

Article

Compostagem Tradicional, Vermicompostagem e Gongocompostagem: Uma Análise Comparativa de Métodos e Aplicações na Agricultura

Stéfanny Aparecida Ribeiro¹, Luiz Fernando de Sousa Antunes², Beatriz Calixto da Silva³,
Joyce Eugenio Perrut⁴, Marta dos Santos Freire Ricci⁵, Maria Elizabeth Fernandes Correia⁶

¹ Doutora em Agronomia - Ciência do Solo. Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro. ORCID: 0000-0002-2678-8452. E-mail: stefanny_ribeiro@hotmail.com

² Doutor em Fitotecnia. Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro. ORCID: 0000-0001-8315-4213. E-mail: fernando.ufrrj.agro@gmail.com

³ Mestra em Fitotecnia. Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro. ORCID: 0000-0002-8610-127X. E-mail: beatrizcalixto.agro@gmail.com

⁴ Licenciada em Ciências Agrícolas. Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro. ORCID: 0009-0005-6602-5934. E-mail: perrut.ufrrj@gmail.com

⁵ Doutora em Fitotecnia. Embrapa Agrobiologia. ORCID: 0000-0001-6800-716X. E-mail: marta.ricci@embrapa.br

⁶ Doutora em Agronomia - Ciência do Solo. Embrapa Agrobiologia. ORCID: 0000-0003-1919-6659. E-mail: elizabeth.correia@embrapa.br

RESUMO

Este estudo realizou uma revisão bibliográfica sistemática para comparar criticamente a compostagem tradicional, a vermicompostagem e a gongocompostagem, destacando seu potencial de aplicação na agricultura. Foram avaliadas as vantagens e desvantagens de cada método com base em parâmetros técnicos e operacionais, como: (i) facilidade de manejo e preparo do composto; (ii) tempo total de processamento; (iii) demanda de mão de obra; (iv) tipos de resíduos orgânicos adequados (animais ou vegetais); (v) espaço físico necessário; (vi) agentes biológicos envolvidos (minhocas, gongolos, microrganismos); (vii) características físico-químicas e biológicas do composto final; e (viii) impactos no desenvolvimento vegetal (crescimento, produtividade e sanidade). Os resultados evidenciam as particularidades de cada técnica, oferecendo subsídios para a escolha do método mais adequado conforme recursos disponíveis e objetivos agrícolas.

Palavras-chave: sustentabilidade; resíduos orgânicos; reciclagem; agricultura sustentável.

ABSTRACT

This study conducted a systematic literature review to critically compare traditional composting, vermicomposting, and gongocomposting, emphasizing their potential agricultural applications. The advantages and disadvantages of each method were evaluated based on technical and operational parameters, including: (i) ease of compost preparation and management; (ii) total processing time; (iii) labor requirements; (iv) suitable organic waste types (animal or plant-based); (v) physical space needed; (vi) biological agents involved (earthworms, millipedes, microorganisms); (vii) physicochemical and biological characteristics of the final compost; and (viii) impacts on plant development (growth, yield, and health). The results highlight the unique features of each technique, providing insights for selecting the most appropriate method based on available resources and agricultural goals.

Keywords: sustainability; organic waste; recycling; sustainable agriculture.



Submissão: 25/05/2025



Aceite: 07/07/2025



Publicação: 04/09/2025



Introdução

Atualmente, nas propriedades rurais, tem-se a utilização de diversos materiais orgânicos como ingredientes para a composição de diferentes substratos utilizados na produção agrícola. Entretanto é necessário um estudo aprofundado que avalie a viabilidade do uso desses materiais na produção de culturas, seja ele em ambientes agrícolas ou urbanos, assim como para gerar o conhecimento acerca da sua composição química, física, estabilidade e maturidade, tendo em vista que são informações fundamentais para avaliar a qualidade do material.

A utilização de resíduos orgânicos como fonte de matéria orgânica (MO) para o solo, tende a diminuir a emissão de CO₂ para a atmosfera, auxiliar na melhoria da textura e na manutenção da umidade no solo, sendo possível que ocorra uma diminuição na ocorrência de processos erosivo (Dores-Silva, Landgraf, e Rezende 2013). Porém, Kiehl (2004) afirma que para que ocorra a incorporação da matéria orgânica contida nos resíduos orgânicos aplicados no solo, é necessário que ela apresente uma estabilização e uma maturação adequada, ou seja, que os macro e micronutrientes existentes no resíduo que será utilizado estejam facilmente disponíveis para que as plantas e microrganismos existentes no solo consigam absorve-los, e para que isso ocorra os resíduos devem passar por algum processo de transformação de natureza química, física e/ou biológica.

Nesse sentido, a compostagem tradicional, a vermicompostagem e a gongocompostagem surgem como importantes mecanismos de decomposição biológica de resíduos orgânicos para obtenção de substratos orgânicos de alta qualidade. Porém, para que esses processos ocorram com a eficiência desejada, é preciso que os resíduos sejam submetidos a condições ambientais consideradas ótimas para a ocorrência dos processos de decomposição.

A compostagem tradicional é considerada um processo controlado de decomposição microbiana, de oxidação e de oxigenação de uma massa heterogênea de MO no estado sólido e úmido (Kiehl 2004). Ainda segundo o mesmo autor, a compostagem não se resume apenas à adição e mistura de resíduos orgânicos em leiras, ela se relaciona também com a escolha do sistema de compostagem a ser utilizado, o local para a montagem da composteira e também escolha dos materiais e sua disponibilidade para que o processo ocorra de maneira satisfatória. Já a vermicompostagem é um processo de decomposição realizado pela ação conjunta de minhocas e microrganismos, sendo as minhocas consideradas os agentes determinantes da fragmentação, pois a degradação de matéria orgânica se dá pela sua atividade (Martín e Schiedeck 2015). A gongocompostagem apresenta-se como uma técnica que se caracteriza pela utilização de diplópodes de diferentes espécies, que em parceria com microrganismos atuam na decomposição de diferentes tipos de resíduos orgânicos vegetais gerados em propriedades agrícolas urbanas e rurais, considerados fontes importantes de nutrientes (L. F. D. S. Antunes et al. 2016).

Sendo assim, esse estudo teve por objetivo realizar uma análise comparativa sobre a utilização das técnicas de compostagem tradicional, vermicompostagem e gongocompostagem para a obtenção de compostos orgânicos de qualidade, produzidos a partir do tratamento de resíduos urbanos ou rurais, pode ser considerada uma atividade que se apresenta como uma maneira eficiente para que ocorra uma significativa redução dos custos nas propriedades.

Técnicas de Compostagem

Compostagem Tradicional

A utilização do processo de compostagem como uma técnica para a resolução de problemas recorrentes com relação à disposição final de diversos tipos de resíduos, tem se mostrado uma alternativa viável e ecologicamente correta no tratamento de alguns resíduos orgânicos, além de ser considerada economicamente



viável por ter como produto final um composto com boas características que pode contribuir de forma positiva para o aumento da fertilidade do solo (Kiehl 2004).

Diversos autores afirmam que o composto produzido durante esse processo é caracterizado por ser um produto estabilizado, maduro, rico em matéria orgânica e substâncias húmicas, livre de patógenos, fitotoxinas e sementes de ervas daninhas (Bernal et al. 1998; Kiehl 2004; Pereira-Neto 2007; Morales et al. 2016). Porém, para que um composto apresente as características desejadas anteriormente citadas é necessário que ele seja considerado estável e maduro, e para isso é necessário que o processo dure entre 90 e 120 dias aproximadamente após a mistura dos resíduos (Kiehl 2004).

Os organismos

Os organismos desempenham um papel essencial na decomposição da matéria orgânica, na ciclagem de nutrientes e na fertilidade do solo. Segundo Kiehl (2004), a transformação da matéria orgânica crua em húmus ocorre por meio da ação de diferentes comunidades de microrganismos, sendo os principais organismos as bactérias, fungos e actinomicetos, ocorrendo também a ação conjunta com a macro e mesofauna, como os protozoários, nematoides, vermes, insetos e suas larvas. A ocorrência desses organismos costuma ser observada em fases diferentes do processo de compostagem, por sobreviverem sob diferentes níveis de temperaturas, ou seja, dependem de condições favoráveis para sua sobrevivência e execução das suas funções no processo de decomposição.

O material orgânico não compostado pode apresentar diversos tipos de resíduos em sua constituição, e conseqüentemente em virtude de sua origem pode apresentar-se como um material com potencial risco para a saúde humana e animal, visto que esses resíduos podem conter organismos patogênicos (Onwosi et al. 2017). Nesse sentido, o processo de compostagem surge como um eficiente mecanismo de eliminação e redução desses patógenos, visto que nesse processo ocorrem diversos mecanismos que podem provocar a inativação patogênica, como a inativação térmica, a competição entre microrganismos, toxicidade (amônica, sulfitos, ácidos orgânicos e compostos fenólicos) e ruptura enzimática (Wichuk, Tewari, e McCartney 2011), essa redução ocorre de maneira muito eficiente, pois o nível populacional dos patógenos presentes no composto fica abaixo do limite que é considerado capaz de ocasionar a transmissão de doenças (Zittel et al. 2018).

Os coliformes totais, a *Salmonella* spp e os ovos viáveis de helmintos, são normalmente encontrados nesses resíduos sendo considerados exemplos de microrganismos patogênicos que podem ser fonte de contaminação. Esses microrganismos quando presentes são considerados indicadores de contaminação microbiológica, sendo assim, algumas normativas estabelecem limites máximos para que esses possíveis contaminantes possam estar presentes no material sem que tenha a existência de risco para saúde humana e animal (Tabela 1) (CUNHA 2018). Ainda nesse sentido, a Instrução Normativa n.º 64 de 2008 do MAPA, estabelece o regulamento técnico para os sistemas orgânicos de produção animal e vegetal e determina que uso de excrementos de animais é permitido desde que compostados e bioestabilizados (Anexo VI) (MAPA 2008).

Tabela 1 - Limites máximos de patógenos estabelecidos pelas normativas.

| Normativas | Coliformes Termotolerantes (NMP/g) | Salmonella (10g de matéria seca) | Ovos viáveis de Helmintos |
|-------------|------------------------------------|----------------------------------|---------------------------|
| MAPA (2014) | <1000 | Ausente | 1/4g de ST |
| CCME (2005) | <1000 | < 3 MPN/4g | --- |
| EPA (2003) | <1000 | < 3 MPN/4g | 1/g de ST |

Ministério da Agricultura e Pecuária (Mapa); Guidelines for Compost Quality (CCME); United States Environmental Protection Agency (EPA). Fonte: Cunha (2018).



Heck et al. (2013) desenvolveram um estudo sobre a influência da temperatura na redução de *Escherichia coli*, *Salmonella* sp., ovos de helmintos e vírus entéricos durante o processo de compostagem e observaram uma oscilação nos valores das contagens de *E. coli* e de bactérias heterotróficas, mesmo após a fase termofílica, em contra partida, não foi detectada a presença de *Salmonella* sp., vírus entéricos nem de ovos viáveis de helmintos, ao final do processo. Já Souza et al. (2019) avaliaram as características microbiológicas da compostagem de resíduos animais, por meio das análises de mensuração de variáveis microbiológicas e parasitológicas, como coliformes termotolerantes, *Salmonella* sp. e ovos viáveis de helmintos e observaram que o processo de compostagem promoveu a eliminação dos patógenos avaliados, indicando que o composto não oferece risco de transmissão e pode ser utilizado de forma segura.

O processo de compostagem tradicional

A compostagem é considerada um processo controlado de decomposição microbiana, de oxidação e de oxigenação de uma massa heterogênea de MO no estado sólido e úmido, compreendendo uma fase inicial rápida mesofílica (Fase I), que é caracterizada por células microbianas que apresentam intensa atividade metabólica, a Fase II é uma fase de bioestabilização que é caracterizada pela diminuição gradual da temperatura com a continuidade da decomposição das substâncias de degradação lenta, como a celulose, a hemicelulose e a lignina, que é principal fonte dos anéis aromáticos que formam as substâncias húmicas, e a Fase III, que é onde ocorre a humificação ou maturação do composto, sendo acompanhada da mineralização de determinados componentes da MO, como por exemplo nitrogênio, fósforo, cálcio e magnésio, nesse momento esses elementos ficam disponíveis às plantas, pois passam da forma orgânica para a inorgânica (Kiehl 2004).

No processo de compostagem a temperatura atua como uma forma de controle de alguns patógenos, sendo assim, no início da decomposição, durante a fase mesofílica (40 a 50°C) é possível observar o predomínio de bactérias e fungos produtores de ácidos orgânicos e de pequenas quantidades de ácidos inorgânicos. Já os actinomicetos costumam atuar nesse processo, quando a matéria orgânica se encontra em um estágio mais avançado de decomposição (Kiehl 2004).

A energia que é produzida pelos microrganismos durante o processo de compostagem tende a atuar na promoção do aumento das temperaturas do composto. Pesquisas demonstram que existe uma relação entre temperatura e tempo, e essa relação é utilizada como um parâmetro na eliminação dessas espécies de microrganismos patogênicos. Em estudo realizado por Zittel et al. (2018) a combinação de temperatura e tempo ao longo da fase termofílica em uma faixa de temperatura entre 40 - 65 °C demonstrou ser efetiva na eliminação desses patógenos. Porém, ainda segundo os mesmos autores, na fase mesofílica a temperatura não deve ser considerada a condição que determina a inativação desses microrganismos, pois fatores como competição, variação nos valores de pH, reações químicas e concentração de amônia, também podem atuar, interferindo favoravelmente na redução da carga de patógenos danosos a saúde humana.

Quando o composto atinge temperaturas acima dos 65 °C a grande maioria dos microrganismos existentes na amostra serão eliminados, incluindo também os organismos benéficos que são responsáveis pela decomposição dos materiais a partir disso observa-se a necessidade da manutenção dos valores de umidade e aeração no controle da temperatura, para que ela seja mantida em níveis onde esses microrganismos não sejam eliminados. Ao fim do processo de compostagem, quando a temperatura do composto já está próxima a temperatura ambiente, são os organismos mesófilos que predominam na massa de decomposição, sendo assim possível serem encontrados no composto, protozoários, nematoides, formigas, miriápodes e insetos (Kiehl 2004).



Em resumo, no início do processo de compostagem os organismos atacam os compostos mais facilmente degradáveis, como os amidos, açúcares, aminoácidos, etc. Posteriormente, atuam na degradação de certas hemiceluloses e proteínas, as substâncias mais dificilmente decompostas como algumas hemiceluloses, gorduras, óleos e etc. são descompostos mais lentamente. O produto final da degradação de lignina, produtos mineralizados e das células mortas dos microrganismos originarão o húmus que é considerado o produto mais estável da transformação das substâncias orgânicas (Pereira-Neto 2007).

Uso e aplicação do composto tradicional

Atualmente são realizados diferentes estudos visando a utilização da compostagem como técnica para a obtenção de substratos orgânicos, que serão utilizados na produção de mudas, tais substratos podem ser avaliados em sua constituição original ou combinados. Nesse sentido, Faria et al. (2020) avaliaram a utilização da compostagem da casca de café carbonizada como forma de favorecimento da produção de mudas de ingá, eles observaram que a compostagem melhorou significativamente a qualidade das mudas de *Inga vera* subsp. *affinis*, resultando em bons resultados para a sobrevivência e para a maioria dos parâmetros de qualidade avaliados. Em um estudo sobre a produção de mudas de meloeiro em substrato obtido a partir da compostagem de ramas de mandioca, foi observado que o período de compostagem de 120 dias para ramas de mandioca trituradas (substrato), foi o mais indicado para um melhor desenvolvimento de mudas de melão das cultivares Gaúcho Casca de Carvalho e Melão Amarelo (Peloso, Farias, e Paiva 2020).

A utilização da compostagem de borra de café como substrato na produção de mudas de jiló foi avaliada em um estudo e concluíram que a utilização da combinação de substratos compostados e solo, podem substituir o substrato comercial, sendo tão eficiente ou melhor na produção de mudas de jiló (Carmo et al. 2018). Já Araujo et al. (2018) avaliaram o processo de compostagem a base de murumuru em sacos de nylon e sua qualidade como uso de substrato para formação de mudas de tomateiro e observaram que a utilização de sacos de nylon se mostrou muito eficaz para esse processo, facilitando o manejo da compostagem. Foi observado também que a compostagem da combinação de murumuru e cama de frango foi a mais adequada para utilização como substrato para produção de mudas de tomate.

Vermicompostagem

A vermicompostagem é considerada uma ecotecnologia, que não apresenta impactos ambientais negativos, além de possuir baixos custos de investimento, de gasto energético e de manutenção no seu desenvolvimento (Martín e Schiedeck 2015). Nesse sentido Aquino et al. (1992) afirma que a vermicompostagem consiste na transformação da matéria orgânica, resultante da ação combinada das minhocas e da microflora que vive em seu trato digestivo.

Essa técnica é considerada um processo controlado, que é realizado pela ação conjunta de minhocas e microrganismos, em condições aeróbicas, a atuação desses organismos tem por finalidade promover a estabilização e a maturação da matéria orgânica, diminuindo a patogenicidade dos resíduos e tornando os nutrientes disponíveis para as plantas (Kiehl 1985). Segundo Martín e Schiedeck (2015) as minhocas atuam como um “moinho biológico” aumentando a superfície de contato por meio de transformações da matéria orgânica modificando as suas características físicas, químicas e biológicas. Após o processo de vermicompostagem os resíduos utilizados no processo são transformados em compostos ricos em nitrogênio, fósforo, potássio e substâncias húmicas.

O produto final obtido no desenvolvimento dessa técnica se chama vermicomposto, que consiste em um material parecido com húmus, com baixa relação C/N, alta porosidade, alta capacidade de retenção hídrica e



com uma elevada quantidade de nutrientes em sua forma facilmente assimilável pelas plantas (Martín e Schiedeck 2015).

As minhocas

As minhocas são invertebrados segmentados que pertencem ao filo Anelidae e à classe Oligochaeta, seu corpo apresenta divisões que são denominadas metâmeros, essas segmentações são parecidas com anéis, sendo o nome anelídeo dado a elas por esse motivo (Dal Bosco et al. 2017).

A espécie de minhoca mais utilizada para o desenvolvimento desse processo é a *Eisenia foetida*, que é conhecida vulgarmente como minhoca vermelha da Califórnia ou minhoca de esterco, essa espécie apresenta uma grande habilidade em converter resíduos orgânicos pouco decompostos em material estabilizado (Aquino, Almeida, e Silva 1992), além de viver em resíduos orgânicos com diferentes graus de umidade e ser bastante resistente ao manuseio (Cotta et al. 2015). Já Ricci (2016) afirma que além da vermelha californiana (*Eisenia foetida* ou *Eisenia andrei*), as minhocas conhecidas como Night Crawlers (*Eisenia hortensis*) também são muito utilizadas. A escolha dessas espécies para serem utilizadas no processo está relacionada à sua alta capacidade detritívora, rápida reprodução e grande resistência, o que as tornam ideais para utilização em minhocários domésticos pois otimiza o processo de compostagem (Pusceddu e Bassini 2020). Além de serem espécies ubíquas, com ampla distribuição em todo mundo, colonizando espontaneamente muitos resíduos orgânicos, possuem resistência a uma grande faixa de temperatura e viverem em resíduos com diferentes níveis de umidade (Martín e Schiedeck 2015).

O processo de vermicompostagem

A criação de minhocas para a produção do vermicomposto pode ser realizada em diferentes estruturas como em caixas de madeira, blocos de cimento, anéis de concreto, canteiros de tijolos ou em pilhas (Ricci 1996), a escolha da estrutura utilizada vai depender da realidade do local onde será instalado, bem como da disponibilidade desses materiais.

Os resíduos que serão utilizados como fonte de alimentos para as minhocas, podem ser constituídos por um ou mais tipos de resíduos orgânicos, como: a serragem, restos de leguminosas, palhadas e esterco, desde que tais resíduos passem por uma pré-compostagem antes de serem disponibilizados para as minhocas, para evitar a ocorrência de fermentação que é um evento prejudicial as minhocas, pois durante esse processo ocorre a produção de gases tóxicos e a elevação da temperatura, podendo ocasionar assim a morte das minhocas (Ricci 1996). É indicado que seja utilizada uma mistura de resíduos com diferentes valores de relação C/N (Kiehl 1985; Pereira-Neto 2007).

É indicado que seja realizado um revolvimento por semana durante o desenvolvimento do processo de vermicompostagem, visando a manutenção da aeração das leiras. A temperatura também é um indicador importante, durante o processo de pré-compostagem as temperaturas podem variar entre 50 e 70 °C, podendo ocorrer perdas de nitrogênio e morte de microrganismo benéficos. As minhocas devem ser espalhadas por cima das leiras, é indicado que seja introduzido de 1000 a 1500 indivíduos por m², vale lembrar que para que essa introdução seja realizada é necessário que a leira apresente uma temperatura de aproximadamente 28 °C, após a inserção das minhocas as leiras devem ser cobertas com algum tipo de material poroso. A umidade deve ser observada periodicamente, visto que o nível ideal de umidade varia entre 50 e 70%, leiras muito secas facilitam a fuga das minhocas e leiras com umidade acima de 70% podem gerar zonas de anaerobiose. A coleta do composto deve ser realizada quando 80% dos resíduos colocados inicialmente no canteiro estiverem



decompostos e estáveis, quando apresentar um aspecto de graxa preta, isso ocorre aproximadamente entre 50 e 60 dias após a montagem das leiras (Ricci 1996).

Segundo Dal Bosco et al. (2017), o processo de vermicompostagem pode ser dividido em três etapas: onde na primeira etapa denominada etapa inicial ou de degradação, os microrganismos realizam o “ataque” inicial dos resíduos, ocorrendo os primeiros processos de mineralização. Na segunda etapa denominada etapa de colonização dos resíduos por parte das minhocas, as moléculas orgânicas são transformadas em constituintes mais simples, por meio da ação dos microrganismos e processo de digestão das minhocas, todos os compostos orgânicos são colonizáveis pelas minhocas, em menor ou maior grau. E na terceira etapa denominada etapa de maturação, ocorre a mineralização e humificação dos compostos, originando assim um composto com substâncias de elevada estabilidade.

Uso e aplicação do vermicomposto

Atualmente são realizados diferentes estudos visando a utilização da vermicompostagem como técnica para a obtenção de substratos orgânicos, que serão utilizados na produção de mudas, tais substratos podem ser avaliados em sua constituição original ou combinados. Neste sentido, Pereira et al. (2020) avaliaram a utilização de substrato à base de esterco de coelho na produção de mudas de alface, após ser submetido aos processos de vermicompostagem, processamento por meio de larvas de Cetoniinae e compostagem natural, observou-se que os processamentos realizados por meio de vermicompostagem com *Eisenia foetida* ou por meio de larvas de Cetoniinae se mostraram os mais eficientes para a obtenção de um substrato de qualidade adequada para a produção de mudas de alface. Em um estudo que visava avaliar a utilização do Vermicomposto e fibra de coco como substratos sustentáveis na produção de mudas de *Corymbia citriodora*, concluiu-se que os substratos alternativos propostos com fibra de coco e vermicomposto se mostraram uma alternativa eficiente para a produção de mudas de *Corymbia citriodora*, principalmente quando associado à adubação (Ferreira et al. 2020).

A utilização do Vermicomposto na composição do substrato para produção de mudas de *Schinus terebinthifolius* foi avaliada em um estudo desenvolvido por Franceschi et al. (2018), e concluiu-se que a mistura de diferentes proporções de vermicomposto e substrato comercial mostrou-se eficiente na produção de mudas, sendo que as proporções de 50% e 75% de vermicomposto mostraram-se as mais adequadas para a produção de mudas de *S. terebinthifolius*, pois incrementaram as características morfométricas em relação ao tratamento sem a adição de vermicomposto e proporcionaram a produção de mudas com maior qualidade. Lima et al. (2019) avaliaram a utilização de vermicompostos como substratos no desempenho de mudas de alface e rúcula e concluíram que os substratos produzidos a partir da vermicompostagem com serragem e casca de arroz como agentes condicionantes, podem substituir o substrato comercial durante a produção de mudas de alface e rúcula.

Gongocompostagem

A gongocompostagem é considerada uma técnica ambientalmente correta e ainda pouco conhecida no Brasil, essa técnica se caracteriza pela utilização de diplópodes de diferentes espécies na decomposição de diferentes tipos de resíduos vegetais ricos em nutrientes ainda indisponíveis para as plantas (Antunes et al. 2016), após a ocorrência dessa decomposição. Esse processo ocorre por meio da ação conjunta entre o gongolo e os microrganismos presentes no solo e nos resíduos, os gongolos atuam na trituração dos materiais vegetais, diminuindo o seu tamanho e conseqüentemente aumentando a sua área superficial específica, o que facilita a sua decomposição pelos microrganismos.



O produto final obtido no desenvolvimento dessa técnica se chama gongocomposto é caracterizado por ser um substrato 100% orgânico, em um estudo desenvolvido por Antunes et al. (2016), esse composto foi gerado a partir da atividade de diplópodes da espécie *Trigoniulus corallinus*, popularmente conhecidos como gongolos, que são grandes consumidores de serapilheira e garantem a ciclagem de nutrientes para o solo.

Os gongolos

Os diplópodes constituem em uma classe pertencente ao subfilo Myriapoda, são vulgarmente conhecidos como piolhos-de-cobra, possuem corpo alongado, cilíndrico ou levemente achatado (Garcia e Campos 2001). E são considerados um importante grupo de indivíduos da macrofauna, eles costumam viver em ambientes úmidos, que apresentem pouca luminosidade e elevada quantidade de material orgânico disponível para sua alimentação. Eles são comumente encontrados nos horizontes superficiais do solo, costumam influenciar nas suas características físicas e na serapilheira existente, contribuindo para sua decomposição, além de atuarem na alteração da sua umidade, porosidade e no transporte de substâncias (Dangerfield e Telford 1991).

Alguns estudos indicam que esses indivíduos são capazes de atuar no processamento de vegetais graças ao seu aparelho bucal mastigador, que permite triturar os resíduos ao se alimentar, nesse processo, eles produzem péletes fecais com características físico-químicas diferentes das encontradas no material vegetal decomposto de outras formas (Karthigeyan e Alagesan 2011; Thakur, Apurva, e Sinha 2011; Ramanathan e Alagesan 2012).

A espécie de gongolo mais utilizada para o desenvolvimento desse processo é o *Trigoniulus corallinus*, esses indivíduos podem ser coletados manualmente em áreas que apresentem abundância ou por meio da instalação de armadilhas que são caracterizadas como áreas com características ideais para o seu desenvolvimento. Em seu estudo Antunes (2017), observou que esses indivíduos são capazes de ingerir grande quantidade de resíduos vegetais senescentes e pobres em nutrientes, como folhas e galhos.

A decomposição realizada pela atividade dos gongolos acarreta uma significativa redução de massa e de volume dos materiais vegetais compostados, essa diminuição ocorre principalmente devido à respiração e à consequente emissão de CO₂, proporciona a concentração de substâncias minerais e a obtenção de coprólitos com teores de nutrientes significativamente maiores que os observados nos materiais vegetais antes de serem submetidos ao processo de compostagem (Bugni et al. 2020).

O processo de gongocompostagem

A produção do gongocomposto deve ser desenvolvida seguindo a metodologia proposta por Antunes et al. (2016), que indica a utilização de anéis de concreto, com altura de 0,5 m e largura de 1 m, com capacidade para receber 500 litros de resíduos. Em um primeiro momento, os resíduos devem ser quantificados e depositados no interior dos anéis, a uma altura de aproximadamente 40 centímetros.

A gongocompostagem é desenvolvida a partir da mistura de diferentes tipos de resíduos vegetais, em proporções onde os materiais que serão utilizados devem estar relacionados com os teores de nutrientes apresentados pelos mesmos. Em um segundo momento, deve ser feita a introdução de aproximadamente de 2,2 litros de gongolos, o que equivale a uma população de aproximadamente 3.960 indivíduos adultos em cada um dos anéis de concreto, os indivíduos são coletados manualmente em canteiros de minhocultura, em composteiras e em gramado contendo aparas recentes. Estes anéis devem permanecer cobertos com sombrite, que tem como função impedir que os gongolos ali existentes fujam ao subir pela parede do anel ou ainda impedir a entrada de algo indesejado nos anéis durante o processo de gongocompostagem. A umidade dos



resíduos contidos nos anéis deve ser observada durante todo o processo de compostagem, e quando necessário deve-se realizar a manutenção desta umidade, pela adição de água via regador (L. F. de S. Antunes et al. 2016).

O composto final pode ser obtido aos 90, 120 e 180 dias após iniciar-se todo processo descrito anteriormente, sendo considerado o composto de 120 dias com a melhor viabilidade para utilização. Quando o processo de gongocompostagem for concluído, os resíduos devem ser peneirados em malha de 2 mm e armazenados em sacos plásticos, que permaneceram congelados a fim paralisar a atividade biológica, sendo descongelados apenas na época específica para serem destinados à produção de mudas de hortaliças, como substrato (L. F. de S. Antunes et al. 2016).

Uso e aplicação do gongocomposto

Existem diversos estudos que avaliam a utilização da técnica de compostagem a partir da ação de diplópodes, para a decomposição de diferentes tipos de resíduos. Nesse sentido, Karthigeyan & Alagesanum (2011) avaliaram um composto obtido pela ação de diplópodes como um novo método para reciclagem de resíduos orgânicos e concluíram que o composto preparado a partir de diferentes resíduos orgânicos processados pelo diplópode, *Xenobolus carnifex*, apresenta maior potencial que o composto produzido por outros métodos em termos de qualidade nutricional e sobre desenvolvimento da espécie vegetal avaliada.

Ramanathan e Alagesan (2012) avaliaram a eficiência da utilização de diplópodes na conversão do lixo orgânico em fertilizantes úteis e compararam o composto obtido com o composto obtido pela ação de minhocas, foi observado que os parâmetros físico-químicos e a promoção do crescimento de plantas foram significativamente maiores no composto produzido por diplópodes do que no vermicomposto. Já Antunes et al. (2016) avaliaram a produção e eficiência do composto orgânico gerado pela atividade de gongolos e concluíram que o composto apresenta características físico-química similar ao vermicomposto, ambos igualmente eficientes quando utilizados como substrato para a produção de mudas de alface.

Ao avaliarem a utilização de compostagem pela ação de diplópodes como uma técnica para a obtenção de um biocomposto alternativo para a produção de mudas florestais, Senthilkumar et al. (2018) observaram que os parâmetros físico-químicos foram significativamente maiores no composto produzidos por diplópodes que no composto comum, além disso, ele apresentou efeito positivo sobre a germinação e o crescimento das espécies florestais avaliadas. Bugni et al. (2021) avaliaram a eficiência dos substratos orgânicos obtidos pela gongocompostagem a partir da degradação de resíduos de poda urbana, mediada pelo diplópode *Trigoniulus corallinus*, na produção de mudas de alface crespa, e concluíram que os substratos produzidos se mostraram adequados para serem utilizados como substratos para produção de mudas orgânicas de rúcula.

As vantagens e desvantagens dos processos de compostagem, vermicompostagem e gongocompostagem

A utilização dos processos de compostagem tradicional, vermicompostagem e gongocompostagem no tratamento de resíduos agrícolas e urbanos tem se mostrado alternativas ambientalmente viáveis, porém como qualquer técnica, elas apresentam vantagens e desvantagens no seu desenvolvimento, algumas delas serão descritas a seguir (Tabela 2).



Tabela 2. Características, vantagens e desvantagens dos processos de compostagem tradicional, vermicompostagem e gongocompostagem.

| Parâmetro | Compostagem Tradicional | Vermicompostagem | Gongocompostagem | Referências |
|---|--|---|---|---|
| Absorção de nutrientes pelas plantas | Aumenta a capacidade de absorção de nutrientes pelas plantas | Aumenta a capacidade de absorção de nutrientes pelas plantas | Aumenta a capacidade de absorção de nutrientes pelas plantas | (Corrêa e Santos 2015; Antunes 2017) |
| Acompanhamento do processo | Exige vigilância e manutenção regular da pilha de compostagem | Não precisa revolver o material, exigindo menos trabalho no seu preparo | Não precisa revolver o material, exigindo menos trabalho no seu preparo | (Kiehl 2004; Souza et al. 2015; Antunes 2017) |
| Aeração | Facilita a aeração do solo | Facilita a aeração do solo | Facilita a aeração do solo | (Corrêa e Santos 2015; Antunes 2017) |
| Área para desenvolvimento do processo | Maior necessidade de área para realizar o processo, porém também pode ser realizado em áreas menores | Pode ser realizado em pequenas e grandes áreas | Pode ser realizado em pequenas e grandes áreas | (Fernandes e Silva 1996; Souza et al. 2015; Antunes 2017) |
| Coleta seletiva | Necessita de coleta seletiva dos resíduos orgânicos | Necessita de coleta seletiva dos resíduos orgânicos | Necessita de coleta seletiva dos resíduos orgânicos | (Kiehl 2004; Corrêa e Santos 2015; Antunes 2017) |
| Complexidade para operação do processo | Simple | Simple | Simple | (Fernandes e Silva 1996; Kiehl 2004; Cotta et al. 2015; Antunes 2017) |
| Densidade | Média | Baixa | Baixa | (Kiehl 2004; Souza et al. 2015; Antunes 2017) |
| Dependência do clima | Muito dependente do clima | Pouco dependente do clima | Pouco dependente do clima | (Fernandes e Silva 1996; Kiehl 2004; Antunes 2017; Bergi 2018) |
| Eficiência na eliminação de patógenos | Alta | Relativamente alta | Ainda não existem estudos a esse respeito | (Kiehl 2004; Cotta et al. 2015; Bergi 2018) |



Características, vantagens e desvantagens dos processos de compostagem tradicional, vermicompostagem e gongocompostagem (continua)

| Parâmetro | Compostagem Tradicional | Vermicompostagem | Gongocompostagem | Referências |
|---|---|--|---|---|
| Erosão | Reduz erosão do solo | Reduz erosão do solo | Reduz erosão do solo | (Cotta et al. 2015; L. F. de S. Antunes 2017) |
| Estabilização da matéria orgânica | Boa | Boa | Ainda não existem estudos a esse respeito | (Fernandes e Silva 1996; Kiehl 2004; Cotta et al. 2015) |
| Facilidade de utilização do composto | Fácil utilização | Fácil utilização | Fácil utilização | (Kiehl 2004; L. F. de S. Antunes 2017) |
| Fertilidade | Aumento da disponibilidade nutrientes | Aumento da disponibilidade nutrientes minerais (N, P e K) | Aumento da disponibilidade nutrientes minerais (N, P e K), além de altos teores de Ca | (Cotta et al. 2015; L. F. de S. Antunes 2017) |
| Homogeneidade do Composto | Produção de composto homogêneo | Produção de composto homogêneo | Produção de composto homogêneo | (Kiehl 2004; Cotta et al. 2015; L. F. de S. Antunes 2017) |
| Humificação | Estabilização e humificação acelerada | Estabilização e humificação acelerada | Ainda não existem estudos a esse respeito | (Kiehl 2004; Cotta et al. 2015) |
| Investimento Inicial do processo | Baixo custo de capital e de operação | Baixo custo de capital e de operação | Baixo custo de capital e de operação | (Fernandes e Silva 1996; Kiehl 2004; Corrêa e Santos 2015; Cotta et al. 2015; L. F. de S. Antunes 2017; Bergi 2018) |
| Mão de obra | Grande necessidade de mão-de-obra ou maquinaria especializada | Baixa demanda de mão-de-obra | Baixa demanda de mão-de-obra | (Kiehl 2004; Cotta et al. 2015; L. F. de S. Antunes 2017) |
| Poluição Ambiental | Diminuição da poluição ambiental | Diminuição da poluição ambiental | Diminuição da poluição ambiental | (Kiehl 2004; Corrêa e Santos 2015; Cotta et al. 2015; L. F. de S. Antunes 2017) |
| Problemas de odores | O processo de transformação do resíduo em húmus pode gerar odores | O processo de transformação do resíduo em húmus não gera qualquer tipo de odores | O processo de transformação do resíduo não gera qualquer tipo de odores | (Fernandes e Silva 1996; L. F. de S. Antunes 2017) |



Características, vantagens e desvantagens dos processos de compostagem tradicional, vermicompostagem e gongocompostagem (conclusão).

| Parâmetro | Compostagem Tradicional | Vermicompostagem | Gongocompostagem | Referências |
|---|--|--|---|---|
| Produção de mudas | Grande potencial de beneficiar o crescimento de mudas agrícolas | Grande potencial de beneficiar o crescimento de mudas agrícolas | Grande potencial de beneficiar o crescimento de mudas agrícolas | (Corrêa e Santos 2015; Cotta et al. 2015; L. F. de S. Antunes 2017) |
| Qualidade de composto | Produção de húmus de boa qualidade | O húmus produzido por minhocas é 70% mais rico em nutrientes que os húmus obtidos por compostagem tradicional. | O composto produzido por gongolos é tão rico em nutrientes quanto o húmus produzido por minhocas. | (Kiehl 2004; Corrêa e Santos 2015; L. F. de S. Antunes 2017) |
| Redução do volume inicial dos resíduos | Elevada | Elevada | Elevada | (Kiehl 2004; Cotta et al. 2015; Antunes 2017) |
| Retenção de Água | Boa retenção de água | Boa retenção de água | Boa retenção de água | (Corrêa e Santos 2015; Antunes 2017) |
| Reutilização de resíduos domésticos | Possível | Possível, devem ser selecionados antes de passar pelo processo | Ainda não existem estudos a esse respeito | (Kiehl 1985; Cotta et al. 2015; Bergi 2018) |
| Senescência de sementes invasoras | Provoca a senescência de sementes | Não provoca a senescência de sementes na sua pré-compostagem | Ainda não existem estudos a esse respeito | (Kiehl 2004) |
| Temperatura | Inicialmente ocorre um aumento de temperatura, porém elevadas temperaturas causam a morte dos microrganismos benéficos | Ocorre em baixas temperatura, elevadas temperaturas causam a morte da minhoca | Ocorre em baixas temperaturas, elevadas temperaturas causam a morte do gongolo. | (Kiehl 2004; Cotta et al. 2015; Antunes 2017) |
| Velocidade do processo de compostagem | Processo de compostagem mais acelerado | Processo de compostagem mais acelerado | Processo de compostagem mais lento | (Kiehl 2004; L. F. de S. Antunes 2017) |

Fonte: Autores, 2025



Considerações Finais

Durante o desenvolvimento dos processos de compostagem tradicional, vermicompostagem e gongocompostagem ocorrem complexas interações entre microrganismos, minhocas, gongolos e outros animais da fauna, o que resulta na bio-oxidação e estabilização dos resíduos, exceto o gongocomposto, conferindo ao produto (quando utilizado como adubo) algumas vantagens, como por exemplo contribuir para um pH mais favorável ao desenvolvimento das plantas, evitar que os nutrientes da planta se percam por volatilização ou lixiviação, favorecer a drenagem evitando encharcamentos, controlar a erosão, lixiviação e compactação, facilita fixação de nitrogênio devido à população microbiana e não polui o ambiente. Entretanto, o produto obtido pela compostagem tradicional, a vermicompostagem e a gongocompostagem não deve ser visto como substitutos do adubo mineral, mas como um condicionador de solos cujo uso permite melhorar suas condições gerais em longo prazo.

Durante os processos de compostagem tradicional e vermicompostagem é possível perceber grandes diferenças nas características químicas e físicas dos compostos obtidos, observa-se a diminuição no teor de carbono orgânico e o aumento do teor de ácido húmico, o que se relaciona ao processo de humificação e mineralização. A estabilização da MO por meio dos processos de compostagem e vermicompostagem contribui para um produto rico em nutrientes, com elevado potencial fertilizante para o solo, o gongocomposto também apresenta esse potencial uso como fertilizante apesar de não existirem estudos a respeito do seu processo de estabilização e maturação.

A compostagem tradicional, a vermicompostagem e a gongocompostagem são alternativas que merecem destaque, pois permitem o enriquecimento da MO, aumentando da disponibilização de nutrientes de forma economicamente viável e ambientalmente sustentável, é possível observar também um aumento expressivo nos valores de CTC nos compostos produzidos com a utilização das três técnicas.

Referências

Antunes, Luiz Fernando de Sousa. 2017. “Produção de gongocompostos e sua utilização como substrato para produção de mudas de alface”. Dissertação de Mestrado (Agronomia - Ciência do Solo), Seropédica-RJ: Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro. <https://tede.ufrjr.br/handle/jspui/2347>.

Antunes, Luiz Fernando De Sousa, Rafael Nogueira Scoriza, Dione Galvão Da Silva, e Maria Elizabeth Fernandes Correia. 2016. “Production and Efficiency of Organic Compost Generated by Millipede Activity”. *Ciência Rural* 46 (5): 815–19. <https://doi.org/10.1590/0103-8478cr20150714>.

Aquino, Adriana Maria de, Dejair Lopes de Almeida, e Vladir Fernandes da Silva. 1992. “Utilização de minhocas na estabilização de resíduos”. Circular Técnica 8. Seropédica/RJ: Embrapa Agrobiologia.

Araújo, Maira, Lucileia Silva, Leticia Frare, Hugo Leite, e Lydia Helena Mota. 2018. “Processo de compostagem a base de murumuru (*Astrocaryum* spp.) e seu uso como substrato”. *Agrotropica (Itabuna)* 30 (2): 109–18. <https://doi.org/10.21757/0103-3816.2018v30n2p109-118>.



Bergi, Rafael Scaramussa. 2018. “Compostagem como alternativa à disposição final de resíduos sólidos orgânicos do saneamento em pequenos municípios”. Vitória: UNIVERSIDADE FEDERAL DO ESPÍRITO SANTO.

Bernal, M P, C Paredes, M A Sánchez-Monedero, e J Cegarra. 1998. “MATURITY AND STABILITY PARAMETERS OF COMPOSTS PREPARED WITH A WIDE RANGE OF ORGANIC WASTES”. *Bioresources Technology* 63:91–99.

Bugni, Nathalia Oliveira Cruz, Luiz Fernando de Sousa Antunes, José G. M. Guerra, e Maria Elizabeth Fernandes Correia. 2021. “Caracterização e uso de gongocomposto proveniente de resíduos de poda arbórea na produção de mudas de rúcula”. *Revista Brasileira de Agropecuária Sustentável* 11 (1).

Bugni, Nathalia Oliveira Cruz, Luiz Fernando de Sousa Antunes, José Guilherme Marinho Guerra, e Maria Elizabeth Fernandes Correia. 2020. “Consumo de folhas de diferentes espécies arbóreas pelo diplópode *Trigoniulus corallinus*”. *Revista em Agronegócio e Meio Ambiente* 13 (4): 1551–69. <https://doi.org/10.17765/2176-9168.2020v13n4p1551-1569>.

Carmo, Marina, Jonas Cunico, Poliana Silva, Caio Machado, e Geovane Carmo. 2018. “Compostagem e borra de café como substrato na produção de mudas de jiló”. *Enciclopédia Biosfera, Centro Científico Conhecer*, 15 (27): 70–79. https://doi.org/10.18677/EnciBio_2018A30.

CCME. 2005. *Guidelines for Compost Quality*. Canadian Council of Ministers of the Environment.

Corrêa, César Trujillo, e Jaqueline Santos Dos Santos. 2015. “Vermicompostagem no tratamento de resíduos orgânicos domésticos”. *XI Semana de Extensão, Pesquisa e Pós-Graduação SEPesq*, 11.

Cotta, Jussara Aparecida de Oliveira, Nayhana Lara Chaves Carvalho, Túlio da Silva Brum, e Maria Olímpia de Oliveira Rezende. 2015. “Compostagem versus vermicompostagem: comparação das técnicas utilizando resíduos vegetais, esterco bovino e serragem”. *Engenharia Sanitária e Ambiental* 20 (1): 65–78. <https://doi.org/10.1590/S1413-41522015020000111864>.

CUNHA, K. M. DA. 2018. “Compostagem de tabaco de cigarro contrabandeado e resíduos sólidos orgânicos em reator facultativo com capacidade de 2000l”. Dissertação (Mestrado em Química Aplicada), Ponta Grossa/: Universidade Estadual De Ponta Grossa.

Dal Bosco, Tatiane Cristina, Flávia Gonçalves, Francine Conceição de Andrade, Ivan Taiatele Junior, Jaqueline dos Santos Silva, e Mariana Sbizzaro. 2017. “Contextualização teórica: compostagem e vermicompostagem”. Em *Compostagem e vermicompostagem de resíduos sólidos: resultados de pesquisas acadêmicas*, 1º ed. Editora Blucher. <https://doi.org/10.5151/9788580392371>.

Dangerfield, J. Mark, e Steven R. Telford. 1991. “Seasonal Activity Patterns of Julid Millipedes in Zimbabwe”. *Journal of Tropical Ecology* 7 (2): 281–85.

Dores-Silva, Paulo R., Maria Diva Landgraf, e Maria Olímpia De O. Rezende. 2013. “Processo de estabilização de resíduos orgânicos: vermicompostagem versus compostagem”. *Química Nova* 36 (5): 640–45. <https://doi.org/10.1590/S0100-40422013000500005>.



EPA. 2003. “Environmental Regulations and Technology, Control of Pathogens and Vector Attraction in Sewage Sludge”. *United States Environmental Protection Agency*, 186.

Faria, Júlio César Tannure, Victor Mendes de Oliveira Pinto, Douglas Santos Gonçalves, Denys Matheus Santana Costa Souza, Sérgio Bruno Fernandes, e Gilvano Ebling Brondani. 2020. “A compostagem da casca de café carbonizada favorece a produção de mudas de ingá”. *Nativa* 8 (2): 224. <https://doi.org/10.31413/nativa.v8i2.9119>.

Fernandes, F., e S. M. C. P Silva. 1996. *Manual prático para a compostagem de biossólidos*. Londrina: Universidade Estadual de Londrina (UEL).

Ferreira, Paulo Henrique Frata, Vitor Corrêa De Mattos Barretto, Rafael Simões Tomaz, Samuel Ferrari, Ronaldo Da Silva Viana, e Paulo Renato Matos Lopes. 2020. “Vermicomposto e fibra de coco como substratos sustentáveis na produção de mudas de corymbia citriodora”. *Brazilian Journal of Development* 6 (9): 70274–86. <https://doi.org/10.34117/bjdv6n9-469>.

Francesch, Émerson De, Cleber Witt Saldanha, Evandro Luiz Missio, Gersa Pauli Kist Steffen, Joseila Maldaner, Rosana Matos de Moraes, Roberta Rodrigues Roubuste, e Maria Helena Fermino. 2018. “Vermicomposto na composição do substrato para produção de mudas de Schinus terebinthifolius”. *Pesquisa Florestal Brasileira* 38 (e201801653): 1–10. <https://doi.org/10.4336/2018.pfb.38e201801653>.

Garcia, F R M, e J V Campos. 2001. “Biologia e controle de artrópodes de importância fitossanitária (Diplopoda, Symphyla, Isopoda), pouco conhecidos no Brasil”. *São Paulo*.

Heck, Karina, Évilin G. De Marco, Ana B. B. Hahn, Mariana Kluge, Fernando R. Spilki, e Sueli T. Van Der Sand. 2013. “Temperatura de degradação de resíduos em processo de compostagem e qualidade microbiológica do composto final”. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental* 17 (1): 54–59. <https://doi.org/10.1590/S1415-43662013000100008>.

Karthigeyan, M, e P Alagesan. 2011. “Millipede Composting: A Novel Method for Organic Waste Recycling”.

Kiehl, Edmar José. 1985. *Fertilizantes orgânicos*. Piracicaba: Editora Agronômica Ceres Ltda.

———. 2004. *Manual da Compostagem: Maturação e Qualidade do Composto*. 4ª. Piracicaba.

MAPA. 2008. *Instrução Normativa No. 64*.

———. 2014. *Instrução Normativa No. 17*. <https://www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/sustentabilidade/organicos/legislacao/portugues/instrucao-normativa-no-17-de-18-de-junho-de-2014.pdf/view>.

Martín, J. D., e G. Schiedeck. 2015. “Nível de desenvolvimento e potencial da minhocultura e da vermicompostagem”. Em *Minhocultura e vermicompostagem - Interface com sistemas de produção, meio ambiente e agricultura de base familiar*, 231. Brasília/DF: EMBRAPA.



Morales, A.B., M.A. Bustamante, F.C. Marhuenda-Egea, R. Moral, M. Ros, e J.A. Pascual. 2016. “Agri-Food Sludge Management Using Different Co-Composting Strategies: Study of the Added Value of the Composts Obtained”. *Journal of Cleaner Production* 121 (maio):186–97. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2016.02.012>.

Onwosi, Chukwudi O., Victor C. Igbokwe, Joyce N. Odimba, Ifeanyichukwu E. Eke, Mary O. Nwankwoala, Ikemdinachi N. Iroh, e Lewis I. Ezeogu. 2017. “Composting Technology in Waste Stabilization: On the Methods, Challenges and Future Prospects”. *Journal of Environmental Management* 190 (abril):140–57. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2016.12.051>.

Pelloso, Murilo Fuentes, Bruno Gustavo Aguiar Cardoso Farias, e Auricléia Sarmento de Paiva. 2020. “Produção de mudas de meloeiro em substrato a base de ramas de mandioca”. *Colloquium Agrariae* 16 (1): 87–100. <https://doi.org/10.5747/ca.2020.v16.n1.a351>.

Pereira, Claudete Martins da Silva, Luiz Fernando De Sousa Antunes, Adriana Maria De Aquino, e Marco Antonio De Almeida Leal. 2020. “SUBSTRATO À BASE DE ESTERCO DE COELHO NA PRODUÇÃO DE MUDAS DE ALFACE”. *Nativa* 8 (1): 58. <https://doi.org/10.31413/nativa.v8i1.8018>.

Pereira-Neto, J. T. 2007. *Manual de compostagem: processo de baixo custo*. Viçosa: UFV.

Pusceddu, L., e A. Bassini. 2020. “Circuito da compostagem”. Parque Cientec. 2020. <https://www.parquecientec.usp.br/passeio-virtual/circuito-da-compostagem>.

Ramanathan, B., e P. Alagesan. 2012. “Evaluation of millicompost versus vermicompost”. *Current Science* 103 (2): 140–43.

Ricci, Marco. 2016. *Manual para gestão de resíduos orgânicos nas escolas*. Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais – ABRELPE. Marco Ricci.

Ricci, Marta dos Santos Freire. 1996. “Manual de Vermicompostagem”. Documentos 31. Porto Velho/RO: EMBRAPA-CPAF-RONDONIA.

Senthilkumar, Natchiappan, Ramachandran Lakhmidevi, Ramasamy Sumathi, Govinda Raj Divya, e Lourdhswamy Marianayagam Durairaj Lenora. 2018. “Millicompost: An Alternate Biocompost for Forest Nurseries”. *International Journal of Current Research* 10 (6): 70971–74.

Souza, H. A., E. L. Oliveira, P. Y. Faccioli-Martins, L. Santiago, A. A. Primo, M. D. Melo, e G. A. C. Pereira. 2019. “Características físicas e microbiológicas de compostagem de resíduos animais”. *Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia* 71 (1): 291–302. <https://doi.org/10.1590/1678-4162-9735>.

Souza, Maria Eunice Paula de, Irene Maria Cardoso, André Mundstock Xavier de Carvalho, Andreia Paiva Lopes, Pedro Henrique Silva, e Ivo Jucksch. 2015. “Vermicompostagem: potencializando as funções das minhocas”. *Agriculturas* 12 (1): 24–29.

Thakur, Prabhas C., Prem Apurva, e Shailendra. K. Sinha. 2011. “Comparative study of characteristics of biocompost produced by millipedes and earthworms”. *Adv. Appl. Sci. Res.* 2 (3): 94–98.



Wichuk, Kristine M., Jalpa P. Tewari, e Daryl McCartney. 2011. “Plant Pathogen Eradication During Composting: A Literature Review”. *Compost Science & Utilization* 19 (4): 244–66. <https://doi.org/10.1080/1065657X.2011.10737008>.

Zittel, Rosimara, Cleber Pinto da Silva, Cinthia Eloise Domingues, Tatiana Roselena de Oliveira Stremel, Thiago Eduardo de Almeida, Gislaine Vieira Damiani, e Sandro Xavier de Campos. 2018. “Treatment of Smuggled Cigarette Tobacco by Composting Process in Facultative Reactors”. *Waste Management* 71 (janeiro):115–21. <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2017.10.023>.