

Avaliação do comportamento térmico de compostagem de resíduos agroindustriais e agroflorestais

Evaluation of the thermal behavior of agro-industrial and agroforestry waste composting

Evaluación del comportamiento térmico del compostaje de residuos agroindustriales y agroforestales

Recebido: 04/04/2022 | Revisado: 13/04/2022 | Aceito: 15/04/2022 | Publicado: 21/04/2022

Mateus Oliveira Silva

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6359-1029>
Universidade Federal Rural da Amazônia, Brasil
E-mail: olivermateus11@gmail.com

Cíntia Araújo Soares

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4928-4983>
Universidade Federal Rural da Amazônia, Brasil
E-mail: cintia.as98@gmail.com

Paula Kelen Aviz Mota

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3092-0962>
Universidade Federal Rural da Amazônia, Brasil
E-mail: Paulakelen01@gmail.com

Edivânio Araújo da Silva

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2556-8236>
Universidade Federal Rural da Amazônia, Brasil
E-mail: edivanioasilva@gmail.com

Sulleyme de Almeida Melo

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9261-4485>
Universidade Federal Rural da Amazônia, Brasil
E-mail: sulleymy@gmail.com

Eduarda Shafira Silva Saraiva

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3032-4888>
Universidade Federal Rural da Amazônia, Brasil
E-mail: eduardashafira5@gmail.com

José Dantas Araújo Lacerda

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4438-2322>
Universidade Federal Rural da Amazônia, Brasil
E-mail: dantas.lacerda.037@ufrn.edu.br

Ana Célia Almeida Mendes

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7101-9417>
Universidade Federal Rural da Amazônia, Brasil
E-mail: anaceliaalmeidamendes@gmail.com

Francisco Raylan Sousa Barbosa

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7092-8355>
Universidade Federal Rural da Amazônia, Brasil
E-mail: franraylan@gmail.com

Áurea Izabel Aguiar Fonseca e Souza

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5606-4279>
Universidade Federal Rural da Amazônia, Brasil
E-mail: aurea.aguiar@yahoo.com.br

Resumo

O aumento do custo dos fertilizantes comerciais e a crescente poluição ambiental fazem do uso de resíduos orgânicos na agricultura uma opção atrativa do ponto de vista econômico devido a ciclagem de carbono e de nutrientes. Dessa forma, a compostagem surge como uma forma eficiente de se obter a biodegradação controlada dos resíduos de natureza orgânica. Nesse sentido, o presente trabalho objetivou analisar o comportamento da temperatura durante o processo de compostagem de diferentes tipos de materiais, resíduos agroindustriais e agroflorestais. O experimento foi realizado na Universidade Federal Rural da Amazônia – UFRA, campus Parauapebas entre 30 de outubro de 2018 e 30 de janeiro de 2019, as pilhas de compostagem foram montadas no viveiro de mudas, um galpão aberto com cobertura de sombrite. Os materiais da primeira composteira (Leira 1) foram esterco bovino não curtido + bagaço de cana de açúcar + restos de vegetais + serragem. A segunda composteira (Leira 2) esterco bovino não curtido + serrapilheira + serragem. Foi possível observar que nos primeiros 3 dias a temperatura da primeira Compostagem

(Leira 1) se elevou rapidamente, caracterizando o início da atividade microbiana. Ao longo dos 90 dias as pilhas apresentaram odor devido as zonas com excesso de água e conseqüente anaerobiose, ou seja, o excesso da água não permitiu a passagem de oxigênio no composto. Na primeira etapa do processo da segunda compostagem (Leira 2) a temperatura máxima atingida foi de 32°C no 14º dia. A compostagem é uma alternativa que merece visibilidade sendo uma alternativa economicamente viável e ambientalmente sustentável.

Palavras-chave: Adubo orgânico; Sustentabilidade; Humificação.

Abstract

The rising cost of commercial fertilizers and increasing environmental pollution make the use of organic waste in agriculture an attractive option from an economic point of view due to carbon and nutrient cycling. Thus, composting appears as an efficient way to obtain the controlled biodegradation of organic waste. In this sense, the present work aimed to analyze the behavior of temperature during the composting process of different types of materials, agro-industrial and agroforestry residues. The experiment was carried out at the Universidade Federal Rural da Amazônia - UFRA, Parauapebas campus between October 30, 2018 and January 30, 2019, the compost piles were assembled in the seedling nursery, an open shed with shade cover. The materials of the first compost bin (Leira 1) were untanned bovine manure + sugarcane bagasse + vegetable remains + sawdust. The second composter (Leira 2) is untanned bovine manure + litter + sawdust. It was possible to observe that in the first 3 days the temperature of the first Compost (Leira 1) rose rapidly, characterizing the beginning of microbial activity. Over the 90 days, the piles presented odor due to areas with excess water and consequent anaerobic disease, that is, excess water did not allow the passage of oxygen in the compost. In the first stage of the second composting process (Leira 2) the maximum temperature reached was 32°C on the 14th day. Composting is an alternative that deserves visibility as an economically viable and environmentally sustainable alternative.

Keywords: Organic fertilizer; Sustainability; Humification.

Resumen

El aumento del costo de los fertilizantes comerciales y el aumento de la contaminación ambiental hacen que el uso de residuos orgánicos en la agricultura sea una opción atractiva desde un punto de vista económico debido al ciclo del carbono y los nutrientes. De esta manera, el compostaje surge como una forma eficiente de obtener la biodegradación controlada de los residuos de naturaleza orgánica. En este sentido, el presente estudio tuvo como objetivo analizar el comportamiento de la temperatura durante el proceso de compostaje de diferentes tipos de materiales, residuos agroindustriales y agroforestales. El experimento se llevó a cabo en la Universidad Rural Federal de la Amazonía - UFRA, campus de Parauapebas, entre el 30 de octubre de 2018 y el 30 de enero de 2019, las pilas de compost se montaron en el vivero de plántulas, un cobertizo abierto con cubierta sombría. Los materiales del primer contenedor de compost (Leira 1) eran estiércol bovino sin curtir + bagazo de caña de azúcar + restos vegetales + aserrín. El segundo compostador (Leira 2) estiércol bovino sin broncear + arena + aserrín. Fue posible observar que en los primeros 3 días la temperatura del primer compostaje (Leira 1) aumentó rápidamente, lo que caracteriza el inicio de la actividad microbiana. Durante los 90 días, las baterías mostraron olor debido a las áreas con exceso de agua y la consiguiente anaerobiosis, es decir, el exceso de agua no permitió el paso de oxígeno en el compuesto. En la primera etapa del segundo proceso de compostaje (Leira 2), la temperatura máxima alcanzada fue de 32 °C el día 14. El compostaje es una alternativa que merece visibilidad y es una alternativa económicamente viable y ambientalmente sostenible.

Palabras clave: Fertilizante orgánico; Sostenibilidad; Humificación.

1. Introdução

A preocupação cada vez mais frequente com os impactos ambientais gerados pelo aumento de resíduos sólidos orgânicos tem estimulado o interesse pela diversificação na produção de composto em maiores proporções (Elvira *et al.*, 1998; Edwards, 1995; Valente *et al.*, 2009). Nesse sentido, a compostagem ocorre de forma gradativa e natural, além de decompor a fração orgânica com o auxílio de microrganismos, sendo em sua grande maioria os fungos e bactérias aeróbicas. Porém, precisa passar por processos relevantes como temperatura e umidade adequadas bem como a oxigenação, que posteriormente formará composto sólido e também poderá gerar o resíduo líquido (biofertilizante) que contém excelentes nutrientes para as plantas, além do mais a compostagem proporciona para o meio ambiente menores quantidades de lixo nos aterros sanitários (Comcap, 2020).

Além disso, o aumento do custo dos fertilizantes comerciais e a crescente poluição ambiental fazem do uso de resíduos orgânicos na agricultura uma opção atrativa do ponto de vista econômico, em razão da ciclagem de carbono e de

nutrientes (Melo *et al.*, 2008; Loureiro *et al.*, 2007). Desse modo, a compostagem surge como uma forma eficiente de se obter a biodegradação controlada dos resíduos de natureza orgânica, podendo ser definida como um processo controlado, caracterizado pela decomposição aeróbica da matéria orgânica através dos microrganismos (Pereira Neto, 2007; Inácio & Miller, 2009).

Deste modo, a compostagem mostra-se eficaz no tratamento biológico dos resíduos, podendo ser utilizada tanto para resolução de problemas ambientais, como também para obtenção de fertilizantes orgânicos, proporcionando benefícios não apenas econômicos como também sociais e ambientais. O processo de compostagem é a forma mais eficiente de reciclagem de resíduos de composição orgânica, onde a massa de resíduo é tratada e transformada em um novo produto – o adubo orgânico (Leal, 2006; Pereira Neto, 2007).

A compostagem é um processo de oxidação da matéria orgânica resultante da ação de microrganismos, e pode ser dividida em três grandes fases, uma fase inicial rápida denominada de fase mesofílica, com temperaturas que não ultrapassam 40°C, esta fase antecede uma fase termofílica de intensa decomposição, necessária para a quebra de constituintes ricos em lignina e com potencial de disseminação de agentes etiológicos (Kiehl, 2004).

Posteriormente, com o avanço do processo ocorre uma fase de bioestabilização, onde há a redução da temperatura devido o declínio microbiano impulsionado pela escassez de recursos, nesta fase também conhecida como fase de cura, ocorre a humificação ou maturação, acompanhada da mineralização dos nutrientes oriundos do substrato, transformando-os da forma orgânica para a inorgânica, tornando os nutrientes disponíveis às plantas (Kiehl, 1985; Valente *et al.*, 2009).

Além do mais, é notável que há a predominância de determinadas espécies de microrganismos nas diferentes fases e a sua atividade metabólica caracterizam a fase em que se encontra o processo de decomposição da matéria orgânica (Miller, 1992).

Ademais, no início da decomposição dos resíduos orgânicos, ou seja, na fase mesófila, ocorre o predomínio de bactérias decompositoras, responsáveis pela quebra inicial do substrato, promovendo a liberação de calor resultante da oxidação na massa em processo de compostagem. Nesta fase também é possível verificar a incidência de fungos, que em associação com outros microrganismos, oxidam a matéria, liberam calor, produzem ácidos (reduzindo o pH do meio) e reduzem as partículas submetidas ao processo de decomposição (Pereira Neto, 2007; Turner, 2002).

Portanto, os microrganismos mesófilos utilizam os componentes solúveis e rapidamente degradáveis da MO, através da oxidação (reação exotérmica), gerando calor, parte do calor gerado acumula-se no interior da leira (Barreira *et al.*, 2006; Tang *et al.*, 2004), culminando em um gradiente de temperatura, elevando de 25°C para 40-45°C, em um período aproximado de 2 a 3 dias, diante deste comportamento de variação térmica é importante ressaltar que a temperatura acima dos 45°C, promove a inibição da atividade microbiológica mesofílica em prol da comunidade termofílica (Kiehl, 1985; Tiquia, 2005).

Devido o aumento da temperatura, por consequência da liberação de calor, ocorre a morte de microrganismos mesófilos, por outro lado ocorre a multiplicação de actinomicetos, bactérias e fungos termófilos. Dessa forma, na fase termofílica ocorre a máxima decomposição dos compostos orgânicos, sendo considerada a fase de degradação ativa de polissacarídeos, transformando-os em subprodutos que serão aproveitados pela microbiota (Pereira Neto, 2007).

A microbiota associada ao processo é composta por fungos, bactérias e actinomicetos, de uma forma geral estas comunidades atuam sobre o substrato a ser reduzido, porém é notável que atuam de formas distintas, as bactérias atuam na degradação os lipídeos e as frações de hemicelulose, enquanto a celulose e a lignina são decompostas pelos actinomicetos e fungos (Kiehl, 1985; Valente *et al.*, 2009). À medida que os recursos tornam-se escassos, a temperatura do composto decresce gradualmente em resposta a baixa atividade metabólica promovida pelo declínio dos microrganismos, até igualar-se à temperatura ambiente (Vinneras & Jonsson, 2002). Nessa fase surgem novamente as comunidades mesófilas, que irão atuar na humificação do composto por meio da degradação de compostos mais resistentes que não foram degradados totalmente na fase

termofílica, tais como a hemicelulose e a lignina (Tuomela et al., 2000).

Neste sentido, o presente trabalho objetivou analisar o comportamento da temperatura durante o processo de compostagem de diferentes tipos de materiais, resíduos agroindustriais e agrofloretais.

2. Metodologia

O experimento foi realizado na Universidade Federal Rural da Amazônia – UFRA, campus Parauapebas - Pará entre 30 de outubro de 2018 e 30 de janeiro de 2019, o clima da região é caracterizado como Aw' ou seja quente e úmido, as pilhas de compostagem foram montadas no viveiro de mudas, um galpão aberto com cobertura de sombrite, a fim de evitar o contato direto do material em compostagem com o solo foi utilizada uma lona plástica de polietileno.

A primeira composteira (C1) (esterco bovino não curtido + bagaço de cana de açúcar + restos de vegetais + serragem) foi organizado em uma única pilha, com peso total de 146,700 kg. A proporção de cada material para a formação de cada pilha foi:

- 38,963 kg de Serragem
- 38,963 kg de Esterco bovino não curtido
- 29,794 kg de Restos vegetais (alimentos)
- 38,963 kg de Bagaço de cana de açúcar

A segunda composteira (C2) (esterco bovino não curtido + serrapilheira + serragem) foi organizado em uma única pilha, com peso total de 61,720 kg. A proporção de cada material para a formação de cada pilha foi:

- 29,850 kg de Esterco bovino não curtido
- 19,725 kg de Serragem
- 12,150 kg de Serrapilheira

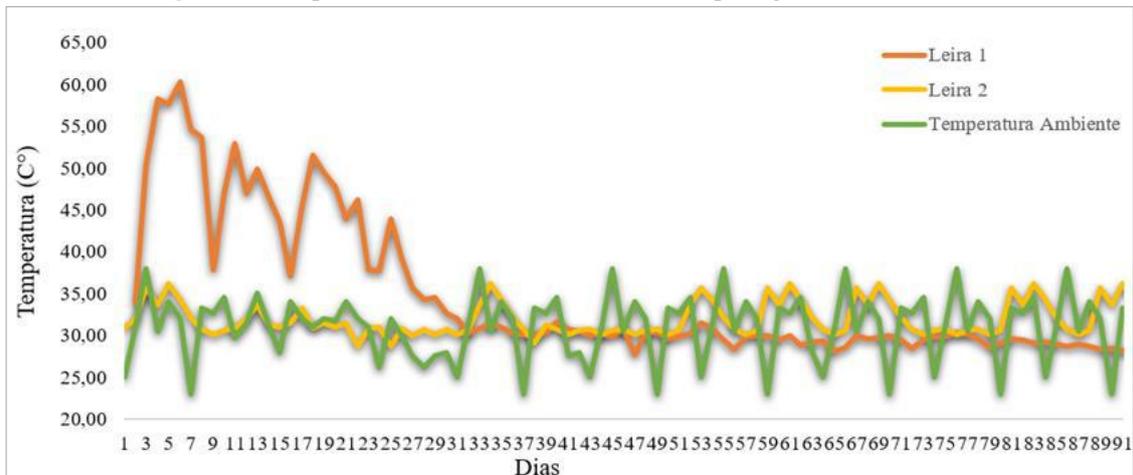
Com o objetivo de proporcionar a aeração necessária para que ocorresse a decomposição aeróbica e dissipação de temperaturas elevadas geradas na fase de degradação, foi observada a literatura, onde, é recomendado o revolvimento em intervalos de sete dias, com isto a cada sete dias foi realizado o revolvimento e ao final aferida a temperatura da pilha (Pereira & Neto, 2007).

Além do mais, com relação ao fator temperatura, as aferições foram feitas diariamente com auxílio de um termômetro digital tipo espeto em três pontos em cada pilha (norte, centro e sul), a temperatura ambiente foi monitorada com auxílio do mesmo termômetro, e aferida todos os dias entre 9h e 10h da manhã e revolvida a cada sete dias, mantendo o nível de umidade adequado, os dados obtidos foram processados no Software Microsoft Excel.

3. Resultados e Discussão

De acordo com pereira Neto (2007), um dos principais parâmetros a ser analisado e que determina a eficiência do processo de compostagem é a temperatura, além do mais, é um indicador de equilíbrio biológico. Dessa forma, foi possível observar que nos primeiros 3 dias a temperatura da primeira Compostagem (Leira 1) se elevou rapidamente, caracterizando o início da atividade microbiana, mantendo-se elevada durante as três primeiras semanas e constante nos dias subsequentes, como mostra o Figural.

Figura 1. Comportamento térmico das leiras de compostagem durante 91 dias.



Fonte: Autores (2022).

Os microrganismos que atuam no processo de compostagem degradam a matéria orgânica liberando energia na forma de calor, um dos fatores que determina o rápido aumento da temperatura nos primeiros dias. Ademais, uma vez que as condições são adequadas os microrganismos mesófilos entram em ação. Sendo assim, de acordo com Fetti (2014), este processo é expressado significativamente nos primeiros dias após o empilhamento dos materiais, pois, os microrganismos mais sensíveis a temperatura (20 - 45°C) começam a oxidar os compostos simples ocasionando um aumento na temperatura, este acréscimo de temperatura é capaz de proporcionar um ambiente ideal para ser colonizado pelos microrganismos termófilos (45 - 65°C), os quais atacam os polissacarídeos e as proteínas transformando-os em subprodutos que serão utilizados por outros microrganismos.

Outra característica fundamental para o processo de compostagem é a dimensão das partículas dos materiais, pois, as partículas pequenas possuem a superfície específica maior e conseqüentemente são decompostas em maior velocidade, contudo é necessário o correto arejamento para que ocorra a ação microbiana. Todavia, deve-se observar essa característica para não ocasionar riscos de compactação e de falta de oxigênio no composto (Oliveira; Sartori & Garcez, 2002).

Um fator que proporcionou se iniciar rapidamente o processo com o aumento da temperatura na primeira leira (C1), foi a composição dos materiais que foram utilizados para a formação da pilha, dando destaque para o bagaço de cana de açúcar, pois, o aumento de temperatura na pilha é devido ao fato de que a energia liberada pela bioxidação dos microrganismos não é dissipada na pilha, pois o bagaço da cana de açúcar é um bom isolante térmico e a área de contato com a superfície externa não é suficientemente grande para eliminar o calor gerado (Pinto, 2013).

Além disso, após extinguirem as fontes contíguas de carbono, esta microbiota é suprimida por indivíduos mesofílicos que dão continuidade ao processo de degradação dos compostos mais resistentes. Portanto, a primeira pilha (Leira 1) nas primeiras semanas a temperatura atingiu picos entorno de 60°C, como é apresenta no gráfico, esta pilha foi controlada por revolvimento e irrigação durante a fase do experimento.

A temperatura na primeira pilha apresentou baixo desempenho, devido ao excesso de água, pois, a umidade pode ter afetado o desenvolvimento do processo de compostagem, uma vez que nos meses de novembro, dezembro e janeiro ocorreu elevado índice de precipitação pluviométrica no município de Parauapebas. Nesse sentido, segundo Pinto, (2013) o teor ótimo de umidade, de modo geral, situa-se entre 50 e 60%, porém, acima de 65% de umidade começa a haver a formação de zonas de anaerobiose, pois a água começa a ocupar pontos vazios de maneira que há impedimento da passagem de O₂, outro fator que pode estar relacionado é aos resíduos que compõem este tratamento, uma vez que possuem características de uma maior retenção de água devido as suas características físicas, fato este que possibilitou que a umidade permaneça alta

consequentemente reduzindo a temperatura. A temperatura ambiente aparentemente não influenciou no desenvolvimento do processo microbiano já que ao decorrer do trabalho a mesma caiu gradativamente, consequentemente não ocorreu um bom desenvolvimento dos microrganismos.

Na primeira etapa do processo da segunda compostagem (Leira 2) compostagem, que constitui na termoestabilização, a temperatura máxima atingida foi de 32°C no 14º dia, após o início do processo, o que indica baixa atividade de bactérias e fungos termofílicos na degradação dos resíduos. Essa temperatura poderia ter alcançado valores mais elevados, podendo chegar até 45°C. Os fatores que podem ter influenciado a temperatura não atingir valores mais elevados é a relação carbono/nitrogênio desbalanceada bem como, características da estrutura física dos materiais, além da porosidade e alta umidade. Consequentemente, os valores foram inferiores quando comparados com a primeira pilha (Leira 1), tornando então, mais demorado o processo até atingir a mineralização.

Foi observado ao longo dos 90 dias odor nas pilhas (Leira 1 e 2) devido, as zonas com excesso de água e consequente anaerobiose, ou seja, o excesso da água não permitiu a passagem de oxigênio no composto, que são de fácil detecção, pois existe exalação do mau cheiro e possível aparecimento de moscas. Outro fator observado foi a possibilidade de perda de nutriente por lixiviação, que segundo Silva (2007) o excesso de água também pode favorecer a lixiviação de nutrientes. A perda de massa foi por meio da lixiviação do chorume, sendo que as condições inadequadas para o processo de compostagem como, excesso de umidade e o ambiente de instalação das pilhas coberto apenas com sombrite permitiu a entrada de água da chuva.

As pilhas também sofreram influência do acúmulo de água da chuva devido o formato e a inclinação da leira. Desse modo, Silva (2008) recomenda que quando ocorrer excesso de umidade nas pilhas é necessário realizar enleiramento mais espalhado, permitindo que o excesso de água evapore rápido. A umidade prejudica de forma indireta na temperatura da compostagem, isso ocorre devido o conjunto de reações químicas dos microrganismos que acontece na fase aquosa (Valente *et al.*, 2009)

Durante o processo de compostagem existe microrganismos que realizam a metabolização do nitrogênio orgânico, sendo assim, o resultado é o nitrogênio amoniacal que pode ser volatilizado ou pode ser transformado em nitratos pela nitrificação, as consequências observadas por meio de análises laboratoriais é que composto fica mais ácido que o material do começo da compostagem. Todavia, o composto ficará alcalinizante na condição de anaerobiose, pois, o nitrato será perdido por desnitrificação (Oliveira, Sartori & Garcez, 2002).

A fase de humificação ou maturação ocorre quando as temperaturas nas leiras estão aproximadas (norte, centro, sul) em pelo menos três dias consecutivos e percebe-se que ocorreu estabilização da temperatura da leira por volta de 20° C, ainda é necessário manter o revolvimento das leiras por mais trinta dias e visualmente quando percebemos que o composto ficou com coloração negra, significa que o composto está pronto (Comcap, 2020). Além disso, durante os processos de compostagem complexas interações entre microrganismos, e outros animais da fauna resultam na bioxidação e estabilização dos resíduos (Ferreira & Cruz, 1992; Orozco *et al.*, 1996).

4. Considerações Finais

A compostagem é uma alternativa que merece visibilidade, pois, os materiais de origem orgânica e dejetos de animais utilizados neste presente trabalho pode ser utilizado para promover um aumento da CTC do solo e permitir o enriquecimento da matéria orgânica, aumentando a disponibilização de nutrientes, além da diminuição da erosão do solo, ou seja, é uma alternativa economicamente viável e ambientalmente sustentável.

Observou-se então que o excesso de água foi um entrave para o sucesso do processo de compostagem, o acúmulo de água influenciou de forma negativa impedindo a mineralização, o aumento de temperatura inicial da leira 2 e a atividade de

microrganismos termofílicos. Sendo assim, espera-se que o presente trabalho possa incentivar trabalhos futuros com uma drenagem mais eficiente podendo ser explorado além da análise do fator temperatura, outros parâmetros como pH, umidade, granulometria e melhor relação C/N para melhor observação e controle durante a formação do composto.

Referências

- Barreira, L. P., Philippi Junior, A., & Rodrigues, M. S. (2006). Usinas de compostagem do Estado de São Paulo: qualidade dos compostos e processos de produção. *Engenharia Sanitária e Ambiental*, 11, 385-393.
- Edwards, C. A. (1995). Historical overview of vermicomposting. *BioCycle*, 36, 56-58.
- Elvira, C., Sampedro, L., Benítez, E., & Nogales, R. (1998). Vermicompostagem de lodos de fábricas de papel e laticínios com *Eisenia andrei*: Um estudo em escala piloto. *Bioresource Technology*, 63, 205-211.
- Ferreira, M.E. & Cruz, M.C.P. (1992) Estudo do efeito de vermicomposto sobre absorção de nutrientes e produção de matéria seca pelo milho e propriedades do solo. *Científica*, v. 20, p. 217-227.
- Fetti, G. L. R. Avaliação do efeito da inoculação de fungos termofílicos em pilhas de compostagem de lixo urbano. 2014. 73 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Biológicas) - Instituto De Biociências, Letras E Ciências Exatas, Universidade Estadual Paulista Júlio De Mesquita Filho, São José do Rio Preto.
- Inácio, C. T. & Miller, P. R. M. (2009). Compostagem: ciência e prática para a gestão de resíduos orgânicos. EMBRAPA. 156 p.
- Kiehl, E. J. (1985) Fertilizantes orgânicos. *Agrônômica Ceres*. 492 p.
- Kiehl, E. J. (2004) Manual de compostagem: maturação e qualidade do composto. E. J. KIEL. 173 p.
- Leal, M. A. A. (2006). Produção e eficiência agrônômica de compostos obtidos com palhada de gramínea e leguminosa para o cultivo de hortaliças orgânicas. Tese (Doutorado em Ciência em Agronomia) – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro. 133 f
- Loureiro, D. C., Aquino, A. M., Zonta, E. & Lima, E. (2007). Compostagem e vermicompostagem de resíduos domiciliares com esterco bovino para a produção de insumo orgânico. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 42, 1043-1048.
- Melo, L. C. A., Silva, C.A. & Dias, B. O. (2008). Caracterização da matriz orgânica de resíduos de origens diversificadas. *Revista Brasileira de Ciências do Solo*, 32, 101-110.
- Oliveira, E. C. A, Sartori, R. H & Garcez T. B. (2008). Compostagem. Escola superior de agricultura Luiz de Quieroz, programa de pós-graduação em solos e nutrição de plantas. Piracicaba: São Paulo.
- Orofino, F.V.G., Cipriano, J.V., Raichert, E., & Comcap. Compostagem comunitária: Um guia completo sobre valorização e gestão de resíduos. Prefeitura de Florianópolis. 2020.
- Pereira N., J. T. (2007). Manual de Compostagem: processo de baixo custo. Ed. UFV. 81 p.
- Pinto, L. F. Simulação De Uma Composteira De Bagaço De Cana-De-açúcar Em Escala Industrial. 67 p. Monografia (Conclusão da Graduação engenharia Química) - Escola de Engenharia de Lorena da Universidade, São Paulo. 2013.
- Silva, A.G. A. (2008). viabilidade da utilização de compostos orgânicos em solos agricultáveis. 25 p. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Tecnologia de Cafeicultura) - Escola Agrotécnica Federal de Muzambinho.
- Silva, L. N. Processo de compostagem com diferentes porcentagens de resíduos sólidos de agroindustriais. 70 p. Dissertação (Mestrado 67 em Engenharia Agrícola) – Centro de ciências exatas. 2007.
- Tang, J.C., Kanamori, T., & Inque, Y. (2004). Changes in the microbial community structure during thermophilic composting of manure as detected by quinone profile method. *Process Biochem.*, v. 39, p. 1999-2006.
- Tiquia, S. M. (2005). Microbiological parameters as indicators of compost maturity. *Journal of Applied Microbiology*, 99(4), 816-828. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2672.2005.02673.x>.
- Tuomela, M., Vikman, M., & Hatakka, A. (2000). Biodegradation of lignin in a compost environment: a review. *Bioresource Technology*, 72(2), 169-183. [https://doi.org/10.1016/S0960-8524\(99\)00104-2](https://doi.org/10.1016/S0960-8524(99)00104-2).
- Turner, C. (2002). The thermal inactivation of *E. coli* in straw and pig manure. *Bioresource Technology*, 84(1), 57-61.
- Valente, B. S., Xavier, E. G., Morselli, T. B. G. A., Jahnke, D. S., Brum Jr, B. S., Cabrera, B. R., Moraes, P. O. & Lopes, D. C. N. (2009). Fatores que afetam o desenvolvimento da compostagem de resíduos orgânicos. *Archivos de Zootecnia*, 58, 59-85. <https://doi.org/10.21071/az.v58i224.5074>.
- Vinneras, B. & Jonsson, H. (2002) Thermal composting of faecal matter as treatment and possible disinfection method - Laboratory scale and pilot-scale studies. *Bioresource Technology*, 88(1), 275-282. [https://doi.org/10.1016/s0960-8524\(02\)00268-7](https://doi.org/10.1016/s0960-8524(02)00268-7).