

PROCESSOS DE COMPOSTAGEM DOMÉSTICA: ANÁLISE DO PROCESSO DE COMPOSTAGEM ACELERADO POR EXTRATO PIROLENHOSO

MORAIS, Andressa Paula de; ALVES, Barbara Moraes Rodrigues¹

Prof.^a. Ma. Cândida Maria Costa Baptista²

Universidade São Francisco

andrespmorais@gmail.com; barbara_alves95@hotmail.com

¹Alunos do Curso de Engenharia Química; Universidade São Francisco; Campus Bragança Paulista

²Professor Orientador, Curso de Engenharia Química, Universidade São Francisco; Campus Bragança Paulista.

Resumo. O rápido crescimento populacional junto com o desenvolvimento econômico ocasionou umas das maiores preocupações para a sociedade, levando a uma busca por um processo que aumente a vida útil de um produto consumido através de soluções consideradas ambientalmente corretas para a destinação dos resíduos gerados por essa utilização, dando enfoque principalmente à reciclagem que transforma esse resíduo em um novo produto, ação essa proposta pela teoria dos “4R’s” de repensar, reduzir, reutilizar e reciclar. A compostagem é uma importante ferramenta para o tratamento de resíduos sólidos orgânicos, porém o processo é lento e a demanda por tratamento e destinação correta desses resíduos é alta, sendo assim, existe uma problemática sobre o limitado espaço territorial para a realização dessa técnica o que acarreta um acúmulo de resíduos sólidos orgânicos. O presente artigo tem como objetivo avaliar o efeito de diferentes doses de extrato pirolenhoso no processo de compostagem e sua eficiência como um acelerador natural através da pesquisa em pequena escala e aplicada experimentalmente em quatro modelos de composteiras. Foram montadas quatro composteiras com resíduo domiciliar como casca de banana, verduras e legumes; na composteira I foi acrescentada serragem e terra, na composteira II serragem, terra e extrato pirolenhoso, na composteira III serragem, terra e minhocas californianas e por fim na composteira IV serragem, terra, minhocas californianas e extrato pirolenhoso. Os processos foram desenvolvidos e comparados entre eles. Este estudo propõe analisar a interferência do extrato pirolenhoso em fundo branco e com minhocas californianas através da avaliação de parâmetros (temperatura, pH, teor de umidade e condutividade) para verificar a qualidade do composto produzido, contribuindo para a escolha do método mais rápido e eficaz para a destinação adequada dos resíduos orgânicos.

Palavras-chave: resíduos sólidos, compostagem, resíduos sólidos orgânicos, extrato pirolenhoso.

Introdução

Para o desenvolvimento de um país, no contexto social, econômico ou ambiental, existe a necessidade de modificar constantemente as políticas que o regem como forma de fortalecer o processo não apenas a partir da alteração de diretrizes políticas, mas também com ações que incluam ferramentas que induzam a novas formas de pensar, questionar e agir da população.

A inter-relação com a matéria entre pessoas, animais, plantas, minerais e até o ar segue em movimento, mantendo a dinâmica da vida. A compreensão de que toda matéria se transforma é necessária para se entender que nada é permanente da maneira como está, diante

de tal, a geração desenfreada e disposição inadequada dos resíduos constituem grande foco de poluição ambiental, ocasionando problemas nas áreas política, social, econômica, técnica e de saúde, uma grande consequência de degradação ambiental que vem assolando as cidades brasileiras.

Sancionada em 02 de agosto de 2010, a Lei Federal nº 12.305, instituiu a Política Nacional de Resíduos Sólidos “PNRS” lei esta que trata em diversos artigos da reciclagem, incluindo a definição a compostagem. Em suas citações a PNRS trata a compostagem como destinação final ambientalmente adequada para os resíduos sólidos urbanos cabendo ao titular dos serviços públicos de limpeza urbana implantar sistemas de compostagem para resíduos sólidos orgânicos e articular com agentes econômicos e sociais formas de utilização do composto produzido.

Conforme o último Panorama dos Resíduos Sólidos no Brasil (2020), o Brasil gerou 79.069.585 toneladas de Resíduos Sólidos Urbanos “RSU” representando um aumento de 18,55% em relação ao ano de 2010. O estudo apresenta ainda que aproximadamente 12.720.250 toneladas/ano dos resíduos coletados no nosso país tem destinação final inadequada, sendo depositadas em lixões e aterros controlados.

Um dos principais desafios para a problemática dos RSU no Brasil está no campo do gerenciamento. As usinas de triagem e compostagem são alternativas dentro deste gerenciamento. A compostagem pode ser utilizada como alternativa para transformação de resíduos orgânicos, integrada a um sistema de reciclagem de materiais ou como único sistema de tratamento da fração orgânica dos resíduos aliando a isto a valoração com um produto de valor agregado.

Segundo Guirra (2003), Alves (2006) e Campos (2007), o extrato pirolenhoso (EP) é obtido, no processo de carbonização da madeira ou do bambu para a produção do carvão, a partir de um líquido formado pela condensação da fumaça durante a queima, sendo, também, conhecido como ácido pirolenhoso ou vinagre de madeira. O EP trata-se de um líquido de cor amarela a marrom avermelhada é composto, em sua maior parte, por água e mais de 200 compostos orgânicos, dentre os quais ácido acético, álcoois, cetonas, fenóis e alguns derivados de lignina. Esse produto pode ser obtido de diferentes espécies vegetais, como o bambu, o eucalipto e o pinus.

De acordo com Miyasaka (2001), o EP é utilizado como condicionador do solo (melhora as qualidades físicas, químicas e especialmente biológicas, proporcionando aumento de micro-organismos benéficos, facilitando, assim, a assimilação de nutrientes do solo pela planta), bioestimulante vegetal, indutor de enraizamento, repelente de insetos, contribuindo com a diminuição do uso de agroquímicos na agricultura convencional. O EP é diluído em água, em concentrações variando de 5 a 20 mL L⁻¹, quando aplicado ao solo, melhora seus atributos físicos e químicos, proporciona aumento da população de microrganismos benéficos, como actinomicetes e micorrizas e, portanto, favorece a disponibilização de nutrientes para as plantas. O EP pode ser utilizado para diversos fins na agricultura. Como fertilizante orgânico já foi avaliado para as culturas de arroz (TSUZUKI et al., 2000), sorgo (ESECHIE et al., 1998) e batata doce (SHIBAYAMA et al., 1998); mas pode também ser usado como desinfetante de solo (DORAN, 1932), nematicida (CUADRA et al., 2000) e fungicida (NUMATA et al., 1994).

Legislação e Normatização

Diante do enfrentamento de dificuldades a respeito da gestão dos resíduos sólidos urbanos, criou-se uma preocupação com o meio ambiente.

Além de gerar inúmeros danos ambientais, o descarte incorreto compromete também a qualidade de vida da sociedade, já que resulta em um aumento na emissão de gases nocivos e

no número de alagamentos e inundações, bem como contamina o solo e polui as águas superficiais e subterrâneas. Para reverter a situação, em 2010 foi instituída pelo Ministério do Meio Ambiente a “Política Nacional de Resíduos Sólidos” (PNRS), que definiu os princípios, objetivos e instrumentos, bem como diretrizes, relativas à gestão e ao gerenciamento de resíduos sólidos, incluindo os perigosos, em âmbito nacional (OLIVEIRA & MEIRA, 2017, p. 30).

Sendo assim, foi elaborada a Lei N° 12.305, de 2 de agosto de 2010 que rege sobre diretrizes dos resíduos sólidos no Brasil. Além disso, foi elaborada também a Norma Brasileira 10.004 “NBR 10.004”, uma norma da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT), que visa fornecer subsídios no gerenciamento dos resíduos sólidos, apresentando parâmetros como periculosidade, toxicidade, inflamabilidade, corrosividade, reatividade e patogenicidade, que auxiliam na coordenação e planejamento para o melhor destino.

Brasil (2010), explica que segundo o PNRS, considera-se ordem de prioridade a não geração, redução, reutilização, reciclagem, tratamento dos resíduos sólidos e destinação final ambientalmente adequada aos rejeitos que não puderem ser utilizados para outra atividade.

O desafio do homem contemporâneo é buscar formas de viver que permitam o equilíbrio entre o meio ambiente, suas necessidades econômicas e o bem-estar social. Sendo um grande desafio para a sociedade a busca de formas de gerenciamento que busquem diminuir o impacto gerado pela grande quantidade de resíduos gerada atualmente no planeta.

A Política Nacional de Resíduos Sólidos (2010) define em seu art. 3° que os rejeitos ou dejetos são os resíduos sólidos que mesmo submetidos a tratamentos e recuperação, não apresentam outra possibilidade que não seja o descarte correto. Entre os rejeitos e dejetos, está a matéria orgânica, para a qual se faz necessário encontrar uma melhor forma para descarte, além dos aterros sanitários, que está entre as mais adequadas, por outro lado, é possível utilizar formas para tratamento como a compostagem, digestão anaeróbica e o tratamento mecânico biológico.

A Resolução CONAMA N° 481, de 3 de outubro de 2017, estabelece critérios de procedimento e qualidade para a técnica de compostagem de resíduos orgânicos, visa assegurar a proteção ao meio ambiente e o ciclo natural da matéria orgânica, além de garantir o papel do fertilizante ao solo.

Segundo a resolução CONAMA N° 481 (2017), não é permitido adicionar ao processo de compostagem os resíduos perigosos; lodo de estações de tratamento de efluentes; de estabelecimentos de serviços de saúde; de portos e aeroportos; lodos de estações de tratamento de esgoto sanitário e quaisquer outros resíduos classificados como resíduo perigoso.

Problemática dos resíduos sólidos no Brasil

Considerando o atual cenário em que o país se encontra, é possível analisar que há um crescimento populacional, resultando no aumento dos RSU decorrentes das produções em grande escala e na utilização de produtos descartáveis.

De acordo com Siqueira & Semsato (2010), com o capitalismo, o desenvolvimento industrial e o crescimento populacional, novos produtos foram inseridos no mercado, a sociedade tornou-se mais consumista, adquirindo cada vez mais produtos descartáveis, resultando em um aumento significativo da produção de lixo descartável. A falta de recurso acaba resultando em descartes incorretos dos resíduos em lixões, onde não recebem tratamento e destinação adequada.

Diariamente são geradas grandes quantidades de resíduos, acarretando problemas sociais, de saúde, econômicos, ambientais e políticos. A destinação incorreta deles é um dos grandes problemas que o Brasil enfrenta. É perceptível que há uma preocupação com o meio

ambiente e a gestão ambiental desses resíduos, visando prevenir e minimizar os impactos ambientais é necessário um planejamento adequado no gerenciamento desses resíduos.

O gerenciamento de resíduos sólidos urbanos deve ser integrado, ou seja, deve englobar etapas articuladas entre si, desde a não geração até a disposição final, com atividades compatíveis com as dos demais sistemas do saneamento ambiental, sendo essencial a participação ativa e cooperativa do primeiro, segundo e terceiro setor, respectivamente, governo, iniciativa privada e sociedade civil organizada. (ZANTA & FERREIRA, 2003, p. 1)

O descarte inadequado dos resíduos é um problema mundial, onde a falta de tratamento e gerenciamento correto impactam de forma negativa no solo através de suas transformações físico-químicas; nas águas através do chorume que contamina os lençóis freáticos deixando a água doce imprópria para ser consumida, e no ar através da emissão de gases de efeito estufa, podendo também causar doenças respiratórias nas pessoas.

Para contribuir com a correta gerência dos resíduos sólidos, é de fundamental importância a educação ambiental que propõe a sensibilização, a conscientização e o comprometimento de todos os envolvidos, visando diminuir a geração desses resíduos, incentivando a utilização dos materiais recicláveis, assim, diminuindo o desperdício.

Resíduo orgânico

Com o aumento da população, da produção de bens e consumo, tem-se também o aumento de resíduos, colocando assim a sociedade frente a uma realidade: a necessidade de soluções que busquem a minimização dos impactos ao meio ambiente através de sua disposição final. Algumas das alternativas são: aterros sanitários, reaproveitamento, reciclagem e compostagem. Os aterros sanitários são os mais utilizados devido ao baixo custo e a disposição de diversas áreas.

Para Bitencourt (2013), o principal componente do lixo orgânico é aquele produzido pelo corpo humano, tais como fezes e urina. O lixo humano é perigoso principalmente quando descartados em locais inadequados, pode transmitir vermes, bactérias e fungos causadores de doenças e de desequilíbrios no meio ambiente.

No entanto, uma grande conquista da civilização humana se deve às condições de saneamento básico, que reduzem a chance de propagação de doenças através dos dejetos humanos, por outro lado, os resíduos orgânicos podem ser seletivos e ser utilizados para diversos fins, reduzindo o volume de disposição final e minimizando o seu potencial poluidor.

O perfil do lixo produzido nos domicílios do Brasil apresenta uma maior quantidade de matéria orgânica comparada a outros componentes desse lixo. De acordo com uma pesquisa realizada pelo Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada “IPEA” (2010), a matéria orgânica representa 51,4% da composição do lixo. Essa realidade mostra a importância em gerenciar adequadamente esse tipo de resíduo.

“Em razão do benefício que proporciona, o composto orgânico pode ser utilizado para várias finalidades, definidas a partir das características (por meio de análises laboratoriais) que apresenta” (PEREIRA&GONÇALVES, 2011, p. 16)

Segundo o Ministério do Meio Ambiente (2019), a compostagem é uma alternativa para reduzir o volume de lixo produzido pela sociedade, sendo uma técnica que transforma os resíduos orgânicos em adubo orgânico. É um processo biológico que acelera a decomposição do material orgânico, tendo como produto final o composto orgânico.

Compostagem

Antigamente a compostagem era mais comum, as pessoas utilizavam muito essa técnica para transformar os RSU em adubos naturais para serem usados em hortas e jardins,

mas com a criação e comercialização do fertilizante químico, a técnica de compostagem caiu em desuso.

Segundo o IBGE (2010), mais da metade dos resíduos no Brasil são orgânicos (de origem animal ou vegetal, por exemplo, resto de alimentos, folhas de árvores, vísceras de aves entre outros) e somente 4% desses resíduos são reciclados por usinas de compostagem.

Nas perspectivas de Kiehl (1985) e Teixeira (2002), a compostagem refere-se ao processo de decomposição biológica de resíduos orgânicos, controlado por microrganismos, em condições controladas de temperatura, pH, umidade, aeração e tipos de nutrientes disponíveis que após as etapas de degradação e maturação, gera um composto orgânico, sendo esse adubo orgânico. Desta forma, ocorre uma decomposição microbiana, de oxidação e oxigenação, sob condições ideais os microrganismos utilizam essa matéria como alimento e sua eficiência baseia-se na interdependência e inter-relacionamento do fator de estabilização.

Quanto maior a variedade de matérias existentes em uma compostagem, maior vai ser a variedade de microrganismos atuantes no solo. Os materiais mais utilizados na compostagem são resíduos orgânicos em geral podendo ser colocados frutas; legumes; verduras; sementes; borras de café; filtros de café e cascas de ovos, mas também evitar colocar em excesso as frutas cítricas; laticínios e alimentos cozidos. E da mesma forma o composto contém restrições como carnes; papeis e guardanapos com óleo; pimenta, alho e cebola; óleos e gorduras; caldos (iogurte, feijão, sopas); fezes de animais domésticos e papel higiênico.

O composto em pequena escala pode ser preparado com o auxílio de composteiras, que se presta para trabalhar com pequenos volumes de resíduos orgânicos, sendo que a compostagem em pequena escala é ideal para ser realizada em residências.

No caso dos resíduos orgânicos domiciliares, o sistema de compostagem caseira é reaproveitar os resíduos gerados no preparo de alimentos para a produção de composto orgânico sólido e líquido, podendo ser utilizados como adubo orgânico em hortas e jardins. Por ser considerado excelente adubo natural, o composto orgânico traz múltiplos benefícios quando introduzido no solo ou utilizado para pulverização em plantas.

Segundo Mazzer e Cavalcanti (2004), existem algumas classificações quanto ao tipo da compostagem, podendo ser: aeróbico, anaeróbico ou misto; criofílico, mesofílico ou termofílico; aberto ou fechado; estático ou dinâmico. Quanto à biologia: Aeróbio (presença de oxigênio, a temperatura é sempre elevada); Anaeróbio (ausência de oxigênio, a temperatura é baixa); Misto: ocorre no processo aeróbio e depois ocorre diminuição de oxigênio, passando pelo processo anaeróbio). Quanto à temperatura: Criofílico (a temperatura atinge uma média inferior, próxima à do ambiente); Mesofílico (processo ocorre entre 35 e 45 °C. A temperatura nesses processos é diretamente proporcional a quantidade de micro-organismos); Termofílico (processo ocorre em temperaturas superiores a 55°C até 70°C. É o mais indicado, pois, as altas temperaturas podem diminuir a sobrevivência de micro-organismos patogênicos). Quanto ao ambiente: Aberto (ocorre em pátio a céu aberto); Fechado (ocorre em digestores, bioestabilizadores, células de fermentação). Quanto ao processamento: Estático (o revolvimento da massa em fermentação é feito com intervalos); Dinâmico (processo onde a massa em digestão é revolvida continuamente).

Parâmetros que influenciam a compostagem

Se tratando um processo de oxidação biológica em que os microrganismos decompõem os compostos orgânicos dos materiais, existem parâmetros que influenciam na compostagem, seja na qualidade final do composto ou no tempo necessário à sua estabilização.

Para Inácio & Miller (2009), os principais fatores que influenciam durante o seu processo são: temperatura, pH, teor de umidade, taxa de aeração, relação carbono e nitrogênio, micro-organismos nutrientes, condutividade e tamanho das partículas.

Segundo Lelis (1998), se a compostagem sofrer a influência desses parâmetros, pode ocasionar a geração do chorume, que se não controlado, com o desenvolvimento de reações anaeróbias, podendo levar inclusive à paralisação metabólica do processo e a produção de composto orgânico de má qualidade

No presente artigo foi possível realizar as análises dos seguintes parâmetros: temperatura, pH, teor de umidade e condutividade. Foi necessário acompanhar o processo em suas diversas etapas, controlando esses parâmetros para que estejam em condições ideais, para que assim obtenha-se o composto orgânico desejado.

Temperatura

Segundo Fernandes (1999), a compostagem aeróbia pode ocorrer tanto em regiões de temperatura termofílica (45°C a 85°C) como mesofílica (25°C a 43°C). Entretanto, a temperatura do sistema depende do equilíbrio entre o calor produzido, devido ao seu metabolismo exotérmico, e o calor perdido para o exterior, de modo que, se registrar temperatura da ordem de 55°C à 65°C o ecossistema está equilibrado e que a compostagem tem todas as chances de ser bem-sucedida.

Potencial Hidrostático

O valor do pH fornece informação sobre o estado de decomposição do composto. Os níveis de pH sem suas extremidades, sejam elas muito baixos ou muito altos, tem por consequência reduzir ou até inibir atividade microbiana e por este motivo o pH também é considerado um parâmetro importante para o desenvolvimento de uma comunidade biológica, mas é um parâmetro difícil de se controlar num processo como a compostagem.

De acordo com Jimenez e Garcia (1989) durante as primeiras horas de compostagem, o pH decresce até valores de, aproximadamente, 5.0, e posteriormente, aumenta com a evolução do processo de compostagem e estabilização do composto, alcançando, valores entre 7 e 8. Assim, valores baixos de pH são indicativos de falta de maturação devido à curta duração do processo ou à ocorrência de processos anaeróbios.

Teor de umidade

Para Reis (2004) os valores de umidade inferiores a 40% reduzem a velocidade de degradação, pois não é suprida a quantidade de água necessária para as atividades microbianas. Já valores superiores a 60% proporcionam o desenvolvimento de condições anaeróbias, formação de lixiviados e odores e perda de nutrientes.

De grosso modo os elevados teores de umidade, ou seja, >60 % a água ocupa os espaços vazios e impeça a passagem do oxigênio, o que poderá provocar aparecimento de zonas de anaerobiose, já se o teor de umidade é inferior a 40% a atividade biológica é inibida, assim com a velocidade de biodegradação.

Condutividade

A condutividade elétrica serve para indicar os níveis de fitotoxicidade de um composto sendo de suma importância a análise desse parâmetro. Segundo os autores Kiehl (1998),

Ayuso (1996) e Oliveira (2001) altos valores de condutividade elétrica e a alta concentração de ácidos orgânicos inibem a germinação de sementes.

De acordo com Brazão e Silva (2018), a medição é realizada com o auxílio do condutivímetro, sendo um aparelho que consiste em uma ponte de condutividade e célula de condutividade. O resultado obtido fornece uma medida aproximada da quantidade de sais dissolvidos na solução.

A temperatura interfere na medição da condutividade, ela induz o aumento na condutividade sempre quando cresce e deverá ser ajustada no aparelho após a realização da leitura, utilizando um termômetro.

Segundo Lourenço (2010), os teores de salinidade são aferidos por meio da condutividade elétrica e o valor máximo admissível de condutividade elétrica é de $7,8 \text{ dS m}^{-1}$.

Dentro desse contexto, este artigo teve como objetivo avaliar o efeito de diferentes doses de extrato pirolenhoso no processo de compostagem e sua eficiência como um acelerador natural através da pesquisa em pequena escala e aplicada experimentalmente em quatro modelos de composteiras, como um primeiro estudo para balizar a utilização do extrato pirolenhoso na compostagem ou o desenvolvimento de estudos mais específicos.

Material e Métodos

As composteiras foram implantadas no domicílio das pesquisadoras no município de Bragança Paulista (SP) e as análises químicas e físico-químicas foram realizadas nos Laboratório de Química da Universidade São Francisco – Campus Bragança Paulista.

E foram instaladas numa área externa dos domicílios, em local cercado para impedir a aproximação de animais, coberto parcialmente, com boa ventilação e iluminação natural.

Substrato

Os resíduos orgânicos para alimentação das composteiras foram recolhidos em um estabelecimento pequeno de marmitas e a serragem na Serraria Borella, ambos localizados no município de Itatiba (SP) as verduras e os legumes foram coletados no Frutão em Bragança Paulista (SP). Foi solicitado aos estabelecimentos para que fizessem a separação e recolhidos no mesmo dia, para a decomposição não ocorrer antes de iniciar os experimentos. Em dois dias já foi recolhida a quantidade suficiente para começar o processo de compostagem.

Caracterização do substrato

A caracterização do substrato foi realizada para identificar a parcela de resíduos compostáveis e não compostáveis. Primeiro os resíduos foram dispostos sobre uma lona e separados manualmente em montes de acordo com as seguintes categorias: resíduos compostáveis, resíduos compostáveis cozidos, resíduos cítricos e rejeitos. Foram descartados os resíduos cítricos e rejeitos, como cebolas, carnes e trigos, posteriormente separou-se os demais resíduos compostáveis e cozidos.

Verifica-se que na maioria dos projetos de compostagem, os alimentos cozidos são rejeitados, já que tais alimentos são mais atrativos a vetores como insetos e ratos, além disso, o sal contido nos alimentos, se em alta concentração, prejudica o desenvolvimento minhocas. Então, neste trabalho foram utilizados substratos 70% crus e 30% cozidos nas composteiras, porém, nos alimentos cozidos foi realizada uma lavagem para a retirada dos temperos. Depois de separados os resíduos nas respectivas categorias, eles foram pesados e separados em montes onde foram divididos para cada uma das composteiras. Antes de serem adicionados às composteiras, os resíduos tiveram a granulometria reduzida manualmente.

Minhocas

Para a realização das composteiras com minhocas, apresentadas na Figura 1, estas pertencem à espécie *Eisenia foetida*, conhecida como Vermelha da Califórnia, a espécie foi escolhida em razão da sua elevada taxa de reprodução, alta produção de vermicomposto e pela capacidade de se adaptar a diversos ambientes (SCHIEDECK et al; 2006). As minhocas que foram utilizadas foram compradas no Minhocário Mazzochi, localizado em Bragança Paulista (SP), sendo utilizadas 1000 minhocas por m³ de resíduo sendo que cada composteira possui capacidade para 0,019 m³. A quantidade de minhocas adicionada as composteiras foi de aproximadamente 30 minhocas em cada.

Figura 1 - Minhocas da espécie *Eisenia Foetida*



Fonte: Autora (2021)

Montagem das Composteiras Domésticas

Foram utilizadas duas caixas de plástico para a construção de cada composteira, cada caixa inferior mede 5 cm de altura, 24 cm comprimento e 23 cm largura e a caixa superior com 34,5 cm de altura, 24,5 cm comprimento e 23 cm largura, com capacidade de 12 litros, ocupando uma área de 0,056 m². As caixas com tampa foram encaixadas uma em cima da outra, foram feitos 35 furos de aproximadamente 0,5 cm de diâmetro na tampa e na base das caixas superiores para permitir a circulação de ar e a drenagem do chorume para a caixa inferior.

Experimentos das Compostagens

Foram montadas duas composteiras convencionais e duas composteiras com auxílio de minhocas (Figura 1). Os experimentos foram realizados por cerca de 65 dias, de agosto a outubro de 2021. O planejamento experimental desenvolvido está mostrado nas Tabelas 1 e 2.

Figura 2 - Sistema de composteiras domésticas.



Fonte: Autora (2021)

As montagens das composteiras foram realizadas conforme a classificação da tabela 1.

Tabela 1 -Planejamento experimental das composteiras.

Composteira	Processo	Substrato
1	Compostagem	70% crus e 30% cozidos
2	Compostagem	70% crus, 30% cozidos e $\frac{3}{4}$ Extrato Pirolenhoso
3	Compostagem + Minhocas	70% crus e 30% cozidos
4	Compostagem + Minhocas	70% crus, 30% cozidos e $\frac{1}{4}$ Extrato Pirolenhoso

Fonte: Autora (2021)

Para a realização desse experimento foi considerado em cada montagem das composteiras proporções iguais dos componentes, conforme retratado na tabela 2.

Tabela 2 – Composição da montagem de cada composteiras.

MATERIAIS	PESO (por composteira)
Cascalhos de madeira	270g
Composto maturado	1530g
Alface e casca de abóbora	650g
Comida	150g
Cascalhos de madeira	270g
Alface e casca de abóbora	120g
Folhas secas	1530g

Fonte: Autora (2021)

Depois de montadas as composteiras, a primeira camada colocada foi uma base de 5 cm de composto maturado (estabilizado), é importante colocar essa base para aumentar a quantidade de microrganismos e acelerar o processo. Também se faz necessário adicionar esta base para as minhocas se adaptarem melhor ao ambiente das composteiras e não ocorrer perdas. Depois da camada de composto maturado foram adicionadas 30 minhocas, apenas nas composteiras III e IV. A alimentação do sistema aconteceu apenas uma vez e já foi completada a capacidade das composteiras com os resíduos, nas proporções e ordens

indicadas na Tabela 2. A última camada adicionada as folhas secas, para alcançar a relação C/N.

As composteiras I e III no qual não foram adicionados o extrato, serão revolvidos os seus materiais após 5 e 7 dias respectivamente. Para composteira II aguardou 5 dias, após estar montada para introduzir 900 mL de extrato pirolenhoso, essa quantidade foi fracionada em três doses com intervalos de 3 dias. Para a composteira IV aguardou 7 dias para começar a introduzir o extrato, de modo a controlar a umidade não afetarem as minhocas, adicionamos 50 mL em dias consecutivos até finalizar os 300 mL do produto.

Análises Físico-Químicas

Os parâmetros físico-químicos foram monitorados durante o experimento e a frequência das análises mostradas na Tabela 3. As amostras do composto foram coletadas e imediatamente analisadas. As análises de temperatura e umidade foram realizadas *in loco*, as demais análises foram realizadas no laboratório de química da Universidade São Francisco – campus Bragança Paulista.

Tabela 3 - Parâmetros físico-químicos analisados no composto.

<i>PARÂMETROS</i>	<i>Método/Equipamento</i>	<i>Frequência de Monitoramento</i>
Temperatura	Termômetro Digital	a cada 5 dias (composteira) e 1x na semana (composteiras+minhocas)
Umidade	Medidor de Umidade	a cada 5 dias (composteira) e 1x na semana (composteiras+minhocas)
Potencial de Hidrogênio	pHmetro	Após 45 e 65 dias
Condutividade Elétrica	Condutivímetro	Após 45 e 65 dias

Fonte: Autora (2021)

Para o preparo das amostras foi inicialmente separado, 30 g, *in loco* das frações do solo e deixado secar ao ar por 24 hs e levadas ao laboratório para estufa também à 100° C por 24 hs para encaminhamento para fins de análises físicas e químicas.

Determinação do potencial de hidrogênio – pH (GUIMARÃES et al., 1970; MENDHAN et al., 2002)

Em água:

- Colocar 10 mL da amostra em becker de 50 mL, e adicionar 25 mL de água destilada ou deionizada, com o auxílio de uma proveta ou outro recipiente apropriado;
- Agitar com bastão de vidro, lavando-o ao passar de uma amostra para outra, e deixar em repouso por aproximadamente 30 minutos;
- Ligar o potenciômetro e, após 30 minutos, ajustar a temperatura, de acordo com a da solução-tampão que será utilizada para sua aferição;
- Aferir o potenciômetro utilizando solução-tampão pH 4 e pH 7;
- Agitar a solução com bastão de vidro, mergulhar o eletrodo, proceder à leitura e anotar o resultado.

Determinações da condutividade elétrica (ALLISON et al., 1954; HANDBOOK., 1980)

No sobrenadante da solução solo: água (1: 2)

- Colocar 10 mL da amostra em becker de 50 mL;

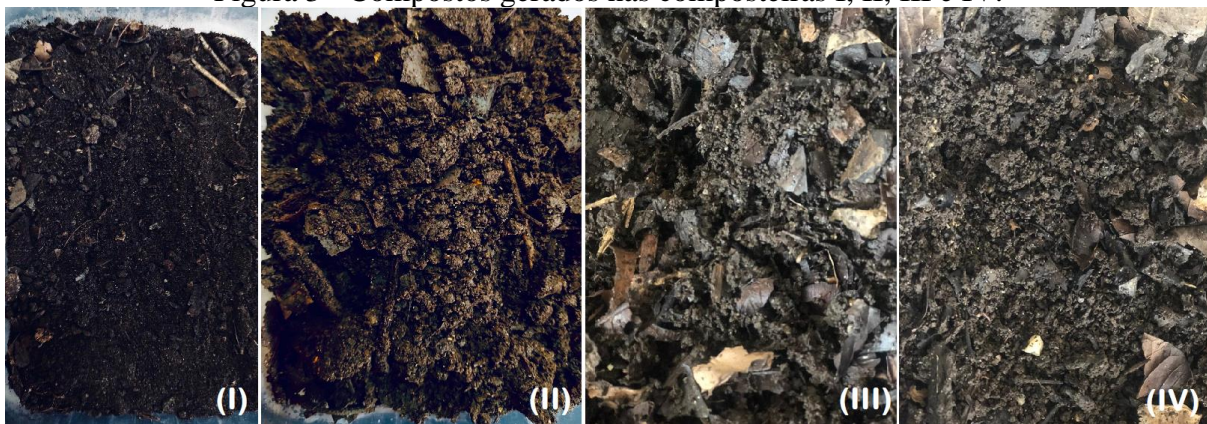
- Adicionar 20 mL de água destilada, misturar e esperar 30 minutos, ou o tempo necessário para que os sólidos sedimentem;
- Retirar o sobrenadante com pipeta, colocar na célula condutimétrica e realizar a leitura no condutivímetro.

Resultados e Discussões

Predrosa *et al.* (2013) comentam que a decomposição de qualquer matéria orgânica está diretamente relacionada com as suas características físicas, químicas e biológicas. Neste sentido, é importante a caracterização dos resíduos, uma vez que no processo de compostagem é produzido um composto a partir de uma mistura de diversos resíduos diferentes, sendo necessária a determinação da mistura ideal, ou seja, a quantidade de cada um dos resíduos nos sistemas.

Na Figura 3 observa-se o resultado físico obtido nas compostagens, mostrando a transformação dos resíduos da 1^a à 10^a semana de experimento. Comparando-se este tempo de processo de compostagem, com as pesquisas encontradas na literatura, está dentro da faixa de tempo descrita, que é de até 180 dias (LÓPEZ *et al.*, 2014; NOVAES *et al.*, 2013; OLIVEIRA, 2005).

Figura 3 - Compostos gerados nas composteiras I, II, III e IV.



Fonte: Autora (2021)

Nota-se a mudança física, na cor, que escureceu, e no volume de resíduos das pilhas, que foi reduzido. O experimento iniciou-se com 5 kg de resíduos nas composteiras I e II, já nas composteiras III e IV com o peso de 6,25 kg, com a variação de 1,25 kg a mais, devido aos humos que foi incluído junto com as minhocas e obtivemos a um peso final das composteiras 1,2,3 e 4 de 2,75 kg, 3,25 kg, 4,25 kg e 5,40 kg, respectivamente.

A quantidade de amostras retiradas de cada composteira, em semanas alternadas, para as análises laboratoriais foi em média 40 g para as análises, como foram realizadas duas análises, no total retirou-se 80 g de amostras.

As composteiras analisadas foram dispostas sobre uma lona para permitir uma avaliação do aspecto de cada um e nas compostagens realizadas com minhocas, foi realizada uma contagem, conforme na Tabela 4, verificando que a composteira IV a reprodução das minhocas foi maior e com grande quantidade de minhocas pequenas (novas) diferente nas observadas na composteira III, por sua compostagem ter ocorrido em menor tempo (mais rápida), assim a adição do extrato pirolenhoso possibilitou o aumento de minhocas, em comparação composteira III. Isto deve pelo fato do líquido pirolenhoso, estar diretamente relacionadas ao comportamento e eficiência nas mais variadas utilizações, destacam-se:

composição química, densidade, pH, viscosidade e umidade, que são fatores importantes para o andamento de uma composteira, potencializando a composteira.

Tabela 4 - Taxa de crescimento da população de minhocas

<i>Composteira</i>	Quantidade de minhocas no início	Quantidade de minhocas no final	Taxa de crescimento da população (%)
<i>III</i>	30	143	476
<i>IV</i>	30	187	623

Fonte: Autora (2021)

Nas análises físico-químicas, a temperatura é um dos fatores determinantes no processo, uma vez que diferentes temperaturas promovem diferentes microrganismos e sendo um parâmetro mais útil para monitorar a evolução da compostagem (HERBETS, 2005, p.44). Uma diminuição de temperatura indica uma diminuição da degradação, pela falta da aeração, umidade excessiva ou falta de um nutriente e quanto mais elevadas for a temperatura, mais rápido ocorre a decomposição.

Nos gráficos da Figura 4 é apresentada a evolução das temperaturas coletadas ao longo da 1ª à 10ª semana do processo de compostagem. São apresentadas as médias, de 5 em 5 dias para as composteiras I e II e as semanais das composteiras III e IV, comparadas com as médias da temperatura ambiente.

Observa-se que a máxima temperatura atingida pelas composteiras I, II, III e IV foram de 26,6 °C, 25,7°C, 31,5°C e 35,0 °C respectivamente, demonstrando que o processo ocorreu em região mesofílica (25°C a 43°C), nas composteiras. Não alcançando a faixa de temperatura ideal para a compostagem que é de 40-65°C. As temperaturas acima de 55°C (fase termófila) são necessárias para a eliminação dos microrganismos patogênicos.

Normalmente, a aeração nas leiras é mais eficiente do que nas composteiras domésticas, o que resulta na obtenção de temperaturas termófilas, que são sustentadas ao longo do processo (BARRENA et al., 2014), o que não ocorreu neste experimento.

O fato de a compostagem não ter alcançado a fase termófila, poderia estar associado às suas dimensões, que foram menores do que o limite mínimo de 1,0 m³ (1,0 m de altura x 1,0 m de largura x 1,0 m de comprimento), que dificultam a manutenção das condições ideais da compostagem (OLIVEIRA et al., 2005), causando o desequilíbrio dos sistemas. As dimensões das composteiras foram de 0,019 m³, em função da quantidade disponível de resíduos para o experimento. No entanto, alguns experimentos, como os realizados por Pedrosa et al. (2013) e Novaes et al. (2013), também estavam fora das dimensões limite e demonstraram boa evolução do processo de compostagem, alcançando altas temperaturas (fase termófila).

O não alcance das altas temperaturas, também pode estar associado a alguns fatores observados nesta pesquisa, como, o maior volume de resíduos úmidos e com a inclusão do líquido do extrato pirolenhoso (pesam mais), o que pode ter ocasionado o excesso de umidade durante a compostagem, contribuindo para as alterações do processo; ao fato de alguns resíduos, como a serragem e o resíduos cozidos serem mais difíceis de decompor, aumentando assim o tempo do processo, e também à alta relação C/N do resíduo que pode ter contribuído para a falta de nitrogênio na mistura.

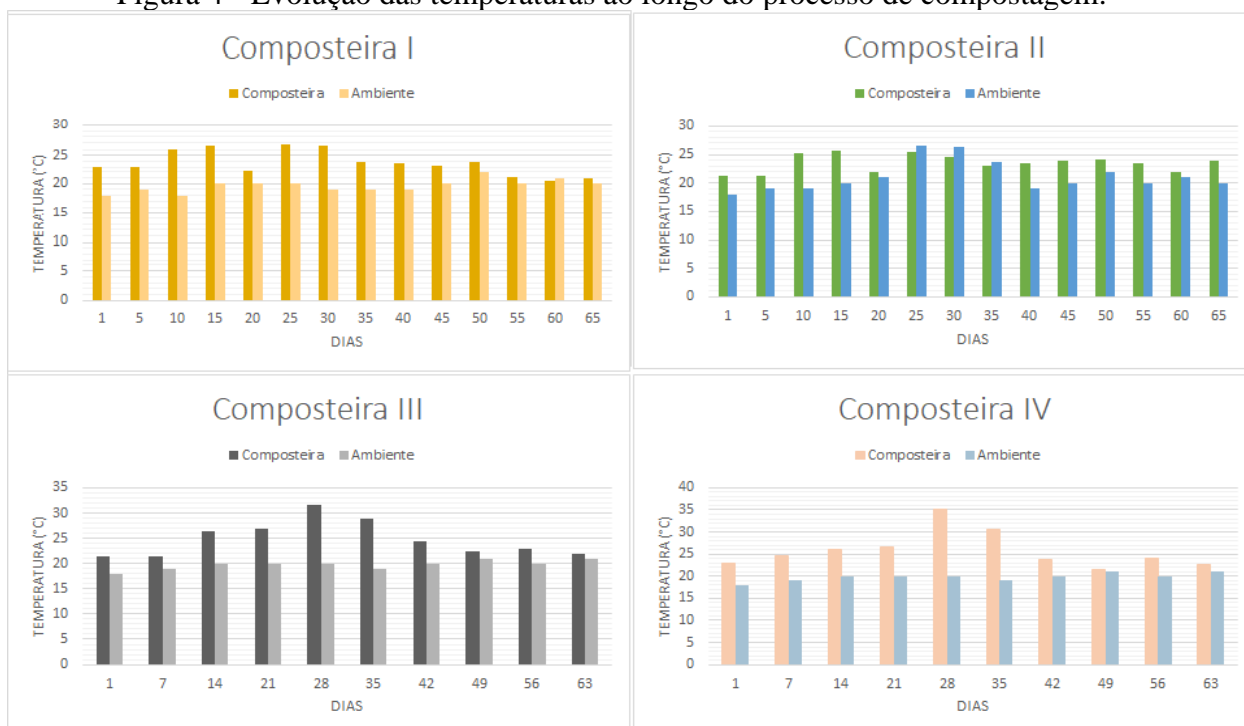
Segundo Kiehl (2004) na compostagem, o processo se inicia com a gradativa elevação da temperatura nos primeiros dias (fase mesófila), seguida por uma rápida e ativa elevação, onde são alcançadas as temperaturas mais altas (fase termófila), que são mantidas ao longo do processo e se aproximando do término da compostagem, as temperaturas voltam a diminuir gradativamente, retornando a fase mesófila, se estabilizando, e posteriormente, tornando-se mais baixas do que a temperatura ambiente.

Nota-se, que até a 7ª semana as temperaturas, com exceção a algumas variações da composteira II, se mantiveram mais altas do que a temperatura do ambiente, e posteriormente, começaram a se aproximar da temperatura ambiente, demonstrando que houve elevação, estabilização e posteriormente a queda das temperaturas nas compostagens, assim como ocorre no processo de compostagem.

Segundo Lourenço (2010), a faixa ideal para o desenvolvimento das minhocas é de 15 a 24 °C. Portanto a temperatura não afetou o desenvolvimento das minhocas, conforme observamos na tabela 4.

Considerou como encerrado o processo, quando as leiras começaram a atingir temperaturas similares a da temperatura ambiente, o que foi observado no experimento a partir da 8ª semana, não subindo novamente mesmo com o revolvimento constante da massa.

Figura 4 - Evolução das temperaturas ao longo do processo de compostagem.



Fonte: Autora (2021)

Para as análises de umidade na compostagem varia conforme o estado físico do resíduo, tamanho das partículas e o sistema de compostagem usado, sendo imprescindível para as necessidades fisiológicas dos organismos. Ainda que esse parâmetro varie muito com a natureza do material a ser compostado, a literatura sugere que o conteúdo de umidade para otimização dos resultados deva estar entre 50% e 70%, não excedendo 75% (RODRIGUES *et al.* 2006)

Na Tabela 5 são apresentados os valores de teor de umidade das amostras em compostagem. Nota-se que a umidade das massas na primeira semana de processo estava dentro do limite, decaindo nas semanas seguintes, salvo exceção as composteiras 2 e 4 que devido a inclusão do extrato pirolenhoso houve um aumento significativo a partir da 2ª semana, decaindo ao longo das semanas seguintes, nota-se que houve uma elevação nas composteiras a partir da 5ª semana, permanecendo dentro dos limites até a 10ª semana. Podemos associar as oscilações devido ao uso do oxigênio necessário para decompor a matéria orgânica, com os altos valores de umidade, e foram diminuindo ao longo do processo,

indicando a evolução da compostagem, já que a demanda de oxigênio para degradar os resíduos diminuiu ao longo do tempo.

Tabela 5 - Valores de teor de umidade das composteiras ao longo do processo

<i>Semana</i>	<i>Teor de Umidade (%)</i>			
	Composteira 1	Composteira 2	Composteira 3	Composteira 4
1	71	72	75	74
2	74	78	73	81
3	70	78	70	78
4	71	81	71	78
5	73	89	75	87
6	68	77	65	75
7	67	73	66	70
8	69	74	63	67
9	71	74	61	69
10	68	72	64	65

Fonte: Autora (2021)

Existem diversas formas de acidez no solo representadas na análise de pH como se observa a seguir:

Na Tabela 6 são apresentados os valores de pH e condutividade elétrica. Segundo Jimenes e Garcia (1989), o pH indica o estado de compostagem dos resíduos orgânicos, aumentando gradualmente em função da maturação, quando o composto se encontra estabilizado o pH alcança valores entre 7 e 8.

O pH tende a aumentar durante o processo de compostagem e chega a valores próximos de 8 no composto maduro (VALENTE et al., 2009b). O pH inicial foi levemente ácido a neutro variando entre os tratamentos de 6,8 a 7,2. Portanto, no final do processo os valores aumentaram, de 7,5 a 8,12. Contudo, foi observado a diferença estatística do pH dos 45 e 65 dias do processo.

Normalmente o pH se mantém alcalino (7,5-9,0), durante a fase termófila, mas sabemos que a compostagem não atingiu a fase termófila, permanecendo apenas na fase mesófila (inicial) o que explica o pH não ter atingido valores acima de 8,0, salvo exceção da composteira II que atingiu o pH de 8,1 o que indica que o composto foi estabilizado, as demais composteiras mostraram um crescimento no pH de acordo com o tempo de compostagem com valores próximos, o que indica que o composto finalizou o processo de maturação.

Segundo Kiehl (1998), a condutividade elétrica indica o grau de salinidade de um resíduo e indica o grau de maturação do composto. Para ser considerado estável, o valor de condutividade elétrica não deve ultrapassar 4 dS.m⁻¹.

Os valores de condutividade foram próximos do recomendado, sendo a variação dos valores de condutividade elétrica pela inclusão de resíduos cozidos (Tabela 2). Segundo Tomé Jr (1997), o excesso de sais tem efeitos sobre a germinação e sobre a produtividade das culturas, dificultando a absorção de água e nutrientes pelas plantas.

A condutividade elétrica apresentou um decréscimo nas composteiras II e IV em comparação das análises dos 45 e 60 dias, provavelmente devido à intensa biodegradação de ácidos orgânicos de baixo peso molecular nesta fase, que pode ter ocorrido pela adição do extrato pirolenhoso auxiliando além da capacidade de absorção de umidade das composteiras, mas também na diminuição da concentração de sais na matéria orgânica. Para as composteiras I e III os dados apresentaram um acréscimo provavelmente devido ao aumento na concentração de sais pela perda por degradação do material orgânico, visto que ao longo

dos processos biológicos da estabilização do material, ocorre a degradação da matéria orgânica, ou seja, parte da massa dos resíduos é perdida. Esta perda de massa ocasiona concentração dos sais solúveis, aumentando a condutividade elétrica (CÁCERES; FLOTATS; MARFÀ, 2006).

Tabela 6 - Análises pH e Condutividade

DIA	COMPOSTEIRA 1			COMPOSTEIRA 2			COMPOSTEIRA 3			COMPOSTEIRA 4		
pH												
45	7,2	7,3	7,2	7,6	7,3	7,3	7,0	6,7	7,1	6,9	6,9	6,7
MÉDIA	7,2			7,4			6,9			6,8		
CONDUTIVIDADE (S.m ⁻¹)												
45	0,460	0,465	0,462	0,435	0,428	0,436	0,355	0,348	0,361	0,486	0,484	0,487
MÉDIA	0,462			0,433			0,355			0,486		
pH												
60	7,58	7,61	7,63	8,13	8,23	7,99	7,6	7,4	7,5	7,61	7,54	7,59
MÉDIA	7,61			8,12			7,5			7,58		
CONDUTIVIDADE (S.m ⁻¹)												
60	0,493	0,480	0,483	0,405	0,398	0,395	0,428	0,411	435	0,402	0,406	0,427
MÉDIA	0,485			0,399			0,425			0,412		

Fonte: Autora (2021)

O composto final gerado em cada um dos quatro experimentos e suas análises em triplicatas apresentou as características de um composto maturado aos 65 dias de experimento. Segundo Lourenço (2014), pode-se avaliar a produção do composto quando ele apresentar odor de terra molhada e aspecto granular castanho-escuro, parecido com a borra de café. O composto orgânico apresentava coloração escura, quase preta (figura 3), solto e odor de terra, indicativos de que ele estava maduro.

Vale ressaltar que somente as composteiras II e IV produziram chorume, a II produziu cerca de 200 mL e a IV cerca de 50 mL. Justifica-se ao fato dessas composteiras terem recebido o extrato pirolenhoso, a II produziu mais, pois foi adicionada uma quantidade maior do extrato, já na IV foi adicionada quantidade menor, produzindo então menos líquido. Nas demais composteiras não foi produzido o chorume, apenas a aparição de uma borra do líquido, pode ser justificada pelas composteiras serem alimentadas apenas inicialmente e pela sua baixa estrutura.

A observação e o manuseio dos compostos permitiram tirar conclusões comparativas entre eles, apresentando aspecto visual, textura, umidade e físico-química para distingui-los.

Conclusões

O presente artigo teve por etapas a autonomia dos desenvolvimentos nas atividades, o reaproveitamento de resíduos orgânicos e a obtenção de um produto sustentável. Por meio dos experimentos e com os resultados obtidos é possível comparar os quatro modelos de processo de compostagem doméstica, construídos e acompanhados.

Durante as etapas podem ter ocorrido falhas no desenvolvimento dos processos de compostagem e os impactos em relação às características dos materiais que foram analisados, contudo, visando diminuir os erros, foi realizado a comparação dos seguintes parâmetros: temperatura, pH, teor de umidade e condutividade a fim de verificar a qualidade dos adubos nas diferentes composteiras e a eficiência do extrato pirolenhoso pelas análises laboratoriais que foram realizadas em triplicatas.

O experimento mostrou que a utilização de alimentos cozidos não inviabiliza a compostagem, mas torna o processo mais complexo. Percebeu-se que as composteiras apresentaram odor desagradável, umidade excessiva, presença de pequenas moscas e maior compactação.

As temperaturas nos quatro sistemas mantiveram-se inconstantes ao longo de todo o processo, mantendo as temperaturas abaixo de 35°C, o que demonstra que o processo ocorreu em região mesofílica (25°C a 43°C) não alcançando a fase termofílica da compostagem (45°C a 85°C), portanto não houve a diminuição da sobrevivência de micro-organismos patogênicos podendo inviabilizar os compostos.

As médias de teor de umidade nos quatro sistemas apresentaram dentro da faixa ideal para compostagem, salvo para as composteiras II e IV, que ao acrescentar o líquido pirolenhoso na 2ª semana foi somente estabilizar sua umidade dentro da faixa na 6ª semana.

O pH dos quatro sistemas iniciaram-se ácidos e se elevaram gradativamente com o desenvolvimento da compostagem, alcançando o pH alcalino e mantendo-se dentro da faixa ideal que está entre 7,5 e 9, onde foi observado que houve uma elevação da análise de pH dos 30 dias de compostagem para os 65 dias.

Já condutividade elétrica apresentou um decréscimo nas composteiras II e IV em comparação das análises dos 45 e 60 dias, podendo ser levado em consideração a adição do extrato pirolenhoso, que auxiliou na capacidade de absorção da umidade das composteiras e na diminuição da concentração de sais na matéria orgânica. Para as composteiras I e III os dados apresentaram um acréscimo provavelmente devido ao aumento na concentração de sais pela perda por degradação do material orgânico e não houve uma estabilização.

As composteiras I e III não produziram chorume devido as caixas serem pequenas e as composteiras não terem sido alimentadas frequentemente. Já as composteiras II e IV produziram chorume devido a adição do extrato pirolenhoso e sua influência no processo da compostagem, acelerando o processo e deixando as composteiras mais úmidas, além disso, na composteira IV teve presença de minhocas, o que causa mais umidade.

A partir dos resultados obtidos foi possível verificar que o extrato pirolenhoso auxiliou o processo de compostagem, mostrando melhores resultados na aparência com a coloração escura, quase preta, solto e odor de terra, indicativos de que ele está maduro, nas análises de pH e condutividade os resultados obtidos das composteiras II e IV foram os mais próximos da literatura e o decréscimo dos dados obtidos em comparação das análises dos 30 e 40 dias, comprovam a diminuição da salinidade do composto e quanto ao tempo para a estabilização do composto do processo de compostagem e pode observar visualmente que o composto alcançou a maturação em 65 dias, diminuindo aproximadamente 25 dias do tempo retratado na literatura para a maturação das composteiras domésticas.

Comprovando, portanto, que pesquisas recentes vêm apontando para o grande potencial da utilização do extrato pirolenhoso na agricultura, tanto na forma natural quanto utilizado em novas formulações de insumos, sendo uma alternativa de produto natural de fonte renovável sustentável.

Referências

ABNT. **NBR 10004: Resíduos sólidos - Classificação - Apresentação**. Rio de Janeiro, RJ, 2004. 71 p.

ALLISON, L. E. et al. **Diagnosis and improvement of saline and alkali soils**. Washington, D.C: United States Salinity Laboratory Staff, 1954. 160 p. (Agriculture Handbook, n. 60).

ALVES, M. **Impactos da utilização de fino de carvão e extrato pirolenhoso na agricultura**. Dissertação de Mestrado. Universidade Estadual Paulista "Julio de Mesquita Filho", Jaboticabal. 2006. 52p

Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais – **ABRELPE**. Panorama dos Resíduos sólidos no Brasil, 2020. São Paulo: ABRELPE.

AYUSO, M.; PASCUAL, J.A.; GARCIA, C.; HERNANDEZ, T. **Evaluation of Urban Wastes for Agricultural Use**. Soil Science Plant Nutrition. Japanese Society of Soil Science and Plant Nutrition, v. 42, p. 105-111, 1996.

BARRENA, R.; XAVIER, F.; XAVIER, G.; SÁNCHEZ, A. **Home composting versus industrial composting: Influence of composting system on compost quality with focus on compost stability**. Waste Management, article in press, 2014.

BIDONE, F. R. A.; POVINELLI, J. **Conceitos básicos de resíduos sólidos**. São Paulo: EESC/USP, 1999. 109 p.

BITENCOURT, D. V.; ALMEIDA, R. N. de; PEDROTTI, A.; SANTOS, L. C. P. **A problemática dos resíduos sólidos urbanos**. Interfaces Científicas - Saúde e Ambiente, [S.l.], v.2, n.1, p.25–36, 2013. DOI: 10.17564/2316-798.2013v2n1p25-36.

BRASIL. Lei 12.305, de 02/08/2010. **Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos**; altera a Lei no 9.605, de 12 de fevereiro de 1998; e dá outras providências. Brasília, 2010.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. **Plano nacional de resíduos sólidos**. 2011.

CAMPOS, A.D. Técnicas para produção de extrato pirolenhoso para uso agrícola. Pelotas, Embrapa CPACT. 2007. 8p. (Circular Técnica, 65).

CÁCERES, R.; FLOTATS, X. & MARFÀ, O. **Changes in the chemical and physicochemical properties of the solid fraction of cattle slurry during composting using different aeration strategies**. Waste Manag, v. 26, p. 1081-1091, 2006.

FERNANDES F. (coordenador), 1999. **Manual prático para a compostagem de biossólidos**. Projeto PROSAB, Rio de Janeiro: ABES; 1999

GUIMARÃES, G. A. et al. **Métodos de análise física, química e instrumental de solos**. Belém: IPEAN, 1970. 108 p.

GUIRRA, L. **Agricultores conhecem benefícios do carvão e do extrato pirolenhoso**. 2003.

HANDBOOK on **Reference Methods For Soil Testing**. Athens, Georgia: The Council on Soil Testing and Plant Analysis, 1980. 130p

HERBETS, R. A.; COELHO, C. R. A.; MILETTI, L. C.; MENDONÇA, M. M. **Compostagem de resíduos sólidos orgânicos: aspectos biotecnológicos**. Departamento de Bioquímica, UFSC, Florianópolis, Santa Catarina, 2005.

INACIO, C. T.; MILLER, R. M. **Compostagem: ciência e prática para gestão de resíduos orgânicos**. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2009.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). **Pesquisa nacional por amostra de domicílios (PNAD)**. 2010. Rio de Janeiro: IBGE.

IPEA – Instituto de Pesquisa econômica aplicada. **Plano Nacional de Resíduos Sólidos: diagnóstico dos resíduos urbanos, agrosilvopastoris e a questão dos catadores**. 2012.

JIMENEZ, E. I.; GARCIA, V. P. **Instituto de Productos Naturales y Agrobiología de Canarias CSIC**, Avda. Francisco Sanchez 3, 38206 La Laguna, Tenerife, Canary Islands, Spain. 1989.

KIEHL, E.J. **Fertilizantes orgânicos**. Piracicaba, Editora Agronômica Ceres Ltda, 492p. 1985.

KIEHL, E.J. **Manual de Compostagem**. Piracicaba: Editora Ceres, 171p. 1998.

KIEHL EJ, 2004. **Manual de compostagem – Maturação e qualidade do composto**, Piracicaba: 4ª ed. do autor; 2004

LELIS, M. P. N., 1998: **“Influência da Umidade na Velocidade de Degradação e no Controle de Impactos Ambientais da Compostagem”**. Belo Horizonte: Escola de Engenharia da UFMG, 1998. 180p. Dissertação (Mestrado em Saneamento, Meio Ambiente e Recursos Hídricos) - Universidade Federal de Minas Gerais.

LOURENÇO, NMG **Características da minhoca epígea Eisenia foetida - benefícios, características e mais-valias ambientais decorrentes da sua utilização**. Lisboa, 2010.

LOURENÇO, Nelson. **Manual de Vermicompostagem e Vermicultura para a Agricultura Orgânica**. Nelson Lourenço, 2014.

MAZZER, C.; CAVALCANTI, O. A. **Introdução à gestão ambiental de resíduos**. Infarma, v.16, nº 11-12, 2004.

MENDHAM, J. et al. Vogel: **Análise química quantitativa**. 6. ed. Rio de Janeiro: LTD Editora, 2002. 488 p

Ministério do Meio Ambiente (MMA). **Política Nacional de Resíduos Sólidos**. Brasília, 2012.

Miyasaka S, Ohkawara T, Nagai K, Yazaki H & Sakita MN (2001) **Técnicas de produção e uso do fino de carvão e licor pirolenhoso**. In: I Encontro de Processos de Proteção de Plantas: Controle Ecológico de Pragas e Doenças, Botucatu. Resumo, FCA. p.161-179.

NOVAES, J. P.; MASSUKADO, L. M.; LIMA, R. F. F.; ARAUJO, E. G.; COUTO, J. C. **Avaliação do processo de compostagem dos resíduos sólidos orgânicos produzidos no Instituto Federal de Brasília – Campus Planaltina**. In: VIII Congresso Brasileiro de Agroecologia, 2013, Porto Alegre/RS.

OLIVEIRA, A. M. G.; AQUINO, A.M.; CASTRO NETO, M.T. **Compostagem Caseira de Lixo Orgânico Doméstico**. Circular Técnica Embrapa, n. 76, 2005.

OLIVEIRA, A. C. de; MEIRA, J. C. **Impactos ambientais decorrentes da falta de compostagem do lixo orgânico no município de Morrinhos/Goiás**. v. 1 n. 1 (2017): Anais do Simpósio Interdisciplinar Ambiente e Sociedade (SIAS).

OLIVEIRA, S.C. **Estudos sobre métodos de compostagem de resíduos sólidos domésticos: grau de maturação e qualidade do composto**. 2001. Tese (Doutorado em Química). Universidade Estadual Paulista, Campus Araraquara, SP.

PEDROSA, T. D.; FARIAS, C.A.S.; PEREIRA, R. A.; FARIAS, E. T. R. **Monitoramento dos parâmetros físicos-químicos na compostagem de resíduos agroindustriais**. Nativa, v. 1, n. 1, p. 44-48, 2013.

PEREIRA, A. P.; GONÇALVES, M. M. **Compostagem doméstica de resíduos alimentares**. Pensamento Plural: Revista Científica do UNIFAE, São João da Boa Vista, v.5, n.2, 2011.

REIS, M.F.P.; ESCOSTEGUY, P.V.; SELBACH, P. **Teoria e Prática da Compostagem de Resíduos Sólidos Urbanos**. Passo Fundo: UPF, 2004.

RESOLUÇÃO CONAMA Nº 481, DE 3 DE OUTUBRO DE 2017. IUS NATURA.

RODRIGUES, M.S et al. **Compostagem: reciclagem de resíduos sólidos orgânicos**. In: SPADOTTO, C.A.; RIBEIRO, W. Gestão de Resíduos na agricultura e agroindústria. FEPAF. Botucatu, 2006. p. 63-94.

SCHIEDECK, G.; MEDEIROS, M. de; SCHWENGBER, J. E. **Minhocultura e produção de húmus para a agricultura familiar**. Embrapa Clima Temperado. Circular técnica, 2006.

SILVA, S. B. e. **Análise de Solos Para Ciências Agrárias. 2. ed.** - Belém: Universidade Federal Rural da Amazônia, 2018. 167 p.: il.

SIQUEIRA, A.A.; SEMSATO, R.L. **Resíduos sólidos: Problemas e desafios**, p.1-12.

TEIXEIRA, R.F.F. Compostagem. In: HAMMES, V.S. (Org.) **Educação ambiental para o desenvolvimento sustentável**. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2002, v.5, p.120-123.

TOMÉ Jr., J. B. **Manual para Interpretação de Análise de Solo**. Editora Guaíba: Agropecuária, 1997

VALENTE, B.S. et al. **Manual experimental: Compostagem de resíduos sólidos da avicultura de conte**. Pelotas: Ed. Universitária PREC/UFPEL, 2009b.

ZANTA, V. M.; FERRREIRA, C. F. A. **Gerenciamento integrado de resíduos sólidos urbanos**. In: Castilhos Junior, Armando Borges de (coord.). Resíduos sólidos urbanos: aterro sustentável para municípios de pequeno porte. Rio de Janeiro: ABES, RIMA, 2003.