

COMPOSTAGEM DE RESÍDUO AGROINDUSTRIAL E PODA DE ÁRVORE COM APLICAÇÃO DE MICRORGANISMOS EFICIENTES

Higgor Henrique Dias Goes¹ (higgorgoes@alunos.utfpr.edu.br), Bianca Aparecida Meneghel de Oliveira¹ (bmeneghel.bm@gmail.com), Jessica Muniz de Melo¹ (muniz.50@hotmail.com), Rita de Cássia Pereira de Souza¹ (rimiliorini@gmail.com), Vitor da Costa Marques¹ (vitormarquesc@gmail.com), Wellington Luiz de Oliveira¹ (wellingtonoliveira@alunos.utfpr.edu.br), Tatiane Cristina Dal Bosco¹ (tatianebosco@utfpr.edu.br)
¹ UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ

RESUMO

O lodo produzido durante o sistema de tratamento de efluentes na indústria de laticínios apresenta alta carga orgânica e necessita ser tratado antes de sua disposição final. A compostagem surge como uma alternativa no tratamento desse lodo, tendo em vista que se refere a uma técnica de baixo custo e que apresenta alta eficácia na estabilização de resíduos. No entanto, pouco se sabe sobre o tratamento desse material via compostagem e sobre a viabilidade do uso de microrganismos eficientes aceleradores do processo. Por isso, o objetivo desse trabalho foi avaliar o comportamento da poda de árvores e do lodo de laticínios no que se refere aos parâmetros temperatura, pH, condutividade elétrica, redução de massa e de volume, comparando o desempenho do processo com e sem a adição de microrganismos eficientes. Foram montadas duas leiras trapezoidais (L1 e L2) com 350 L cada, sendo 234 L de poda de árvores e 116 L de lodo. Na L2 foram inseridos microrganismos eficientes obtidos a partir de fermento biológico seco. Contudo, os microrganismos inoculados não influenciaram no processo de compostagem, tendo em vista que a mesma apresentou temperaturas menores na fase termofílica. Devido à pequena diferenciação de temperatura durante todo o processo, não houve grandes diferenças nas reduções de volume e massa entre as leiras, que ficaram entre 50% e 70% respectivamente. O processo de compostagem foi considerado eficiente para o tratamento de lodo de laticínio, no entanto, não se observou vantagem no uso de microrganismos eficientes, considerando os parâmetros avaliados.

Palavras-chave: Composto orgânico, Resíduos de laticínios, Tratamento de resíduos sólidos agroindustriais.

COMPOSITION OF AGRO-INDUSTRIAL WASTE AND TREE POWDER WITH APPLICATION OF EFFICIENT MICRO-ORGANISMS

ABSTRACT

The sludge produced during the effluent treatment system in the dairy industry has a high organic load and needs to be treated before its final disposal. Composting appears as an alternative in the treatment of this sludge, considering that it refers to a low-cost technique and that presents high efficacy in the stabilization of residues. However, little is known about the treatment of this material via composting and about the viability of the use of efficient microorganisms accelerators of the process. Therefore, the objective of this work was to evaluate the pruning behavior of trees and dairy sludge in terms of parameters temperature, pH, electrical conductivity, mass and volume reduction, comparing the process performance with and without addition of efficient microorganisms. Two trapezoidal tracks (L1 and L2) were mounted with 350 L each, 234 L of tree pruning and 116 L of mud. In the L2 were inserted efficient microorganisms obtained from dry biological yeast. However, the inoculated microorganisms did not influence the composting process, considering that it had lower temperatures in the thermophilic phase. Due to the small temperature differentiation throughout the process, there were no major differences in the volume and mass reductions between the cores, which were between 50 and 70%, respectively. The composting process was considered

efficient for the treatment of dairy sludge, however, no advantage was observed in the use of efficient microorganisms, considering the evaluated parameters.

Keywords: *Organic compound, Dairy waste, Treatment of agroindustrial solid waste.*

1. INTRODUÇÃO

Dentre os resíduos sólidos orgânicos gerados nos municípios brasileiros destacam-se as podas de árvores, que, se dispostas em aterros sanitários, ocupam muito espaço e ainda apresentam risco de combustão espontânea (MORETTI et al., 2015). Deste modo, representam um grande desafio de gerenciamento para os municípios e grandes geradores.

Os efluentes da indústria de laticínios são compostos por quantidades variáveis de leite (perdas durante o processo) e materiais sólidos flutuantes (higienização), como: detergentes, desinfetantes, lubrificantes, areia e água. Logo que este efluente chega na estação de tratamento deve-se promover a remoção da fração de gordura e da carga de sólidos, gerando, portanto, o lodo (NIRENBERG; FERREIRA, 2005). A principal característica dos resíduos de atividades agroindustriais é a alta concentração de material orgânico, que, por meio da fermentação, formam ácidos orgânicos, causando maus odores, reduzindo o oxigênio dissolvido em águas superficiais e contaminando o solo, quando disposto inadequadamente (GOPINHATHAN; THIRUMURTHY, 2012).

Deste modo, é essencial um tratamento que promova a estabilização destes resíduos e viabilize sua posterior destinação final, de forma ambientalmente adequada e sanitariamente segura. Neste sentido, a Política Nacional de Resíduos Sólidos (Lei 12.305/2010) destaca a necessidade da implantação de sistemas de compostagem para o tratamento de resíduos sólidos orgânicos (BRASIL, 2010), uma vez que promove sua estabilização, reduz o volume dos resíduos sólidos destinados a aterros sanitários e gera um produto rico matéria orgânica mais humificada, valioso para a correção e fertilidade do solo.

Há relatos de que os processos de compostagem podem ser otimizados a partir da inoculação de microrganismos denominados de “eficientes”. Trata-se de comunidades de microrganismos (leveduras, actinomicetos, bactérias produtoras de ácido láctico e bactérias fotossintetizantes) encontrados naturalmente em solos férteis e em plantas que coexistem em meio líquido. Sua produção requer, além de matéria orgânica balanceada, o uso de fermentos biológicos que podem ser feitos a partir de sua captura em solos de mata, através de outros fermentos conhecidos para produção de alimentos fermentados, ou ainda por produtos comerciais conhecidos como aceleradores de compostagem (SIQUEIRA; SIQUEIRA, 2013). Estudos indicam que a utilização destes microrganismos eficientes acelera em até três vezes o processo, reduz o mau cheiro natural inicial, além de acarretar na otimização do espaço necessário para o tratamento dos resíduos (VICENTINI et al., 2009).

2. OBJETIVO

Objetivou-se avaliar o comportamento da poda de árvores e do lodo de laticínios no que se refere aos parâmetros temperatura, pH, condutividade elétrica, redução de massa e de volume, comparando o desempenho do processo com e sem a adição de microrganismos eficientes.

3. METODOLOGIA

3.1 Resíduos utilizados e montagem das leiras

Os resíduos utilizados na compostagem foram o lodo biológico de uma estação de tratamento de efluentes de laticínio e poda de árvores triturada. Uma vez conhecida a composição química dos resíduos (Tabela 1), foi possível calcular as proporções necessárias para uma relação C/N inicial

de 18:1. Esta relação foi estabelecida tendo em vista a coerência da quantidade de resíduos gerada pelo laticínio em estudo e sua proporção com a geração de podas de árvores na indústria.

Tabela 1. Teores de carbono e nitrogênio dos resíduos utilizados.

Resíduo	Carbono (%)	Nitrogênio (%)
Poda	53,11	1,32
Lodo de Laticínio	40,64	4,77

Por meio da Equação 1 foi possível obter a relação de massa seca necessária entre o resíduo rico em carbono (poda) e o rico em nitrogênio (lodo).

$$\frac{(18 * Nn) - Cn}{Cc - (18 * Nc)} \quad \text{Equação 1}$$

Sendo: Nn: teor de Nitrogênio do resíduo rico em N; Cn: teor de Carbono do resíduo pobre em carbono; Nc: teor de Nitrogênio do resíduo pobre em N; Cc: teor de Carbono do resíduo rico em C (KIEHL, 2008).

Utilizando a Equação 1 com os dados da Tabela 1, tem-se:

$$\frac{(18 * 4,77) - 40,64}{53,11 - (18 * 1,32)} = 1,54$$

A proporção encontrada foi de 1,54 kg de resíduo orgânico rico em carbono (poda) para 1 kg de resíduo rico em nitrogênio (lodo). Em seguida, estes valores foram corrigidos em função da umidade dos resíduos (56,62% para a poda e 81,33% para o lodo) e obteve-se a seguinte proporção: 3,55 kg de resíduo rico em carbono para 5,36 kg de resíduo rico em nitrogênio, o equivalente a 1:1,5 kg poda/lodo.

Foram montadas duas leiras, uma sem EM (Leira 1) e outra com EM (Leira 2). Após mensurar a quantidade de cada um dos resíduos determinou-se o formato das leiras de compostagem. A partir do peso específico da poda e do lodo respectivamente, 258 kg m⁻³ e 782 kg m⁻³, definiu-se que eram necessários para cada 13,75 L (0,01375 m³) de poda, 6,84 L (0,006854 m³) de lodo, o equivalente à proporção de 1:0,49 L poda/lodo.

As duas leiras tiveram formato trapezoidal devido às próprias características do resíduo, pois permite melhor acomodação das camadas de poda e lodo. Foram montadas em ambiente descoberto para simulação do ambiente real onde essas leiras seriam montadas na indústria geradora de resíduos em estudo. com e sem inoculação de microrganismos eficientes. Suas dimensões foram de 0,8 (base inferior) e 0,6 (base superior), altura de 0,5 m e comprimento de 1,0 m, totalizando uma leira de 0,35 m³ (350 L). Utilizou-se, portanto, na montagem, 233,73 L de poda e 116,27 L de lodo laticínio para cada uma das leiras

3.2 Inoculação dos microrganismos eficientes

A fonte de microrganismos eficientes (EM) utilizada foi o fermento biológico seco, cuja relação adotada é de 1g de fermento para 100g de massa de carbono dos dois compostos. Essa proporção foi estipulada devido à recomendação do fermento biológico para se utilizar 1g de fermento para cada 100g de massa de pão. Adotou-se, portanto, a mesma relação para o composto. Utilizou-se 700 g de fermento que foram diluídos em 2 litros de água desclorada. Esta solução foi armazenada e posteriormente aplicada sobre as camadas de resíduos durante a montagem da leira que recebeu este tratamento.

3.3 Monitoramento dos processos de compostagem

Os parâmetros monitorados ao longo do processo, com o objetivo de avaliar sua eficiência dos são apresentados na Tabela 2. As amostras para as análises foram coletadas após homogeneização da leira por revolvimento.

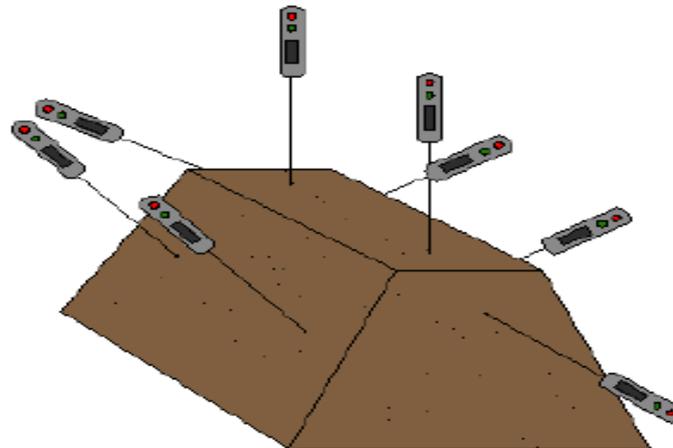
Tabela 2. Parâmetros a serem monitorados durante os processos.

Parâmetro de monitoramento	Frequência	Local	Metodologia
Temperatura	Diário	In loco	Termômetro tipo espeto
Umidade aparente	Diário		Teste de mão ^[1]
Aeração	Quinzenal		Revolvimento manual
Volume	Início e fim		Recipiente graduado
Massa	Início e fim		Pesagem em balança
pH	Aos 1º, 34º e 55º dia	Em lab.	Adaptado de TEDESCO et al. (1995)
Condutividade elétrica	Aos 1º, 34º e 55º dia		

Nota: ^[1] NUNES (2009).

Diariamente foram monitorados oito pontos nas leiras de compostagem (Figura 1) com o auxílio de um termômetro digital tipo espeto. A temperatura ambiente também foi monitorada.

Figura 1. Pontos de medição de temperatura nas leiras.



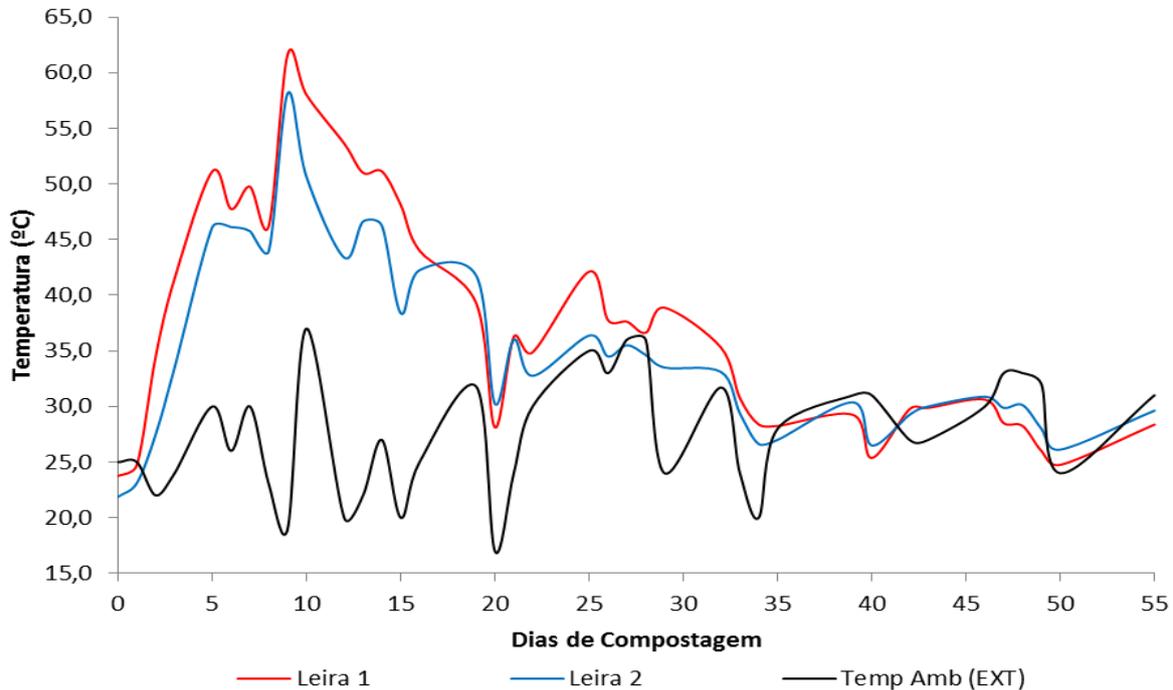
Fonte: Adaptado de SBIZZARO (2013).

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Temperatura

Na Figura 2 é apresentado o comportamento da temperatura durante o processo de compostagem. De acordo com Kiehl (2008), por meio da temperatura é possível identificar as fases da compostagem. O processo inicia-se com temperaturas na fase mesófila (20°C a 45°C); em seguida ocorre a elevação rápida da temperatura levando as leiras a atingir a fase termófila (45°C a 55°C). Nessa etapa ocorre a morte e inativação de patógenos presentes no resíduo; seguindo pela fase de resfriamento onde o composto volta a temperaturas mesófilas e pôr fim a de maturação em que a temperatura do composto acompanha a ambiente. (KIEHL, 2008)

Figura 2. Comportamento da temperatura nas leiras de compostagem.



Nota: Leira 1 (sem EM), Leira 2 (com EM).

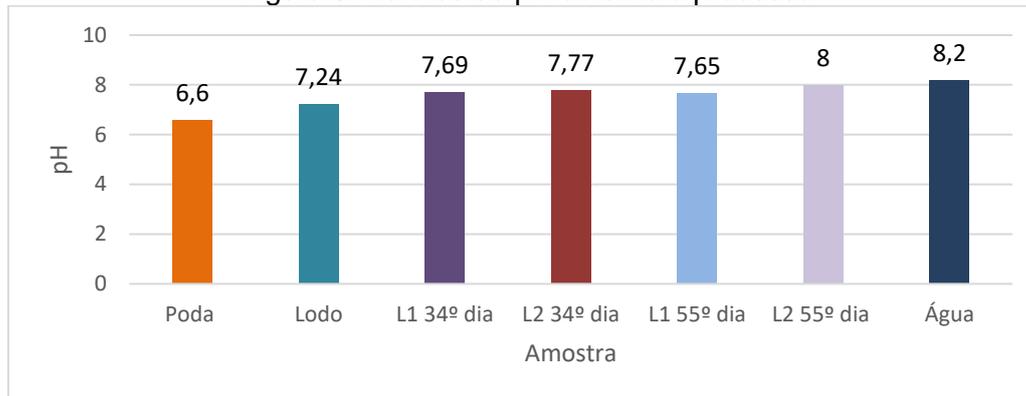
É possível observar que a leira sem presença de EM (Leira 2) apresentou temperaturas relativamente mais baixas quando comparada com a Leira 1, o que pode ser um indicativo de que a faixa de temperatura em que atuam os microrganismos inoculados é mais baixa do que os microrganismos autóctones existentes nos resíduos.

No 8º dia de compostagem é possível observar o súbito aumento da temperatura. Isso ocorre devido ao revolvimento realizado nesse dia e consequente incorporação de oxigênio na massa de resíduos favorecendo a ação dos microrganismos presentes. Um ambiente aeróbico propicia uma decomposição mais rápida da matéria orgânica pelos microrganismos e consequente acréscimo na temperatura, fato que pode ser observado no presente estudo (INÁCIO et al., 2009).

4.2 pH e condutividade elétrica

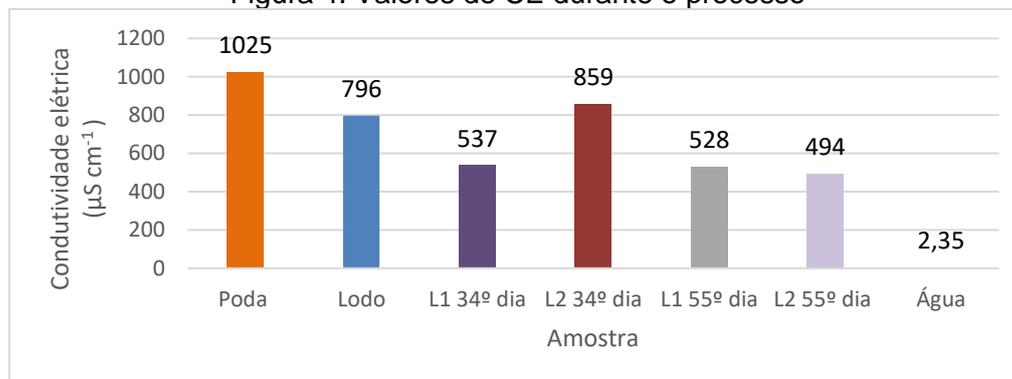
No processo de compostagem o pH indica o grau de maturação do composto (COSTA et al., 2009) e a condutividade elétrica (CE) mede de forma indireta a salinidade do substrato (CARNEIRO et al., 2011). Nas Figuras 3 e 4 são apresentados os dados de pH e CE dos resíduos utilizados na compostagem e também ao 34º e 55º dias do processo de degradação.

Figura 3. Valores de pH durante o processo



Quando comparadas as leiras 1 e 2 é possível observar que não houve diferenças expressivas entre os tratamentos tanto no que se refere a pH quanto a condutividade elétrica. O pH ao final do processo de compostagem deve estar entre 7,5 e 9,0 (PEREIRA NETO, 2007). Os compostos produzidos apresentaram valores dentro da faixa citada pelo autor como ideal. Segundo o MAPA (Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento) em sua Instrução Normativa nº 25, de 23/07/2009 (BRASIL, 2009) – o valor de pH mínimo aceitável para a comercialização de composto no Brasil é igual a 6,0. Deste modo, para o parâmetro pH, todos os compostos finais deste estudo atenderam tal legislação

Figura 4. Valores de CE durante o processo



No que se refere à CE, nota-se redução deste parâmetro ao longo do processo. Segundo Kiehl (2004) da fase inicial até a metade do processo de maturação do composto, a condutividade pode reduzir em até 50%, como pode ser observado mais especificamente na Leira 2. Segundo Souza (2008), a relação de sais solúveis é extremamente dependente do montante da pilha, ou seja, se a redução do volume for muito expressiva, como é o caso da Leira 1, certamente haverá uma concentração de sais e a condutividade aparente diminuirá menos ou, até mesmo, aumentará. Quanto ao teor de CE final, nota-se que este valor seria adequado caso optasse para um pós-tratamento via vermicompostagem, visto que as minhocas sobrevivem até $1200 \mu\text{S cm}^{-1}$ (GONÇALVES, 2014).

4.4 Redução de massa e volume

Ao iniciar o processo de compostagem, as duas leiras apresentaram o mesmo volume com massas semelhantes. Após o término do processo, pode-se verificar grande diminuição da massa e também do volume (Tabela 3).

Tabela 3. Valores de massa seca e volume antes e após o processo de compostagem.

	Massa Inicial (kg)	Massa Final (kg)	Redução massa (%)	Volume Inicial (L)	Volume Final (L)	Redução volume (%)
Leira 1	46,74	15,87	66,04	350	174	50,30
Leira 2	43,52	12,84	70,50	350	184	47,40

Não se observou grandes diferenças entre as leiras com EM e sem. A redução de massa foi da ordem de 66,04% e 70,5% nas leiras 1 e 2, respectivamente. Em relação à redução do volume, obteve-se 50,3% e 47,4% de redução nas leiras 1 e 2 respectivamente. Do ponto de vista da logística de armazenamento, transporte e disposição final, resultados como estes são de suma importância, visto que implicam em menores custos para o gerenciamento destes resíduos após o tratamento.

A umidade no final do processo de compostagem ficou em torno dos 50% para a Leira 1 e de 70% para a Leira 2, estando de acordo com o recomendado por Kiehl (2004), onde define que o valor ótimo de umidade pode variar dependendo das condições físicas do material de entrada, tamanho das partículas e estágio de decomposição, sugerindo que esteja entre 40-70%.

5. CONCLUSÃO

Considerando os parâmetros analisados, não foi possível comprovar que a utilização dos microrganismos eficientes intensifica a degradação do lodo de laticínio com poda.

Por outro lado, a redução de volume e massa indicaram a eficiência do processo de compostagem no tratamento dos resíduos estudados. Destaca-se ainda que ao final do processo ambos os resíduos encontravam-se descaracterizados e o composto tinha aspecto homogêneo e isento de odores, facilitando seu manejo e disposição final.

REFERÊNCIAS

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Instrução Normativa nº 25, de 23/07/2009. Disponível em: <http://extranet.agricultura.gov.br/sislegis-consulta/consultarLegislacao.do?operacao=visualizar&id=20542>. Acesso em: 19 nov. 2016

BRASIL. MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE (MMA). **Gestão de resíduos orgânicos**. [2010]. Disponível em: <http://www.mma.gov.br/cidades-sustentaveis/residuos-solidos/gest%C3%A3o-de-res%C3%ADduos-rg%C3%A2nicos>. Acesso em 11 setembro 2016.

CARNEIRO, L. J.; DIETER, J.; SAMPAIO, S. C.; SCHMIDT JUNIOR, N.; SANTOS-KOELLN, F. T.. Balanço de sais provenientes da aplicação de água residuária de suinocultura em quatro ciclos de cultura. Revista Meio Ambiente e Agronegócio. V.4, nº3, p. 481-499, 2011.

COSTA, M.S.S.M.; COSTA, L. A. de M.; DECARLI, L. D.; PELÁ, A.; SILVA, C. J. da; MATTER; U. F.; OLIBONE, D.. **Compostagem de resíduos sólidos de frigorífico**. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental. Campina Grande, v.13, n.1, p.100-107, 2009.

DORES-SILVA, P.R.; LANDGRAF, M.D; REZENDE, M.O.O. Acompanhamento químico da vermicompostagem de lodo de esgoto doméstico. *Química Nova*, v.34, n.6, p.956-961, 2011.

GONÇALVES, F. Tratamento de camas de equinos por compostagem e vermicompostagem. 2014. 133 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Londrina, 2014.

GOPINATHAN M.; THIRUMURTHY M.. Feasibility Studies on Static Pile Co Composting of Organic Fraction of Municipal Solid Waste With Dairy Waste Water. 2012; 2(2):34–39.

INÁCIO, C. T.; MILLER, P. R. M.; Compostagem: ciência e prática para gestão de resíduos orgânicos. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2009, 156p.

KIEHL, E.J. Manual da Compostagem: Maturação e Qualidade do Composto. 4ªed. Piracicaba. 2004. 173p.

KIEHL, E.J. Adubação orgânica. 500 perguntas e respostas. 2.ed. Piracicaba: Ed. Degaspari, 2008. 217p.

MORETTI, S. M. L.; BERTONCINI, E. I.; ABREU-JUNIOR, C. H.; Composting sewage sludge with green waste from tree pruning. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v. 72, n. 5, p.432-439, 2015. DOI: 10.1590/0103-9016-2014-0341.

NIRENBERG L.P., FERREIRA O. M. Tratamento de águas residuárias de indústria de laticínios: eficiência e análise de modelos matemáticos do projeto da Nestlé. Goiânia: Universidade Católica de Goiânia, 2005.

NUNES, M.U.C. Compostagem de resíduos para produção de adubo orgânico na pequena propriedade. Circular técnico – Embrapa Tabuleiros Costeiros, Aracaju, n.59, 7p. dez. 2009

PEREIRA NETO, J. T. Manual de compostagem: processo de baixo custo. Universidade Federal de Viçosa. 2007.

SBIZZARO, M. Vermicompostagem a partir de dejetos de ovinos e bovinos com palha de cana-de-açúcar. Trabalho de conclusão de curso: Graduação em Engenharia Ambiental. Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Londrina, 2013.

SIQUEIRA, A. P. de B; SIQUEIRA, M. B. de. Adubo orgânico fermentado. Niterói: Programa Rio Rural, 2013.

SILVA, A.G. **Métodos de produção de composto orgânico a partir de matéria prima vegetal e animal**. 2008, 32f. Trabalho de Conclusão de Curso (Curso Superior de Tecnologia em Cafeicultura) – Escola Agrotécnica Federal de Muzabinho. Muzabinho, 2008.

TEDESCO, M. J.; GIANELLO, C.; BISSANI, C. A.; BOHNEN, H.; VOLKWEISS, S.J. Análises de solo, plantas e outros materiais. 2. Ed. Porto Alegre: Dpto de solos da UFRGS. 1995, 175p

VICENTINI, L. S., CARVALHO, K., RICHTER, A. S.; **Utilização de microrganismos eficazes no preparo da compostagem**. Faculdade Integrada Espirita. Revista Brasil Agroecologia. Novembro, v. 4, n.2, 2009.