enquanto os

teores de cálcio e magnésio foram determinados por espectrofotometria de absorção após diluição do extrato e adição de La ou Sr em solução ácida (TEDESCO *et al.*, 1995).

A determinação dos teores de sódio, cobre, manganês e zinco foi obtida através da digestão do composto com HNO₃-HClO₄. Para tanto foram adicionados 0,4 g do vermicomposto em tubos de ensaio de 250 mm de diâmetro, e posteriormente os tubos são aquecidos em bloco digestor SARGE. Após essa etapa foi adicionada a solução ácida e colocada em um funil em cada tubo de ensaio. Durante esse processo os vapores condensaram nas paredes frias da extremidade superior do tubo e escorreram, levando consigo as partículas da amostra. As análises de Cu, Mn e Zn foram elaboradas diretamente a partir do tubo de ensaio através de espectrofotometria, enquanto o sódio foi determinado por fotômetro de chama (MORAES; RABELO, 1986).

3 ANÁLISE E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

Em relação aos parâmetros de pH, pôde-se verificar acidificação no início do projeto, o que foi causado em virtude dos resíduos utilizados que inicialmente apresentaram grande porção de vegetais e restos de erva-mate e café, assim como baixa oxigenação das caixas utilizadas no experimento, as quais possuíam furos apenas em sua base e teto. Contudo, nas semanas seguintes houve melhora na variável, um dos indicativos da maturidade do vermicomposto, bem como de melhor adequação do resíduo, anelídeo e as demais variáveis monitoradas (LOURENÇO, 2014), conforme está evidenciado na Figura 3.

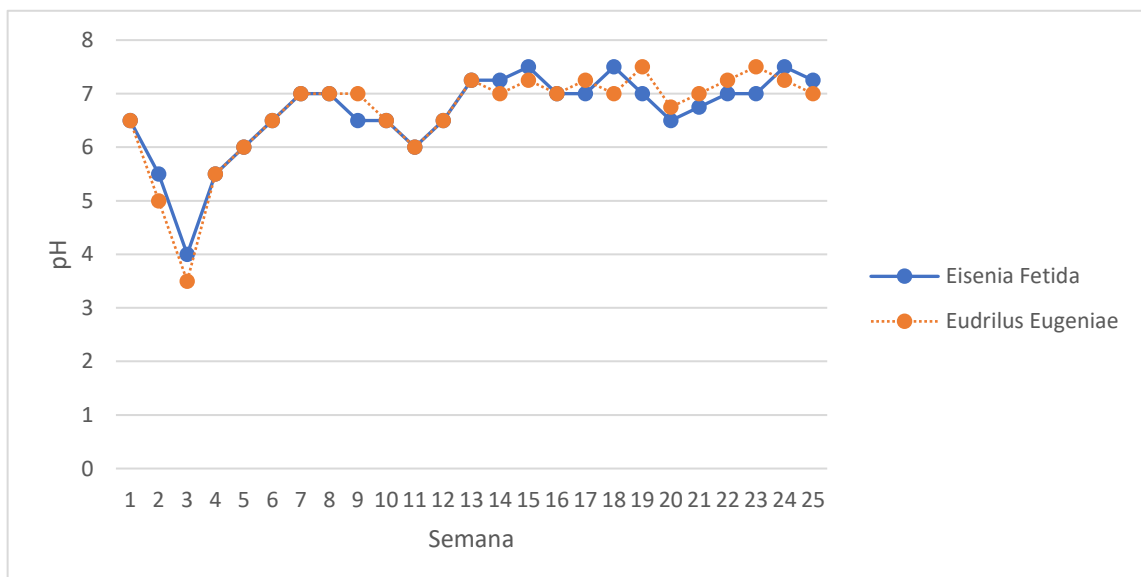


Figura 3. Valores de pH ao longo do tempo para as duas espécies.

A acidificação inicial do composto observada pode ter sido ocasionada pela baixa disponibilidade de oxigênio, pois os furos elaborados na base estavam cobertos de terra e havia

pouca passagem de ar; pesquisas apontam que a redução de oxigênio é um dos fatores que mais afetam esta variável na vermicomposteira (ROUBALOVÁ *et al.*, 2020).

Foram introduzidos resíduos mais sólidos como restos de frutas e cascas de ovo (apenas triturados e picados manualmente), diminuindo-se a porção de restos vegetais, chás e erva-mate. Pôde-se verificar melhora significativa nos parâmetros da variável nas semanas que procederam com breve redução na 11ª semana, o que pode confirmar a menor oxigenação na contribuição de redução do pH, pois foi retirado um pouco do conteúdo das caixas para a semana seguinte.

A alcalinização observada após um mês já fora observada por diversos autores, conforme evidenciado por meio de revisão teórica, a mesma está diretamente relacionada à produção de amônia (ALI *et al.*, 2014; WANG *et al.*, 2004) e à degradação de ácidos orgânicos (BHAT; SINGH; VIG, 2017). Durante a vermicompostagem micro-organismos presentes nas minhocas degradam nitrogênio orgânico liberando amônia, o que leva à alcalinização do material vermicompostado.

Os dados da presente pesquisa evidenciaram que os crescimentos populacionais de minhocas de ambas as espécies estudadas demonstraram comportamento semelhante, apresentando em média o mesmo padrão de crescimento populacional, conseguindo atingir as 974 gramas necessárias após três meses, mesmo com interferências e ambiente inicialmente desfavorável. Da mesma maneira como se comportou o experimento apresentado por Dominguez *et al.* (2018), as minhocas apresentaram baixa reprodução no período de verão, o que dificultou a posterior continuação da vermicultura.

A partir dos resultados de temperatura (Figura 4), foi possível constatar que a variável apresentou números maiores do que sugere a teoria na montagem e manutenção de vermicomposteiras, conforme foi observado também por Sena *et al.* (2019).

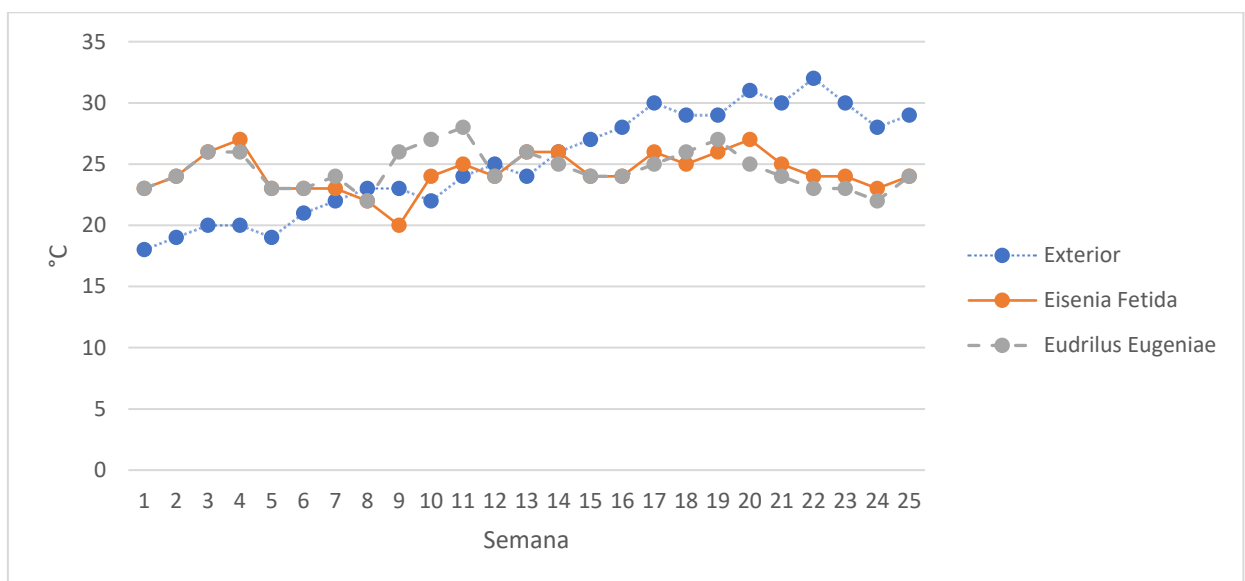


Figura 4. Temperaturas durante as semanas de vermicompostagem.

Houve diferentes picos de temperaturas ao longo da produção de vermicomposto, tanto com a espécie *Eisenia fetida*, como com a *Eudrilus eugeniae*. Diversos fatores, como umidade, tamanho da composteira e partículas, disponibilidade de nutrientes, relação C/N, aeração e população (número de indivíduos e seu respectivo volume) influenciam alterações na temperatura do vermicomposto. Ademais, corpos de menor tamanho tendem a perder calor de forma mais rápida do que corpos maiores o que justifica temperaturas mais altas na espécie *Eudrilus eugeniae* (BYAMBAS *et al.*, 2017; VEINTER; REINECKE, 2015).

Os resultados de umidade demonstraram valores aceitáveis às minhocas durante o experimento, mantendo-se entre normal e úmido durante grande parte da pesquisa (em torno de 50 a 70%), contudo, em algumas semanas foram constatadas altas, o que ocasionou maior proliferação de insetos na composteira, bem como contribuiu para maior estresse da população de anelídeos e competição por alimento. Segundo Armstrong *et al.* (2019) há fortes evidências de que o estresse causado em organismos pelo aumento das temperaturas é maior se a umidade estiver alta, particularmente porque a perda de calor decresce em ambientes com maiores taxas de umidade.

Já a luminosidade apresentou baixo índice durante todo o experimento; conforme exposto por Dominguez *et al.* (2018) essa é a preferência pelos anelídeos para tal variável, pois as minhocas são sensíveis à luz, preferindo sempre ambientes escuros. Ao se alimentar, bem como quando no processo de revolvimento das vermicomposteiras, verificou-se *in loco* tal comportamento, denotado pelo fato das mesmas se movimentarem ao fundo da caixa onde há menor entrada de luz. As minhocas são sensíveis à luz e, portanto, se mantêm submersas durante o dia quando há luminosidade exterior, e, por muitas possuírem hábitos noturnos (como a gigante africana), praticou-se o fechamento das caixas à noite para se evitar perdas de população (CARLESSO; RIBEIRO; HOEHNE, 2011).

A luminosidade pode influenciar no metabolismo das minhocas, sendo assim recomendam-se ambientes com pouca entrada de luz. Sendo seres epigeicos, seu habitat natural consiste em camadas de solo de baixo ou nenhum contato para com luminosidade, sendo prejudicial se tiver com alta luminosidade (TOREZIN, 2019). Os resultados dos macro e micronutrientes resultantes do vermicomposto de cada espécie, amostradas a cada 2 meses, sendo 1ª amostra com 2 meses, 2ª amostra com 4 meses e 3ª amostra com 6 meses, são apresentados na Tabela 1.

Tabela 1. Análises químicas dos vermicompostos

Parâmetro	Unidade	1ª Amostra		2ª Amostra		3ª Amostra	
		Eudr. Eug.	Eisen. Fet	Eudr. Eug.	Eisen. Fet	Eudr. Eug.	Eisen. Fet
Al	cmolc dm ⁻³	0,11	n.d	0,69	0,13	2,20	0,74
Cu	cmolc dm ⁻³	0,81	0,35	0,47	0,29	0,25	0,20
CTC	cmolc dm ⁻³	28,20	25,60	31,60	21,80	34,40	42
P	mg dm ⁻³	81,56	9,07	100,12	31,23	453,24	301,98
Mn	mg dm ⁻³	12,62	11,62	2,40	2,69	9,51	12
K	mg dm ⁻³	2685	3010	0,06	3930	6380	7875
Na	mg dm ⁻³	485	270	240	178,5	235	320
Zn	cmolc dm ⁻³	n.d	0,08	0,06	0,04	0,01	0,01
Ca	cmolc dm ⁻³	9,39	10,92	10,70	10,87	6,79	10,17
Mg	cmolc dm ⁻³	9,71	5,78	8,76	0,01	8,01	9,52

Micronutrientes são, por definição, requeridos em pequenas quantidades pelas plantas, e, portanto, encontrados em baixa concentração no solo. A testagem do solo para verificação de nutrientes é de suma importância, contudo, há que se fazer análises posteriores do nutriente que chega ao tecido da planta, as quais seguem como sugestão para estudos futuros. Em grande parte, os nutrientes se tornam disponíveis através da capacidade de troca de cátions existente, tal qual também demonstrou variação positiva quando houve adequação do sistema em relação à necessidade dos anelídeos, entretanto, para micronutrientes o pH também é fator determinante da disponibilidade desses (DETTERBECK *et al.*, 2016).

Conforme ocorrer maior adequação do ambiente às minhocas, as mesmas passaram a liberar maior quantidade de nutrientes essenciais às plantas, dando-se destaque aos macronutrientes Fósforo (P) e Potássio (K), tais quais em parceria com o Nitrogênio (N) formam os três nutrientes de maior essencialidade aos cultivos. O nitrogênio providencia crescimento vegetativo, já o fósforo é constituinte primordial de compostos enérgicos e o potássio auxilia na prevenção a doenças e previne perda excessiva de água (GHATAS, 2020; SENA *et al.*, 2019). Esses dois nutrientes citados (P e K) obtiveram um aumento nas últimas duas amostras analisadas, evidenciando possibilidade de transformação do vermicomposto em produto que abrange essas duas variáveis.

O alumínio em altas quantidades pode configurar toxicidade às plantas, no entanto, em solos com pH acima de 5,5 a presença deste componente químico tende a ser nula (TIECHER *et al.*, 2016). O zinco se manteve abaixo dos valores máximos indicados pela literatura (0,5 mg/dm³) e pode causar o mesmo impacto de demasiada concentração de alumínio ou cobre. Já o cobre por sua vez é indispensável para o desenvolvimento de plantas superiores, atuando praticamente em todas suas vias metabólicas. Entretanto, em concentrações elevadas pode prover toxicidade aos tecidos vegetais das plantas. De acordo com Tiecher (2016) o nível de suficiência do mesmo varia entre 0,4 e 0,5 mg/dm³. O cobre é diretamente afetado pela quantidade de matéria orgânica e pH do solo, tais quais não possuíam adequação plena nas duas

primeiras amostras de solo da minhoca gigante africana, embora para a minhoca da Califórnia não houve ultrapassagem de $0,4 \text{ mg/dm}^3$, mesmo com o ambiente desfavorável e não equilíbrio do potencial hidrogênico (COSTA; NOZAKI, 2002).

A capacidade de troca catiônica também assegurou aumento conforme houve maior adequação do experimento para com os parâmetros estabelecidos pela literatura. A capacidade de troca catiônica afeta positivamente a dispersão e difusão de nutrientes nos solos (FARAHANI *et al.*, 2018). A incorporação de matéria orgânica nos solos em forma de composto orgânico aumenta a capacidade de troca catiônica (capacidade do solo de retenção e transmissão de nutrientes à planta) e proporciona melhoria na estrutura dos mesmos, caracterizada pelo aumento da porosidade e taxa de infiltração da água (SEDIYAMA *et al.*, 2000). Em solos tropicais a matéria orgânica do solo é responsável por 75% a 90% da capacidade de troca de cátions do solo, portanto o aumento de seu teor proporciona elevação na quantidade de cátions que o solo conseguirá reter. A capacidade de troca de cátions, juntamente com o pH, apresenta relação com o valor de saturação por bases do solo e sua disponibilidade de nutrientes às plantas (SANA *et al.*, 2014). Sendo assim, quanto maior a capacidade de troca catiônica apresentada, melhor será a relação de nutrientes que a planta conseguirá absorver do solo (SORIA *et al.*, 2019). Um valor baixo de CTC indica que o solo tem pequena capacidade para reter cátions em forma trocável; nesse caso, não se devem fazer as adubações em grandes quantidades de uma só vez, mas sim de forma parcelada para que se evitem maiores perdas por lixiviação (EMBRAPA, 2010).

O sódio (Na) provém menor disponibilidade de nutrientes no solo, compactação e maior dispersão de partículas, o que pode ser danoso ao mesmo quando grandes quantidades são encontradas (BONGUE *et al.*, 2019). É recomendado que não se ultrapasse em 1% a concentração desse componente, o que ocorrera em todas as amostras analisadas, visto as mesmas possuírem 50 gramas em seu total e a maior carga deste componente ser de 485 mg (0,97%) na primeira amostra de solo com *Eudrilus eugeniae*. Pode-se contrastar a diminuição do mesmo nas amostras seguintes para com a CTC, visto a maior disponibilidade de Na inibir maior disponibilidade de nutrientes e estresse hídrico às plantas cultivadas (MEDEIROS *et al.*, 2017).

Em relação ao manganês (Mn), estipula-se que o nível crítico desse nutriente para a maioria das espécies de plantas esteja situado entre 10 a 20 mg/kg, ou seja, o experimento alcançou o nível necessário do nutriente para suplementação, tal qual é responsável pela quebra da molécula da água e do sistema de evolução do oxigênio na planta. Quando os valores de manganês no solo ficam abaixo de 20 mg dm^{-3} , ocorre a deficiência e deve ser corrigida para garantir a saúde das plantas. O Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento, em sua Instrução Normativa nº 46/2016, Anexo V, apresenta que fertilizantes de complexos ricos em manganês devem possuir 15% de concentração se divulgados como produtos de alta concentração deste nutriente em específico (BRASIL, 2017).

Um fertilizante sintético, tal como o Yara Mila (16-16-16), possui 16% dos macronutrientes necessários ao desenvolvimento das plantas (nitrogênio, fósforo e potássio); quando comparado aos resultados do vermicomposto, pôde-se analisar a dificuldade em garantir níveis semelhantes, mesmo em ambiente favorável o fósforo não atingiu 1% do total, entretanto o potássio chegou a marcas de 6 a 8%, denotando possibilidade de uso para suplementação alimentar a vegetais, bem como solo base, não possibilitando substituição por não atingir níveis comparáveis em macronutrientes (YARA, 2020).

4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O monitoramento semanal e ajustes nas variáveis - temperatura, pH, umidade e luminosidade - foram favoráveis à reprodução dos anelídeos e disposição adequada de resíduos orgânicos específicos através da produção de vermicomposto. Ainda há espaço para melhoria do sistema de vermicompostagem quando agregado o processo de compostagem, assim abrangendo uma maior quantidade de resíduos orgânicos gerados nas residências.

O estudo contribuiu para o conhecimento acerca da vermicompostagem domiciliar e seu uso em pequena escala. Para que ocorra de forma positiva a vermicultura, com a utilização de minhocários nas residências, são necessárias mudanças de hábitos pessoais. Benefícios pessoais foram percebidos no sentido de necessidade de geração de resíduos orgânicos de melhor qualidade, pois priorizou-se a alimentação voltada aos resíduos necessários. Foi possível obter, portanto, não somente uma gestão própria alimentar melhorada, como também se aderiu às práticas de sustentabilidade, reduzindo a quantidade de resíduo orgânico gerado.

REFERÊNCIAS

ALI, H.; AKBAR, Y.; RAZAQ, A.; MUHAMMAD, D. Effect of humic acid on root elongation and percent seed germination of wheat seeds. **International Journal of Agriculture and Crop Sciences**, v. 7, n. 4, p. 196-201, 2014.

AQUINO, M. A. **Vermicompostagem**. Seropédica: Embrapa Agrobiologia. São Paulo, 2009. (Circular Técnica 29).

ARMSTRONG, B.; SERA, F.; VICEDO-CABRERA, A. M.; ABRUTZKY, R.; ASTRÖM, D. O.; BELL, M.L. *et al.* The role of humidity in associations of high temperature with mortality: a multicountry, multicity study. **Environmental Health Perspectives**, v. 127, n. 9, 2019.

BHAT, S. A.; SINGH, J.; VIG, A. P. Amelioration and degradation of pressmud and bagasse wastes using vermitechnology. **Bioresource Technology**, v. 243, p. 1097-1104, nov. 2017. Elsevier BV. DOI: <https://dx.doi.org/10.1016/j.biortech.2017.07.093>.

BIDONE, F. R. A. **Resíduos sólidos provenientes de coletas especiais: eliminação e valorização**. Rio de Janeiro: ABES, 2001. 218p.

- BONGUE, D.; GASPAR, M. G. S.; CHITOMBI, A. N.; JOÃO, P. G.; FERREIRA, J. C. Degradação química do solo da funda. **Brazilian Applied Science Review**, Curitiba, v. 3, n. 2, p. 1417-1432, 2019.
- BRASIL. Ministério de Estado da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Secretaria de Defesa Agropecuária. **Manual de métodos analíticos oficiais para fertilizantes e corretivos**. Brasília: Ministério da Agricultura, 2017.
- BYAMBAS, P.; LEMTIRI, A.; HORNICK, J. L.; NDONG, T. B.; FRANCIS, F. Rôles et caractéristiques morphologiques du ver de terre *Eudrilus eugeniae* (synthèse bibliographique). **Biotechnologie Agron. Soc. Environm**, v. 21, p. 160-170, 2017.
- CARLESSO, W.; RIBEIRO, R.; HOEHNE, L. Tratamento de resíduos a partir de compostagem e vermicompostagem. **Revista Destaques Acadêmicos**, Lajeado, v. 3, n. 4, p. 105-110, 2011.
- CARMO, D. L.; SILVA, C. A. Métodos de quantificação de carbono e matéria orgânica em resíduos orgânicos. **Revista Brasileira de Ciências do Solo**, v. 36, p. 1211-1220, 2012. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0100-06832012000400015>.
- CARVALHO, N. M.; NAKAGAWA, J. **Sementes: ciência, tecnologia e produção**. 5. ed. Jaboticabal: FUNEP, 2012.
- COSTA, A. C. S.; NOZAKI, V. C. Determinação de cobre, alumínio e ferro em solos derivados do basalto através de extrações sequenciais. **Química Nova**, São Paulo, v. 25, n. 4, 2002.
- DETTERBECK, A.; PONGRAG, P.; RENSCH, S.; REUSCHER, S.; PEČOVNIK, M.; VAVPETIČ, P. *et al.* Spatially resolved analysis of variation in barley (*Hordeum vulgare*) grain micronutrient accumulation. **New Phytologist**, v. 211, p. 1241-1254, 2016. DOI: <https://doi.org/10.1111/nph.13987>.
- DOMÍNGUEZ, J. Earthworms: the ecological engineers of soil. **Intech Open**. 2018. DOI: <https://doi.org/10.5772/intechopen.76088>. Disponível em: <https://www.intechopen.com/books/earthworms-the-ecological-engineers-of-soil/earthworms-and-vermicomposting>. Acesso em: 10 abr. 2019.
- EMBRAPA - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Conceitos de fertilidade do solo e manejo adequado para as regiões tropicais**. Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento, Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento, Brasil, 2010.
- EPSTEIN, E. **The science of composting**. Massachusetts: Taylor & Francis Group, 1997.
- FARAHANI, EMAMI, H.; FOTOVAT, A.; KHORASSANI, R. Effect of different K:Na ratios in soil on dispersive charge, cation exchange and zeta potential. **European Journal of Science**, v. 70, p. 311-320, 2018.

FIORI, M. G. S.; SCHOENHALS, M.; FOLLADOR, F.A.C. Análise da evolução tempo-eficiência de duas composições de resíduos agroindustriais no processo de compostagem aeróbia. **Engenh. Amb.**, v. 5, p. 178-191, 2008.

FREDRICKSON, B. L.; JOINER, T. Positive emotions trigger upward spirals toward emotional well-being. **Psychological Science**, 2002, 13, p. 172-175.

GARG, V. K.; YADAY, A. Vermicomposting: An effective tool for the management of invasive weed *Parthenium hysterophorus*. **Bioresour. Technol.**, v. 102, p. 5891-5895, 2011. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2011.02.062>.

GHATAS, Y. A. A. Impacts of using some fertilization treatments in presence of salicylic acid foliar spray on growth and productivity of *Coriandrum sativum*. **Journal of Plant production**. Mansoura University, v. 11, p. 119-125, 2020. DOI: <https://doi.org/10.21608/JPP.2020.79105>.

GIL, A. C. **Métodos e técnicas de pesquisa social**. 6. ed. São Paulo: Atlas, 2008.

IPEA - Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada. **Diagnóstico dos resíduos sólidos urbanos**. Relatório de pesquisa. Brasília, 2012. 82p.

JACOBI, P.; BESEN, G. R. Gestão de resíduos sólidos em São Paulo: desafios da sustentabilidade. **Estudos Avançados**, v. 25, p. 135-158, 2011. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0103-40142011000100010>.

LOURENÇO, N. M. G. **Manual de vermicompostagem e vermicultura para a agricultura orgânica**. Porto: Publindústria, 2014.

MARCHI, C. M. D. F.; GONÇALVES, I. O. Compostagem: a importância da reutilização dos resíduos orgânicos para a sustentabilidade de uma instituição de ensino superior. **Revista Monografias Ambientais**, v. 19, e.1, 2020.

MARCONDES, A. C.; LAMMOGLIA, D. A. **Biologia: ciência da vida**. São Paulo: Atual, 1996.

MARSCHNER, H. Relationship between mineral nutrition and plant disease and pests. *In*: MARSCHNER, H. (ed.). **Mineral nutrition of higher plants**. London: Academic Press, 1996.

MEDEIROS, W. J. F.; OLIVEIRA, F. Í. F.; LACERDA, C. F.; OLIVEIRA, D. R.; RIBEIRO, M. S. S.; OLIVEIRA, A. C. Efeitos da salinidade do solo e encharcamento sobre as taxas de crescimento de plantas jovens de coqueiro-anão-verde. **Revista Brasileira de Agricultura Irrigada**, v. 11, p. 1315-1323, 2017.

MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE. Lei nº 12.305 de 02 de agosto de 2010. **Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos; altera a Lei nº 9.605, de 12 de fevereiro de 1998; e dá outras providências**. Brasil, 2010. Disponível em: <http://www2.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=636>. Acesso em: 07 nov. 2019.

MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE. **Manual busca popularizar compostagem**. Brasília: MMA, 2017. Disponível em: <http://www.mma.gov.br/informma/item/14186-noticia-acom-2017-06-2404.html>. Acesso em: 14 maio. 2019.

MORAES, J. F. V.; RABELO, N. A. **Um método simples para a digestão de amostras de plantas**. Goiânia: Embrapa-CNPAP, 1986. 12p. (Embrapa-CNPAP. Documentos).

NAGARAJAN, G.; RAJAKUMAR, S.; AYYASAMY, P. M. Vegetable wastes: an alternative resource for biogas and bio compost production through lab scale process. **International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences**, 2014, v. 3, n. 10, p. 379-387.

ONU. **Transforming our world: the 2030 Agenda for Sustainable Development**. 2018. Disponível em: <https://sustainabledevelopment.un.org/post2015/transformingourworld>. Acesso em: 18 nov. 2018.

PATTNAIK, S.; REDDY, M. V. **Nutrient status of vermicompost of urban green waste processed by three earthworm species: Eisenia fetida, Eudrilus eugeniae, and Perionyx excavatus**. Department of Ecology and Environmental Sciences, Pondicherry University, India, 2009.

ROUBALOVÁ, R.; PROCHÁZKOVÁ, P.; HANČ, A.; DVOŘÁK, J.; BILEJ, M. Mutual Interactions of *E. Andrei* earthworm and pathogens during the process of vermicomposting. **Environ Sci Pollut Res**, v. 27, p. 33429–33437, 2020. DOI: <https://doi.org/10.1007/s11356-019-04329-5>.

SANA, R. S.; ANCHINONI, I.; BRANDÃO, Z. N.; HOLZSCHUH, M. J. Variabilidade espacial de atributos físico-químicos do solo e seus efeitos na produtividade do algodoeiro. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 18, n. 10, p. 994-1002, 2014. DOI: <https://doi.org/10.1590/1807-1929/agriambi.v18n10p994-1002>.

SCHALCH, V.; REZENDE, M. O. O. O processo de compostagem do lixo e sua relação com a qualidade de adubo formado. **BIO**, p. 44-47, out./dez. 1991.

SEDIYAMA, M. A. N.; GARCIA, N. C. P.; VIDIGAL, S. M.; MATOS, A. T. Nutrientes em compostos orgânicos de resíduos vegetais e dejetos de suínos. **Scientia agrícola online**, v. 57, p. 185-189, 2000. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0103-90162000000100030>.

SENA, L. M.; COSTA, F. R. S.; ALMEIDA, F. B. B.; BRITO, P. O. B.; GONDIM, F. A. Compostagem e vermicompostagem como alternativa para tratamento e destinação de resíduos orgânicos. **Revista Verde**, v. 14, n. 2, p. 266-272, 2019. DOI: <https://doi.org/10.18378/rvads.v14i2.6136>.

SORIA, J. E.; TROLEIS, M.J.B.; ALVES, M.R.; MONTANARI, R.; ANDREOTTI, M. Influência do teor de argila nas relações entre os atributos químicos de solos no noroeste do estado de São Paulo. **Revista de Ciências Agrônômicas**, v. 28, n. 1, p. 111-122, 2019. DOI: <https://doi.org/10.32929/2446-8355.2019v28n1p111-122>.

TEDESCO, M. J.; GIONELLO, C.; BISSANI, C. A.; BOHNEN, H.; VOLKWEISS, S. J. **Análises de solo, plantas e outros materiais**. 2. ed. Porto Alegre: Departamento de Solos, UFRGS, 1995.

TIECHER, T.; MARTINS, A. P.; PERETTO, E. J. S.; FINK, J. R.; SANTOS, L. S.; DENARDIN, L. G. O.; TIECHER, T. L. **Evolução e estado de fertilidade do solo no Norte do Rio Grande do Sul e Sudoeste de Santa Catarina**. UFRGS, 2016.

15

TOREZIN, A. F. **Avaliação da aplicação da vermicompostagem como temática para o desenvolvimento da alfabetização científica**. 2019. 249 f. Dissertação (Ensino de Ciências) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Curitiba, 2019. Disponível em: http://repositorio.utfpr.edu.br/jspui/bitstream/1/4344/8/CT_PPGFCET_M_Torezin%2c%20Aline%20Ferreira_2019.pdf. Acesso em: 20 maio. 2020.

VERGNOUX, A. M.; GIULIANO, M.; LE DRÉAU, Y.; KISTER, J.; DUPUY, N.; DOUMENQ, P. Monitoring of the evolution of an industrial compost and prediction of some compost properties by NIR spectroscopy. **Science Total Environment**, v. 407, p. 2390-2403, 2009. DOI: <https://dx.doi.org/10.1016/j.scitotenv.2008.12.033>.

VIONE, E. L. B. Caracterização química de compostos e vermicompostos produzidos com casca de arroz e dejetos animais. **Revista Professare**, Caçador, v. 7, n. 2, p. 75-84, 2018.

WANG, P.; CHANGA, C.M.; WATSON, M.E.; DICK, W.A.; CHEN, Y.; HOITINK, H.A.J. Maturity indices for composted dairy and pig manures. **Soil Biology and Biochemistry**, v. 36, n. 5, p. 767-776, 2004. DOI: <https://dx.doi.org/10.1016/j.soilbio.2003.12.012>.

YARA BRASIL S. A. **Nutrição de plantas e produtos**. Brasil, 2020. Disponível em: <https://www.yarabrasil.com.br/nutricao-de-plantas/produtos/yaramila/>. Acesso em: 06 jun. 2020.