

UFRRJ
INSTITUTO DE AGRONOMIA
CURSO DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRICULTURA ORGÂNICA

DISSERTAÇÃO

**Produção de substratos e fertilizantes orgânicos a
partir da compostagem de cama de cavalo**

Marcelo Roberto Gomes dos Santos

2016



**UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO RIO DE JANEIRO
INSTITUTO DE AGRONOMIA
CURSO DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRICULTURA ORGÂNICA-
PPGAO**

**PRODUÇÃO DE SUBSTRATOS E FERTILIZANTES ORGÂNICOS A
PARTIR DA COMPOSTAGEM DE CAMA DE CAVALO**

MARCELO ROBERTO GOMES DOS SANTOS

Sob a Orientação do pesquisador
Marco Antônio de Almeida Leal

Dissertação submetida como requisito
parcial para obtenção do grau de
Mestre em Agricultura Orgânica.

Seropédica/RJ
Fevereiro/2016

631.86

S237p

T

Santos, Marcelo Roberto Gomes dos, 1981-
Produção de substratos e fertilizantes orgânicos a partir da compostagem de cama de cavalo / Marcelo Roberto Gomes dos Santos. - 2016.
48 f.: il.

Orientador: Marco Antonio de Almeida Leal.

Dissertação (mestrado) - Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Curso de Pós-Graduação em Agricultura Orgânica, 2016.

Bibliografia: f. 39-48.

1. Adubos e fertilizantes orgânicos - Teses. 2. Resíduos orgânicos como fertilizantes - Teses. 3. Resíduos de animais - Reaproveitamento - Teses. 4. Horticultura - Teses. 5. Agricultura orgânica - Teses. I. Leal, Marco Antonio de Almeida, 1966- II. Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro. Curso de Pós-Graduação em Agricultura Orgânica. III. Título.

UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO RIO DE JANEIRO
INSTITUTO DE AGRONOMIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRICULTURA ORGÂNICA

MARCELO ROBERTO GOMES DOS SANTOS

Dissertação submetida como requisito parcial para a obtenção do grau de **Mestre em Ciências**, no programa de Pós-Graduação em Agricultura Orgânica, área de Concentração em Sistemas de produção.

DISSERTAÇÃO APROVADA EM 18/02/2016

Marco Antonio de Almeida Leal (Dr.)
Embrapa Agrobiologia
(Orientador)

David Vilas Boas de Campos (Dr.)
Embrapa Solos

Marta dos Santos Freire Ricci (Dr.)
Embrapa Agrobiologia

Dedicatória

Dedico ao meu avô Geraldo Gomes (*in Memorium*), homem simples do campo, que desde criança me ensinou a amar as coisas da roça. Homem, que apesar analfabeto, foi meu grande professor nos ensinamentos da agricultura e pecuária.

Por você aprendi a amar a terra e as pessoas que dela tiram o seu sustento todos os dias.

Vô, onde o senhor estiver, saiba que sempre estará vivo em meu coração.

Agradecimentos

A Deus por ter me dado condições de cursar este mestrado.

A minha família, por todo apoio e compreensão nos momentos de ausência.

A minha mãe Maria Aparecida Gomes, que me ensinou os valores da honestidade, perseverança e persistência.

Ao meu orientador, Marco Antônio Leal de Almeida, por todo apoio dado ao longo da realização dos experimentos, bem como nos momentos em que tive dificuldades.

A todos os professores do curso.

Aos meus colegas de curso, por todos bons momentos compartilhados durante as aulas, no alojamento e nas viagens de vivências.

A Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro – UFRRJ pela criação do Mestrado Profissional em Agricultura Orgânica, que me possibilitou a realização de um sonho.

Ao CNPQ por todo auxílio oferecido ao curso, possibilitando a realização de viagens de vivência e integração com os produtores rurais nos estados do Rio de Janeiro e São Paulo.

Ao amigo José Paulo Cortes, por ter concedido o espaço na Fazenda da Colina para realização dos experimentos.

Ao funcionário Paulinho (Fazenda da Colina), por ter me auxiliado nas atividades práticas dos experimentos de campo.

A todos os funcionários da Fazenda da Colina que auxiliaram diretamente ou indiretamente na realização dos trabalhos.

Ao Sr. Arnaldo, administrador do Haras MH, por ter fornecido a cama de cavalo.

A acadêmica de agronomia, Milene, por ter me auxiliado nas análises de laboratório.

A amiga Simone Pereira Alves, pelo auxílio na avaliação das mudas no Laboratório de Insetos, pertencente à Universidade Severino Sombra.

RESUMO

SANTOS, Marcelo Roberto Gomes dos. **Produção de substratos e fertilizantes orgânicos a partir da compostagem de cama de cavalo**. Seropédica/RJ, 2016. 48f. (Dissertação, Mestrado Profissional em Agricultura Orgânica). Instituto de Agronomia, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica-RJ, 2016.

Acompanhando o crescimento da demanda por produtos orgânicos, tem crescido também no Brasil a busca por insumos orgânicos que sejam produzidos respeitando o meio ambiente e que tenham custos acessíveis ao agricultor. A cama de cavalo surge como uma alternativa viável para atender esta necessidade em locais onde existe a criação doméstica ou comercial de cavalos. Este trabalho teve como objetivo avaliar a viabilidade da obtenção de substratos e fertilizantes orgânicos por meio da compostagem de cama de cavalo. Inicialmente, foi estudado o processo de compostagem da cama de cavalo pura e com adição de torta de mamona, avaliando-se diversas características ao longo de 120 dias de incubação. Em seguida, os compostos obtidos foram avaliados como substratos para a produção de mudas orgânicas de hortaliças e como fertilizantes utilizados na adubação de base de alface e de beterraba produzidos em sistema orgânico. Observou-se que compostos formulados a base de cama de cavalo, independente da adição de torta de mamona, alcançaram e mantiveram por vários dias temperaturas acima de 55 °C, o que é suficiente para eliminação de ervas espontâneas e patógenos. A adição de torta de mamona na mistura da compostagem proporcionou ténues aumentos da temperatura das pilhas e do teor final de N dos compostos, em relação ao tratamento com cama de cavalo pura, mas resultou em aumentos consideráveis de emissão de NH₃ e da perda de N ao longo do processo de compostagem, além de representar um aumento no custo de produção. Os compostos de cama de cavalo, independente da adição de torta de mamona, se mostraram eficientes para serem utilizados como substratos na produção orgânica de mudas de alface, beterraba e tomate. Adubos orgânicos obtidos a partir da compostagem de cama de cavalo não proporcionaram respostas sobre a produção de alface cultivada em sistema orgânico, mas proporcionaram aumentos na produção de beterraba cultivada em sistema orgânico. A compostagem se mostrou um processo eficiente para a obtenção de substratos e fertilizantes orgânicos a partir da cama de cavalo, possibilitando uma destinação ambientalmente correta para este resíduo da equinocultura.

Palavras-chaves: matéria orgânica, resíduos orgânicos, hortaliças, equinocultura.

ABSTRACT

SANTOS, Marcelo Roberto Gomes. **Substrat production and fertilizers organic from the horse bed composting** Seropédica/RJ, 2016. 48f. (Master, professional Master of Organic Agriculture). Instituto de Agronomia, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica-RJ, 2016.

Following the growing demand for organic products has also grown in Brazil to search for organic inputs that are produced respecting the environment and that have affordable costs to the farmer. The horse bed is an alternative feasible to meet this need in places where there is domestic or commercial establishment horses. This study aimed to assess the feasibility of obtaining substrates and organic fertilizers through composting bed horse. Initially, it was studied the process of composting bed and pure horse with the addition of pie castor, evaluating several features over 120 days of incubation. In then the compounds were evaluated as substrates for the production of seedlings organic vegetables and as fertilizers used on lettuce-based fertilizer and beet produced in an organic system. It was observed that compounds formulated base horse bed, regardless of the addition of castor bean, achieved and maintained by several days temperatures above 55 °C, which is sufficient for removing herbal spontaneous and pathogens. The addition of castor cake mix in compost provided subtle increases in temperature of the battery and the final content of N compounds, compared to treatment with pure horse bed, but resulted in considerable increases emission of NH₃ and N loss during the composting process, and representing an increase in production cost. The compounds horse bed, regardless of the addition of castor bean, they have proved efficient for use as substrates in organic production of lettuce seedlings, beets and tomatoes. fertilizers organic obtained from horse compost bed did not provide answers on lettuce grown in organic production system, but induced increases in beet production in organic system. Composting proved a efficient process for obtaining organic fertilizer substrates from the bed horse, enabling an environmentally correct disposal for this waste of equine.

Keywords: organic matter, organic waste, vegetables, equine.

LISTAS DE TABELAS

Tabela 1. Teores de N, Ca, Mg, P e K da maravalha de eucalipto e das matérias-primas utilizadas (média de três repetições \pm desvio médio).....	11
Tabela 2. Proporção, com base na massa, de material recuperado após peneiramento do composto em duas diferentes malhas.	12
Tabela 3. Proporção, com base na massa, de material recuperado após peneiramento dos compostos para sua utilização como substratos para produção de mudas de hortaliças.	13
Tabela 4. Quantidade dos fertilizantes orgânicos nos experimentos de produção de alface e de beterraba.	15
Tabela 5. Resultados da análise de variância do experimento de compostagem, executado em esquema de parcela dividida, com os dois tratamentos nas parcelas principais e o tempo de compostagem nas subparcelas.	17
Tabela 6. Características avaliadas ao final do processo de compostagem (120 dias de incubação), de pilhas de composto de cama de cavalo, sem e com adição de torta de mamona.	27
Tabela 7. Valores de pH, condutividade elétrica (CE), emissão de CO ₂ e emissão de NH ₃ observados nos substratos utilizados nos experimentos com mudas.....	28
Tabela 8. Teores totais de macronutrientes (N, Ca, Mg, P e K) dos substratos utilizados nos experimentos com mudas.	28
Tabela 9: Teores disponíveis de macronutrientes (N, Ca, Mg, P e K) dos substratos utilizados nos experimentos com mudas.....	29
Tabela 10. Proporção (%) dos teores disponíveis de macronutrientes (N, Ca, Mg, P e K) em relação aos teores totais dos substratos utilizados nos experimentos com mudas.....	29
Tabela 11. Valores de densidade aparente, densidade da partícula, porosidade total, microporosidade e macroporosidade dos substratos utilizados nos experimentos com mudas.	29
Tabela 12. Altura, número de folhas, massa fresca da parte aérea e volume de raiz de mudas de alface produzidas com diferentes substratos orgânicos.	30
Tabela 13. Altura, número de folhas, massa fresca da parte aérea e volume de raiz de mudas de beterraba produzidas com diferentes substratos orgânicos.....	31
Tabela 14. Altura, número de folhas, massa fresca da parte aérea e volume de raiz de mudas de tomate produzido com diferentes substratos orgânicos.	31
Tabela 15. Diâmetro da cabeça, número de folhas e massa fresca de parte aérea de alface adubada com diferentes fertilizantes orgânicos.....	36
Tabela 16. Número de folhas, massa fresca de parte aérea, massa fresca da raiz e diâmetro da raiz de beterraba adubada com diferentes fertilizantes orgânicos.	37

LISTAS DE FIGURAS

Figura 1. Organograma dos experimentos.....	10
Figura 2. Temperaturas observadas durante a compostagem de cama de cavalo sem (CC) e com adição de torta de mamona (CC+TM). Média de três repetições + erro padrão.	18
Figura 3. Valores de pH observados durante a compostagem de cama de cavalo sem (CC) e com adição de torta de mamona (CC + TM). Média de três repetições + erro padrão.	20
Figura 4. Valores de condutividade elétrica observados durante a compostagem de cama de cavalo sem (CC) e com adição de torta de mamona (CC + TM). Média de três repetições + erro padrão.	21
Figura 5. Valores de densidade observados durante a compostagem de cama de cavalo sem (CC) e com adição de torta de mamona (CC + TM). Média de três repetições + erro padrão.	22
Figura 6. Teores de N observados durante a compostagem de cama de cavalo sem (CC) e com adição de torta de mamona (CC + TM). Média de três repetições + erro padrão.	23
Figura 7. Emissão de CO ₂ observada durante a compostagem de cama de cavalo sem (CC) e com adição de torta de mamona (CC + TM). Média de três repetições + erro padrão.	24
Figura 8. Emissão de NH ₃ observada durante a compostagem de cama de cavalo sem (CC) e com adição de torta de mamona (CC + TM). Média de três repetições + erro padrão.	24
Figura 9. Proporção relativa (em %) em relação  massa seca inicial, observada durante a compostagem de cama de cavalo sem (CC) e com adição de torta de mamona (CC + TM). Média de três repetições + erro padrão.	25
Figura 10. Proporção relativa (em %) em relação ao volume inicial observada durante a compostagem de cama de cavalo sem (CC) e com adição de torta de mamona (CC + TM). Média de três repetições + erro padrão.	26
Figura 11. Proporção relativa (em %) em relação ao contduo inicial de N, observada durante a compostagem de cama de cavalo sem (CC) e com adição de torta de mamona (CC + TM). Média de três repetições + erro padrão.	26
Figura 12. Valores de pH observados em diferentes substratos durante o desenvolvimento de mudas de alface.	32
Figura 13. Valores de pH observados em diferentes substratos durante o desenvolvimento de mudas de beterraba.	33
Figura 14. Valores de pH observados em diferentes substratos durante o desenvolvimento de mudas de tomate.	33
Figura 15. Valores de condutividade elétrica observados em diferentes substratos durante o desenvolvimento de mudas de alface.	34
Figura 16. Valores de condutividade elétrica observados em diferentes substratos durante o desenvolvimento de mudas de beterraba.	34
Figura 17. Valores de condutividade elétrica observados em diferentes substratos durante o desenvolvimento de mudas de tomate.	35

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	1
2	REVISÃO DE LITERATURA	3
2.1	Agricultura orgânica	3
2.2	Utilização de adubos orgânicos na agricultura	3
2.3	Definição de compostagem	4
2.4	Processo de compostagem	4
2.4.1	Confecção da compostagem	4
2.4.2	Fatores limitantes para o processo de compostagem.....	5
2.4.2.1	Relação C/N.....	5
2.4.2.2	Temperatura.....	5
2.4.2.3	Umidade	6
2.4.2.4	Aeração.....	6
2.4.2.5	Granulometria.....	7
2.4.2.6	pH	7
2.4.2.7	Patógenos e pragas	7
2.5	Composto orgânico.....	7
2.6	Torta de mamona	8
2.7	Cama de cavalo.....	8
2.7.1	A Relação do tétano com esterco de cavalo	8
2.8	Produção de mudas de hortaliças em substratos.....	9
3	MATERIAL E MÉTODOS.....	10
3.1	Divisão dos Experimentos	10
3.2	Experimento de Compostagem.....	10
3.3	Experimentos de Produção de Muda.....	13
3.3.1	Caracterização dos substratos.....	13
3.3.2	Produção e avaliação das mudas	14
3.3.3	Variação do pH e da condutividade elétrica dos substratos	14
3.4	Experimentos de Produção de Hortaliças	15
3.4.1	Experimento de Alface	15
3.4.2	Experimento de Beterraba	16
4	RESULTADOS E DISCUSSÃO	17
4.1	Avaliação do processo de compostagem.....	17
4.2	Experimentos de Produção de Mudanças	27
4.2.1	Caracterização dos substratos.....	27
4.2.2	Mudas de alface	30
4.2.3	Mudas de beterraba.....	30
4.2.4	Mudas de tomate.....	31
4.2.5	Estabilidade do torrão	32
4.2.6	Variação do pH e da condutividade elétrica dos substratos	32
4.3	Experimentos de Produção de Hortaliças	35
4.3.1	Experimento de alface	35
4.3.2	Experimento de beterraba.....	36
5	CONCLUSÕES	38
6	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	39

1 INTRODUÇÃO

A demanda por alimentos “limpos” tem crescido no Brasil, impulsionada pelo grande interesse de consumidores preocupados com a qualidade dos produtos consumidos, bem como, com as questões ambientais que envolvem todas as cadeias produtivas. Nesse contexto, a agricultura orgânica tem buscado meios de resolver esta questão.

Diretamente atrelada à necessidade de aumento de produção de alimentos orgânicos, está à busca pela produção de adubos orgânicos que possuam como características principais as quantidades ideais de nutrientes para serem fornecidos às plantas, pouca demanda de mão de obra, baixo custo de produção e que não ofereçam riscos ao produtor, ao consumidor e ao meio ambiente. Dentre os mais variados adubos orgânicos conhecidos, o composto orgânico tem sido recomendado como uma boa alternativa para essa demanda.

Dada a simplicidade do processo de compostagem, essa tem sido uma técnica promissora para produção de adubo orgânico, que começa a ter maior aceitação por parte dos produtores orgânicos brasileiros e que vem alcançando uma maior escala de produção.

Por diversos fatores contrários a vontade do produtor, como por exemplo, a dificuldade de encontrar esterco de animais provenientes de sistemas orgânicos produção ou até mesmo esterco de produção convencional, devido ao destino alternativo dado a esse resíduo (adubação de pastagens, capineiras e canaviais), nem sempre o agricultor consegue produzir a quantidade necessária, o que muitas das vezes se reflete negativamente na produtividade e na qualidade das culturas agrícolas que utilizam este insumo.

Encontrar esterco de animais provenientes de propriedades de produção orgânica tem sido um grande problema para produtores em todo Brasil, haja vista, que a produção vegetal é bem maior que a produção animal certificada, o que dificulta suprir a demanda existente desta matéria-prima. Porém, a legislação brasileira que regula a produção em sistemas orgânicos permite que, na ausência da referida matéria-prima, possa-se utilizar insumos provenientes de sistemas não orgânico de produção, desde que previamente aprovados pelos Organismos Participativos de Avaliação da Conformidade Orgânica – OPAC e pelas Organizações de Controle Social – OCS, e desde que os mesmos sejam bioestabilizados por meio do processo de compostagem.

Alternativas têm sido propostas por diversas instituições de pesquisa para atender essa limitação, como por exemplo, a produção de composto 100% vegetal, que provou ser ideal para algumas realidades brasileiras. Resíduos de atividades agropecuárias e agroindustriais podem constituir matérias-primas abundantes em algumas regiões do Brasil, e que muitas das vezes é descartado na natureza de forma inapropriada. A utilização de camas aviárias e camas de suínos para produção de composto orgânico vêm sendo estudada há alguns anos, e os resultados tem se mostrado satisfatórios para produção. Outros subprodutos também já foram testados e apresentaram bons resultados, tais como, bagaço de cana de açúcar, resíduos de cozinha, entre outros.

No município de Vassouras/RJ, a criação comercial de cavalos, especialmente os animais da raça Mangalarga Marchador, gera toneladas de cama de cavalo que, usualmente, são armazenadas em grandes montes a céu aberto, promovendo a proliferação de moscas, e possivelmente, a contaminação de corpos hídricos, antes de serem distribuídos *in natura* em pastagens e capineiras.

A compostagem pode ser uma forma de melhorar o aproveitamento deste produto, permitindo, dessa forma, a reciclagem e o aproveitamento dos nutrientes presentes na matéria-prima da cama e uma destinação ambientalmente correta para a mesma. Só no referido município, existem oito haras de grande porte registrados na Associação Nacional dos Criadores de Cavalo Manga Larga Marchador, dada a importância da atividade para a região.

Pouco se sabe sobre a compostagem de cama de cavalo, e em especial, sobre a produzida com maravalha de eucalipto, que é um material com teor de N muito reduzido. Trabalhos de pesquisa precisam ser realizados a fim de se determinar a eventual necessidade de enriquecimento da cama de cavalo, o tempo exigido para a total transformação da matéria bruta em composto orgânico, a qualidade dos insumos obtidos e os coeficientes técnicos do processo, como as perdas de massa, de volume e de N que ocorrem durante a compostagem.

O objetivo deste trabalho foi caracterizar o processo de compostagem de cama de cavalo proveniente do Haras MH (município de Vassouras-RJ), com e sem enriquecimento com uma fonte de N, e avaliar os compostos produzidos como substratos utilizados para a produção de mudas de hortaliças e como adubos orgânicos utilizados na produção de hortaliças em Sistema Orgânico de Produção.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Agricultura orgânica

A base conceitual da agricultura orgânica surgiu a partir dos estudos de *Albert Howard*, que difundiu suas teorias através do livro “Um Testamento Agrícola”, em 1940, (OLTRAMARI *et al.*, 2002), obra esta em que o autor expõe que a busca pela sustentabilidade da agricultura está alicerçada na melhoria da fertilidade do solo, e que para que isso aconteça é de suma importância a manutenção da matéria orgânica, dos microrganismos do solo e a busca pela integração da produção vegetal com a produção animal.

Albert Howard, em seus trabalhos, reforçou a importância da matéria orgânica na produção agrícola e o conceito de “solo vivo”, deixando claro que no solo ocorrem diversos processos dinâmicos e vivos, fundamentais à sanidade das plantas, conceitos que são essenciais para a agricultura orgânica (SAMINÊZ *et al.*, 2008).

Segundo Ormond *et al.* (2002) a agricultura orgânica trata-se de um conjunto de processos na agricultura, alicerçados no princípio de que a fertilidade do solo está diretamente ligada à matéria orgânica nele contida.

A agricultura orgânica e as demais correntes da agricultura alternativa (Biodinâmica, Ecológica, entre outros.) integram a chamada “agricultura de base agroecológica ou sustentável”, tendo em vista que suas bases conceituais têm como norte os princípios da agroecologia (CAPORAL e COSTABEBER, 2004).

Fundamentalmente, a agricultura orgânica não pode ser baseada em receitas e normas, mais sim em conceitos, tendo, portanto, uma característica holística e ecológica, onde o ecossistema orienta a forma de se trabalhar (PRIMAVESI, 2003). Ainda segundo esta autora, quatro itens não podem ser esquecidos na agricultura tropical: a biodiversidade vegetal, o suficiente aporte de matéria orgânica, o controle do vento e a cobertura do solo.

O reconhecimento da agricultura orgânica no Brasil ocorreu mediante a Lei 10.831 de 23/12/2003 e da regulamentação através do Decreto nº 6.323 de 27/12/2007. Através destes marcos jurídicos foram criadas normas e diretrizes para produção em Sistema Orgânico de Produção no território nacional. Pela referida lei, as demais agriculturas de base agroecológica (regenerativo, agroecológicos, ecológico, natural, biológico, biodinâmico, permacultura e outras) passaram a integrar, junto com a agricultura orgânica, o conceito de “Sistema Orgânico de Produção Agropecuária e Industrial”.

A produção em sistemas orgânicos é norteada por normas precisas e específicas, que buscam a sustentabilidade ecológica, social, econômica e técnica de seus agroecossistemas (OLTRAMARI *et al.*, 2002).

2.2 Utilização de adubos orgânicos na agricultura

Adubos orgânicos são materiais recomendados para a fertilização de culturas na agricultura devido a sua riqueza em nutrientes e à elevada atividade biológica, podendo os mesmos serem de origem animal ou vegetal, e muitas das vezes, também são classificados como rejeitos ou resíduos (WEINÄRTNER *et al.* 2006).

Segundo Trani *et al.* (2013) os adubos orgânicos podem ser classificados como:

- Fertilizante Orgânico Simples – são os adubos orgânicos provenientes de uma única fonte de matéria-prima (animal ou vegetal). Destacam-se entre eles os esterco animais, a serragem, a torta vegetal, a farinha de ossos, cinzas, dentre outros.
- Fertilizante Orgânico Composto – são os adubos orgânicos produzidos pela combinação de matérias-prima de origem urbana, industrial, animal ou vegetal, e que passam por um processo bioquímico, podendo o referido processo ser natural ou

controlado. Os processos mais conhecidos para produção de fertilizante orgânico composto são a compostagem e o Bokashi.

A utilização de cinzas como adubo orgânico tem que ser encarada com cautela, uma vez que, segundo Maeda et al. (2007), é necessário saber a origem da madeira utilizada, pois a presença de metais pesados provenientes de preservativos da madeira, podem representar riscos ambientais através da contaminação das águas e do solo.

2.3 Definição de compostagem

Na Instrução Normativa nº 46, de 06/10/2011, que Estabelece o Regulamento Técnico para os Sistemas Orgânicos de Produção, bem como a relação de substâncias e práticas permitidas para uso nos Sistemas Orgânicos de Produção (BRASIL, 2011), o processo de compostagem é definido como:

Compostagem: processo físico, químico, físico-químico ou bioquímico, natural ou controlado, a partir de matérias-primas de origem animal ou vegetal, isoladas ou misturadas, podendo o material ser enriquecido com minerais ou agentes capazes de melhorar suas características físicas, químicas ou biológicas e isento de substâncias proibidas pela regulamentação de orgânicos.

Segundo Pereira Neto (2007) a compostagem é um processo biológico aeróbico, promovido por microrganismos diversos (fungos, bactérias, actinomicetos), que em condições ideais, tais como, de oxigênio, umidade e temperatura, utilizam parte do carbono presente na matéria-prima para sua alimentação e o N para sua reprodução protoplasmática, transformando os nutrientes da forma imobilizada para uma forma mineralizada (principalmente o N, P, Ca e Mg), sendo esta melhor aproveitada pelas plantas.

A compostagem é um processo natural de decomposição de resíduos de origem animal ou vegetal, que gera como produto final um material rico em nutrientes, que são utilizados para nutrição das plantas, e em húmus, que funciona como condicionador dos solos (SARTORI et al. 2012).

Durante este processo diversas transformações de natureza bioquímicas ocorrem, sendo as mesmas atribuídas à atividade dos microrganismos, que encontram na matéria orgânica *in natura* uma fonte de carbono, energia, minerais e nutrientes (SILVA et al., 2008), e que produzem como resultado um adubo orgânico que tem a propriedade de melhorar os atributos físicos, químicos e biológicos do solo (OLIVEIRA et al., 2005).

Segundo BRASIL (2013) a compostagem é um mecanismo para destinação ambientalmente correta de resíduos orgânicos diversos.

2.4 Processo de compostagem

2.4.1 Confecção da compostagem

Na confecção de um composto, as matérias-primas são amontoadas em pilhas ou leiras, em camadas alternadas de material rico em carbono (palhadas de milho, apara de gramas, entre outros) e materiais ricos em N (esterco animal, lixo orgânico doméstico, entre outros), sendo cada camada molhada a fim de alcançar a umidade ideal para o início do processo (OLIVEIRA et al., 2005).

As pilhas de compostagem são formadas a partir do acúmulo de resíduos em montes no formato cônico, ou pelo acúmulo de resíduos no formato prismático, com seu topo levemente reto (PEREIRA NETO, 2007).

O processo de transformação dos resíduos promovido pela intensa atividade dos microrganismos se divide basicamente em duas etapas: a desintegração (etapa física) e a

decomposição (etapa química). Durante esse processo os microrganismos utilizam parte da energia para sua multiplicação e o restante é liberado na forma de calor, motivo pelo qual a pilha aquece até atingir uma temperatura elevada, resfria e logo depois entra no estágio de maturação, sendo esta a última etapa de todo processo, estando, logo em seguida, o produto final (composto) pronto para utilização (SOUZA *et al.*, 2001). Ainda segundo o autor, além da energia, também ocorre a liberação de água (vapor) e gás carbônico.

Durante a compostagem ocorre degradação de expressiva parte da matéria orgânica até a forma de CO₂, possibilitando a liberação dos nutrientes que se encontravam imobilizados na estrutura das substâncias orgânicas. Além disso, também ocorre a concentração de nutrientes, tendo em vista que as perdas por lixiviação e volatilização dos nutrientes geralmente são inferiores à perda de carbono na forma de CO₂ (LEAL, 2006).

Na literatura são citados vários métodos de compostagem, porém, segundo BRASIL (2010), existem três tipos básicos:

➤ Natural – as matérias-primas são amontoadas sobre o solo na forma de leiras com dimensões estipuladas previamente, sendo realizados com frequência procedimentos de reviramento e umidificação, quando necessário, até o fim do processo.

➤ Aeração forçada – as matérias-primas são amontoadas na forma de leira sobre um sistema que permita a circulação de ar (Ex: tubulação furada), propiciando a aeração do material sem a necessidade de reviramentos.

➤ Reatores biológicos – a matéria-prima alvo da compostagem é colocada dentro do reator biológico, possibilitando dessa forma o controle de parâmetros que interferem no processo de compostagem, como temperatura, umidade, aeração, entre outros, sem sofrer influência do ambiente externo. Nesse processo pode ocorrer redução do tempo total de compostagem entre 70 a 80 dias, sendo, porém, ainda necessário um período de maturação de aproximadamente 60 dias.

2.4.2 Fatores limitantes para o processo de compostagem

Segundo Sartori *et al.* (2012), os principais fatores que podem influenciar o processo de compostagem são: relação C/N da matéria-prima, umidade, temperatura, aeração, granulometria da matéria-prima e a presença de patógenos, sementes e metais pesados na compostagem.

2.4.2.1 Relação C/N

Na etapa de montagem da compostagem, a escolha da matéria-prima tem grande importância para o perfeito funcionamento do processo, sendo essencial o balanceamento da relação C/N das mesmas na proporção 25/1 a 30/1 (COOPER *et al.*, 2010), ou seja, 25 a 30 partes de carbono para 1 parte de N, sendo esta a relação ideal para o início do processo.

Em compostagens que utilizam materiais com relação C/N inferior a 20:1 o carbono é todo utilizado sem estabilizar o N, nesse caso, o excesso de N é perdido para atmosfera na forma de amônia ou óxido nitroso, gerando como consequência perceptível a liberação de um odor desagradável. Em contrapartida, materiais com C/N superiores a 40:1, acabam compostando mais lentamente devido à pouca disponibilidade de N para os microrganismos (PACE *et al.*, 1995; COCHRAN *et al.*, 1996).

2.4.2.2 Temperatura

Durante o processo de compostagem microrganismos específicos presentes na matéria-prima atuam em distintos momentos, sendo o processo caracterizado por três fases bem definidas: a fase termófila, com temperaturas entre 45° a 65 °C, a fase mesófila, com temperaturas entre 30° a 45 °C (PEREIRA NETO, 2007) e a fase criófila, com temperaturas próximas a temperatura ambiente (ANDREOLI *et al.*, 2002).

A faixa de temperatura considerada ótima para ação dos microrganismos mesófilos situa-se entre 25 °C e 40 °C, e para os microrganismos termófilos, entre 50° C e 60° C (MAIA *et al.*, 2003).

No início do processo ocorre o aumento da temperatura devido à ação dos microrganismos sobre a matéria-prima, devendo essa temperatura ser mantida entre 55 °C a 65 °C, faixa ideal para as bactérias termófilas. Logo após esse período, a temperatura tende a cair para faixa entre 40 °C e 55 °C, onde atuam as bactérias mesófilas (TEIXEIRA *et al.*, 2002).

A manutenção da temperatura na faixa de 55 e 65 °C é fundamental para que ocorra a morte de organismos potencialmente patogênicos e sementes de ervas espontâneas, sendo que em temperaturas inferiores a 55 °C o processo de compostagem é mais lento e pode não ocorrer à esterilização adequada do produto. Em contrapartida, em temperaturas superiores a 65 °C ocorre à morte de alguns microrganismos benéficos, o que pode resultar no retardamento do processo (PAUL, 2009).

Em casos onde existam condições ideais para o processo compostagem, geralmente a temperatura tende a subir, e dentro de aproximadamente dois a três dias, atingir a faixa de 40 a 50 °C, podendo atingir antes de 15 dias, a faixa de 60 a 70 °C (KIEHL, 1985).

2.4.2.3 Umidade

A perda constante de água na forma de vapor atribuída ao aquecimento promovido pelos microrganismos exige irrigações frequentes visando à manutenção da umidade na faixa mínima de 60% (NUNES, 2009).

A umidade da pilha de compostagem, além de sofrer influência da temperatura, também sofre influência das características físicas das matérias-primas, como porosidade e estrutura, bem como, da eficiência do sistema de aeração (FERNANDES e SILVA, 1998). Umidades superiores a 65% promovem a competição com oxigênio, devido ao preenchimento dos espaços vazios do meio com água, o que pode resultar em áreas de anaerobiase. No entanto, umidades inferiores a 40% retardam o processo de biodegradação devido à inibição das atividades dos microrganismos, e abaixo de 15% ocorre a paralisação do processo (SHERMAN, 1999).

Durante os reviramentos das pilhas de compostagem é necessário manter o composto com umidade entre 50 a 60% através do umedecimento do material, sendo o ponto ideal de umidade aquele em que, ao se pegar uma amostra do material, sente-se o mesmo úmido, e ao comprimi-lo com a mão, não ocorre escorrimento de água por entre os dedos, e ao se manusear o torrão formado pela compressão, o mesmo é facilmente desmanchado (SOUZA e ALCÂNTARA, 2008).

2.4.2.4 Aeração

No processo de compostagem a aeração da pilha é responsável por controlar a umidade e a temperatura, fatores estes que são limitantes à sobrevivência dos microrganismos. Sendo assim, para que haja um ambiente perfeito para o processo de compostagem os teores de oxigênio na pilha devem permanecer na faixa de 5 a 15% (SWEETEN e AUVERMANN, 2008).

A manutenção dos níveis de oxigênio na pilha é um fator indispensável para o sucesso do processo, portanto, é necessário que as matérias-primas não sejam compactadas e que sejam realizados reviramentos periódicos na pilha (OLIVEIRA *et al.*, 2004).

Nos casos em que ocorrem baixas concentrações de oxigênio (anaerobiase) na pilha de compostagem, naturalmente os microrganismos benéficos são substituídos por microrganismos indesejáveis, ocasionando a redução da eficiência no processo de decomposição, bem como, a produção de compostos químicos prejudiciais

(SEYEDBAGHERI, 2010). Segundo Herbert *et al.* (2011), na ausência de oxigênio ocorrerá a fermentação anaeróbica, gerando como subprodutos o metano, o amoníaco e o sulfureto de hidrogênio, sendo os mesmos percebidos na forma de fortes odores desagradáveis.

2.4.2.5 Granulometria

A granulometria das matérias-primas é o ponto de partida para a ação dos microrganismos. Partículas pequenas proporcionam maior superfície de contato, e por consequência, maior atividade dos organismos, entretanto, partículas demasiadamente pequenas podem proporcionar compactação, menor aeração e por consequência, inibição na atividade microbiana (HOLMER, 2002). Por outro lado, em compostagens constituídas predominantemente por matérias-primas com partículas grandes, como por exemplo, lascas de madeira, é mais difícil de se manter a umidade, há uma menor área de contato para os microrganismos e há uma maior dificuldade na manutenção de temperaturas elevadas devido ao grande fluxo de ar dentro da pilha (SEEFELDT, 2015).

O tamanho das partículas das matérias-primas, além de interferir diretamente na colonização da compostagem pelos microrganismos, pode também interferir na porosidade e na circulação de ar no interior da compostagem (CHEN *et al.*, 2012).

2.4.2.6 pH

Em compostagens que utilizam matérias-primas com pH próximo a 7 (neutralidade), ocorre a redução do mesmo para 5,5 a 6,0 na fase inicial (mesolífica), devido à formação de ácidos orgânicos (MAIA *et al.*, 2003). Segundo estes autores, na fase termolífica ocorre a liberação de amônia e a hidrólise de proteínas, o que resulta na elevação do pH para 7,5 a 9,0.

Em misturas de materiais que resultam em pH próximo a 5,0 ou levemente inferior, ocorre a diminuição da atividade dos microrganismos, podendo impedir, como consequência, a evolução da compostagem para fase termolífica (FERNANDES e SILVA, 1998).

Se contrapondo ao que afirma a literatura especializada sobre o pH ideal da compostagem ser de valores entre 6,5 e 8,0, Pereira Neto (2007) afirma que experiências realizadas no Laboratório de Engenharia Sanitária e Ambiental – Lesa, da Universidade Federal de Viçosa, durante mais de 19 anos, comprovam que o pH ideal da compostagem pode oscilar entre 4,5 e 9,5 e que em casos extremos os próprios microrganismos controlam o pH, liberando subprodutos ácidos ou básicos, conforme a necessidade.

2.4.2.7 Patógenos e pragas

Na fase ativa (termolífica), as altas temperaturas são suficientes para matar agentes patogênicos, como *Escherichia coli*, *Staphylococcus aureus*, *Bacillus subtilis* e *Clostridium botulinum*) e sementes de ervas espontâneas. Temperaturas elevadas também contribuem para quebrar compostos fitotóxicos (COOPERBAND, 2002).

Para uma perfeita eliminação de patógenos, a temperatura no processo de compostagem deve se manter a 55 °C por no mínimo três dias (USEPA, 2000).

2.5 Composto orgânico

O composto orgânico é o produto final do processo de compostagem da matéria prima bruta, que apresenta como características: homogeneidade, estabilidade, coloração escura, textura leve e ausência de cheiro (SOUZA et al., 2001). Além de ser recomendado para adubação de plantas por ser rico em nutrientes, que se encontram na forma mineralizada, é recomendado também como condicionador de solos, e por promover a melhoria das características físicas, químicas e biológicas do solo (NUNES, 2009).

De acordo com Sartori *et al.* (2012), diferentemente dos adubos sintéticos, os adubos orgânicos liberam seus nutrientes lentamente, proporcionando às plantas a absorção de nutrientes em quantidades ideais e segundo as necessidades das plantas.

Os compostos orgânicos são ricos em húmus e possuem como características principais, a coloração escura e a composição de matéria orgânica em torno de 50% a 70% (OLIVEIRA *et al.*, 2004).

Segundo a Instrução Normativa nº 25, de 23 de julho de 2009, os compostos orgânicos provenientes de matérias-primas de origem animal, vegetal ou agroindustrial, que não recebam nenhum aditivo contaminante (metais pesados ou compostos sintéticos potencialmente tóxicos), são classificados como Classe “A” e podem ser utilizados na agricultura (BRASIL, 2009). Ainda segundo a referida IN, os parâmetros mínimos para comercialização dos compostos orgânicos são: umidade (máximo) – 50%, N total (mínimo) – 0,5%, carbono orgânico (mínimo) – 15%, pH (mínimo) – 6,0 e relação C/N (máximo) – 20.

2.6 Torta de mamona

A torta de mamona é o principal subproduto do beneficiamento da mamona para extração de óleo, com uma geração de aproximadamente 550 kg de torta a cada tonelada de semente processada (SEVERINO *et al.*, 2007). O principal destino da torta de mamona na atualidade tem sido a utilização como adubo orgânico, principalmente pelo seu elevado teor de N, uma vez que possui entre 4 a 6% de N (MALAVOLTA *et al.* 2002). Porém seu uso como insumo agrícola também é motivado pelo seu efeito nematicida, por fornecer outros nutrientes às culturas, bem como, matéria orgânica para o solo (HOFFMAN *et al.*, 2007).

Sua utilização na alimentação animal não é recomendada, tendo em vista que é rica em ricinina e ricina, produtos estes que agem no sistema nervoso dos animais, sendo por este motivo classificados como altamente tóxico (MIRANDA *et al.* 2005).

2.7 Cama de cavalo

A cama de cavalo (palhas, serragem, maravalha) associado com urina e fezes são os resíduos oriundos do manejo de cocheiras de cavalos, que quando dispostos sem cautela podem trazer riscos para o meio ambiente, dificuldade de controle de parasitas em animais, bem como riscos à saúde pública (FUJII *et al.* 2014).

Para confecção da cama recomenda-se a utilização de resíduos de outras atividades com a finalidade de diminuição dos custos na aquisição deste material, sendo utilizados materiais, tais como, bagaço de cana, pó de serra, palha ou casca de arroz e principalmente a maravalha por possuir uma composição considerada ideal para este fim (GONÇALVES, 2014).

Segundo Dittrich (2015) as características da cama de cavalo são diretamente influenciadas pela matéria-prima usada como base da cama, pela alimentação dos animais e pelo tipo de manejo utilizado diariamente na limpeza. Ainda segundo o autor, os teores de N e P presentes no esterco excretado diariamente são influenciados pela quantidade desses nutrientes ingeridos através da alimentação.

2.7.1 A Relação do tétano com esterco de cavalo

Para manusear a cama de cavalo é importante que o manipulador esteja com a vacina antitetânica em dia, uma vez que o esterco de cavalo possui naturalmente esporos do *Clostridium tetani* (KHAN, 2002), bactéria causadora do tétano.

Segundo Moench (2010), no esterco equino podem ser encontrados diversos micro-organismos patogênicos, tais como: *Campylobacter spp.*, *Clostridium tetani*, *Cryptosporidium parvum*, *Escherichia coli*, *Leptospira spp.*, *Giardia duodenalis*, *Salmonella spp.* e *Yersinia spp.*

O *Clostridium tetani* pode ser encontrado com maior frequência no esterco de cavalo do que nas fezes de outros animais (HAAGSMA, 1991).

2.8 Produção de mudas de hortaliças em substratos

Na agricultura atual a produção de mudas de hortaliças em bandejas utilizando substratos tem sido a mais recomendada, tendo em vista a praticidade no manuseio e a maior atenção dada os fatores nutricionais e sanitários da produção (FURLAN *et al.*, 2007).

Na agricultura familiar a produção de mudas na propriedade contribui para diminuição da dependência de insumos externos, porém, na prática existe a dificuldade em se obter substratos de fontes orgânicas (Ex: composto orgânico e húmus de minhoca), que atendam ao mesmo tempo à necessidade das mudas em água, oxigênio e nutrientes, dada às características destes materiais (FERNANDES *et al.*, 2009).

O substrato utilizado na produção de mudas exerce o mesmo papel que o solo teria, portanto, o mesmo, além de promover a estabilidade (fixação) da planta com uniformidade, também deve propiciar pouca resistência física para o desenvolvimento das raízes, suprir as demandas por oxigênio e nutrientes e ainda ser capaz de reter a umidade (SILVA *et al.*, 2009).

Os substratos para produção de mudas que são oferecidos para agricultura orgânica no comércio regional do estado do Rio de Janeiro contêm na sua composição resíduos proveniente da extração de fontes não renováveis (vermiculita, turfa) e/ou vegetais (fibra de coco, casca de pinus), e geralmente, necessitam da suplementação com aditivos para que produzam mudas de qualidade (OLIVEIRA *et al.*, 2010).

Na agricultura orgânica tem crescido a busca por substratos alternativos, provenientes de resíduos orgânicos reciclados, em substituição aos substratos e insumos industriais, proibidos pela legislação orgânica (LOUREIRO *et al.* 2006).

3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Divisão dos Experimentos

O trabalho de dissertação foi constituído por três estudos, conforme esta apresentado na Figura 1: 1) compostagem de cama de cavalo e avaliação das suas características; 2) efeitos da utilização dos compostos como substratos para a produção de mudas de alface, beterraba e tomate em sistema orgânico; 3) avaliação do desenvolvimento de alface e beterraba orgânicas, adubadas com estes compostos.

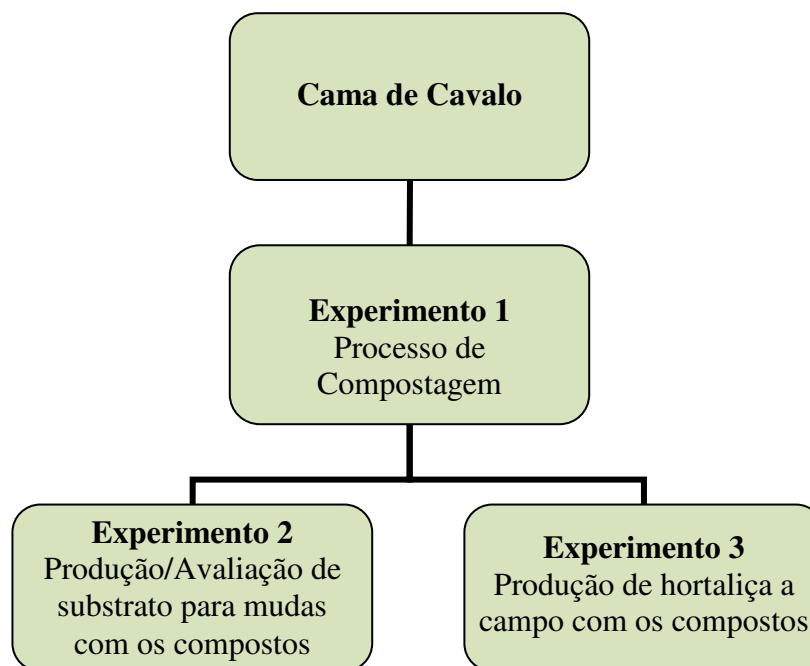


Figura 1. Organograma dos experimentos.

3.2 Experimento de Compostagem

O experimento de compostagem foi conduzido na propriedade rural denominada Fazenda da Colina, localizada no município de Vassouras-RJ, tendo como coordenadas: 22°27'55.22"S e 43°38'27.08"O. A cidade integra a região Centro Sul Fluminense do estado do Rio de Janeiro, com altitude de 434 m em relação ao nível do mar. O clima é do tipo Tropical de Altitude (*Cwa*) de acordo classificação climática de Köppen. A precipitação média anual é de 1200 mm e a temperatura média anual é de 18° C (VALLENGE, 2013), onde os meses de julho e fevereiro são o mais frio e o mais quente, respectivamente (SOUZA, 2010). O tipo de solo predominante no município é o classificado como Argissolo Vermelho-Amarelo (FRANCELINO, 2012). Este experimento teve início em 07 de fevereiro de 2015, e foi conduzido por 120 dias.

As matérias-primas utilizadas foram a cama de cavalo e a torta de mamona. A cama de cavalo foi obtida no Haras MH, de criação de cavalos Mangalarga Marchador, situado na Fazenda Anchieta, localizada na Estrada de Palmas s/n°, Vassouras – RJ. Diariamente as fezes (esterco) foram retiradas das baias e o material foi depositado em uma esterqueira de concreto, localizada a céu aberto. A cada dois dia foi adicionado um saco de maravalha seca e sem pó sobre a cama existente na baia, e após aproximadamente 10 dias ou quando o material estava demasiadamente úmido, a cama foi totalmente retirada e encaminhada para o mesmo local do esterco. O período de confinamento dos animais nas baias ultrapassou 15 horas por dia e as dimensões das mesmas foram de 4,00 x 4,00 m. A cama de cavalo é composta basicamente por proporções indefinidas de maravalha de eucalipto, esterco e urina de cavalo,

restos de feno (alfafa e tifton) e restos de ração. A torta de mamona foi adquirida em uma das lojas do Ceasa, no município de Paty do Alferes-RJ. Os teores de N, Ca, Mg P e K da maravalha de eucalipto e das matérias-primas utilizadas estão apresentados na Tabela 1.

Tabela 1. Teores de N, Ca, Mg, P e K da maravalha de eucalipto e das matérias-primas utilizadas (média de três repetições \pm desvio médio).

	Teores de nutrientes (g kg ⁻¹)				
	N	Ca	Mg	P	K
Maravalha	1,83 \pm 0,07	2,12 \pm 0,08	0,24 \pm 0,02	0,19 \pm 0,01	0,71 \pm 0,02
Cama de cavalo	13,57 \pm 0,11	10,65 \pm 0,47	3,28 \pm 0,24	4,05 \pm 0,72	13,63 \pm 1,46
Torta de mamona	53,87 \pm 1,77	8,28 \pm 0,25	5,40 \pm 0,25	6,38 \pm 0,30	11,11 \pm 0,01

O teor de N da maravalha é muito reduzido (1,83 g kg⁻¹), conforme se observa na Tabela 1, e a cama de cavalo produzida a partir desta maravalha também apresenta teor de N relativamente baixo (13,57 g kg⁻¹), com relação C:N próxima de 35, considerando que tenha aproximadamente 50% de C. Baseado neste valores, surgiu a dúvida sobre uma eventual necessidade de enriquecer a cama de cavalo para melhorar a eficiência do processo de compostagem e a qualidade dos substratos e fertilizantes orgânicos obtidos a partir deste processo. Visando avaliar se o N contido na cama de cavalo era suficiente para proporcionar uma decomposição adequada da maravalha, ou se era necessário adicionar mais N à mistura, foram adotados os seguintes tratamentos:

- T1 - Somente cama de cavalo (450 kg)
- T2 - Cama de cavalo (450 kg) + torta de mamona (50 kg).

Tendo em vista que existem poucas informações na literatura a respeito da composição química básica da cama de cavalo, foi estipulada em 25 kg a quantidade utilizada de torta de mamona para cada m³ de pilha, conforme recomendado por Souza e Alcântara (2008).

As pilhas foram montadas individualmente sobre lonas plásticas com espessura de 150 micra, geralmente utilizadas na cobertura de estufas, para evitar o contato direto com o solo. Para que as pilhas ficassem com o mesmo tamanho de base, foi confeccionado um molde de bambu com dimensões de 2,00 x 1,20 m, unidos por dentro por pedaços de arame rígido, conforme metodologia adaptada de Novaes *et al.* (2013).

Durante a montagem das pilhas, o material foi misturado de maneira uniforme. Após a montagem, as pilhas ficaram com as seguintes dimensões: **Pilha 1 (T1)** - 1,20 m de largura (base), 2,00 m de comprimento e 0,90 m de altura, totalizando um volume inicial de aproximadamente 2,0 m³ e **Pilha 2 (T2)** - 1,20 m de largura (base), 2,00 m de comprimento e 1,0 m de altura, em formato trapezoidal, totalizando um volume inicial de aproximadamente 2,0 m³. A torta de mamona adicionada ao tratamento T2 tornou a mistura mais desagregada (escorregadia) e difícil de ser empilhada, motivo pelo qual as duas pilhas não ficaram com o mesmo formato e altura. O material foi irrigado buscando uma boa distribuição da umidade. A irrigação das pilhas foi realizada sempre que amostragens semanais revelavam umidade abaixo de 50%.

O período total de incubação foi de 120 dias. Durante este período amostragens foram realizadas semanalmente para avaliação da temperatura das pilhas. Aos 7, 14, 21, 30, 45, 60, 90 e 120 dias foram coletadas amostras para avaliação do pH, condutividade elétrica (CE),

densidade, teores de N e emissões de CO₂ e NH₃. Aos 0, 30, 60, 90 e 120 dias foram coletadas amostras para avaliação da variação da massa e do volume em relação à massa e volume iniciais, e variação do conteúdo de N em relação ao conteúdo inicial, ocasião em que também foram realizados revolvimentos das pilhas. Aos 120 dias foram coletadas amostras para avaliação os teores de Ca, Mg, P e K. Realizaram-se observações ou amostragens na metade da altura da pilha e em posições equidistantes das demais amostragens. A avaliação de temperatura foi realizada utilizando-se um termômetro de bulbo de mercúrio inserido a 50 cm de profundidade.

As amostras foram acondicionadas em potes plásticos de 500 ml (plástico para micro-ondas), vedadas com filme plástico doméstico (usado para legumes e frutas) e armazenados em freezer até o envio para análise no laboratório da Embrapa Agrobiologia. No momento do processamento, as amostras dos compostos foram retiradas dos potes plásticos e imediatamente divididas em duas subamostras. Uma foi acondicionada em saco plástico e armazenada em freezer, para análise de pH, CE, e emissões de CO₂ e NH₃. A outra, para análise dos teores de nutrientes, foi acondicionada em saco de papel, seca em estufa (> 72 h, 65 °C), e moída em moinho tipo Wiley.

O pH e a CE foram avaliados de acordo com a metodologia do MAPA (2007), em solução de água destilada (5:1 v/v). A densidade em base seca foi medida a partir da coleta de amostras do material fresco em recipiente de 500 ml. As emissões de CO₂ e de NH₃ foram quantificadas conforme metodologia descrita por Oliveira *et al.* (2014) modificada, alterando-se a temperatura de incubação para 30 °C, ao invés dos 25 °C do método original. As análises dos teores de N, Ca, Mg, P e K foram realizadas no laboratório da Embrapa Agrobiologia, utilizando-se o procedimento operacional descrito por Silva (2009). Os valores de variação da massa em relação à massa inicial das pilhas foram calculados por meio da quantidade de massa seca presente em cada pilha de composto após um determinado período de tempo, comparado com a quantidade de massa seca presente na mesma pilha no início da compostagem. A massa seca de cada pilha de composto foi calculada em função da sua massa úmida e do teor de matéria seca, determinado com base em três amostras/repetições para cada pilha. A perda de volume foi calculada da mesma forma. A perda do conteúdo de N foi calculada considerando os valores de massa das pilhas de composto e do teor deste nutriente.

Após o período de incubação o composto foi seco, armazenado em sacos de ráfia e guardado em local seco para uso nos experimentos de mudas e de hortaliças. Também foi avaliada a sua granulometria, determinada por meio do peneiramento sequencial de amostras em peneiras de arame com malha 3,67 mm (peneira de feijão) e depois em peneira de malha 2,18 mm (arroz), sendo os resultados da proporção recuperada apresentada na Tabela 2.

Tabela 2. Proporção, com base na massa, de material recuperado após peneiramento do composto em duas diferentes malhas.

	Recuperação (%)	
	Malha 3,67 mm	Malha 2,18 mm
Composto cama pura	96	86
Composto cama + torta	96	82

A análise estatística foi realizada por meio da análise de variância do esquema parcela subdividida, com tratamento na parcela e época de amostragem na sub-parcela, em delineamento inteiramente casualizado com três repetições. Foram apresentados os níveis de

significância de cada fator e da interação entre os fatores. O comportamento de cada tratamento ao longo do processo de compostagem foi apresentado por meio de gráficos contendo os valores médios e o erro padrão. Também foram apresentados os valores de diversas características dos compostos ao final do processo, com a comparação das médias realizada por meio do teste de Skott-Knott.

3.3 Experimentos de Produção de Muda

O experimento foi conduzido na residência do mestrando Marcelo Roberto Gomes dos Santos no município de Vassouras-RJ. Os compostos produzidos no experimento de compostagem realizado anteriormente foram avaliados como substratos para a produção de hortaliças, utilizando-se como testemunha o substrato comercial “Tropstrato Hortaliça Mix”, adquirido no Ceasa de Paty do Alferes-RJ. Os experimentos foram montados em delineamento inteiramente casualizados, com quatro repetições. Os tratamentos avaliados foram:

- T1 - Composto T1 do experimento de compostagem
- T2 - Composto T2 do experimento de compostagem
- T3 - Testemunha, substrato comercial “Tropstrato Hortaliça Mix”.

Antes de serem utilizados como substratos, os compostos orgânicos foram peneirados em peneira de feijão (3,67 mm), sendo os resultados da proporção recuperada apresentada na Tabela 3.

Tabela 3. Proporção, com base na massa, de material recuperado após peneiramento dos compostos para sua utilização como substratos para produção de mudas de hortaliças.

	Recuperação (%) em malha 3,67 mm
Composto cama pura	96
Composto cama + torta de mamona	96

3.3.1 Caracterização dos substratos

Foi realizada uma detalhada caracterização dos substratos utilizados, avaliando-se pH, CE, emissões de CO₂ e de NH₃, teores totais e disponíveis de N, Ca, Mg, P e K, e características físicas como densidade e porosidade. A análise de pH foi realizada em solução de água destilada (5:1 v/v) e a condutividade elétrica foi determinada no mesmo extrato aquoso obtido para a medição do pH. As emissões de CO₂ e de NH₃ foram quantificadas conforme metodologia descrita por Oliveira *et al.* (2014), modificada, alterando-se a temperatura de incubação para 30°C, ao invés dos 25°C do método original.

Os teores totais de N, Ca, Mg, K e P foram avaliados por meio de digestão da amostra, conforme o método descrito por SILVA *et al.* (2009). Os teores disponíveis de N, Ca, Mg, K e P foram avaliados por meios de extração. Para Ca e Mg utilizou-se solução extratora de KCl 1,0 M e para K e P utilizou-se solução extratora Mehlich 1, conforme descrito por SILVA *et al.* (2009). A extração do N foi realizada por meio de solução de KCl 1,0 M. Os valores de teores de nutrientes totais e disponíveis foram apresentados com base no volume, pois se trata de substratos. Os valores de nutrientes totais, que são calculados com base na massa da amostra, foram convertidos para unidade baseada no volume (mg L⁻¹), utilizando-se os valores de densidade aparente.

A densidade aparente e a densidade de partícula dos substratos foram calculadas a partir de amostras com volume de 100 ml. Os valores de porosidade total, microporosidade e macroporosidade foram calculados pelo método da mesa de tensão, utilizando anéis metálicos de 100 ml e tensão de 60 cm, conforme metodologia descrita por EMBRAPA (1997).

Por tratar-se apenas de caracterização, sem a realização de comparações, não foram realizadas análises estatísticas nos dados obtidos.

3.3.2 Produção e avaliação das mudas

Foram utilizadas três espécies indicadoras: alface crespa (folhosa), cultivar “Vera”; beterraba (raiz), cultivar “Maravilha” e tomate do tipo cereja (hortaliça de fruto), cultivar “Perinha”. As mudas foram produzidas em bandejas de poliestireno expandido (ISOPOR) com 200 células, abrigadas sobre cobertura de sombrite 30%. As parcelas foram constituídas de uma parte da bandeja, contendo 50 células. A semeadura das hortaliças foi realizada em 03 de novembro de 2015 e as avaliações ocorreram 28 dias após a semeadura.

As avaliações foram realizadas em dez plântulas por parcela. As características avaliadas foram a altura da parte aérea, número de folhas, produção de massa fresca, volume de raiz e estabilidade do torrão. A altura da muda foi medida por meio da distância entre o colo da planta e a gema apical, mensurada com auxílio de uma régua milimetrada. Para a determinação da massa fresca da parte aérea, as mudas foram seccionadas na região do colo da muda, separando a parte aérea da parte radicular. Para a determinação do volume de raiz, o sistema radicular foi lavado em água corrente, retirando-se qualquer resíduo de substrato eventualmente aderido. Em seguida, a raiz foi inserida em uma proveta de 10 ml quantificando-se o deslocamento de água. A estabilidade dos torrões foi realizada avaliando-se quatro mudas por parcela. Foram atribuídas notas de 1 a 4, de acordo com a permanência do torrão no recipiente. A nota 1 corresponde ao substrato com mais baixa estabilidade e a nota 4 aquele de melhor estabilidade, conforme descrito a seguir:

- Nota 1: Baixa estabilidade, acima de 50% do torrão fica retido no recipiente, e o torrão não permanece coeso.
- Nota 2: Entre 10% e 30% do torrão fica retido no recipiente, sendo que o torrão não permanece coeso.
- Nota 3: O torrão se destaca do recipiente, porém não permanece coeso.
- Nota 4: Todo o torrão é destacado do recipiente e mais de 90% dele permanece coeso.

A análise estatística foi realizada por meio da análise de variância em delineamento inteiramente casualizado com quatro repetições e teste de média de Tukey ($p \leq 0,05$), utilizando o programa estatístico SAEG (FUNARBE, 2007).

3.3.3 Variação do pH e da condutividade elétrica dos substratos

A variação do pH e da condutividade elétrica dos substratos ao longo do desenvolvimento das mudas foram avaliados por meio de amostragens realizadas aos 0, 7, 14 e 21 dias após a semeadura. Em cada amostragem, foram coletadas quatro células, totalizando 50 ml de substrato para cada tratamento e para cada espécie de hortaliça avaliada. As amostras foram armazenadas em freezer para posterior análise. As análises de pH e de condutividade elétrica foram realizadas conforme procedimento descrito anteriormente.

Não foi possível fazer estas análises com repetições, porque a realização das amostragens resulta na destruição das mudas. Portanto, não foi possível realizar análises estatísticas, e os resultados não foram utilizados para realização de comparações. Eles foram utilizados somente para observação de tendências.

3.4 Experimentos de Produção de Hortaliças

Visando avaliar a eficiência da utilização dos compostos de cama de cavalo como fertilizantes orgânicos, foram realizados experimentos de produção de alface e de beterraba, conduzidos em sistema orgânico de produção. Estes experimentos foram conduzidos na propriedade rural denominada Fazenda da Colina, localizada no município de Vassouras-RJ, com coordenadas: 22°27'55.22" S e 43°38'27.08" W.

O solo predominante no município foi classificado como Argissolo Vermelho-Amarelo (FRANCELINO, 2012). O cultivo foi realizado em canteiros com 1,2 m de largura. A análise da fertilidade do solo da área foi realizada com amostras coletadas na camada superficial de 0-20 cm de profundidade, apresentando os seguintes resultados: pH em água igual a 7,06; Al, Ca e Mg iguais a 0,00; 7,00 e 1,59 cmolc.dm⁻³, respectivamente; 213,68 e 418,00 mg dm⁻³ de P e K respectivamente; e teor de N igual a 1,6 g kg⁻¹.

Como referência, foi utilizada uma testemunha absoluta, sem qualquer adubação, e outro tratamento com aplicação de esterco bovino, fertilizante tradicionalmente utilizado na região. Os tratamentos avaliados foram os seguintes:

- T1 - Composto de cama de cavalo pura.
- T2 - Composto de cama de cavalo + torta de mamona.
- T3 - Esterco bovino curtido.
- T4 - Testemunha absoluta, sem adubação.

3.4.1 Experimento de Alface

Este experimento foi iniciado em 18 de setembro de 2015, com o transplante das mudas de alface nos canteiros. Cada parcela foi constituída por 16 plantas, distribuídas em quatro linhas e espaçadas de 0,25 m entre plantas. Para avaliação, foram utilizadas quatro plantas das linhas centrais. O delineamento utilizado foi em bloco casualizado com quatro repetições.

Neste experimento, a quantidade de fertilizante utilizado foi de 8 litros por canteiro de 1,2 m² (correspondendo a 6,7 litros por m²) para todos os tratamentos, em única aplicação, distribuída a lanço nos canteiros e incorporada antes do plantio das mudas, conforme metodologia adaptada de Melo e Gusmão (2013). Não foi realizada a adubação de cobertura posteriormente. As quantidades equivalentes em massa fresca dos fertilizantes orgânicos utilizados estão apresentadas na Tabela 4.

Tabela 4. Quantidade dos fertilizantes orgânicos nos experimentos de produção de alface e de beterraba.

TRATAMENTO	Volume (L m ⁻²)	Peso Fresco (g m ⁻²)	Peso Fresco (Mg ha ⁻¹)	N (%)	N (kg ha ⁻¹)
Composto cama pura	6,7	437,5	4,4	1,91	84,04
Composto cama + torta	6,7	412,5	4,1	2,16	88,56
Esterco Bovino	6,7	196,0	2,0	1,72	34,40

A colheita da alface foi realizada aos 45 dias após o plantio. Avaliaram-se as seguintes características: produção de massa fresca da parte aérea, número de folhas presentes no momento da colheita e diâmetro das plantas.

3.4.2 Experimento de Beterraba

Este experimento foi iniciado em 18 de setembro de 2015 com plantio de mudas de beterraba, cultivar “Maravilha”. Cada parcela foi constituída por 32 plantas, distribuídas em quatro linhas transversais ao canteiro e espaçadas de 0,25 m entre si. Para as avaliações foram utilizadas 10 plantas das linhas centrais. O delineamento utilizado foi bloco casualizados com quatro repetições. Os tratamentos testados foram os mesmos do experimento com alface (seção 3.4.1).

Neste experimento, as quantidades de fertilizantes utilizados foram as mesmas utilizadas para o experimento de alface.

A colheita da beterraba foi realizada aos 63 dias após o plantio. As seguintes características foram avaliadas: produção de massa fresca da parte aérea, produção de massa fresca da raiz, diâmetro da raiz e número de folhas.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Avaliação do processo de compostagem

Os resultados da análise de variância estão apresentados na Tabela 5, onde se pode observar efeito significativo dos tratamentos em relação a todas as características avaliadas. Observou-se um efeito significativo do tempo de compostagem em relação a todas as características avaliadas, com exceção da proporção do N inicial, mostrando que houve variações significativas de quase todas as características ao longo do processo de compostagem. Ocorreu interação entre os tratamentos e o tempo de compostagem na maior parte das características analisadas, exceto teor de N e proporção do N inicial.

Tabela 5. Resultados da análise de variância do experimento de compostagem, executado em esquema de parcela dividida, com os dois tratamentos nas parcelas principais e o tempo de compostagem nas subparcelas.

	Nível de significância			CV%	
	Tratamento	Tempo	Interação	Parc.	Sub-Parc.
Temperatura	0,015 *	<0,001 **	<0,001 **	9,48	2,61
pH	<0,001 **	<0,001 **	<0,001 **	0,85	1,40
Condutividade elétrica ¹	<0,001 **	<0,001 **	0,002 **	2,80	6,58
Densidade	0,009 **	<0,001 **	<0,001 **	4,58	4,24
Teor de N	0,001 **	<0,001 **	0,320 ns	5,84	4,35
Emissão de CO ₂	<0,001 **	<0,001 **	<0,001 **	3,60	9,93
Emissão de NH ₃	<0,001 **	<0,001 **	<0,001 **	33,64	37,92
Proporção da massa inicial	<0,001 **	<0,001 **	<0,001 **	3,17	2,92
Proporção do volume inicial	<0,001 **	<0,001 **	<0,001 **	0,96	1,26
Proporção do N inicial	<0,001 **	0,052 ns	0,058 ns	2,82	6,45

** : significativo ao nível de 1,0%; * : significativo ao nível de 5,0%; ns: não significativo. 1- Valores transformados para log(x).

Observa-se na Figura 2 que os dois tratamentos apresentaram temperatura elevada no início do processo de compostagem, alcançando valores superiores a 55 °C após 24 horas, mas com o decorrer dos dias esses valores foram diminuindo gradativamente, se estabilizando, e permanecendo com valores bem próximos à temperatura ambiente. O tratamento com adição de torta de mamona apresentou temperatura média de 39,1 °C, significativamente superior ao tratamento sem adição de torta de mamona (36,3 °C).

Elevadas temperaturas no processo de compostagem (acima de 55 °C), são desejáveis e indiretamente podem ser utilizadas como parâmetro de avaliação da eficiência do processo, uma vez que as mesmas indicam que ocorre intensa atividade degradativa da matéria orgânica e higienização do material (ORRICO JUNIOR *et al.*, 2012).

Já na primeira semana ambas as pilhas alcançaram a faixa de temperatura termolífica (40 e 70 °C), estando os resultados de acordo com os resultados obtidos por Damatto Junior *et al.* (2011). Segundo os referidos autores, esta faixa de temperatura é ideal para o início da fase de bioestabilização e cura.

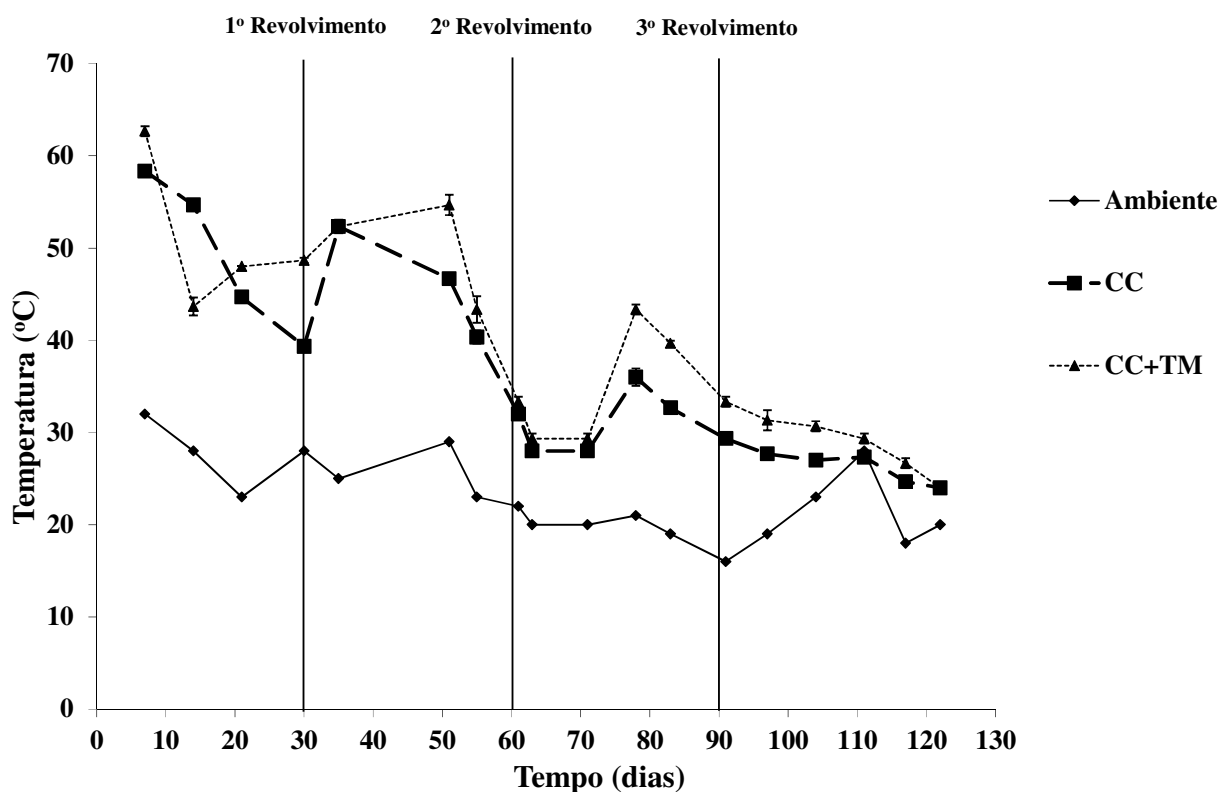


Figura 2. Temperaturas observadas durante a compostagem de cama de cavalo sem (CC) e com adição de torta de mamona (CC+TM). Média de três repetições \pm erro padrão.

Por mais de 110 dias ambos os tratamentos apresentam temperaturas superiores à temperatura ambiente, após este período até os 120 dias as temperaturas tenderam a ficar próxima à temperatura ambiente, quando foi considerado como terminado o processo.

A pilha de composto sem adição de torta de mamona apresentou uma queda progressiva de temperatura até o primeiro reviramento (30 dias), fato este atribuído provavelmente a compactação natural da pilha e a redução da umidade dada às características grosseiras da matéria-prima dominante (maravalha de eucalipto). Após o referido reviramento e correção da umidade via irrigação, a pilha voltou a aquecer naturalmente até alcançar uma segunda fase termolífica, com temperaturas superiores a 50 °C até aproximadamente 40 dias. A partir deste momento, a pilha passou a apresentar uma queda progressiva da temperatura, registrando médias inferiores a 45 °C, indicando a entrada na fase mesolífica. A partir dos 90 dias o tratamento registrou temperaturas inferiores a 30 °C até o final do experimento, sendo este um indicativo de que a compostagem já estava estabilizada e entrava na fase de maturação ou cura, que durou até o final do experimento.

Na pilha de composto com adição de torta de mamona foram registradas, na primeira semana, médias de temperatura superiores a 62 °C, sendo estas as maiores temperaturas registradas entre ambos os tratamentos. Após este período foi observado uma queda brusca de temperatura até os 14 dias, com médias de temperatura de 43 °C. Este fato é atribuído, possivelmente, à rápida degradação dos materiais ricos em N ofertados pela torta de mamona, o que resultou diretamente em elevadas temperaturas e no ressecamento excessivo da pilha devido à elevada perda de água na forma de vapor. Neste momento foi necessário corrigir o problema via irrigação. Feito isto, a pilha voltou a reaquecer naturalmente até o primeiro reviramento. Estes resultados corroboram com os resultados de Abreu *et al.* (2011) que, também observou uma queda de temperatura entre a primeira e segunda semana de

compostagem, e um posterior reaquecimento após este período. Segundo Ferreira *et al.* (2013), quando ocorre uma redução de umidade (< 40%) na compostagem, ocorre também a inibição da atividade dos microrganismos, resultando na redução da estabilização do material. Já para Inácio (2015), a umidade na pilha deve ser mantida na faixa 60%, pois a falta de água pode acarretar na paralisação da atividade biológica. Após o referido reviramento, a pilha continuou a reaquecer até aproximadamente 50 dias, caracterizando uma segunda fase termolífica, com médias de temperaturas superiores a 50 °C registradas no período de 35 a 50 dias, fato este promovido, possivelmente, pela ciclagem de N abundante neste meio e pela presença de fontes de carbono disponíveis para serem degradadas.

A partir dos 55 dias até aproximadamente 110 dias foram registradas médias de temperatura inferiores a 45 °C, caracterizando a fase mesolífica (tratamento com adição de torta). Depois deste período até os 120 dias foram registrados temperaturas inferiores a 30 °C, indicando o final do período de estabilização e início do período de cura ou maturação.

Segundo USEPA (1996), citado por Orrico *et al.* (2007) é necessário que a temperatura dentro da pilha se mantenha no mínimo a 55 °C por três dias para que ocorra uma redução, a níveis toleráveis, do número de patógenos. A manutenção da temperatura na fase termolífica é fundamental para eliminação de patógenos. Orrico *et al.* (2007), avaliando a compostagem com dejetos de cabras, obtiveram a redução de 99,99% dos NMPs (números mais prováveis) de coliformes totais e fecais presentes na matéria-prima, resultado este atribuído pelos autores à manutenção da temperatura das pilhas na faixa termolífica (45 a 65 °C).

Segundo Brasil (2010), no processo de compostagem a temperatura é um parâmetro importante para determinação da maturidade do mesmo, uma vez que, no processo de bioestabilização, que dura em média 60 a 90 dias, ocorre temperaturas na faixa 30 a 45 °C e na fase final (humificação), que ocorre entre 90 e 120 dias, as temperaturas se situam entre 20 e 35 °C. Seguindo este parâmetro ambos os tratamentos apresentaram temperatura na faixa de 35 °C aos 90 dias, sendo portanto, recomendável a utilização destes compostos a partir deste período.

Em relação ao pH, foram observados efeitos significativos do tempo de compostagem, tratamentos e da interação tempo x tratamento. Ambos os tratamentos apresentavam pH próximo de 8,9 na primeira semana, como pode ser observado na Figura 3, com uma tendência de queda até o final do experimento. Os resultados na fase inicial da compostagem são semelhantes aos encontrados por Leal *et al.* (2011). Segundo estes autores, o pH mais elevado em compostos orgânicos ricos em N geralmente está relacionado à transformação do N da forma proteica para forma amoniacal.

Heck *et al.* (2013), avaliando a qualidade microbiológica final do composto produzido a partir de resíduos orgânicos domiciliares, podas de árvores e lodo de esgoto, perceberam durante a fase termolífica, valores elevados de pH. Para os autores, isso pode ter ocorrido devido à baixa relação C/N do lodo de esgoto, tendo em vista que as concentrações elevadas de compostos nitrogenados neste material são facilmente degradados, resultando na formação de amônia (NH₃), e por consequência, na elevação do pH.

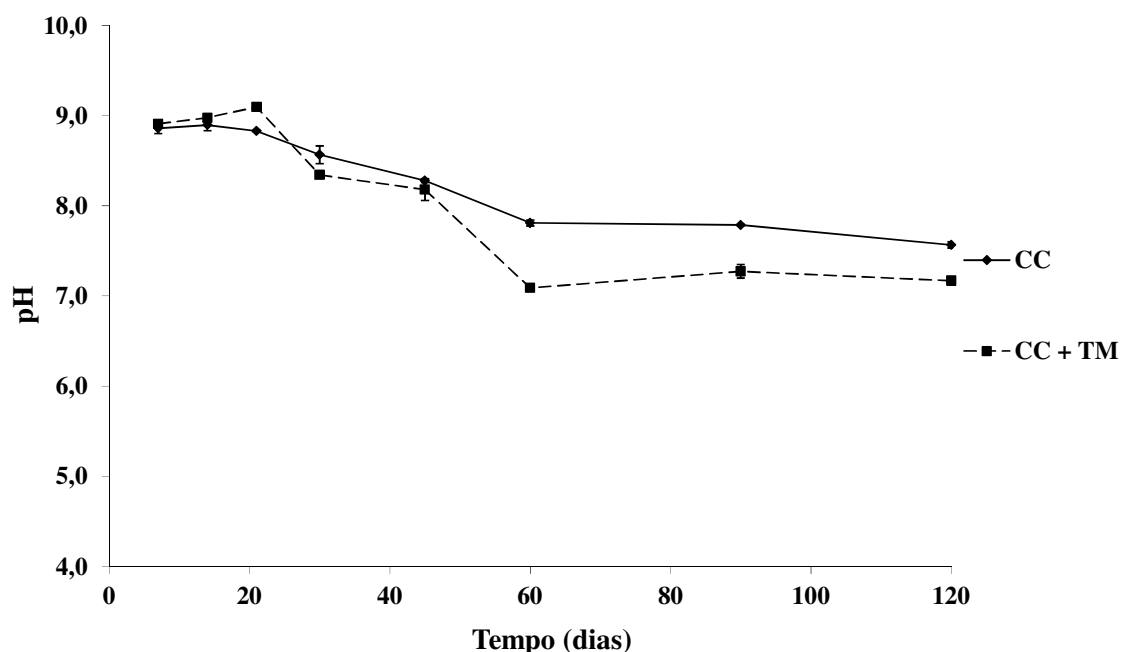


Figura 3. Valores de pH observados durante a compostagem de cama de cavalo sem (CC) e com adição de torta de mamona (CC + TM). Média de três repetições \pm erro padrão.

Até aproximadamente 45 dias, os tratamentos apresentaram pH acima de 8,0, comportamento similar foi encontrado por Câmara *et al.* (2014) ao avaliarem o processo de mini-compostagem de resíduos orgânicos no Instituto Federal de Brasília (Campos Planaltina).

A diferenciação entre o pH dos tratamentos começou a ocorrer a partir dos 14 dias, quando o tratamento sem adição de torta de mamona apresentou uma queda constante até o final do experimento, aos 120 dias, com pH final próximo à neutralidade (7,57).

Já o tratamento com adição de torta de mamona apresentou comportamento diferente, com um leve aumento do pH (9,10) até os 21 dias, e com queda acentuada até o segundo reviramento (60 dias), permanecendo próximo a neutralidade (7,09), resultado este que se manteve até o final do experimento, onde este tratamento apresentou o pH final de 7,1. A maior redução do pH neste tratamento foi devido, provavelmente, à adição de N presente na torta de mamona. No início da compostagem, o N está na forma amoniacal, resultando em elevação do pH, e após a estabilização da compostagem, o amônio é transformado em nitrato (nitrificação), resultando em redução do pH ($\text{NH}_4^+ + 2\text{O}_2 \leftrightarrow \text{NO}_3^- + \text{H}_2\text{O} + 2\text{H}^+$).

Com o objetivo de verificar a quantidade de sais presentes foi realizada a avaliação da CE (Figura 4), observando que quanto maior for esse valor, maior será a presença de sais no composto. Em um experimento conduzido por Benites *et al.* (2004), os autores observaram uma elevação na CE após a fase termolífica. Segundo os mesmos, tal fato é atribuído à concentração dos sais promovida pela degradação do material de origem orgânica.

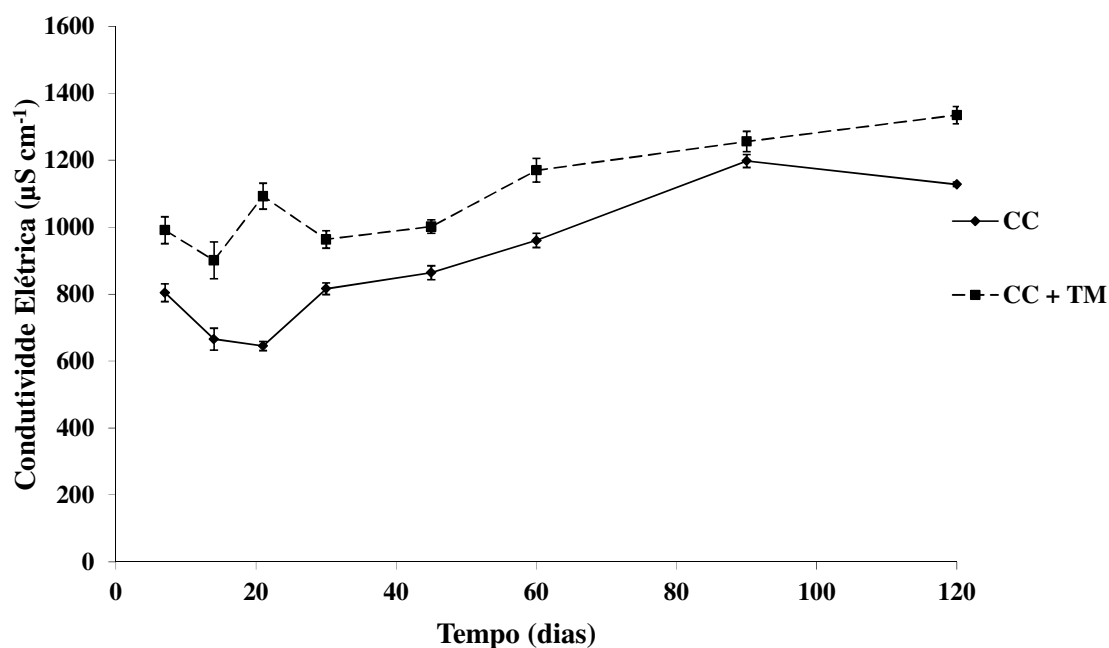


Figura 4. Valores de condutividade elétrica observados durante a compostagem de cama de cavalo sem (CC) e com adição de torta de mamona (CC + TM). Média de três repetições \pm erro padrão.

O tratamento com adição de torta de mamona apresentou os maiores níveis de CE durante todo o período do experimento, devido, provavelmente, à adição de sais presentes na torta de mamona. Este tratamento apresentou CE na faixa de $990 \mu\text{S cm}^{-1}$ nos primeiros 7 dias, ocorrendo logo em seguida uma queda para $900 \mu\text{S cm}^{-1}$ aos 14 dias. A partir deste momento a CE tendeu a subir até 21 dias, logo após a este período ocorreu uma queda na CE até o 1º reviramento (30 dias). Após o referido reviramento o tratamento com adição de torta de mamona apresentou comportamento diferente do tratamento sem adição de torta de mamona, com aumento constante da CE até terminar o experimento na faixa de $1330 \mu\text{S cm}^{-1}$.

Segundo Brito *et al.* (2014) a CE do composto é importante para tomada de decisão na utilização ou não na agricultura, uma vez que em altas concentrações, os sais presentes podem causar fitotoxicidade. A qualidade de um composto está diretamente relacionada com a forma com que ele será utilizado, sendo assim, a condutividade elétrica funciona como indicativo desta qualidade, uma vez que a mesma está relacionada com o possível grau de fitotoxicidade (MASSUKADO *et al.* 2010).

Como pode ser visto na Figura 5, ambos os tratamentos apresentaram aumento da densidade do início até o final do experimento, com pequenas variações atribuídas às imprecisões metodológicas.

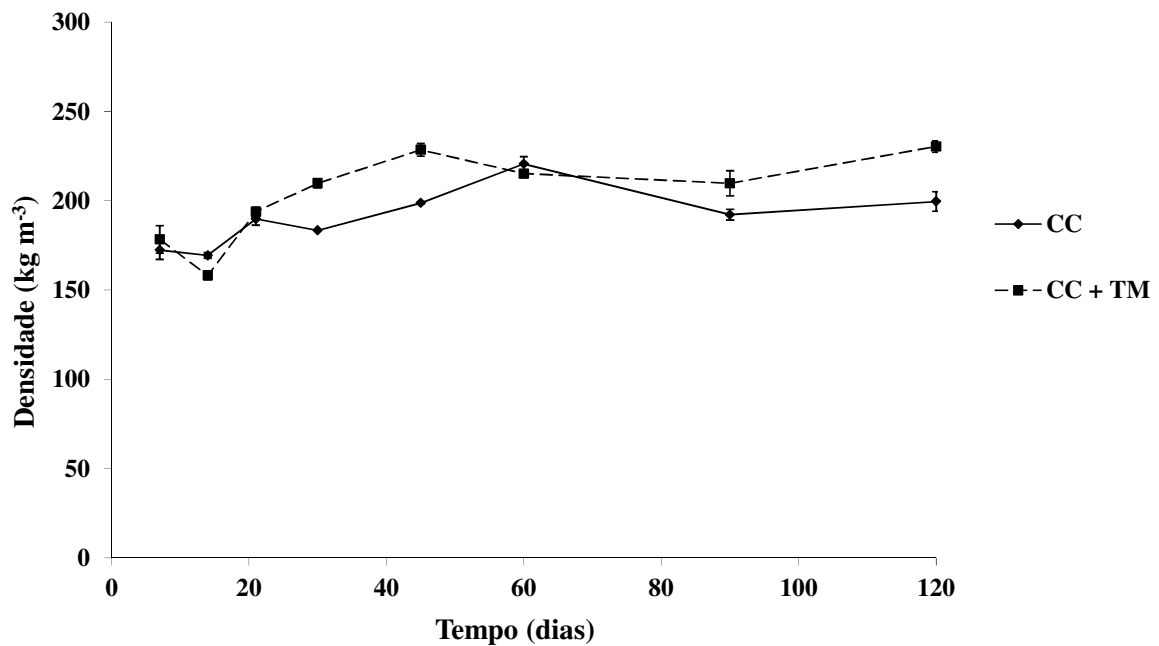


Figura 5. Valores de densidade observados durante a compostagem de cama de cavalo sem (CC) e com adição de torta de mamona (CC + TM). Média de três repetições \pm erro padrão.

Segundo Leal *et al.* (2011), este aumento da densidade é atribuída à ação de macrofauna fragmentadora, que age na compostagem após seu resfriamento, e ao aumento da polimerização e humificação das substâncias orgânicas existentes no meio. Silva *et al.* (2009), em sua pesquisa, cita a existência de diversos trabalhos na literatura que associam o nível maturidade de um composto orgânico aos compostos húmicos existentes no meio e ao seu grau de polimerização.

Os teores de N (Figura 6) de ambos os tratamentos aumentaram ao longo do processo de compostagem, atingindo, aos 120 dias, valores próximos de 20 mg g^{-1} em todos os tratamentos. Conforme Leal *et al.* (2013), esses valores são superiores aos normalmente encontrados nos fertilizantes orgânicos tradicionais. Melo *et al.* (2008), ao caracterizar diversos resíduos orgânicos, observaram teores de N total próximos a 11 mg g^{-1} , em esterco bovino. Para o tratamento com adição de torta de mamona, a utilização da mesma resultou em aumento do teor de N. Estes resultados foram diferentes dos resultados encontrados por Valente *et al.* (2011), que perceberam uma redução nos teores de N durante o processo de compostagem, sendo este fato atribuído pelos autores à sua utilização por parte dos microrganismos e à volatilização de N na forma de NH_3 .

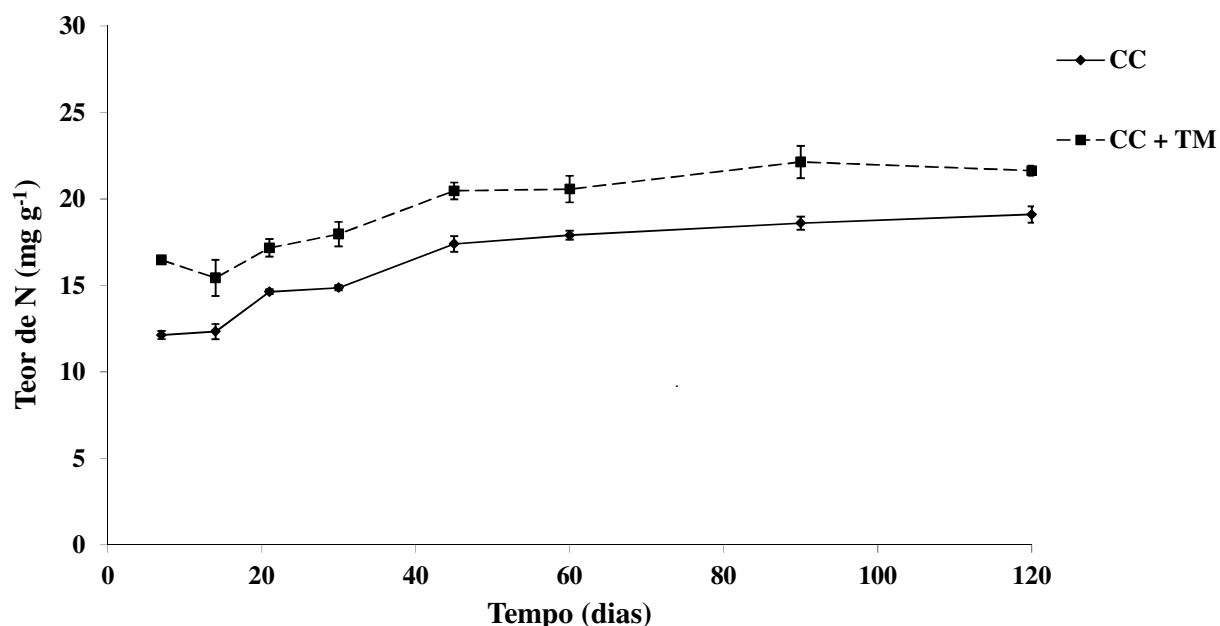


Figura 6. Teores de N observados durante a compostagem de cama de cavalo sem (CC) e com adição de torta de mamona (CC + TM). Média de três repetições \pm erro padrão.

Lima *et al.* (2009), avaliando a compostagem de resíduos da produção de biodiesel, observaram um aumento dos teores de N e uma diminuição dos teores de C ao longo da compostagem, e segundo os autores isso ocorre devido a perda de C na forma de CO₂ e pelo aumento relativo dos níveis de N devido à reduzida perda deste nutriente durante o processo.

Os valores de emissão de CO₂ ao longo do processo de compostagem estão apresentados na Figura 7. De acordo com Oliveira *et al.* (2014), a emissão de CO₂ está relacionada, principalmente, com o auto aquecimento e consumo de O₂. Observa-se que os dois tratamentos apresentaram valores elevados no início da compostagem, com redução gradual até aproximadamente 20 dias, quando a emissão de CO₂ alcançou o patamar, que se manteve até o final da incubação. Isto demonstra elevada atividade biológica no início do processo de compostagem, com posterior estabilização. Segundo Jahnel *et al.* (1999), na fase inicial da compostagem, ocorre uma maior oferta de produtos facilmente decompostos pelos microrganismos, o que, conseqüentemente, promove uma maior liberação de energia na forma de calor e emissão de CO₂. Para os autores, após o consumo do carbono disponível no início da fase mesófila, outras substâncias são degradadas, por fungos durante esta fase, principalmente a hemicelulose e celulose promovendo a redução da relação C/N, da matéria orgânica e da emissão de CO₂. Os resultados encontrados estão em desacordo com os resultados encontrados por Fortes *et al.* (2012), que só começaram a observar a redução na emissão de CO₂ a partir dos 30 dias após a montagem da leiras.

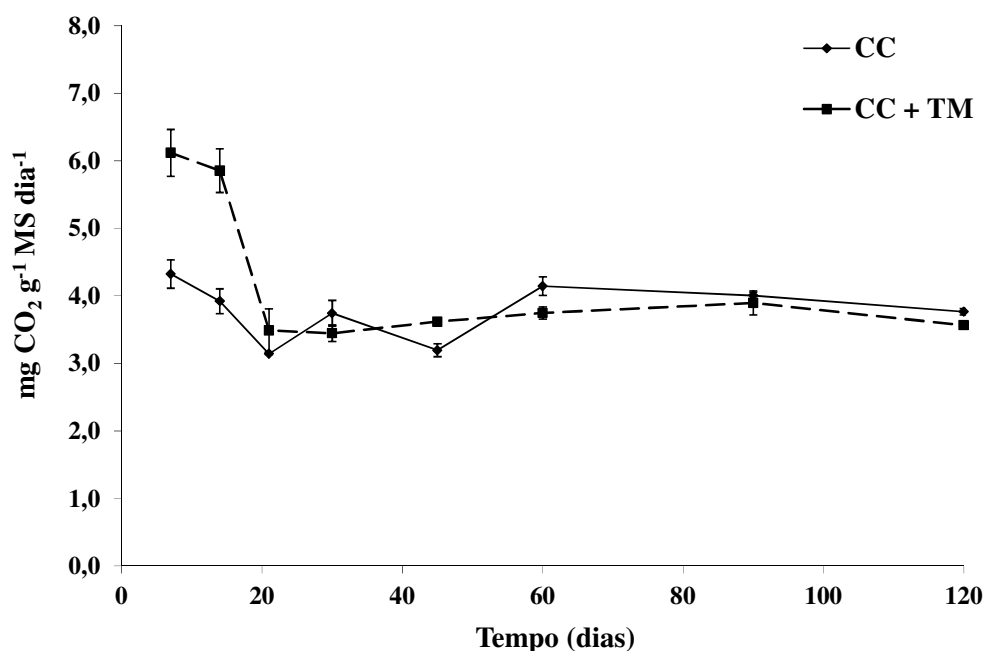


Figura 7. Emissão de CO₂ observada durante a compostagem de cama de cavalo sem (CC) e com adição de torta de mamona (CC + TM). Média de três repetições \pm erro padrão.

Os resultados de emissão de NH₃ estão apresentados na Figura 8, onde podemos observar que ocorreu uma elevada emissão no início da compostagem, com posterior redução até valores próximos de zero, aos 30 dias de incubação. Este comportamento é comum em compostagem, devido aos elevados valores de pH, acima de 8,0, e à maior proporção de N na forma de NH₃ que geralmente ocorre no início do processo, uma vez que a volatilização de NH₃ é maior em pH alcalino. O tratamento com adição de torta de mamona apresentou emissão média de 0,095 mg de NH₃ por grama de massa seca por dia, significativamente superior ao tratamento sem adição de torta de mamona, que apresentou emissão média de 0,015 mg de NH₃ por grama de massa seca por dia.

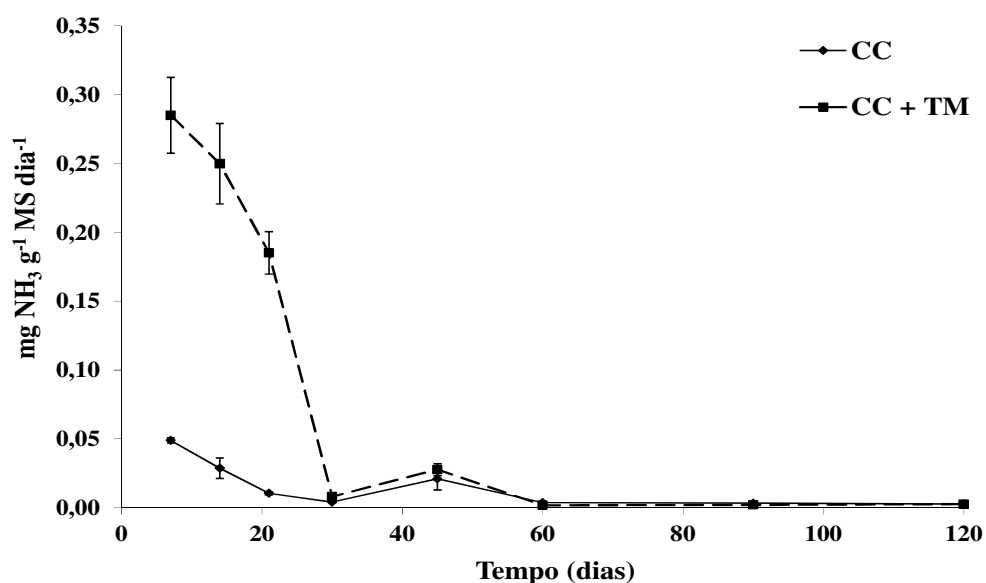


Figura 8. Emissão de NH₃ observada durante a compostagem de cama de cavalo sem (CC) e com adição de torta de mamona (CC + TM). Média de três repetições \pm erro padrão.

Avaliando um método para determinação das emissões de NH_3 em compostagem de esterco suíno, Lourenço *et al.* (2011) perceberam que quando é realizado o revolvimento da pilha ocorre três vezes mais emissão de NH_3 do que quando o revolvimento não é realizado. Segundo Brito *et al.* (2008), a prática de revolvimento das pilhas, quando aplicada com frequência exagerada, pode ocasionar a diminuição do teor de N disponível no composto orgânico final, uma vez que, em excesso, esta prática de manejo pode estimular o aumento da emissão de NH_3 , reduzindo dessa forma o valor agrônomo do produto resultante. Giacomini *et al.* (2014), observaram durante um experimento de compostagem com dejetos suínos, que a volatilização de NH_3 representou um importante mecanismo de perda de N durante a compostagem.

Os valores de proporção relativa em relação à massa seca inicial estão apresentados na Figura 9. Todos os tratamentos apresentaram comportamento semelhante, com perdas de aproximadamente 60% da massa ao longo de 120 dias de compostagem. Segundo Inácio e Miller (2009), a perda de carbono por meio do CO_2 e a intensa perda de vapor são responsáveis por reduções de 25-50% no volume e 40-80% do peso total do composto.

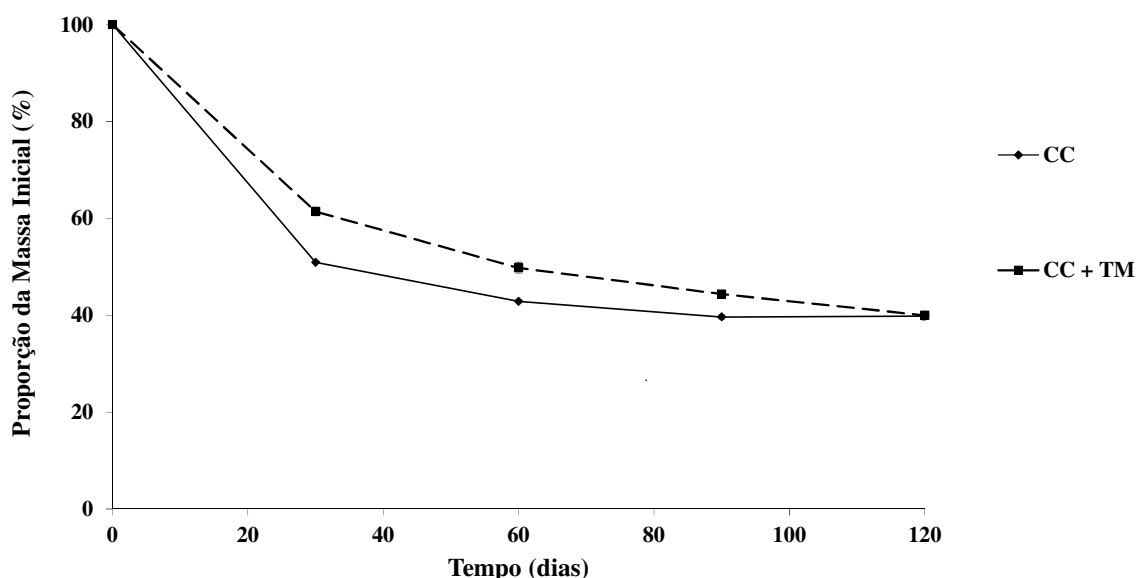


Figura 9. Proporção relativa (em %) em relação à massa seca inicial, observada durante a compostagem de cama de cavalo sem (CC) e com adição de torta de mamona (CC + TM). Média de três repetições \pm erro padrão.

Observa-se que a maior redução de massa em relação à massa inicial ocorreu nos primeiros 30 dias para ambos os tratamentos. Neste período, o tratamento sem adição de torta de mamona apresentou redução de massa na faixa de 50% e o tratamento com adição de torta de mamona apresentou redução de aproximadamente 30%. Ao final do experimento aos, 120 dias, restavam apenas 40% da massa original, ou seja, ocorreu a perda de 60% em volume para ambos os tratamentos. Durante o processo de compostagem ocorrem perdas de C, fato este atribuído à intensa atividade microbiana, gerando como resultado, as perdas de volume e de peso dos resíduos utilizados (COSTA *et al.*, 2005).

Os resultados de proporção relativa em relação ao volume inicial (Figura 10) mostram perdas de aproximadamente 60% do volume ao longo de 120 dias de compostagem em todos os tratamentos. Estes resultados corroboram com os resultados de Augusto *et al.* (2009), que também encontraram valores próximos a 60% para perda de volume durante todo o período de compostagem. Os autores ainda ressaltam que a maior perda de volume ocorreu até aproximadamente a quinta semana, sendo este fato atribuído pelos autores à maior atividade microbiana e, conseqüente, à perda de umidade.

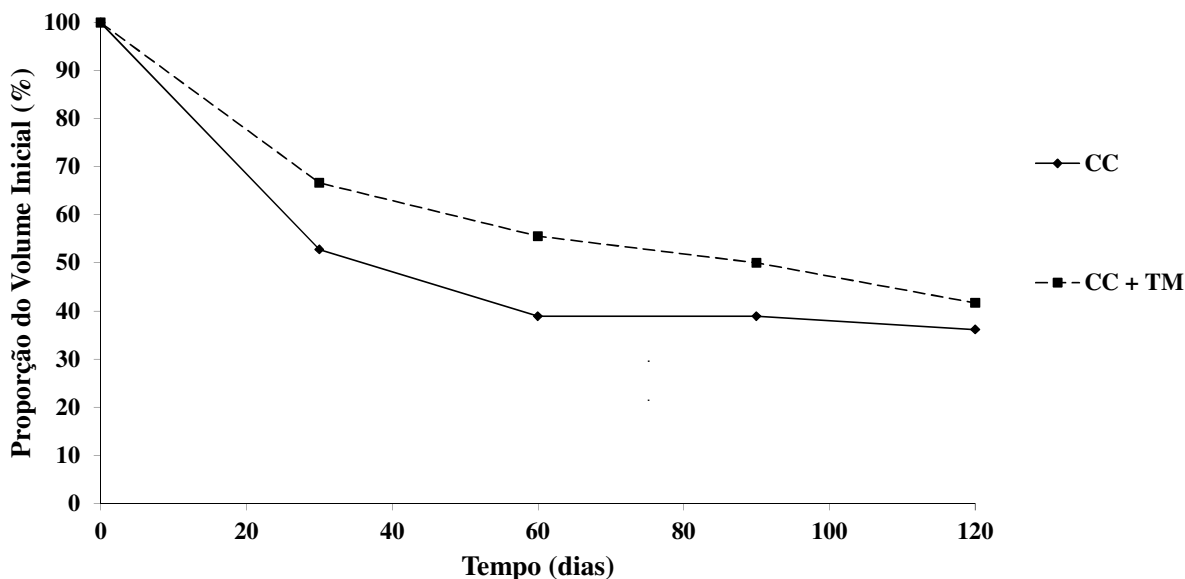


Figura 10. Proporção relativa (em %) em relação ao volume inicial observada durante a compostagem de cama de cavalo sem (CC) e com adição de torta de mamona (CC + TM). Média de três repetições \pm erro padrão.

Como pode ser observada na Figura 11, a maior perda de N (%) em relação ao conteúdo inicial aconteceu nos primeiros 30 dias para ambos os tratamentos, a partir deste momento começou a ocorrer diferenciação entre os tratamentos, finalizando aos 120 dias com perdas de N na ordem de aproximadamente 40% para tratamento sem adição de torta de mamona e 55% para o tratamento com adição de torta de mamona. Estes valores foram inferiores aos encontrados por Orrico Junior *et al.* (2010), que observaram a perda de 71,6% do N durante a compostagem de resíduos da produção avícola.

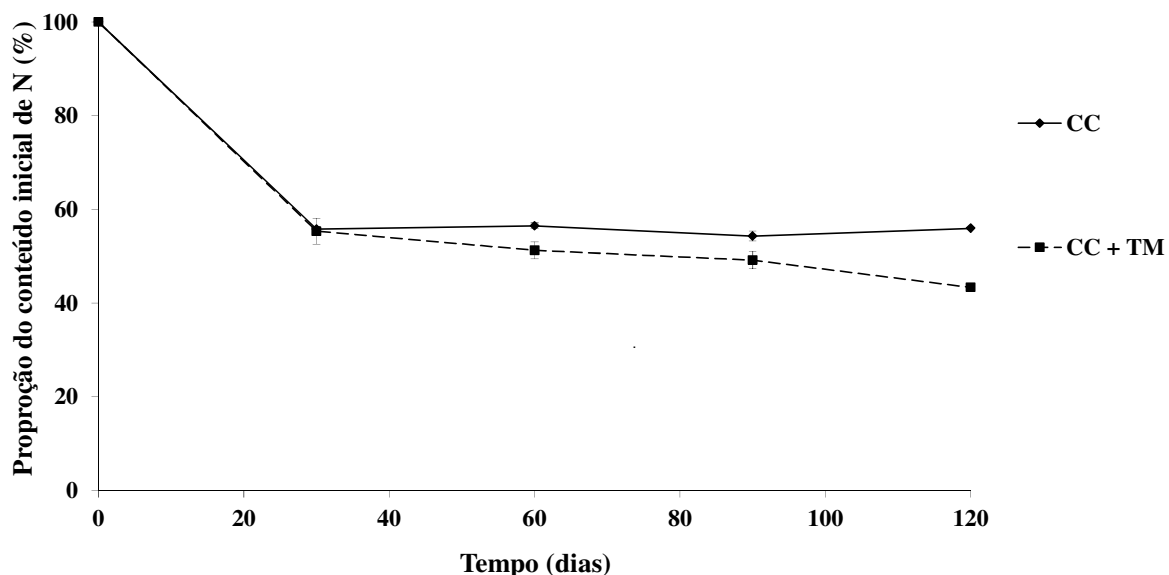


Figura 11. Proporção relativa (em %) em relação ao conteúdo inicial de N, observada durante a compostagem de cama de cavalo sem (CC) e com adição de torta de mamona (CC + TM). Média de três repetições \pm erro padrão.

Na Tabela 6 estão apresentados os valores das características avaliadas observados em cada tratamento ao final dos 120 dias de incubação. Como pode se observar na referida tabela,

houve diferença significativa para as características pH e CE no composto de cama pura, sendo os resultados superiores ao composto enriquecido com torta de mamona. Não houve diferença significativa para os macronutrientes Ca, Mg, P e K entre os dois compostos orgânicos avaliados.

Tabela 6. Características avaliadas ao final do processo de compostagem (120 dias de incubação), de pilhas de composto de cama de cavalo, sem e com adição de torta de mamona.

CARACTERÍSTICAS	Cama de cavalo pura	Cama de cavalo + torta de mamona
pH	7,6 a	7,2 B
Condutividade Elétrica ($\mu\text{S cm}^{-1}$)	1334 a	1127 B
Densidade (kg m^{-3})	199,5 b	230,4 A
Teor de N (g kg^{-1})	19,1 b	21,6 A
Proporção da massa inicial (%)	39,8 a	40,0 A
Proporção do volume inicial (%)	36,1 b	41,7 A
Proporção do N inicial (%)	56,0 a	43,3 B
Teor de Ca (g kg^{-1} CV= 11,45%)	15,7 a	17,5 A
Teor de Mg (g kg^{-1} CV= 10,28%)	6,0 a	6,0 A
Teor de P (g kg^{-1} CV= 3,77%)	20,1 a	19,1 A
Teor de K (g kg^{-1} CV= 4,59%)	6,3 a	7,0 A

Médias seguidas da mesma letra não diferem entre si ao nível de 5% de probabilidade pelo teste de Scott-Knott

Conforme a tabela anterior ambos os tratamentos apresentaram valores dos nutrientes N, Ca, Mg e P superiores ao encontrado por Inácio (2010) que em seu experimento encontrou os teores $9,2 \text{ g kg}^{-1}$ (N), $5,8 \text{ g kg}^{-1}$ (Ca), $1,7 \text{ g kg}^{-1}$ (Mg) e $2,9 \text{ g kg}^{-1}$ (P). O nutriente K demonstrou comportamento diferente dos demais nutrientes, uma vez que, o composto de cama pura apresentou teor inferior ao encontrado pelo autor (7,0) e o composto de cama enriquecido com torta de mamona mostrou resultado similar.

No tratamento cama enriquecida com torta de mamona houve uma maior perda proporcional de N, o que pode ser atribuído a maior volatilização de amônia devido a maior oferta de N livre no meio. Apesar de este composto apresentar um teor final de N maior ($21,6 \text{ g kg}^{-1}$), os resultados não foram expressivos em relação ao tratamento sem adição de torta ($19,1 \text{ g kg}^{-1}$), não justificando, portanto, a adição da torta de mamona nas quantidades utilizadas, uma vez que, a maior oferta de N fornecida por este suplemento resulta em maior volatilização de amônia, e portanto, um gasto desnecessário para o produtor.

4.2 Experimentos de Produção de Mudanças

4.2.1 Caracterização dos substratos

Observa-se na Tabela 7 que todos os substratos apresentaram pH próximo à neutralidade, sendo o menor valor encontrado no tratamento de cama de cavalo enriquecido com torta de mamona (7,09). Estes resultados corroboram com resultados encontrados por

Fernandes *et al.* (2009), que consideraram a faixa de pH entre 6,6 e 7,6 como uma boa faixa para crescimento de vegetais. Já Steffen *et al.* (2010), consideram o pH na faixa de 6,5 a 6,9 acima dos valores considerados ideais para o desenvolvimento da maioria dos vegetais cultivados em recipientes.

O substrato comercial “Tropstrato Hortaliças” apresentou pH de 7,1. Souza *et al.* (2013), ao avaliarem substratos para produção de mudas de alface cultivar “Babá de verão”, encontrou um valor inferior (5,0) para o mesmo substrato.

Com relação à CE, o substrato comercial apresentou o menor valor (524 $\mu\text{S cm}^{-1}$). Apesar dos substratos apresentarem pH dentro dos limites recomendados pela literatura científica, a CE dos substratos formulados com composto orgânico estavam acima dos valores recomendados. Pereira *et al.* (2012) ao avaliarem diversos substratos para produção de mudas de almeirão, encontraram a CE de 1551,2 $\mu\text{S cm}^{-1}$ para o composto orgânico utilizado como um dos substratos utilizados na produção das mudas. Segundo Toledo *et al.* (2013), os valores de CE considerados ótimos para substratos orgânicos devem ser inferiores a 1.000 $\mu\text{S cm}^{-1}$ para maioria dos vegetais.

Tabela 7. Valores de pH, condutividade elétrica (CE), emissão de CO₂ e emissão de NH₃ observados nos substratos utilizados nos experimentos com mudas.

	pH	CE $\mu\text{S cm}^{-1}$	Emissão de CO ₂ $\text{mg CO}_2 \text{ g MS}^{-1} \text{ dia}^{-1}$	Emissão de NH ₃ $\text{mg NH}_3 \text{ g MS}^{-1} \text{ dia}^{-1}$
Composto de cama pura	7,39	2180	2,4	0,000
Composto cama + torta de mamona	7,09	2610	2,1	0,000
Substrato comercial	7,1	524	2,0	0,000

Os resultados exibidos nas Tabelas 8 e 9 mostram que os substratos produzidos a partir de cama de cavalo possuem os níveis de macronutrientes totais e disponíveis superiores ao substrato comercial.

Tabela 8. Teores totais de macronutrientes (N, Ca, Mg, P e K) dos substratos utilizados nos experimentos com mudas.

	N	Ca	Mg	P	K
	----- mg L ⁻¹ -----				
Composto de cama pura	6496	5004	2275	2110	9235
Composto cama + torta de mamona	9583	8880	3116	3253	8698
Substrato comercial	1497	2361	972	448	1311

Tabela 9: Teores disponíveis de macronutrientes (N, Ca, Mg, P e K) dos substratos utilizados nos experimentos com mudas.

	N	Ca	Mg	P	K
	----- mg L ⁻¹ -----				
Composto de cama pura	231	1283	645	1436	6105
Composto cama + torta de mamona	218	1461	894	1398	4462
Substrato comercial	83	1045	371	246	796

De todos os substratos, o tratamento enriquecido com torta de mamona apresentou as menores proporções disponíveis (%) dos macronutrientes N, Ca, P e K em relação aos demais tratamentos (Tabela 10), possivelmente porque durante o processo de compostagem não ocorreu a disponibilização total dos macronutrientes acima citados. O substrato com compostagem de cama de cavalo pura apresentou as maiores proporções de P e K disponíveis e o substrato comercial apresentou a maior proporção de N disponível, provavelmente porque o substrato comercial utiliza na sua composição adubos de alta solubilidade, o que representou uma maior oferta de N solúvel prontamente disponível.

Tabela 10. Proporção (%) dos teores disponíveis de macronutrientes (N, Ca, Mg, P e K) em relação aos teores totais dos substratos utilizados nos experimentos com mudas.

	N	Ca	Mg	P	K
	----- % -----				
Composto de cama pura	3,6	26,1	28,2	68,3	75,7
Composto cama + torta de mamona	2,3	16,8	29,0	43,4	51,8
Substrato comercial	5,5	44,5	38,3	55,1	61,6

Os resultados das avaliações de características físicas estão apresentados na Tabela 11. Não se observa grandes diferenças entre os substratos avaliados. Em relação à porosidade, segundo Gonçalves e Poggiani (1996), para que um substrato seja considerado adequado para a produção de mudas de espécies florestais, sua macroporosidade tem que estar acima de 20%.

Tabela 11. Valores de densidade aparente, densidade da partícula, porosidade total, microporosidade e macroporosidade dos substratos utilizados nos experimentos com mudas.

	Densidade		Porosidade		
	Aparente	Partícula	Total	Micro	Macro
	----- g dm ⁻³ -----		----- % -----		
Composto de cama pura	187,18	898,00	79,08	50,78	28,30
Composto cama + torta de mamona	187,18	958,28	80,37	46,78	33,59
Substrato comercial	177,31	865,87	79,41	41,53	37,88

4.2.2 Mudas de alface

Conforme pode ser observado na Tabela 12, o tratamento constituído por composto de cama + torta de mamona resultou em maiores valores para as características altura, massa fresca e volume da raiz, enquanto que os menores valores para as características altura e massa fresca foram atribuídos ao tratamento com substrato comercial.

O tratamento constituído por composto de cama pura apresentou o menor resultado para número de folhas em comparação aos demais tratamentos.

Tabela 12. Altura, número de folhas, massa fresca da parte aérea e volume de raiz de mudas de alface produzidas com diferentes substratos orgânicos.

	Altura ---- cm ----	Número de folhas	Massa Fresca mg planta ⁻¹	Volume de Raiz ---- ml ----
Composto de cama pura	2,88 b	2,65 b	133 b	0,25 a
Composto cama + torta	9,58 a	3,78 a	885 a	0,38 a
Substrato comercial	0,99 c	3,83 a	37 b	0,25 a
CV (%)	14,93	7,07	33,13	28,57

Médias seguidas por mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey $p \leq 0,05$.

Todos os substratos apresentaram resultados inferiores aos encontrados por Gonçalves *et al.* (2014), na variável número de folhas e o substrato composto de cama + torta apresentou resultado superior ao encontrado pelos referidos autores para variável altura (cm).

Os resultados encontrados para o substrato comercial discordam dos resultados encontrados por Souza *et al.* (2013) ao avaliarem a produção de mudas de alface baba de verão, tendo como testemunha o mesmo substrato. Os autores encontraram valores superiores para a variável altura (1,82 cm) e inferiores para variável número de folhas (2,18). A resposta inferior obtida pelo substrato comercial pode ser justificada pelo fato de que na atualidade os substratos comerciais são formulados com reduzida quantidade de nutrientes, visando evitar problemas de salinização, sendo necessário realizar adubações complementares para cumprir o ciclo em bandejas, o que não foi empregado neste estudo.

4.2.3 Mudas de beterraba

Para as características altura, número de folhas e massa fresca, o tratamento constituído pelo substrato comercial apresentou os menores valores em comparação ao outros dois tratamentos (Tabela 13). Os maiores resultados para altura, número de folhas e massa fresca foram observados no tratamento constituído por composto de cama + torta de mamona.

Tabela 13. Altura, número de folhas, massa fresca da parte aérea e volume de raiz de mudas de beterraba produzidas com diferentes substratos orgânicos.

	Altura ---- cm ----	Número de folhas	Massa Fresca mg planta ⁻¹	Volume de Raiz ---- ml ----
Composto de cama pura	10,12 b	2,80 ab	474 b	0,25 a
Composto cama + torta	13,91 a	3,33 a	1169 a	0,25 a
Substrato comercial	4,78 c	2,55 b	118 c	0,25 a
CV (%)	5,12	11,63	13,18	

Médias seguidas por mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey $p \leq 0,05$.

Costa *et al.* (2014) ao avaliarem diferentes concentrações de composto orgânico na produção de substratos para mudas de beterraba, encontraram valor diferente para a variável altura das mudas (11,30) ao testarem o substrato com 100% de composto orgânico.

Para variável número de folhas todos os tratamentos apresentaram resultados inferiores ao encontrado por Spiassi *et al.* (2009), que encontraram o valor de 4,08 para esta variável nas mudas produzidas em substrato constituído por 100% de composto orgânico, aos 28 dias após a semeadura.

4.2.4 Mudas de tomate

O tratamento com substrato comercial, assim como ocorrido com as mudas de beterraba, apresentou os menores valores para as características altura, número de folhas e massa fresca (Tabela 14).

Os melhores resultados foram encontrados no substrato constituído por composto de cama + torta para as características altura, número de folhas e massa fresca.

Tabela 14. Altura, número de folhas, massa fresca da parte aérea e volume de raiz de mudas de tomate produzido com diferentes substratos orgânicos.

	Altura ---- cm ----	Número de folhas	Massa Fresca mg planta ⁻¹	Volume de Raiz ---- ml ----
Composto de cama pura	8,78 b	4,20 ab	783 b	0,25 a
Composto cama + torta de mamona	11,67 a	4,58 a	987 a	0,25 a
Substrato comercial	2,39 c	3,75 b	79 c	0,25 a
CV (%)	10,45	6,57	7,35	

Médias seguidas por mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey $p \leq 0,05$.

Leal *et al.* (2009), ao avaliarem diversos níveis de enriquecimento de composto orgânico, visando a produção de mudas de tomate, obtiveram resultados próximo ao encontrados neste experimento, ao utilizar composto puro de capim Napier enriquecido com torta de mamona, obtendo os resultados de 9,17 cm para variável altura e 4,37 para variável número de folhas.

A variável altura dos tratamentos constituídos por compostagem se mostraram superiores aos resultados encontrados por Andreani Junior *et al.* (2011), que tendo como base o substrato constituído pelo composto de resíduos de horta, obtiveram o valor de 6,9 cm para esta variável aos 25 dias após a semeadura.

4.2.5 Estabilidade do torrão

Não houve diferença significativa para a característica estabilidade do torrão em nenhum dos experimentos de produção de mudas. Durante as avaliações, percebeu-se que o desenvolvimento do sistema radicular de todas as mudas estava muito pequeno, fato este que pode ser atribuído à falta de aeração necessária ao bom desenvolvimento das raízes, e à maior retenção de umidade fornecida através da irrigação, apesar de os valores de macroporosidade dos substratos utilizados estarem acima de 20%, que é o valor recomendado por Gonçalves e Poggiani (1996) para substratos para a produção de mudas de espécies florestais. Oliveira *et al.* (2011), em seu trabalho, observaram que a adição de 15% (v/v) de fino de carvão, com partículas de 3 mm e 5 mm (malha das peneiras), ao substrato constituído por húmus de minhoca possibilitou a melhoria nos atributos físicos do substrato. Sendo assim, o fino de carvão pode ser uma alternativa para solução dos problemas de baixa aeração e retenção de umidade encontrados nos compostos de cama de cavalo.

Lima *et al.* (2007), ao avaliarem a produção de mudas de alface “Babá de verão”, identificaram que o tamanho volumétrico de cada célula na bandeja e o tipo de textura (tipo de malha de peneira utilizada), podem interferir, juntas ou separadamente, no desenvolvimento radicular das hortaliças estudadas.

4.2.6 Variação do pH e da condutividade elétrica dos substratos

Os resultados de variação do pH, que estão apresentados nas Figuras 12, 13 e 14, foram muito semelhantes em todos os substratos avaliados durante o cultivo das três hortaliças. Os valores apresentaram pouca variabilidade ao longo do desenvolvimento das mudas, mantendo-se entre 7,1 e 7,8.

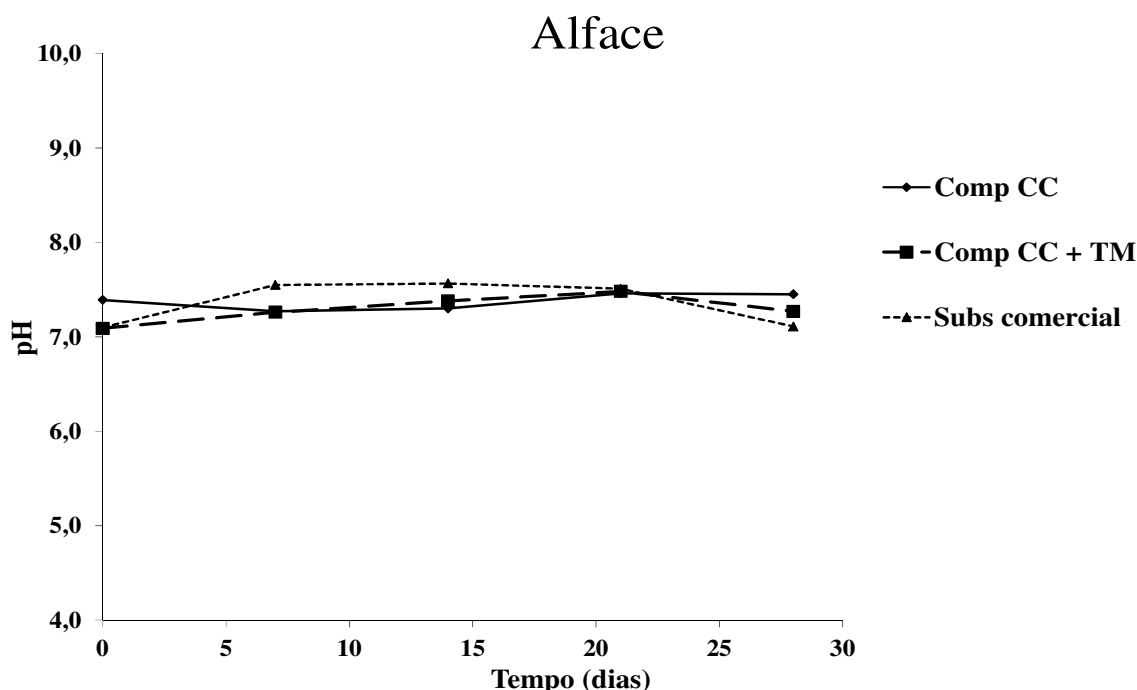


Figura 12. Valores de pH observados em diferentes substratos durante o desenvolvimento de mudas de alface.

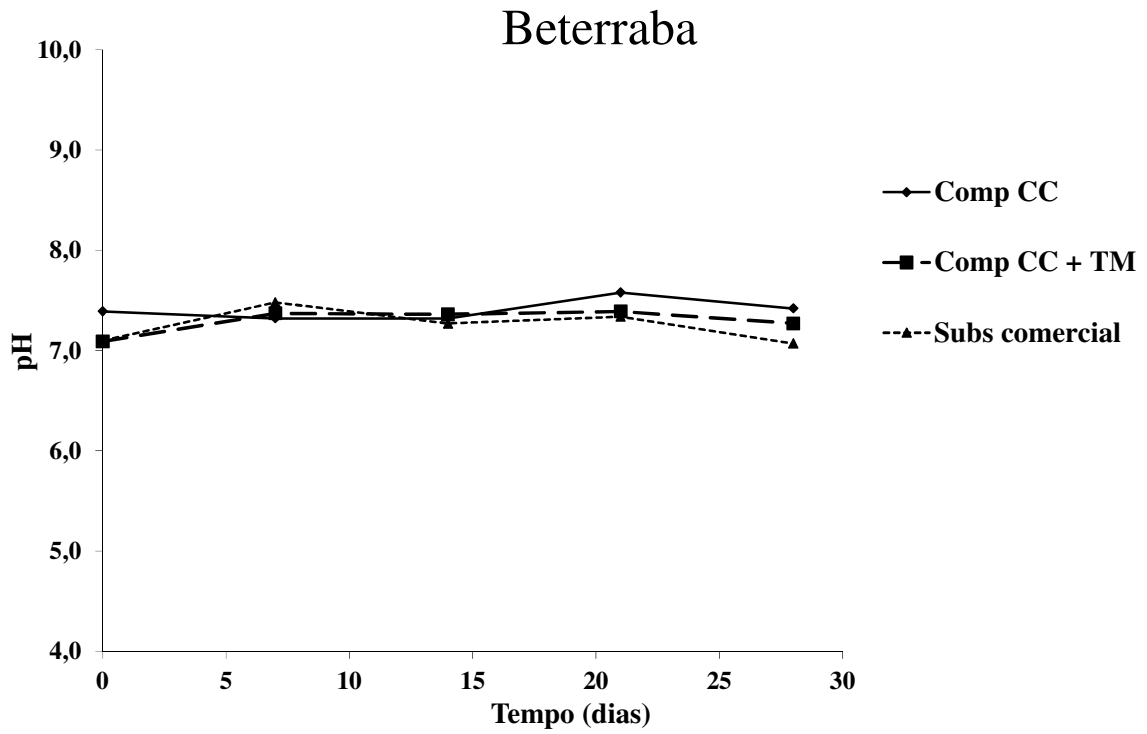


Figura 13. Valores de pH observados em diferentes substratos durante o desenvolvimento de mudas de beterraba.

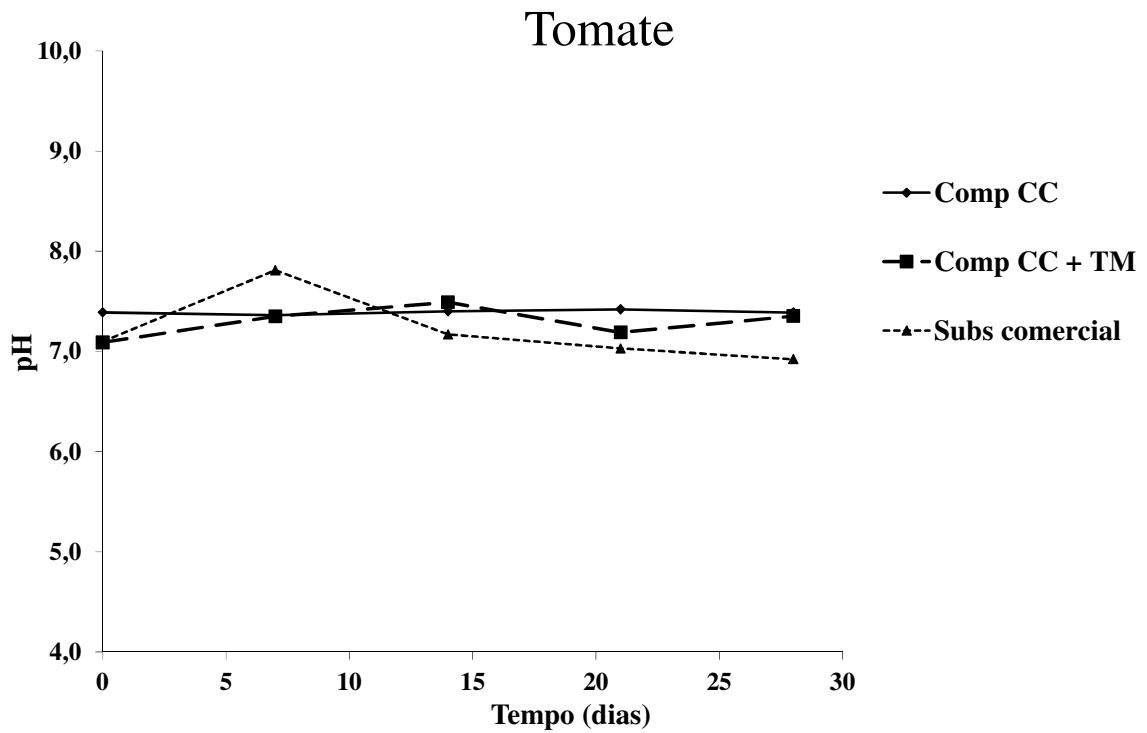


Figura 14. Valores de pH observados em diferentes substratos durante o desenvolvimento de mudas de tomate.

Em relação aos resultados de variação da condutividade elétrica, que estão apresentados nas Figuras 15, 16 e 17, observa-se que ocorreu uma queda acentuada dos valores ao longo do desenvolvimento das mudas, o que normalmente ocorre devido à extração e perdas de nutrientes.

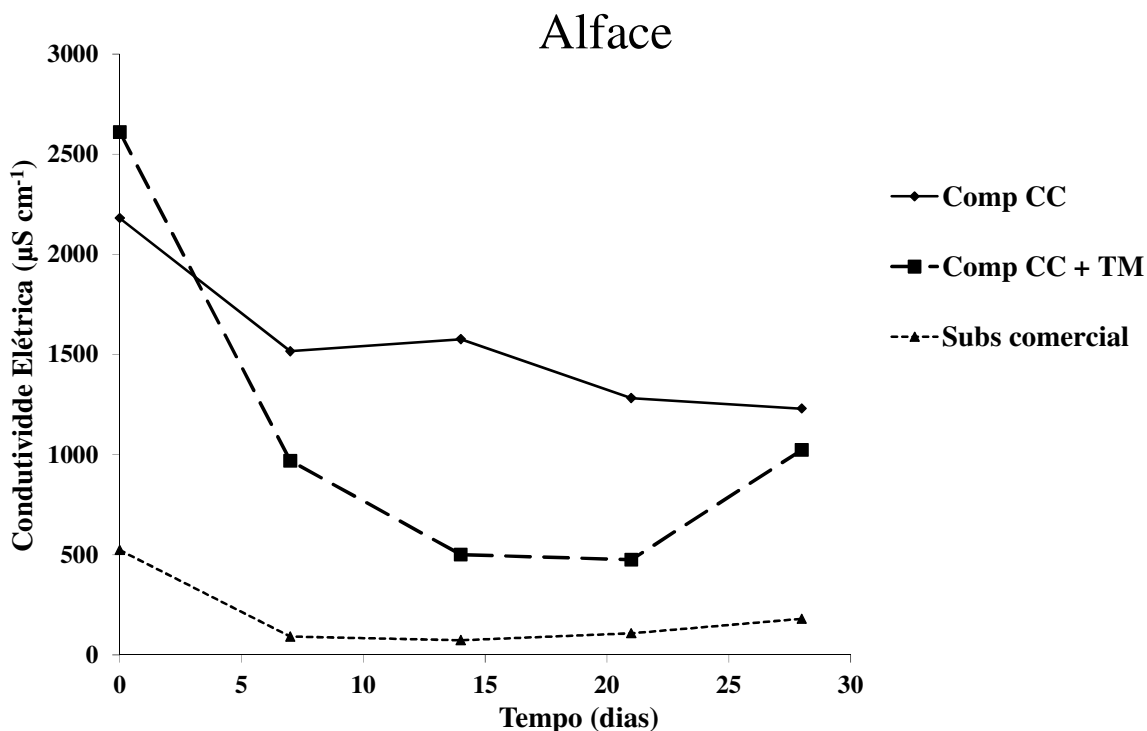


Figura 15. Valores de condutividade elétrica observados em diferentes substratos durante o desenvolvimento de mudas de alface.

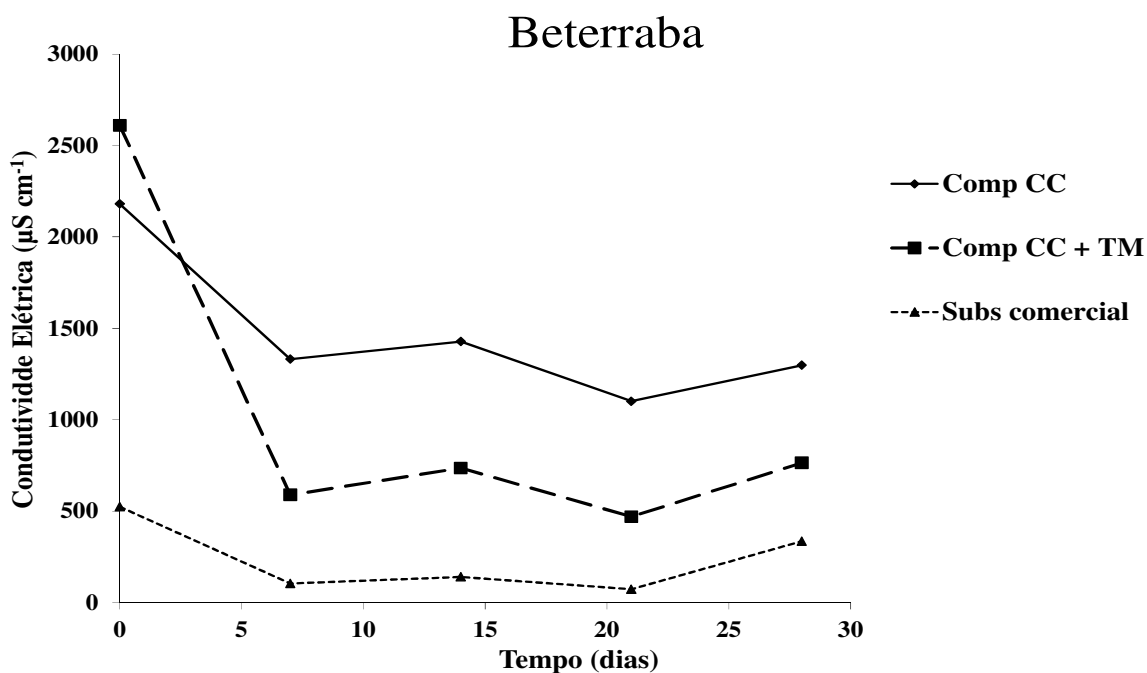


Figura 16. Valores de condutividade elétrica observados em diferentes substratos durante o desenvolvimento de mudas de beterraba.

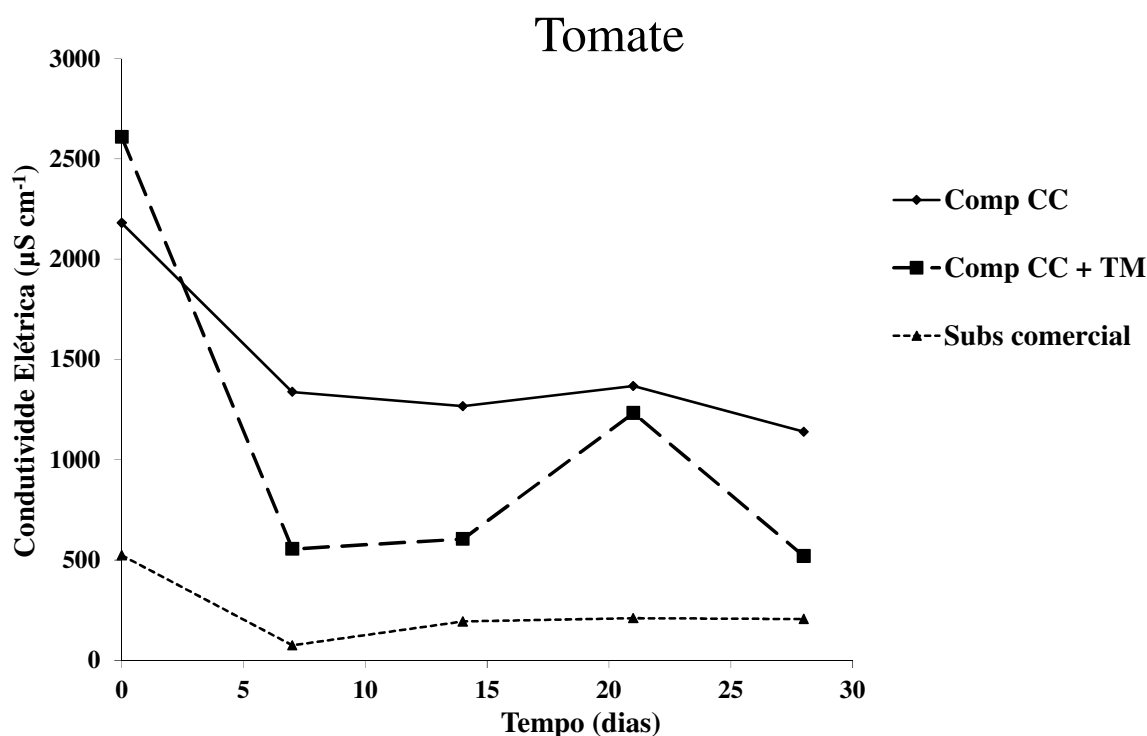


Figura 17. Valores de condutividade elétrica observados em diferentes substratos durante o desenvolvimento de mudas de tomate.

4.3 Experimentos de Produção de Hortaliças

4.3.1 Experimento de alface

Observa-se na Tabela 15 que em relação à produção de massa fresca não houve diferença significativa entre os adubos orgânicos avaliados, apresentando valores entre 262,6 e 256,3 g planta⁻¹, acima do valor obtido na testemunha absoluta (198,8 g planta⁻¹), mas sem que esta diferença seja significativa. Este resultado pode ser atribuído, provavelmente, à elevada fertilidade do solo da área experimental, associado às reduzidas quantidades de adubos orgânicos utilizadas, na ordem de 4,0 mg ha⁻¹ para os compostos orgânicos e 2,0 mg ha⁻¹ para o esterco bovino.

O ciclo curto da cultura da alface também pode ter contribuído para este resultado, pois o curto período de tempo pode ter sido insuficiente para ocorrer a mineralização de quantidades expressivas de nutrientes, principalmente de N, por parte dos adubos orgânicos utilizados. Segundo Smith e Hadley (1989) somente parte do N presente em adubos orgânicos são mineralizados de forma rápida, o restante sofre mineralização lenta e torna-se disponível apenas para as próximas culturas.

Os resultados de diâmetro e de número de folhas não foram consistentes.

Tabela 15. Diâmetro da cabeça, número de folhas e massa fresca de parte aérea de alface adubada com diferentes fertilizantes orgânicos.

Tratamentos	Diâmetro	Número de Folhas	Massa Fresca
	----- cm -----		--- g planta ⁻¹ ---
Composto cama pura	31,6 a	13,5 ab	256,6 A
Composto cama com torta de mamona	26,0 ab	15,3 a	262,5 A
Esterco bovino	25,0 ab	15,3 a	256,3 A
Testemunha sem adubação	23,3 b	13,3 b	198,8 A
CV (%)	11,46	6,77	16,1

Médias seguidas por mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey $p \leq 0,05$.

O tratamento constituído por composto de cama pura apresentou o resultado mais próximo ao encontrado por Rodrigues *et al.* (2009) para a variável diâmetro. Os autores ao avaliarem diferentes coberturas de solo sobre a produtividade da alface produzida organicamente, adubada com composto Bokashi, obtiveram o valor de 32,3 cm para o diâmetro das plantas de alface, cultivadas no período de março/abril de 2006, no município de Pariquera-Açu/SP.

Todos os tratamentos avaliados apresentaram o valor da variável massa fresca muito inferior ao encontrado por Abreu *et al.* (2010), que obtiveram o valor de 350,49 g para esta variável quando da utilização de composto orgânico na adubação, em canteiro cultivados com alface, cv. “Vera”.

Independentemente do tipo de tratamento utilizado, inclusive a testemunha, sem adubação, o valor da variável massa fresca obtido no presente estudo se mostrou superior ao valor encontrado por Oliveira *et al.* (2009), que ao avaliarem o desenvolvimento da alface adubada com composto orgânico e associada à adubação verde com mucuna, obtiveram o resultado de 157 g para o tratamento com mucuna roçada, incorporada ao solo e com levantamento do canteiro, e de 166,75 g para o tratamento com mucuna roçada e não incorporada.

Com relação à variável número de folhas, todos os tratamentos apresentaram resultados superiores aos encontrados por Freitas *et al.* (2009), que obtiveram o número médio de 13,13 folhas, quando as alfaces receberam tratamento constituído por composto orgânico.

4.3.2 Experimento de beterraba

A utilização de composto orgânico (Tabela 16) constituído por cama de pura, proporcionou os maiores resultados para as características número de folhas, massa fresca e diâmetro de raiz, sendo superior aos demais tratamentos, fato este atribuído possivelmente aos teores de N e K fornecidos através do composto orgânico. O tratamento composto de cama com torta de mamona foi superior ao tratamento com esterco bovino para as características número de folhas, massa fresca da raiz e diâmetro de raiz.

Com exceção da característica diâmetro de raiz, não houve diferença significativa do tratamento constituído por esterco bovino em relação à testemunha sem adubação para as demais características avaliadas, fato este atribuído possivelmente ao efeito residual de adubações anteriores, o que contribuiu para alta concentração de nutrientes no solo.

Em relação à característica massa fresca da parte aérea, não houve diferença significativa em nenhum dos tratamentos avaliados.

Tabela 16. Número de folhas, massa fresca de parte aérea, massa fresca da raiz e diâmetro da raiz de beterraba adubada com diferentes fertilizantes orgânicos.

	Nº de folhas	Massa fresca da parte aérea	Massa fresca da raiz	Diâmetro da Raiz
		----- g planta ⁻¹ -----		--- cm ---
Composto cama pura	12,1 a	148,1 a	203,1 A	19,8 a
Composto cama com torta de mamona	11,2 b	138,8 a	157,5 Ab	17,9 ab
Esterco bovino	9,9 c	128,8 a	143,8 B	17,5 b
Testemunha sem adubação	9,8 c	111,3 a	112,5 B	14,8 c
CV (%)	3,89	14,32	17,14	6,12

Médias seguidas por mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey $p \leq 0,05$.

Os resultados obtidos para a variável número de folhas para o tratamento compostagem de cama com torta de mamona corroboram com os resultados encontrados por Leal *et al.* (2009), ao utilizarem o composto de crotalária (com 90 dias de incubação) para a adubação de beterrabas cultivadas em canteiros. Neste mesmo trabalho, os autores obtiveram valores inferiores aos encontrados no presente estudo para variável diâmetro da raiz (6,5 cm).

O composto constituído por cama pura promoveu o maior resultado para variável massa fresca da raiz (203,1 g) entre todos os tratamentos avaliados, sendo o valor obtido superior ao encontrado por Costa *et al.* (2014), que obtiveram o resultado máximo de 175,27 g para esta variável, ao utilizarem composto puro na adubação de canteiros de beterraba.

5 CONCLUSÕES

- Compostos orgânicos formulados à base de cama de cavalo, independente da adição de torta de mamona, alcançaram e mantiveram, por vários dias, temperaturas acima de 55 °C, o que é suficiente para eliminar ervas espontâneas e patógenos.
- A adição de torta de mamona na compostagem de cama de cavalo proporcionou tênues aumentos da temperatura das pilhas, bem como do teor final de N dos compostos, em relação à compostagem de cama de cavalo pura, mas resultou em aumentos consideráveis de emissão de NH₃ e da perda de N ao longo do processo, além de representar um aumento no custo de produção, sendo assim não se justifica a utilização da torta de mamona nas quantidades aqui experimentadas.
- Os compostos de cama de cavalo, independente da adição de torta de mamona, se mostraram eficientes para serem utilizados como substratos na produção orgânica de mudas de alface, beterraba e tomate.
- Adubos orgânicos obtidos a partir da compostagem de cama de cavalo não proporcionaram respostas na produção da alface cultivada em sistema orgânico, mas proporcionaram aumentos na produção de beterraba cultivada em sistema orgânico.
- A compostagem se mostrou um processo eficiente para a obtenção de substratos e fertilizantes orgânicos a partir da cama de cavalo, possibilitando uma destinação ambientalmente correta para este resíduo.

6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABREU, I. M. O.; JUNQUEIRA, A. M. R.; PEIXOTO, J. R.; OLIVEIRA, S. A. Qualidade microbiológica e produtividade de alface sob adubação química e orgânica, **Ciênc. Tecnol. Aliment.**, Campinas, 30(Supl.1): 108-118, 2010.

ABREU, P. G.; DE-PAIVA, D. P.; ABREU, V. M. N.; COLDEBELLA, A.; CESTONARO, T. Casca de arroz e palhada de soja na compostagem de carcaças de frangos de corte, **Acta Scientiarum**. Animal Sciences, Maringá, v. 33, n. 1, p. 51-57, 2011.

ANDREANI JUNIOR, R.; ANDREANI, D. I. K.; LUISONI, E. A.; SILVA, E. G.; GIMENEZ, J. I. Diferentes compostos orgânicos como substratos para produção de mudas de tomate, **Pesquisa em Foco**, v. 19, n.1, p. 42-52, 2011.

ANDREOLI, C.V.; BACKES, S.A.; CHERUBINI, C. Avaliação do processo de compostagem utilizando podas verdes e resíduos do saneamento. Anais **FERTBIO 2002**, Rio de Janeiro, 5 p., 2002.

AUGUSTO, K. V. Z.; LUCAS JR, J.; MIRANDA, A. P. Redução de volume e peso durante a compostagem de dejetos de galinhas poedeiras in: **I Simpósio Internacional sobre Gerenciamento de Resíduos de Animais**, p. 486-491, 2009.

BENITES, V. M.; BEZERRA, F. B.; MOUTA, R. O.; ASSIS, I. R.; SANTOS, R. C.; CONCEIÇÃO, M.; ANDRADE, A. G. Produção de adubos orgânicos a partir da compostagem dos resíduos da manutenção da área gramada do Aeroporto Internacional do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro: **Embrapa Solos**, Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento nº 50, 21 p., 2004.

BRASIL. DECRETO Nº 6.323, de 27 de dezembro de 2007. Regulamenta a Lei no 10.831, de 23 de dezembro de 2003, que dispõe sobre a agricultura orgânica, e dá outras providências. Presidência da República, Brasília/DF, 26 p., 2007.

BRASIL. Gerenciamento de Resíduos Sólidos na Administração Pública, Ministério do Meio Ambiente – MMA, Secretaria de Articulação Institucional e Cidadania Ambiental, 23 p., 2013.

BRASIL. Instrução Normativa Nº 25, de 23 de julho de 2009, aprova as Normas sobre as Especificações e as Garantias, as tolerâncias, o registro, a embalagem e a Rotulagem dos Fertilizantes Orgânicos Simples, Mistos, Compostos, Organominerais e Biofertilizantes destinados à agricultura, Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento, Brasília-DF, 18 p., 2009.

BRASIL. Instrução Normativa Nº 46, de 6 de outubro de 2011, Estabelece o Regulamento Técnico para os Sistemas Orgânicos de Produção, bem como as listas de substâncias e práticas permitidas para uso nos Sistemas Orgânicos de Produção, Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento, Brasília-DF, 46 p., 2011.

BRASIL. Lei Nº 10831, de 23 de dezembro de 2003. Dispõe sobre a agricultura orgânica e dá outras providências. Presidência da República, Brasília/DF, 3 p., 2003.

BRASIL. Manual para Implantação de Compostagem e de Coleta Seletiva no âmbito de consórcios públicos, Ministério do Meio Ambiente – MMA, Secretaria de Recursos Hídricos e Ambiente Urbano, Brasília – DF, 75 p., 2010.

BRITO, L. M.; AMARO, A. L.; MOURÃO, I.; COUTINHO, J. Transformação da matéria orgânica e do nitrogênio durante a compostagem da fração sólida do chorume bovino. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, vol. 32, núm. 5, ps. 1959-1968, 2008.

BRITO, L. M.; MOURÃO, I.; COUTINHO, J. Compostagem de biomassa de acácia com casca de pinheiro, **Revista de Ciências Agrárias**, 37(1): p. 59-68, 2014.

CÂMARA, C. P.; OLIVEIRA FILHO, J. G.; SILVA, E. R.; FALCÃO, H. A. S.; BARRANTES, M. D. T. Avaliação da Temperatura da Biodegradação de Resíduos Orgânicos de Compostagem Realizada no Campus Planaltina do Instituto Federal de Brasília, Brasília: **Editora IFB**, IV Semana de Produção Científica, Caderno de Resumos, p. 111-114, 2014.

CAPORAL, F. R.; COSTABEBER, J. A. Agroecologia: alguns conceitos e princípios, **MDA/SAF/DATER-IIICA**, Brasília/DF, 24 p., 2004.

CHEN, L.; MOORE, A.; HARO-MARTI, M. E. On-Farm Composting Management, Dairy Compost Production and Use in Idaho, University of Idaho, 8 p., 2012.

COCHRAN, B.J.; CARNEY, W. A.; CAFFEY, H. R.; BAGENT, J. L. Basic Principles of Composting, Pub. 2622, 12 p., 1996. Disponível em: <http://seafood.oregonstate.edu/pdf%20Links/Basic-Principles-of-Composting-LSU.pdf>, Acesso em: 07/07/2015.

COOPER, M.; ZANON, A. R.; REIA, M. Y.; MORATO, R. W. Compostagem e Reaproveitamento de Resíduos Orgânicos Agroindustriais: Teórico e Prático, **ESALQ**, Piracicaba, 35 p. 2010.

COOPERBAND, L. The Art and Science of Composting, Center for Integrated Agricultural Systems, University of Wisconsin-Madison, 16 p., 2002.

COSTA, L. A. M.; PEREIRA, D. C.; COSTA, M. S. S. M. Substratos alternativos para produção de repolho e beterraba em consórcio e monocultivo, **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.18, n.2, p.150–156, 2014.

COSTA, M. S. S. M.; COSTA, L. A. M.; SESTAK, M.; OLIBONE, D.; SESTAK, D.; KAUFMANN, A. V.; ROTTA, S. R. Compostagem de resíduos da indústria de desfibração de algodão, Jaboticabal, **Revista Engenharia Agrícola**, v.25, n.2, p.540-548, 2005.

DAMATTO JUNIOR, E. R.; GARCIA, V. A.; FUZITANI, E. J.; NOMURA, E. S.; SILVA, F. A. M.; CAMPOS, H. L. A. Produção de Compostos Orgânicos à Base de Resíduos Gerados no Vale do Ribeira, **Pesquisa & Tecnologia**, vol. 8, n. 61, 7 p., 2011.

DITTRICH, J. R. Equinocultura e saúde ambiental. *Revista Acadêmica de Ciência Equina* v. 01, n. 1, 11 p., 2015.

EMBRAPA Solos. Manual de métodos de análise de solo. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. – 2. ed., rev. atual. – Rio de Janeiro, Documentos nº 1., 212p, 1997.

FERNANDES, F.; SILVA, S. M. C. P. Manual prático para a compostagem de biossólidos. Universidade Estadual de Londrina, Londrina, Paraná, 91 p., 1998.

FERNANDES, R. C. MATEUS, J. S.; LEAL, M. A. A. Utilização de Composto Orgânico com Diferentes Níveis de Enriquecimento, como Substrato para Produção de Mudanças de Alface e Beterraba, **Revista Brasileira de Agroecologia**, Vol. 4, No. 2, 4 p., 2009.

FERREIRA, A. G.; BORBA, S. N. S.; WIZNIEWSKY, J. G. A prática da compostagem para a adubação orgânica pelos agricultores familiares de Santa Rosa/RS in: I Congresso Internacional de Direito Ambiental e Ecologia Política – UFSM, **Revista Eletrônica do Curso de Direito da UFSM**, Edição Especial, v. 8, p. 307-317, 2013. Disponível em: <http://cascavel.ufsm.br/revistas/ojs-2.2.2/index.php/revistadireito/issue/view/448>. Acesso em: 12/01/2015.

FORTES, N. L. P.; EVANGELISTA, F. O.; NETO, P. F. ; SILVA, E. M. A. M.; SILVA, F. C.; BALLESTERO, S. D. Quantificação da liberação de C-Co₂ e relação C/N durante a compostagem de lixo urbano in: The 4th International Congress on University-Industry Cooperation, Taubate/SP, 14 p., 2012.

FRANCELINO, M. R.; REZENDE, E. M. C.; SILVA, L. D. B. Proposta de Metodologia para Zoneamento Ambiental de Plantio de Eucalipto, **Cerne**, Lavras, v. 18, n. 2, 9 p., 2012.

FREITAS, M. E.; BONO, J. A. M.; PEDRINHO, D. R.; CHERMOUTH, K. S.; YAMOMOTO, C. R.; VIDIS, R. Y. Utilização de compostos orgânicos para adubação na cultura da alface, **Agrarian**, v.2, n.3, p.41-52, 2009.

FUJII, K. Y.; DITTRICH, J. R.; CASTRO E. A.; SILVEIRA, E. O. Processos de tratamento de resíduos de coque e a redução ou eliminação de ovos e larvas infectantes do gênero *Strongylus* spp. **Arq. Inst. Biol.**, São Paulo, v.81, n.3, p. 226-231, 6 p., 2014.

FUNARBE - FUNDAÇÃO ARTHUR BERNADES. SAEG Sistema para análises estatísticas. Versão. 9.1 Viçosa-MG, 2007.

FURLAN, F.; COSTA, M. S. S. M.; COSTA, L. A. M.; MARINI, D.; CASTOLDI, G.; SOUZA, J. H.; PIVETTA, L. A.; PIVETTA, L. G. Substratos alternativos para produção de mudas de couve folha em sistema Orgânico, **Revista Brasileira de Agroecologia**, Vol.2, No.2, 4 p., 2007.

GIACOMINI, D. A.; AITA, C.; PUJOL, S. B.; GIACOMINI, S. J.; DONEDA, A.; CANTÚ, R. R.; DESSBESELL, A.; LÜDTKE, R. C.; SILVEIRA, C. A. P. Mitigação das emissões de amônia por zeólitas naturais durante a compostagem de dejetos de suínos, Brasília, **Pesq. Agropec. Bras.**, v.49, n.7, p.521-530, 2014.

GONÇALVES, F. Tratamento de camas de equinos por compostagem e vermicompostagem (Monografia), Universidade Tecnológica Federal do Paraná, 133 p., 2014.

GONÇALVES, L. M.; POGGIANI, F. Substratos para produção de mudas florestais. In: CONGRESSO LATINO AMERICANO DE CIÊNCIA DO SOLO, 13., 1996, Águas de Lindóia, Resumos ... Piracicaba: Sociedade Latino Americana de Ciência do Solo, 1996.

GONÇALVES, M. S.; FACCHI, D. P.; BRANDÃO, M. I.; BAUER, M.; PARIS JUNIOR, O. Produção de mudas de alface e couve utilizando composto proveniente de resíduos agroindustriais, **Revista Brasileira de Agroecologia**, 9(1): 216-224, 2014.

HAAGSMA, J. Pathogenic anaerobic bacteria and the environment, *Rev. Sci. tech. Off. int. Epiz.*, 10 (3), 749-764, 1991.

HECK, K.; DE MARCO, E. G.; HAHN, A. B. B.; KLUGE, M.; SPILKI, F. R.; VAN DER SAND, S. T. Temperatura de degradação de resíduos em processo de compostagem e qualidade microbiológica do composto final, **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.17, n.1, p.54-59, 2013.

HERBERT, S.; HASHEMI, M.; CHICKERING-SEARS, C.; WEIS, S.; MILLER, K.; CARLEVALE, J.; CAMPBELL-NELSON, K.; ZENK, Z. Guide to Agricultural Composting. Division of Agricultural Conservation and Technical Assistance, Massachusetts Department of Agricultural Resources, 29 p., 2011.

HOFFMAN, L. V.; DANTAS, A. C. A.; MEDEIROS, E. P.; SOARES, L. S. Ricina: Um Impasse para Utilização da Torta de Mamona e suas Aplicações, **EMBRAPA ALGODÃO**, Documentos nº 174, Campina Grande, 25 p., 2007.

HOLMER, R. J. Basic Principles for Composting of Biodegradable Household Wastes, Urban Vegetable Gardening Seminar, Sundayag As Amihanang Mindanao Trade Expo. Cagayan de Oro City, Philippines, 13 p., 2002.

INÁCIO, C. T. Compostagem - Curso Prático e Teórico, Rio de Janeiro/RJ, **Embrapa Solos**, Circular Técnica nº 48, 8 p., 2015.

INÁCIO, C. T. Compostagem de restos de alimentos com aparas de grama e esterco de animais: monitoramento do processo, Rio de Janeiro/RJ, **Embrapa Solos**, Circular Técnica nº 46, 7 p., 2010.

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

JAHNEL, M. C.; MELLONI, R.; CARDOSO, E. J. B. N. Maturidade de composto de lixo urbano, Piracicaba, **Scientia Agricola**, vol.56, n.2, 1999.

KHAN, A. Horse Hair And Tetanus: A Case Study, IN: **Journal of Surgery Pakistan (International)**, Vol. 7 (3), p. 52, July - September 2002.

KIEHL, E. J. **Fertilizantes orgânicos**. São Paulo: Agronômica Ceres, 492p, 1985.

LEAL, M. A. A. Produção e eficiência agronômica de compostos obtidos com a palhada de gramínea e leguminosa para o cultivo de hortaliças orgânicas, Tese (Doutorado), Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro. Instituto de Agronomia, 133 p., 2006.

LEAL, M. A. A.; Aquino, A. A.; Fernandes, R. C.; Mateus, J. S. Diferentes níveis de enriquecimento de composto orgânico visando sua utilização como substrato para produção

de mudas de hortaliças, Seropédica: Embrapa Agrobiologia, Boletim de Pesquisa & Desenvolvimento nº 58, 20 p., 2009.

LEAL, M. A. A.; GUERRA, J. M.; ESPINDOLA, J. A. de A.; ARAÚJO, E. da S. Compostagem de misturas de capim-elefante e torta de mamona com diferentes relações C:N. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 17, n. 11, p. 1195–1200, 2013.

LEAL, M. A. A.; SILVA, S. D.; GUERRA, J. G. M.; PEIXOTO, R. T. G. Adubação orgânica de beterraba com composto obtido a partir da mistura de palhada de gramínea e de leguminosa, Seropédica, Embrapa Agrobiologia, Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento 43, 20 p., 2009.

LEAL, M. A. de A.; GUERRA, J. G. M.; PEIXOTO, R. T. dos G.; SANTOS, S. da S. Processo de compostagem a partir da mistura entre capim elefante e crotalária. Seropédica **Embrapa Agrobiologia**, Boletim de pesquisa e desenvolvimento, 77, 23 p., 2011.

LIMA, C. C.; MENDONÇA, E. S.; SILVA, I. R.; SILVA, L. H. M.; ROIG, A. Caracterização química de resíduos da produção de biodiesel compostados com adição mineral, **Revista Brasileira Engenharia Agrícola Ambiental**, v.13, n.3, p.334–340, 2009.

LIMA, G. K. L.; FILHO, J. L.; LINHARES, P. C. F.; MARACAJÁ, P. B.; ANDRADE, W. G. Produção de mudas de alface com composto orgânico misto de três texturas em três tipos de bandejas, Mossoró, **Revista Caatinga**, v.20, n.3, p.160-166, 2007.

LOUREIRO, D. C.; AQUINO, A. M.; DE-POLLI, H.; LEAL, M. A. A.; CARMO, M. V. Produção de mudas de Beterraba e Alface com Resíduos Orgânicos Domésticos, Comunicado Técnico nº 90, **Embrapa Agrobiologia**, Seropédica-RJ, 4 p., 2006.

LOURENÇO, K. S.; CORRÊA, J. C.; HIGARISHI, M.; CHINI, A.; CONCEIÇÃO, V.; Otimização de metodologia para estimar a emissão de amônia no processo de compostagem de dejetos de suínos in: II Simpósio Internacional sobre Gerenciamento de Resíduos Agropecuários e Agroindustriais – II SIGERA, 4 p., 2011.

MAEDA, S.; SILVA, H. D.; MAGALHÃES, W. L. E. Aplicação de Cinza de Biomassa Florestal para Plantio de Pinus taeda em Latossolo e Cambissolo de Pirai do Sul, PR, Colombo, PR, Embrapa Florestas, Comunicado Técnico nº 98, 6 p., 2007.

MAIA, C. M. B. F.; BUDZIAK, C. R.; PAIXÃO, R. E.; MANGRICH, A. S. Compostagem de Resíduos Florestais: um guia para produção de húmus através da reciclagem e aproveitamento de resíduos florestais, Colombo/PR, **Embrapa Florestas**, Documento 87, 28 p., 2003.

MALAVOLTA, E.; PIMENTEL-GOMES, F.; ALCARDE, J. C. Adubos e adubações, Nobel, São Paulo, p. 70, 2002.

MASSUKADO, L. M.; SCHALCH, V. Avaliação da qualidade do composto proveniente da compostagem da fração orgânica dos resíduos sólidos domiciliares. **Revista DAE**, Edição nº: 183, Ano: 2010, Disponível em: <http://revistadae.com.br/site/artigo/1412-Avaliacao-da->

[qualidade-do-composto-proveniente-da-compostagem-da-fracao-organica-dos-residuos-solidos-domiciliares](#). Acesso em: 08/01/2016.

MELO, D. M.; GUSMÃO, S. A. L. Efeitos da adubação com composto orgânico aeróbio e anaeróbio, provenientes de resíduos de feira, na produção de alface cv. verônica. 2013. Disponível em: http://www.abhorticultura.com.br/biblioteca/arquivos/download/biblioteca/46_0783.pdf. Acesso em 20/10/2015.

MELO, L. C. A.; SILVA, C. A.; DIAS, B. O. Caracterização da matriz orgânica de resíduos de origens diversificadas. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.32, p.101-110, 2008.

MINISTÉRIO DA AGRICULTURA, PECUÁRIA E ABASTECIMENTO. INSTRUÇÃO NORMATIVA Nº 17, DE 21 DE MAIO DE 2007. Que dispõe sobre os Métodos Analíticos Oficiais para Análise de Substratos e Condicionadores de Solos, 2007.

MIRANDA, G. R. B.; AVELAR, R. C.; MONTEIRO, J. V.; RIBEIRO, F. L. F.; GONZALEZ, R. G.; FRAGA, A. C.; NETO, P. C.; GUIMARÃES, R. J. Efeito da torta de mamona em relação ao esterco de curral na produção de mudas de cafeeiro (*Coffea Arabica* L.), II Congresso Brasileiro de Plantas Oleaginosas, Óleos, Gorduras e Biodiesel, Varginha MG, 4 p., 2005.

MOENCH, E. A Guide to Good Horsekeeping: Benefits for your horses, your land, and you. Texas Water Resources Institute Publication EM-107, p. 7, 2010.

NOVAES, J.P; MASSUKADO, L.M.; LIMA, R.F.F.; ARAUJO, E.G; COUTO, J.C. Avaliação do processo de compostagem dos resíduos sólidos orgânicos produzidos no Instituto Federal de Brasília – Campus Planaltina, Resumos do VIII Congresso Brasileiro de Agroecologia, Cadernos de Agroecologia, Porto Alegre/RS, Vol. 8, Nº 2, 5 p., 2013.

NUNES, M. U. C. Compostagem de resíduos para produção de adubo orgânico na pequena propriedade, **Embrapa**, Circular Técnica 59, Sergipe, 7 pg., 2009.

OLIVEIRA, A. M. G.; AQUINO, A. M.; NETO, M. T. C. Compostagem Caseira De Lixo Orgânico Doméstico, **Embrapa Mandioca e Fruticultura Tropical**, Circular Técnica 76, Bahia, 6 p., 2005.

OLIVEIRA, E. A. G. Desenvolvimento de substratos orgânicos, com base na vermicompostagem, para produção de mudas de hortaliças em cultivo protegido (Dissertação). Seropédica/RJ, Instituto de Agronomia, UFRRJ, 78 f., 2011.

OLIVEIRA, E. A. G.; RIBEIRO, R. L. D.; GUERRA, J. G. M.; CARVALHO, J. F.; SOUZA, C. G.; SAITER, O. Enriquecimento nutricional com torta de mamona na formulação de substrato orgânico para produção de mudas de berinjela, VII ENSub, Goiânia/Go, 4 p., 2010.

OLIVEIRA, E.A.G.; LEAL, M.A.A.; ROCHA, M.S.; GUERRA, J.G.M.; RIBEIRO, R.L.D. Avaliação da estabilidade de materiais orgânicos por meio de incubação e da captura conjunta das emissões de CO₂ e de NH₃. Seropédica: **Embrapa Agrobiologia**, Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento nº 97, 2014.

OLIVEIRA, F. N. S.; LIMA, H. J. M.; CAJAZEIRA, J. P. Uso da compostagem em sistemas agrícolas orgânicos. **Embrapa Agroindústria Tropical**, Documentos 89, Fortaleza-CE, 17 p., 2004.

OLIVEIRA, L. C.; STANGARLIN, J. R.; LANA, M. C.; SIMON, D.; ZIMMERMANN, A. Adubação Orgânica e Manejo da Adubação Verde Na Cultura Da Alface Em Sistema Orgânico, **Revista Brasileira de Agroecologia**, Vol. 4 No. 2, p. 500-503, 2009.

OLTRAMARI, A. C.; ZOLDAN, P.; ALTMANN, R. Agricultura orgânica em Santa Catarina, **Instituto Cepa/SC**, Florianópolis/SC, 55 p., 2002.

ORMOND, J. G. P.; PAULA, S. R. L.; FILHO, P. F.; ROCHA, L. T. M. Agricultura orgânica: Quando o Passado é Futuro, **BNDES Setorial**, Rio de Janeiro, n. 15, p. 3-34, 2002.

ORRICO JÚNIOR, M. A. P.; ORRICO, A. C. A.; JÚNIOR, J. L. Compostagem dos resíduos da produção avícola: Cama de frangos e carcaças de aves, Jaboticabal, **Revista Engenharia Agrícola**, v.30, n.3, p.538-545, 2010.

ORRICO JUNIOR, M. A. P.; ORRICO, A. C. A.; JUNIOR, J. L.; SAMPAIO, A. A. M.; FERNANDES, A. R. M.; OLIVEIRA, E. A. Compostagem dos dejetos da bovinocultura de corte: influência do período, do genótipo e da dieta, **Revista Brasileira Zootecnia**, v.41, n.5, p.1301-1307, 2012.

ORRICO, A. C. A.; JÚNIOR, J. L.; ORRICO JÚNIOR, M. A. P. Alterações físicas e microbiológicas durante a compostagem dos dejetos de cabras, **Revista Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v.27, n.3, p.764-772, 2007.

PACE, M. G.; MILLER, B. E.; FARRELL-POE, K. L. The Composting Process, Utah State University, 2 p., 1995.

PAUL, J. The Theory and Operation of Composting, Transform Compost Systems, 3 p., 2009.

PEREIRA NETO, J. T. **Manual de Compostagem: Processo de Baixo Custo**, Editora UFV, Viçosa/MG, 81p., 2007.

PEREIRA, D. C.; GRUTZMACHER, P.; BERNARDI, F. H.; MALLMANN, L. S.; COSTA, L. A. M.; COSTA, M. S. S. M. Produção de mudas de almeirão e cultivo no campo, em sistema agroecológico, **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.16, n.10, p.1100–1106, 2012.

PRIMAVESI, A. Revisão do Conceito de agricultura orgânica: Conservação do Solo e seu efeito sobre a Água. **Biológico**, São Paulo, v.65, n.1/2, p.69-73, 2003.

RODRIGUES, D. S.; NOMURA, E. S.; GARCIA, V. A. Coberturas de solo afetando a produção de alface em sistema orgânico, **Revista Ceres**, 56(3): 332-335, 2009.

SAMINÊZ, T. C. O.; DIAS, R. P.; NOBRE, F. G. A.; MATTAR, R. G. H.; GONÇALVES, J. R. A. Princípios Norteadores da Produção Orgânica de Hortaliças, Brasília/DF, **Embrapa Hortaliças**, Circular Técnica N° 67, 8 p., 2008.

SARTORI, V. C.; RIBEIRO, R. T. S.; PAULETTI, G. F.; PANSERA, M. R.; RUPP, L. C. D.; VENTURIN, L.; RIBEIRO, T. S. Cartilha para Agricultores: COMPOSTAGEM; Produção de fertilizantes a partir de resíduos orgânicos, Universidade de Caxias do Sul, 16 p., 2012.

SEEFELDT, S. Composting in Alaska, University of Alaska Fairbanks Cooperative Extension Service, 12 p., 2015.

SEVERINO, L. S.; VIEIRA TAVARES, M. J. V.; NASCIMENTO, J. J. V. R.; FERREIRA, G. B.; SOFIATTI, V. Toxidez Causada pelo Excesso de Torta de Mamona como Fertilizante Orgânico, **Embrapa Algodão**, Comunicado Técnico nº 341, Campina Grande/PB, 4 p., 2007. SEYEDBAGHERI, MIR-M. Compost: Production, Quality, and Use in Commercial Agriculture, University of Idaho, 7 p., 2010.

SHERMAN, R. LARGE-SCALE Organic Materials Composting, North Carolina Cooperative Extension Service, EUA, 16 p., 1999.

SILVA, F. A. M.; GUERRERO LOPEZ, F.; VILLAS BOAS, R. L.; SILVA, R. B. Transformação da matéria orgânica em substâncias húmicas durante a compostagem de resíduos vegetais, **Revista Brasileira de Agroecologia**, 4(1):59-66, 2009.

SILVA, F. C. (org.). Manual de análises químicas de solos, plantas e fertilizantes. Brasília: **Embrapa Comunicação para Transferência de Tecnologia**, 2.ed., 627 p., 2009.

SILVA, M. S. L.; SILVA, A. A. F.; GOMES, T. C. A.; GAVA, C. A. T.; SILVA, D. J.; MENDES, A. M. S.; CUNHA, T. J. F. Alternativas de insumos para manejo em sistemas agrícolas de base ecológica, Circular Técnica nº 40, **Embrapa Solos** UEP Nordeste, Recife/PE, 2008. Disponível em: <https://www.embrapa.br/semiárido/busca-de-publicacoes/-/publicacao/660200/alternativas-de-insumos-para-manejo-em-sistemas-agricolas-de-base-ecologica>. Acesso em 30/06/2015.

SILVA, P. S.; SOUZA, R. B.; JASSE, M. E. C.; GUEDES, I. M. R.; GOBBI, S. J.; REZENDE, F. V.; LUZ, M. Produção de mudas orgânicas de alface americana em substratos a base de fibra de coco verde, **Horticultura Brasileira**, v. 27, nº 2, 5 p., 2009.

SMITH, S. R.; HADLEY, P. A comparison of organic and inorganic nitrogen fertilizers: their nitrate-N and ammonium-N release characteristics and effects on the growth response of lettuce (*Lactuca sativa* L. cv. Fortune). *Plant and Soil*, v. 115, n. 1, p. 135-144, 1989.

SOUZA, E. G. F.; JÚNIOR, A. P. B.; SILVEIRA, L. M.; CALADO, T. B.; SOBREIRA, A. M. Produção de mudas de alface babá de verão com substratos à base de esterco ovino, Mossoró, **Revista Caatinga**, v. 26, n. 4, p. 63- 68, 2013.

SOUZA, E. G. F.; JÚNIOR, A. P. B.; SILVEIRA, L. M.; CALADO, T. B.; SOBREIRA, A. M. Produção de mudas de alface babá de verão com substratos à base de esterco ovino, Mossoró, **Revista Caatinga**, v. 26, n. 4, p. 63 – 68, 2013.

SOUZA, F. A.; AQUINO, A. M.; RICCI, M. S. F. FEIDEN, A. Compostagem, Circular Técnica nº 50, **Embrapa Agrobiologia**, Seropédica/RJ, 11 p., 2001.

SOUZA, L. G. E. Diversidade e Estrutura de Palmeiras em um Fragmento de Mata Atlântica, RJ (Monografia), Seropédica/RJ, Instituto de Florestas, **UFRRJ**, 28 p., 2010.

SOUZA, R. B.; ALCÂNTARA, F. A. Adubação no sistema orgânico de produção de hortaliças, **Embrapa Hortaliças**, Circular Técnica nº 65, Brasília/DF, 8 p., 2008.

SPIASSI, A.; RUBIO, F.; KOELLN, F. T. S.; BENATTO-JUNIOR, J. C.; COSTA, L. A. M.; COSTA, M. S. S. M.; PAZ, J. C. S. Desenvolvimento de Mudanças de Beterraba em Diferentes Substratos Orgânicos, Curitiba/PR, VI Congresso Brasileiro de Agroecologia, II Congresso Latino Americano de Agroecologia, p. 00591-00595, 2009.

STEFFEN, G. P. K.; ANTONIOLLI, Z. I.; STEFFEN, R. B.; BELLÉ, R. Húmus de esterco bovino e casca de arroz carbonizada como substratos para a produção de mudas de boca-de-leão, **Acta Zoológica Mexicana** (n.s.) Número Especial , p: 345-357, 2010.

SWEETEN, J. M.; AUVERMANN, B. W. Composting Manure and Sludge, AgriLife Communications and Marketing, The Texas A&M University System, 7 p., 2008.

TEIXEIRA, L. B.; GERMANO, V. L. C.; OLIVEIRA, R. F.; JÚNIOR, J. F. Processo de Compostagem a Partir de Lixo Orgânico Urbano e Caroço de Açaí, **EMBRAPA**, Circular Técnica 29, Pará, 8 p., 2002.

TOLEDO, F. H. S. F.; VENTURIN, N.; MACEDO, R. L. G.; DIAS, B. A. S.; SILVA, I. M. M.; NEVES, Y. Y. B.; NASCIMENTO, G. O.; CARLOS, L. Influência da qualidade química do substrato no teor de nutrientes em folhas de mudas de eucalipto, Santa Maria-RS, **Ecologia e Nutrição Florestal**, v.1, n.2, p.89-96, 2013.

TRANI, P. E.; TERRA, M. M.; TECCHIO, M. A.; TEIXEIRA, L. A. J.; HANASIRO, J. Adubação Orgânica de Hortaliças e Frutíferas, **Instituto Agrônomo de Campinas**, Campinas SP, 16 p., 2013.

UNITED STATES ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY (USEPA), Biosolids Technology Fact Sheet In-Vessel Composting of Biosolids, Washington, D.C., 9 p., 2000.

UNITED STATES ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY (USEPA). Environmental indicators of quality in the United States, 1996. EPA 841-R-96-002 IN ORRICO, A. C. A.; JÚNIOR, J. L.; ORRICO JÚNIOR, M. A. P. Alterações físicas e microbiológicas durante a compostagem dos dejetos de cabras, **Revista Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v.27, n.3, p.764-772, 2007.

VALENTE, B. S.; XAVIER, E. G.; MANZKE, N. E.; MORAES, P. O.; BÜTTOW ROLL, V. F. Compostagem da mistura de Carcaças de frangos de corte e Cama de aviário, **Revista Varia Scientia Agrárias**, v. 02, n.02, p. 135-152, 2011.

VALLENGE CONSULTORIA, PROJETOS E OBRAS LTDA. Elaboração do Plano Regional de Saneamento com Base Municipalizada nas Modalidades Água, Esgoto e Drenagem Urbana dos Municípios inseridos na Bacia Hidrográfica do Rio Paraíba do Sul, na Região do Médio Paraíba, Vassouras/RJ, 76 p., 2013.

WEINÄRTNER, M. A.; SCHIAVON ALDRIGHI, C. F.; MEDEIROS, C. A. B. Adubação Orgânica, Práticas Agroecológicas, **Embrapa Clima Temperado**, Pelotas/RS, 1ª edição, 20 p., 2006.