

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

DISSERTAÇÃO

**Obtenção de Substratos Orgânicos para Mudas de
Espécies Florestais a partir da Compostagem de Capim-
Elefante e Torta de Mamona**

Maíra Jardineiro Morokawa

2017



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

**OBTENÇÃO DE SUBSTRATOS ORGÂNICOS PARA MUDAS DE
ESPÉCIES FLORESTAIS A PARTIR DA COMPOSTAGEM DE CAPIM-
ELEFANTE E TORTA DE MAMONA**

MAÍRA JARDINEIRO MOROKAWA

*Sob a Orientação do Pesquisador
Dr. Marco Antônio de Almeida Leal*

Dissertação submetida como requisito parcial para obtenção do grau de **Mestre em Ciências**, no Curso de Pós-Graduação em Agricultura Orgânica.

Seropédica, RJ
Março de 2017

Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro
Biblioteca Central / Seção de Processamento Técnico

Ficha catalográfica elaborada
com os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

M867o Morokawa, Maíra Jardineiro, 1977-
Obtenção de substratos orgânicos para mudas de espécies florestais a partir da compostagem de capim elefante e torta de mamona / Maíra Jardineiro Morokawa. - 2017.
42 f.

Orientador: Marco Antonio de Almeida Leal.
Dissertação (Mestrado). -- Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Pós-graduação em Agricultura Orgânica, 2017.

1. Adubos e fertilizantes orgânicos - Teses.. 2. Produção de mudas florestais - Teses. 3. Compostagem - Teses. 4. Torta de mamona - Teses. I. Leal, Marco Antonio de Almeida, 1966-, orient. II Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro. Pós-graduação em Agricultura Orgânica III. Título.

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

MAÍRA JARDINEIRO MOROKAWA

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

DISSERTAÇÃO APROVADA EM 23/03/2017.

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

André Felipe Nunes-Freitas (Dr.)
UFRRJ

Alexander Silva de Resende (Dr.)
Embrapa Agrobiologia

Agradecimentos

Agradeço ao curso de Pós-graduação em Agricultura Orgânica-PPGAO a troca de experiências entre os colegas e professores, agradeço também ao caráter inovador do curso, que além de matérias teóricas pode proporcionar visitas técnicas a produtores que estão buscando uma nova maneira de cultivar o solo.

Agradeço ao meu orientador, que sempre prontamente me auxiliou neste trabalho, com paciência, dedicação, incentivo e competência.

Ao pessoal do laboratório da Embrapa, especialmente a Milena, pela ajuda com as análises de laboratório, ao meu amigo André pela ajuda no inglês, a minha amiga Isabel e Ângelo pela acolhida em suas residências, ao Toki pela força nas correções finais.

Agradeço também a minha família, que me apoiou nesta caminhada e agora ao novo membro recém-chegado, meu filho Noé.

“Para fazer um pêsego, é preciso um inverno, um verão, um outono e uma abelha, muitas noites e muitos dias, sol e chuva, pétalas rosadas com pólen, tudo para que tua boca possa conhecer uns minutos de prazer”.

Minou Druoet

RESUMO

MOROKAWA, Maíra Jardineiro. “Obtenção de substratos orgânicos para mudas de espécies florestais a partir da compostagem de capim-elefante e torta de mamona”. Dissertação (Mestrado em Agricultura Orgânica). Instituto de Agronomia, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica-RJ, 2017.

Uma das maiores dificuldades dos produtores orgânicos é obter substratos apropriados para este sistema. Visando obter substrato para um sistema de produção orgânico, este trabalho foi realizado utilizando composto obtido por meio da mistura de capim-elefante (*Pennisetum purpureum* Schum.) com torta de mamona (*Ricinus communis* L.), que são produtos de baixo custo, fácil obtenção e cuja utilização é permitida em sistemas orgânicos. A torta de mamona foi misturada ao capim-elefante na proporção de 1,0%, com base no volume. Inicialmente, foram avaliadas diversas características ao longo e ao final do processo de compostagem, além da avaliação do custo de produção do composto orgânico. Em outro experimento, substratos obtidos com a mistura do composto orgânico com terra em diferentes proporções e um substrato comercial como testemunha foram utilizados na produção de mudas das espécies florestais Pau-viola (*Citharexylum myrianthum* Cham.) e Paineira (*Ceiba speciosa* (St.-Hill.) Ravenna). As variáveis avaliadas foram altura das mudas e massas frescas da parte aérea e das raízes. Observou-se que ao longo do processo de compostagem ocorreu redução de 67,2% da massa e de 72,5% do volume do composto, mas as perdas de nutrientes foram pequenas, com exceção do K. O composto obtido apresentou elevado teor de N (31,6 g kg⁻¹), além de outras características que demonstram o seu grande potencial para utilização agrícola. Os substratos que proporcionaram o maior desenvolvimento das mudas das duas espécies avaliadas foram a mistura de 75% composto com 25% terra e o substrato comercial, sendo que a utilização do substrato formulado com composto orgânico proporciona uma redução de 94% do custo em relação ao substrato comercial.

Palavras-chaves: Reflorestamento, produção de mudas, matéria orgânica.

SUMMARY

MOROKAWA, Maíra Jardineiro. "**Obtaining organic substrates for seedlings of tree species using elephant grass and castor bean cake**". Dissertation (Master's Degree in Organic Agriculture). Instituto de Agronomia, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica-RJ, 2017.

One of the greatest difficulties for organic producers is to obtain suitable substrates for their crops. In order to obtain substrate for an organic production system, this work was carried out using the organic compost obtained by mixing elephant grass (*Pennisetum purpureum* Schum.) with castor bean cake (*Ricinus communis* L.), which are low cost products, easy to obtain and whose use is allowed in organic systems. Castor bean cake was mixed with elephant grass at the rate of 1.0%, based on volume. Initially, several characteristics were evaluated throughout and at the end of the composting process, besides the evaluation of the production cost of the organic compost. In another experiment, substrates obtained mixing the organic compost with soil in different proportions were used in the production of seedlings of the tree species Pau-viola (*Citharexylum myrianthum* Cham.) and Paineira (*Ceiba speciosa* (St.-Hill.) Ravenna). The commercial substrate Mec Plant© was employed as a control. Was evaluated variation in seedling height and fresh mass of aerial parts and roots. Was observed a reduction of 67.2% of the mass and of 72.5% of the volume of the compost during the composting process, but nutrient losses were small, except for K. The compost obtained had a high N content (31.6 g kg⁻¹), as well as other characteristics that demonstrate its great potential for agricultural use. Substrates that provided greater development of the seedlings of the two species evaluated were the mixture of 75% compost with 25% soil and the commercial substrate. In relation to the commercial substrate, the obtained compost presented a reduction of 94% of cost.

Key words: Reforestation, seedling production, organic matter.

LISTA DE FIGURAS

- Figura 1-** Viveiro Pedra Selada (Resende-RJ), com canteiro de mudas florestais.....8
- Figura 2-** Temperaturas do ambiente e da leira observadas durante a compostagem da mistura de capim-elefante e torta de mamona. Média de três repetições \pm erro padrão.....12
- Figura 3-** Valores de pH observados durante a compostagem da mistura de capim-elefante e torta de mamona. Média de três repetições \pm erro padrão.....13
- Figura 4-** Valores de condutividade elétrica observados durante a compostagem da mistura de capim-elefante e torta de mamona. Média de três repetições \pm erro padrão.....14
- Figura 5-** Valores de densidade observados durante a compostagem da mistura de capim-elefante e torta de mamona. Média de três repetições \pm erro padrão.....14
- Figura 6-** Teores de N observados durante a compostagem da mistura de capim-elefante e torta de mamona. Média de três repetições \pm erro padrão.....15
- Figura 7-** Emissão de CO₂ observada durante a compostagem da mistura de capim-elefante e torta de mamona. Média de três repetições \pm erro padrão.....16
- Figura 8-** Emissão de NH₃ observada durante a compostagem da mistura de capim-elefante e torta de mamona. Média de três repetições \pm erro padrão.....16
- Figura 9-** Foto do composto aos 50 dias de compostagem.....18

LISTA DE TABELAS

- Tabela 1-** Teores de N, Ca, Mg, P e K da torta de mamona e do capim-elefante.....09
- Tabela 2-** Características observadas após 120 dias de incubação de leira de composto de capim-elefante misturado com torta de mamona (média de três repetições \pm erro padrão).....17
- Tabela 3-** Custos de mão de obra e de insumos necessários para a produção de 1,0 hectare de capim-elefante, com rendimento de 20 Mg de massa seca.....18
- Tabela 4-** Custos de mão de obra e de insumos necessários para a compostagem de 10 m³ da mistura de capim-elefante com torta de mamona.....19
- Tabela 5-** Valores de pH, condutividade elétrica (CE), teores totais de carbono e de N, e relação C/N observados nos substratos utilizados nos experimentos com mudas de espécies arbóreas.....21
- Tabela 6-** Teores totais N, Ca, Mg, P e K dos substratos utilizados nos experimentos com mudas de espécies arbóreas.....21
- Tabela 7-** Teores disponíveis de N, Ca, Mg, P e K dos substratos utilizados nos experimentos com mudas de espécies arbóreas.....22
- Tabela 8-** Proporção (%) dos teores disponíveis de N, Ca, Mg, P e K em relação aos teores totais, dos substratos utilizados nos experimentos com mudas de espécies arbóreas.....22
- Tabela 9-** Valores de densidade aparente, densidade da partícula, porosidade total, microporosidade e macroporosidade dos substratos utilizados nos experimentos com mudas de espécies arbóreas.....23
- Tabela 10-** Altura média (\pm 1 dp) aos 30, 90 e 120 dias após a semeadura e massa fresca de parte aérea e de raiz média (\pm 1 dp) aos 120 dias após a semeadura em mudas de paineira desenvolvidas em substratos com diferentes composições.....23
- Tabela 11-** Altura média (\pm 1 dp) aos 30, 60 e 90 dias após a semeadura e massa fresca de parte aérea e de raiz média (\pm 1 dp) aos 90 dias após a semeadura em mudas de pau-viola desenvolvidas em substratos com diferentes composições.....24

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	1
2 REVISÃO DE LITERATURA	3
2.1 Produção de Mudanças Florestais no Estado do Rio de Janeiro.....	3
2.2 Substrato	4
2.2.1 Características físicas dos substratos	5
2.2.2 Características químicas dos substratos.....	5
2.3 Compostagem	6
2.4 Capim-elefante.....	7
2.5 Torta-de-mamona.....	9
2.6 Análise de Custos.....	9
3 MATERIAIS E MÉTODOS.....	10
3.1 Experimento de Compostagem.....	9
3.1.1 Caracterização do processo de compostagem.....	11
3.1.2 Análise de custos da produção do composto orgânico.....	13
3.2 Experimento de Produção de Mudanças de Espécies Arbóreas.....	14
3.2.1 Avaliações de características dos substratos.....	14
3.2.2 Avaliações de características das mudas.....	15
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO	16
4.1 Avaliação do Processo de Compostagem.....	16
4.2 Análise de Custos da Produção e da Utilização do Composto Orgânico Obtido.....	23
4.3 Mudanças de Espécies Arbóreas.....	26
4.3.1 Caracterização dos substratos.....	26
4.3.2 Avaliação das mudas.....	30
5 CONCLUSÃO.....	32
6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	33

1 INTRODUÇÃO

Atualmente, os produtores familiares no estado do Rio de Janeiro encontram-se descapitalizados e sem acesso à tecnologia atualizada. Estes produtores permaneceram exercendo atividades tradicionais, como a pecuária extensiva de leite, geralmente realizada sem o manejo adequado, o que proporciona reduzido retorno econômico e resulta em degradação ambiental. Além da atividade pecuária extensiva, em algumas regiões do estado predomina o modelo de agricultura convencional de produção de hortaliças, que faz uso intensivo do solo e de insumos, causando fortes impactos negativos ao ambiente.

Buscando alternativas para essa realidade, ocorreu o crescimento da agricultura orgânica, que tem como um de seus princípios a sustentabilidade, procurando utilizar insumos que estejam disponíveis localmente. Ainda buscando a adequação ambiental das propriedades, com a revegetação de suas áreas de preservação permanente (APP's) e reserva legal, a produção de mudas de espécies florestais é, atualmente, muito demandada. A diversificação da produção, com atividades como horticultura e produção de mudas, pode ser uma forma de viabilizar economicamente a produção de base familiar.

A região de Visconde de Mauá pertence ao município de Resende (RJ), localizada na Serra da Mantiqueira, possui uma grande atividade turística e também uma zona rural onde predomina a atividade de pecuária extensiva leiteira. O relevo acidentado ajudou a preservar parte da região, que ainda possui grandes remanescentes florestais. O clima ameno e a grande disponibilidade de água favorecem o desenvolvimento de atividades como a produção de hortaliças e a fruticultura.

O Viveiro Pedra Selada é uma propriedade particular de produção de mudas que iniciou suas atividades em novembro de 2009. Atualmente produz cerca de cinquenta espécies de mudas nativas e tem capacidade para produção de 50.000 mudas/ano, e está devidamente registrado no RENASEM (Registro Nacional de Sementes e Mudanças), exigido pelo MAPA (Ministério da Agricultura e Pecuária). Visando aproveitar a grande atividade turística da região, esta unidade de produção pretende ampliar suas atividades, com a produção de hortaliças orgânicas.

O esterco bovino é muito utilizado na formulação dos substratos para produção de mudas e também como fertilizante para produção de hortaliças. No entanto, nem sempre tem um preço acessível para o produtor rural familiar que não possui criação animal na sua propriedade. A compostagem de matérias-primas localmente disponíveis é uma alternativa para reduzir custos e a dependência por insumos externos. Recentes trabalhos têm demonstrado a viabilidade da utilização de matérias-primas de origem exclusivamente vegetal, como a mistura de gramíneas com as leguminosas *Gliricídia* ou *Crotalária*, ou com a torta de mamona.

O capim-elefante, também conhecido como capim-napier ou erva-elefante, é uma planta da família das *Poacea*, originada da África, que possui diversas variedades. Foi introduzida no Brasil para fins forrageiros devido ao seu rápido crescimento e multiplicação. Possui alta produção de biomassa vegetal, apresentando uma produção média de biomassa seca de 40 Mg ha⁻¹ ano⁻¹. Muitas propriedades na região cultivam este capim, pois ele também serve para corte, forragem e silagem para os animais.

A torta de mamona é um coproduto do processo de extração do óleo da mamona (*Ricinus communis* L.). A mamona é uma oleaginosa com grande potencial de produção de biodiesel e seu farelo pode ser utilizado na produção de composto orgânico, devido ao seu elevado teor de N, quando comparado a outras fontes de N, como o esterco bovino.

Neste trabalho, buscou-se avaliar a viabilidade técnica e econômica da produção de substrato orgânico de origem vegetal por meio da compostagem de capim-elefante misturado com torta de mamona, dois produtos de fácil obtenção em área rural. Este composto foi

testado, misturado com terra em diversas proporções, visando à formulação de substrato destinado a produção de mudas de espécies florestais. O desenvolvimento de tecnologias adaptadas às condições locais pode servir de modelo para outras propriedades rurais da mesma região.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Produção de Mudanças Florestais no Estado do Rio de Janeiro

A necessidade de produção de mudas de espécies florestais nativas está em expansão devido à demanda na área de adequação ambiental das propriedades agrícolas, compensação ambiental de complexos industriais, e obras públicas. A formação de mudas florestais de boa qualidade envolve os sistema radicular e parte aérea, que estão diretamente relacionados com características que definem o nível de eficiência dos substratos, tais como: aeração, drenagem, retenção de água e disponibilidade balanceada de nutrientes (GONÇALVES e POGGIANI, 1996).

No Diagnóstico de Produção de Mudanças de Espécies Nativas, trabalho publicado pela Secretaria do Estado de Meio Ambiente em 2010 (SEA, 2010), foram levantados 80 viveiros no estado do Rio de Janeiro, dentre os quais foram selecionados 70, utilizando como critério a produção contínua. Em relação ao uso de substrato para a produção de mudas, 90% utilizavam matéria orgânica, 81% utilizavam argila, 22% utilizavam areia lavada, 15% utilizavam areiola e 14% utilizavam outros materiais. Dentre as fontes de matéria orgânica, o esterco bovino é o mais frequente, sendo utilizado em 40 viveiros (57% do total), na maior parte dos casos, oriundo de fazendas nos arredores dos viveiros, ou produzido na mesma propriedade.

Independente da finalidade à que se destinará a muda, seja ela para a composição de plantios comerciais, recuperação de áreas degradadas ou outros fins, a adoção de padrões técnicos e procedimentos adequados na composição dos substratos poderão melhorar a qualidade das mudas produzidas resultando em plantas mais uniformes, vigorosas, de maior pegamento e, portanto, mais resistentes às adversidades ambientais após o plantio. (CALDEIRA, 2012). Dentro deste contexto, são muito utilizadas as espécies Pau-viola (*Cytherexylum myrianthum* Cham) e Paineira (*Ceiba speciosa* A.St.-Hil. Ravenna).

O Pau-viola é conhecido popularmente como Tucaneira, Jacareúba, Pombeiro ou Tarumã. Atinge 28 metros de altura e possui um tronco que chega a 60 cm de diâmetro. Apresenta folhas simples, subcoriáceas, variando de 10 a 20 cm de comprimento. Os frutos são muito procurados por várias espécies de pássaros. As flores são melíferas e as árvores tolerantes a áreas abertas, úteis para plantios mistos de reflorestamentos de áreas degradadas ou de preservação permanente (LORENZI, 2000).

A Paineira é uma árvore nativa, de até 30 metros de altura, tronco cinzento-esverdeado e fortes acúleos rombudos, muito afiados nos ramos mais jovens. Por terem crescimento rápido, são bastante populares na recuperação de áreas degradadas (LORENZI, 2000).

Em estudo sobre o desenvolvimento das espécies *Cytherexylum myrianthum* Cham (Pau-viola), durante o cultivo por seis meses, Croce (2005) encontrou diferentes respostas entre as espécies em relação aos substratos. O Pau-viola se desenvolveu melhor em solo submetido ao manejo biodinâmico do que no solo submetido ao manejo orgânico, e melhor em solo submetido ao manejo orgânico do que solo adubado com NPK. Isto corrobora a ideia de que existem casos em que um substrato é adequado para uma espécie, mas ineficiente para outra (GOH e HAYNES, 1997).

2.2 Substrato

As análises e caracterizações dos substratos se justificam pela necessidade de agricultores terem um padrão de qualidade para que ocorra um bom desenvolvimento das mudas, evitando riscos na produção.

Substrato é definido como o meio onde se desenvolvem as plantas cultivadas na ausência de solo (KÄMPF, 2000). O substrato também tem que fornecer as quantidades adequadas de ar, água e nutrientes. São classificados de acordo com o material de origem:

vegetal (tortas, fibras de coco, xaxim, cascas), mineral (vermiculita, areia, calcário) e sintética (espuma fenólica, lã de rocha e isopor).

Devido à diversidade de culturas que utilizam substrato, como por exemplo, horticultura, floricultura e produção de plantas ornamentais, diversos são os materiais utilizados para sua composição. Vários estudos têm sido realizados avaliando os substratos de diferentes proveniências, como resíduos agroflorestais na Amazônia por Soares et al. (2014); substratos comerciais com turfa e vermiculita (BOSA et al., 2003; FERRAZ et al., 2005), casca de arroz carbonizada misturada com biossólido ou lodo de esgoto (KRATZ et al., 2003; GUERRINI e TRIGUEIRO, 2004). Cada matéria-prima ou mistura de materiais confere uma característica ao substrato. A casca de arroz e a fibra de coco conferem ao substrato boa macroporosidade, sendo vantajoso para a aeração do ambiente radicular, mas tem como desvantagem a rápida drenagem de água, devido ao menor número de microporos. O lodo de esgoto tem maior teor de matéria orgânica quando comparado aos materiais anteriores (KRATZ, 2013), além disso, em alguns trabalhos é observado alto teor de salinidade (GUERRINI e TRIGUEIRO, 2004).

O cultivo em substratos passa por algumas etapas. Inicialmente, deve ser feita a caracterização do material, determinando-se suas propriedades físicas, químicas e biológicas; depois, a comparação dessas propriedades com as de um substrato considerado ideal, e, por fim, considerar ensaios de crescimento vegetal (ABAD et al., 1993).

2.2.1 Características físicas dos substratos

Dentre as características físicas importantes para avaliação da qualidade dos substratos, destaca-se densidade, porosidade total, espaço de aeração e retenção de água. Preferencialmente, um substrato hortícola deve apresentar elevado espaço de aeração e elevada capacidade de retenção de água. O método mais difundido para a avaliação da distribuição volumétrica de ar e água nos substratos agrícolas é o desenvolvido por De Boodt & Verdonck (1972).

O volume de água retido no substrato na tensão de 0 hPa define a porosidade total (PT) do substrato. A tensão de 10 hPa determina o volume de ar presente no substrato após cessar a livre drenagem. Assim, a diferença entre a PT do substrato e o volume de água retida a 10 hPa corresponde ao espaço de aeração (EA) do substrato (CORÁ & FERNANDES, 2008).

Fermino (2002), discutindo sobre as propriedades físicas do substrato, afirma que quanto menor o volume do recipiente, mais baixa deve ser a densidade do substrato. O volume de macroporos e microporos também é importante característica. Os macroporos proporcionam aeração às raízes, enquanto os microporos retém água (BALLESTER-OLMOS, 1992). Assim quanto maior quantidade de microporos, mais a água fica retida no substrato e maior a força de sucção que a planta tem que fazer para extrair água no substrato (potencial matricial).

2.2.2 Características químicas dos substratos

As propriedades químicas dos substratos referem-se, principalmente, ao valor de pH, à capacidade de troca de cátions (CTC) e à salinidade (KÄMPF, 2000). O ideal é que o substrato apresente alta CTC e baixo teor de sais solúveis.

A vantagem de se utilizar substrato proveniente da compostagem é o baixo teor de sais solúveis quando comparado a adubos sintéticos de elevada solubilidade.

Em relação aos valores para sais solúveis, Ballester-Olmos (1993) classifica como: 0,75 mS cm⁻¹ muito baixo; 0,75-2,0 mS cm⁻¹ ideal para sementeiras e mudas em bandejas; 2,0- 3,5 mS cm⁻¹ apropriado para a maioria das plantas e acima de 3,5 mS cm⁻¹ muito alto.

Em estudo sobre atributos físicos e químicos de substrato composto por casca de arroz carbonizada e biossólido, Guerrini e Trigueiro (2004) comprovaram que a condutividade elétrica aumentou à medida que aumentou a dose de biossólido na mistura, em razão da carga de sais deste material. O biossólido deste estudo foi proveniente da digestão anaeróbia do lodo de esgoto residencial e industrial da cidade de Franca (SP).

O conhecimento do pH do substrato é importante pois este se relaciona diretamente com a disponibilidade de nutrientes, e também com as propriedades fisiológicas das plantas (KÄMPF, 2005). A acidez e a deficiência ou o excesso de nutrientes estão entre as características químicas que mais influenciam o desenvolvimento das raízes. A capacidade de troca de cátions (CTC) é um indicativo de capacidade de manutenção destes nutrientes e também valiosa informação do potencial de fertilidade do substrato, considerando que muitos cátions presentes no substrato são nutrientes (ALMEIDA, 2005).

2.3 Compostagem

A compostagem de restos vegetais e esterco de animais de criação é uma prática antiga, utilizada por agricultores para acelerar a decomposição dos restos vegetais das lavouras e hortas, como também para eliminar as sementes indesejáveis (INÁCIO, 2009).

A compostagem é um processo de decomposição aeróbica, em que há desprendimento de gás carbônico, água na forma de vapor, e energia, por causa da ação dos microrganismos. Parte da energia é usada pelos microrganismos para crescimento e movimento, e o restante é liberado como calor. Como resultado, a leira de composto atinge uma temperatura elevada, resfria e atinge o estágio de maturação (KIEHL, 1985). O composto, produto da compostagem, é um material homogêneo e relativamente estável (PEIXOTO et al., 1989), livre de patógenos e de sementes, e pode ser benéficamente aplicado na terra (HAUG, 1993).

Valente et al., (2009), numa revisão bibliográfica sobre os fatores que afetam a eficiência do processo de compostagem, sugerem primeiramente ótimas condições para que os microrganismos aeróbicos possam se multiplicar e atuar na transformação da matéria orgânica e uma combinação ótima de umidade, aeração, relação C/N, granulometria e altura da leira, que varia conforme o material a ser compostado.

Leal (2006) listou 25 propriedades químicas que podem ser avaliadas no processo de compostagem, das quais se pode destacar umidade, pH, teor de macronutrientes e micronutrientes, carbono orgânico, teor de lignina e celulose, CTC, ácido fúlvico (AF) e ácido húmico (AH). É importante que se tenha um material estabilizado. Silva (2009), avaliando a transformação da matéria orgânica de resíduos de plantas medicinais com esterco compostado por 120 dias, observou um aumento das substâncias húmicas em relação às substâncias fúlvicas. O grau de humificação tem sido usado como referência para saber se e quando um processo de compostagem foi completado, ou seja, o material está maduro (BERNAL et al., 1996). A fração de ácidos fúlvicos possui baixo peso molecular e é a primeira a ser sintetizada em relação à fração de ácidos húmicos.

O principal requisito para que compostos sejam utilizados de forma segura no solo é o seu grau de estabilidade ou de maturação, que implica em matéria orgânica estável e ausência de componentes fitotóxicos, sementes de invasoras e organismos patogênicos às plantas e aos seres humanos (BERNAL et al., 1998).

Grupos variados de microrganismos estão envolvidos na transformação do substrato e afetam e são afetados pelos fatores físicos e bioquímicos envolvidos durante o processo. Um fator muito importante na seleção destes microrganismos é a temperatura. Os microrganismos mesófilos possuem atividade ótima até 45°C, e os termófilos atuam numa faixa acima de 45°C até 75°C. Temperaturas termofílicas são extremamente desejáveis no tratamento de resíduos através da compostagem, por destruírem patógenos e larvas de mosca. Além disso, esta faixa de temperatura também elimina a viabilidade de sementes de ervas

daninhas, o que é muito desejável quando se utiliza o composto como substrato para a produção de mudas, evitando a atividade de monda das mudas (INÁCIO, 2009).

2.4 Capim-elefante

O capim-elefante (*Pennisetum purpureum* Schum.) pertence à família Poaceae (Gramineae). Esta espécie foi introduzida no Brasil para fins forrageiros, no entanto, adaptou-se muito bem às nossas condições e hoje já é considerada planta daninha, pois é encontrada infestando lavouras, beira de estradas e terrenos baldios. Como planta forrageira, possui excelentes qualidades, produzindo grande quantidade de massa verde por ano. Sendo uma ótima matéria-prima para produção de composto.

Em relação às diferentes cultivares, Lopes (2002) estabelece quatro principais grupos:

- Grupo Anão: as cultivares deste grupo são mais adaptadas para pastejo em função do menor comprimento dos entrenós. As plantas desse grupo apresentam porte baixo (1,5 m) e elevada relação lâmina: colmo. Um exemplo é a cultivar Mott.

- Grupo Cameroon: apresentam plantas de porte ereto, colmos grossos, predominância de perfilhos basilares, folhas largas, florescimento tardio (maio a julho) ou ausente, e touceiras densas. Têm-se como exemplo as cultivares Cameroon, Piracicaba, Vruckwona e Guaçú.

- Grupo Mercker: caracterizado por apresentar menor porte, colmos finos, folhas finas, menores e mais numerosas, e época de florescimento precoce (março a abril). As cultivares Mercker, Mercker comum, Mercker Pinda fazem parte deste grupo.

- Grupo Napier: as cultivares deste grupo apresentam variedades de plantas com colmos grossos, folhas largas, época de florescimento intermediária (abril a maio) e touceiras abertas. Têm exemplares como as cultivares Napier, Mineiro e Taiwan A-146.

Segundo Rodrigues et al. (2001) citado por Lopes (2002), o capim-elefante é originário do continente africano, mais especificamente da África Tropical, entre 10°N e 20°S de latitude, tendo sido descoberto em 1905 pelo coronel Napier. Espalhou-se por toda África e foi introduzido no Brasil em 1920, vindo de Cuba. Hoje, encontra-se difundido nas cinco regiões brasileiras.

De acordo com Jacques (1994), o capim-elefante pode ser cultivado em áreas que apresentam as seguintes características:

- Altitude – Ocorre desde o nível do mar até 2.200 metros de altitude, estando mais adaptada a altitudes de até 1.500 metros.

- Temperatura – de 18 a 30 °C, sendo 24 °C uma boa temperatura. Porém é importante a amplitude dessa temperatura. Dependendo do cultivar, pode suportar o frio e até geadas.

- Precipitação – de 800 a 4.000 mm. Vegeta em regiões quentes e úmidas com precipitação anual de mais de 1.000 mm, porém o mais importante é sua distribuição ao longo do ano, por ser uma forrageira muito estacional, onde 70-80 % de sua produção ocorre na época das águas.

- Radiação – difícil de saturar, mesmo em ambientes com elevada radiação. Possui alta eficiência fotossintética.

- Solo – adapta-se a diferentes tipos de solo, com exceção dos solos mal drenados, com possíveis inundações. É encontrado em barrancos de rios, regiões úmidas e orlas de floresta. Não foram observados registros de tolerância à salinidade.

- Topografia – pode ser cultivado em terrenos com declives de até 25 % devido ao seu baixo controle da erosão do solo.

- Produção – relatos de produções de 300 toneladas de matéria verde por hectare/ano são encontrados, mas a média nacional encontra-se bem baixo desta (JACQUES, 1994).

2.5 Torta de Mamona

A mamona (*Ricinus communis* L.) é uma planta da família Euphorbiaceae, sendo uma oleaginosa de importância agrícola econômica no Brasil (MOREIRA et al., 1996).

Segundo Fernandes et al. (2009), a torta de mamona é resultante do esmagamento das sementes de mamona para extração do óleo, sendo utilizada como adubo orgânico, pois apresenta elevados teores de N, P e K. Leal et al. (2013) utilizaram a torta de mamona para compostagem misturada com o capim-elefante, obtendo como produto um material estabilizado e com elevado teor de N. Leal et al., (2009), utilizaram este composto para adubação de beterraba, obtendo bons resultados.

A torta de mamona foi utilizada por Vignolo et al. (2011), obtendo produção de frutos de morangos de 813,2 g de fruto/planta, como adubo de pré-plantio. Como adubo de cobertura também apresenta bons resultados (FERNANDES et al., 2009).

2.6 Análise de Custos

De acordo com Leal et al. (2008), a análise de custos é uma importante ferramenta para se avaliar a viabilidade econômica de um produto, serviço ou atividade. Além disto, permite conhecer os elementos que mais estão contribuindo para a formação do custo, e assim direcionar os recursos disponíveis para a realização de ações que visem à redução deste custo. A análise de custos também auxilia na identificação dos fatores técnicos, ambientais, sociais e econômicos que influenciam de maneira expressiva na viabilidade econômica, contribuindo para se determinar condições ou conjunturas favoráveis ou prejudiciais à atividade estudada.

Segundo Guiducci et al. (2012), a análise econômica é fundamental para nortear as decisões a serem tomadas no momento do planejamento das atividades agropecuárias e orientar nas decisões relativas aos investimentos.

3 MATERIAL E MÉTODOS

Este trabalho foi realizado no viveiro Pedra Selada, que está localizado no município de Resende-RJ, nas coordenadas 22°15'24'' S e 44° 26'45'' W, e situado a 964 m de altitude. O clima é do tipo úmido subtropical (Cfa) de acordo classificação climática de Köppen. A precipitação média anual é de 1.552 mm e a temperatura média anual é de 21,1 °C (BDMEP - INMET).

Atualmente, a produção do viveiro é de 50.000 mudas/ano, sendo a maior parte constituída de mudas de espécies nativas, e cerca de 10% constituída de mudas de espécies ornamentais. O sistema de produção atual utiliza dois tipos de substratos: para a produção em recipientes maiores, geralmente sacos plásticos de 1000 cm³, é utilizado um substrato formulado com base na mistura de terra de subsolo com esterco curtido e adição de fertilizante sintético de elevada solubilidade; e para a produção de mudas em tubetes (115 cm³), é utilizado o substrato comercial Mec Plant®, formulado a base de casca de pinus. Mas o objetivo é realizar a conversão para o sistema orgânico. Além da produção de mudas de espécies florestais, no ano de 2016 iniciou-se a produção orgânica de hortaliças que está em processo de certificação pela ABIO/APROVIM.



Foto: Maíra J. Morokawa (out./2010).

Figura 1. Viveiro Pedra Selada (Resende-RJ), com canteiro de mudas florestais.

Visando avaliar a viabilidade técnica e econômica da utilização de composto formulado com capim-elefante misturado com torta de mamona para a produção de mudas de espécies florestais, esta dissertação é constituída por dois experimentos: um experimento descritivo que estudou o processo de compostagem, complementado com a análise do custo de produção do composto; e outro experimento que avaliou a utilização do composto como matéria-prima para produção de substrato destinado a produção de mudas de duas espécies florestais.

3.1 Experimento de Compostagem

O objetivo deste experimento foi descrever o processo de compostagem da mistura de capim-elefante e torta de mamona realizado nas condições locais, e também obter o composto orgânico que foi utilizado para a produção das mudas de espécies florestais. O capim-elefante com um ano e meio de rebrota foi colhido e picado em picadeira acoplada em trator. A torta de mamona foi adquirida no comércio local. Os teores de nutrientes destas matérias-primas estão apresentados na Tabela 1.

Tabela 1: Teores de N, Ca, Mg, P e K da torta de mamona e do capim-elefante.

	N	Ca	Mg	P	K
	----- g kg ⁻¹ -----				
Torta de mamona	66,3	7,5	4,3	4,2	7,9
Capim elefante	10,8	3,0	1,3	0,8	8,5

A leira foi montada no dia posterior a colheita do capim. A torta de mamona foi misturada ao capim-elefante na proporção de 1,0%, com base no volume. Utilizou-se o volume como a base de cálculo das proporções por ser a forma mais prática ao nível de agricultor. As dimensões iniciais da leira foram de 1,0 m de largura x 2,0 m de comprimento x 1,0 m de altura, totalizando 2,0 m³.

3.1.1 Caracterização do processo de compostagem

O experimento foi iniciado em 24 de julho de 2015 e teve 120 dias de duração, realizando-se apenas um revolvimento neste período, aos 50 dias. As avaliações foram realizadas com maior frequência no início do processo e com menor frequência após os 30 dias de incubação. A avaliação de temperatura foi realizada diariamente na primeira semana e aos 30, 45, 60, 90 e 120 dias utilizando-se um termômetro de bulbo de mercúrio inserido a 50 cm de profundidade em três pontos da leira. Aos 0, 30, 60, 90 e 120 dias foram coletadas três amostras compostas, obtidas a partir de diversas amostras simples coletadas na metade da altura da leira e em posições equidistantes das demais amostragens, que foram misturadas formando as amostras compostas. Aos 120 dias foram coletadas amostras para avaliação os teores de Ca, Mg, P e K, e avaliados a variação da massa e do volume em relação à massa e volume iniciais, e a variação do conteúdo de N em relação ao conteúdo inicial.

As amostras compostas foram acondicionadas em potes plásticos de 500 ml, vedadas com filme plástico e armazenados em freezer. 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 posterior 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 em solução de água destilada (5:1 v/v). A densidade 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 de 25 °C para 30 °C. 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). O valor de variação da massa em relação à massa inicial da leira foi calculado por meio da quantidade de massa seca presente na leira de composto após 120 dias, comparado com a quantidade de massa seca

presente no início da compostagem (0 dias). A massa seca da leira de composto foi calculada em função da sua massa úmida e do teor de matéria seca, determinado com base em três amostras/repetições. A perda de volume foi calculada da mesma forma. A perda do conteúdo de N foi calculada considerando os valores de massa da leira de composto e do teor deste nutriente.

Após 120 dias o composto foi seco, armazenado em sacos de rafia e guardado em local seco para uso no experimento de produção de mudas de espécies florestais. 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), obtendo-se uma recuperação de 96%, e depois em peneira de malha 2,18 mm (arroz), obtendo-se uma recuperação de 86%.

A descrição do comportamento das características avaliadas ao longo do processo de compostagem foi realizada por meio da apresentação de gráficos contendo os valores médios e o erro padrão. Também foram apresentados os valores de diversas características do composto ao final do processo.

3.1.2 Análise de custos da produção do composto orgânico

Esta análise foi realizada visando estimar o custo de produção do composto orgânico obtido com a mistura de capim-elefante e torta de mamona, e compará-lo com os custos do esterco bovino e do substrato comercial, que são os insumos tradicionalmente utilizados.

Não foram considerados nos cálculos os custos de aquisição da terra, de equipamentos, de benfeitorias e de ferramentas. Foram considerados apenas os custos com material de consumo (fertilizantes, sementes e combustível), contratação de serviços (aração e gradagem) e a mão-de-obra. Foram determinados os custos de plantio, colheita e transporte de capim-elefante (insumos + mão de obra), o custo de aquisição da torta de mamona e o custo da mão-de-obra utilizada para a realização da compostagem. Os coeficientes técnicos referentes à produção de capim-elefante foram obtidos de Leal et al. (2008), os custos de insumos e de mão de obra foram determinados com base nos valores de mercado, observados em Resende-RJ em outubro de 2016.

O custo de produção de capim-elefante foi calculado para 1,0 hectare, cultivado em sistema de produção realizado com replantio a cada 10 anos, considerando-se produtividade de 20 Mg ha⁻¹ ano⁻¹ de matéria seca. A torta de mamona foi adquirida no comércio local por R\$ 69,00 o saco de 50 kg. A proporção da mistura foi a mesma adotada no experimento de compostagem, ou seja, a torta de mamona foi misturada ao capim-elefante na proporção de 1,0%, com base no volume. Para o cálculo da mistura com base no volume, utilizaram-se valores de densidades de 75 e 550 kg m⁻³ para capim-elefante e torta de mamona, respectivamente. Os valores de perdas de massa ao longo do processo de compostagem e de densidade do composto produzido foram determinados no experimento de compostagem.

Ao final, foi obtido o custo do composto com base no volume, para o caso de sua utilização como substrato, e também o custo do composto com base na massa, para o caso de sua utilização como fertilizante orgânico.

3.2 Experimento de Produção de Mudas de Espécies Arbóreas

Neste experimento foram utilizadas a Paineira (*Ceiba speciosa* St.-Hill. Ravenna), e o Pau-viola (*Citharexylum myrianthum* Cham.) que são espécies muito demandadas por serem pioneiras, de fácil germinação e de rápido crescimento, e portanto, muito utilizadas em reflorestamentos.

O experimento foi implantado em 13 de março de 2016, e realizado em delineamento blocos ao acaso, com quatro tratamentos e cinco blocos, totalizando 20 parcelas. Cada parcela

foi composta por 10 plantas, totalizando 200 indivíduos de cada espécie. Como testemunha, foi utilizado um substrato comercial (MecPlant©), constituído pela mistura de casca de pinus, vermiculita, corretivo de acidez e fertilizantes. Os substratos testados foram:

- T1: Substrato comercial.
- T2: Composto 75% + Terra 25% (v/v).
- T3: Composto 50% + Terra 50% (v/v).
- T4: Composto 25% + Terra 75% (v/v).

As mudas foram produzidas em tubetes de 115 cm³, permanecendo em casa de vegetação por 120 dias para a paineira e 90 dias para o pau-viola.

3.2.1 Avaliações de características dos substratos

Foram coletadas amostras dos substratos no início do experimento para serem realizadas análises físico-químicas. As densidades fresca e seca do substrato foram calculadas por meio da utilização de uma proveta de 500 ml, conforme método descrito pelo MAPA (2007). 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.

Os teores totais de N, Ca, Mg, K e P foram avaliados por meio de digestão da amostra, conforme o método descrito por Silva (2009). Os teores disponíveis de N, Ca, Mg, K e P foram avaliados por meio 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 (2009). A extração do N foi realizada por meio de solução de KCl 1,0 M, e posteriormente, o extrato obtido foi submetido a digestão com adição de Liga de Devarda, conforme metodologia descrita por Liao (1981). Os teores de nutrientes totais e disponíveis foram calculados com base no volume. Os valores de nutrientes totais, que normalmente são apresentados com base na massa da amostra, foram convertidos para unidade baseada no volume (mg L⁻¹) utilizando-se os valores de densidade aparente. A proporção da fração disponível dos nutrientes (em %) foi calculada dividindo-se o teor de nutriente disponível pelo teor total, e multiplicando-se este resultado por 100.

Os valores de densidade e 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).

3.2.2 Avaliações de características das mudas

Aos 30, 60 e 90 dias após o plantio foi medida a altura das mudas. Aos 90 dias após o plantio foram avaliados os pesos frescos da parte aérea e da raiz.

Como altura da muda foi considerada a distância entre o colo da planta e a gema apical, mensurada com auxílio de uma régua milimetrada. Para a avaliação da massa fresca da parte aérea e do sistema radicular as mudas foram retiradas dos tubetes, seccionadas na região do colo da muda, separando a parte aérea da parte radicular e, em seguida, foram acondicionadas em sacos de papel e pesadas em balança de precisão com duas casas decimais.

A análise estatística foi realizada por meio da análise de variância em delineamento blocos ao acaso com quatro tratamentos e cinco repetições. Para verificação da normalidade e da homocedasticidade dos dados foram utilizados os testes de Shapiro-Wilk e Bartlett, respectivamente. Quando o efeito dos tratamentos foi significativo ($p \leq 0,05$) foi realizado o teste de médias de Scott-Knott.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Avaliação do Processo de Compostagem

Os valores de temperatura atingiram o máximo de 66 °C três dias após o início da compostagem (Figura 2). Até os 30 dias decorridos do período inicial, a temperatura esteve acima dos 45 °C, na fase termofílica, o que é importante para a eliminação de eventuais contaminações biológicas presentes nas matérias-primas. Aos 50 dias a temperatura atingiu seu menor valor, quando então houve o revolvimento da leira e a mesma foi irrigada. Como consequência a temperatura voltou a subir, indicando a retomada da atividade biológica. Os valores máximos de temperatura da fase termofílica foram semelhantes aos obtidos por Leal et al. (2013), que avaliaram a compostagem de diferentes proporções da mistura de capim-elefante com torta de mamona, e que também observaram uma queda gradual de temperatura ao longo dos 50 dias iniciais.

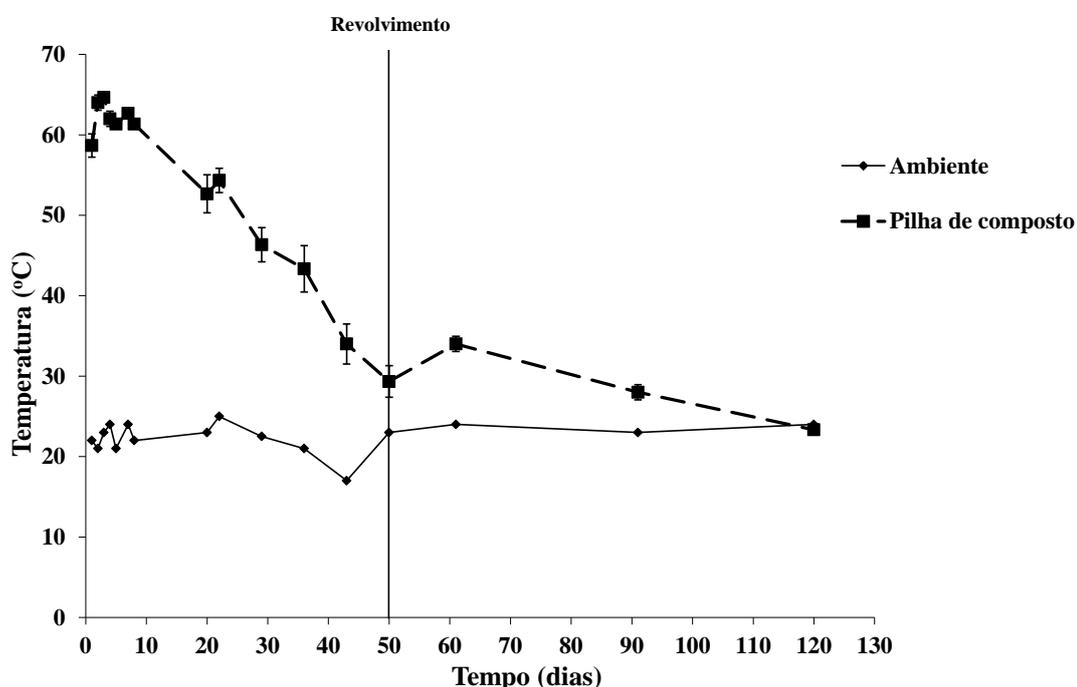


Figura 2. Temperaturas do ambiente e da leira observadas durante a compostagem da mistura de capim-elefante e torta de mamona. Média de três repetições \pm erro padrão.

Observa-se na Figura 2, que decorridos 90 dias, o material apresentou temperaturas muito próximas da temperatura ambiente, o que é um indicativo de estabilidade, e também de que o composto pode ser utilizado como matéria-prima de substratos para produção de mudas.

Em relação aos valores de pH, conforme pode ser observado na Figura 3, inicialmente houve uma elevação do pH, que, provavelmente, é resultado da degradação dos aminoácidos (aminas) formando amônia ($\text{NH}_2 + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{NH}_3 + \text{OH}^-$), e também da transformação de parte da amônia no íon amônio ($\text{NH}_3 + \text{H}_2\text{O} \leftrightarrow \text{NH}_4^+ + \text{OH}^-$). Após 45 dias de incubação o pH caiu continuamente, provavelmente devido a reação de transformação do amônio em nitrato ($\text{NH}_4^+ + 2\text{O}_2 \leftrightarrow \text{NO}_3^- + \text{H}_2\text{O} + 2\text{H}^+$).

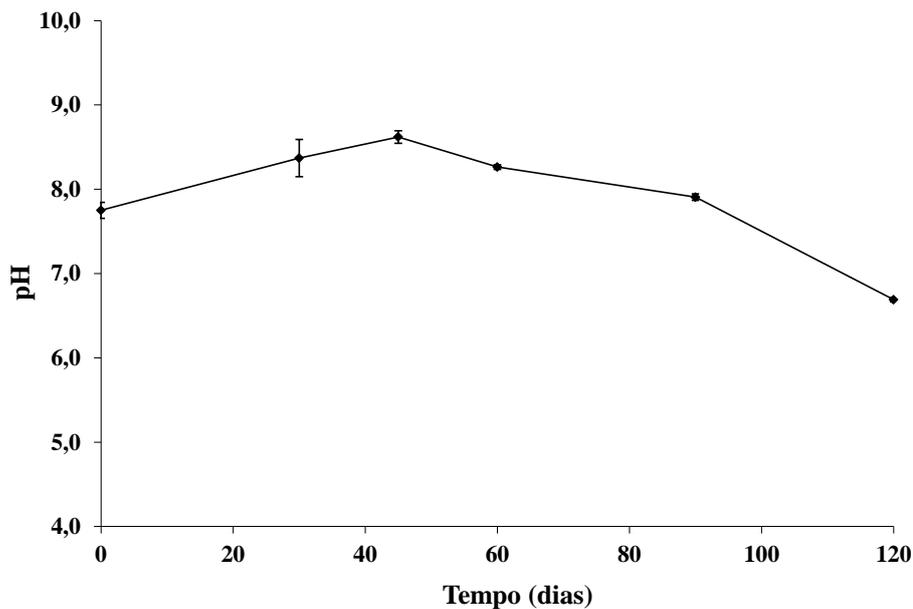


Figura 3. Valores de pH observados durante a compostagem da mistura de capim-elefante e torta de mamona. Média de três repetições \pm erro padrão.

Segundo Rodrigues et al. (2006), a faixa de pH considerada ótima para o desenvolvimento dos microorganismos responsáveis pela compostagem situa-se entre 5,5 e 8,5, uma vez que a maioria das enzimas se encontram ativas nesta faixa de pH. Ao longo de todo processo de compostagem o valor de pH permaneceu abaixo de 8,5, o que também é recomendado por minimizar as perdas de N por volatilização de amônia.

Em relação à condutividade elétrica (Figura 4), o valor encontrado aos 120 dias foi de $367,3 \mu\text{S cm}^{-1}$, que pode ser considerado muito baixo de acordo com Ballester-Olmos (1993). Este reduzido valor pode ser devido à ocorrência de expressivas perdas de sais por lixiviação, principalmente o K, pois no final do período da compostagem ocorreu muita chuva e o composto não estava em local coberto. Além disto, leira ficou baixa (em torno de 70 cm) e com uma grande superfície, o que pode ter contribuído para facilitar a infiltração da água das chuvas e as perdas por lixiviação.

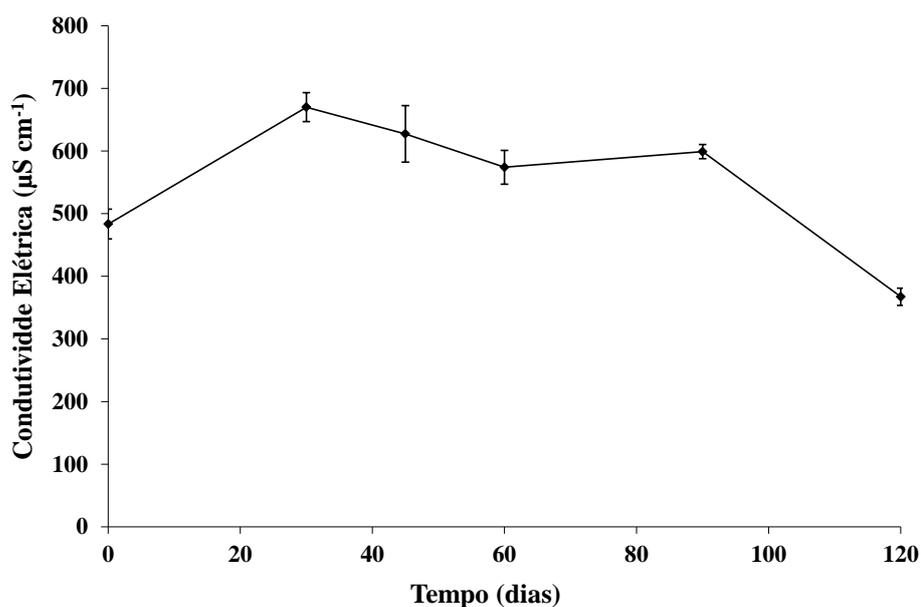


Figura 4. Valores de condutividade elétrica observados durante a compostagem da mistura de capim-elefante e torta de mamona. Média de três repetições \pm erro padrão.

Pode-se observar na Figura 5 um aumento nos valores de densidade, possivelmente devido ao processo de humificação, gerando substâncias de maior densidade, e também ao processo de trituração dos resíduos mais resistentes realizado pela macrofauna que se instalou na leira de composto, como os gongolos da classe Diplopoda.

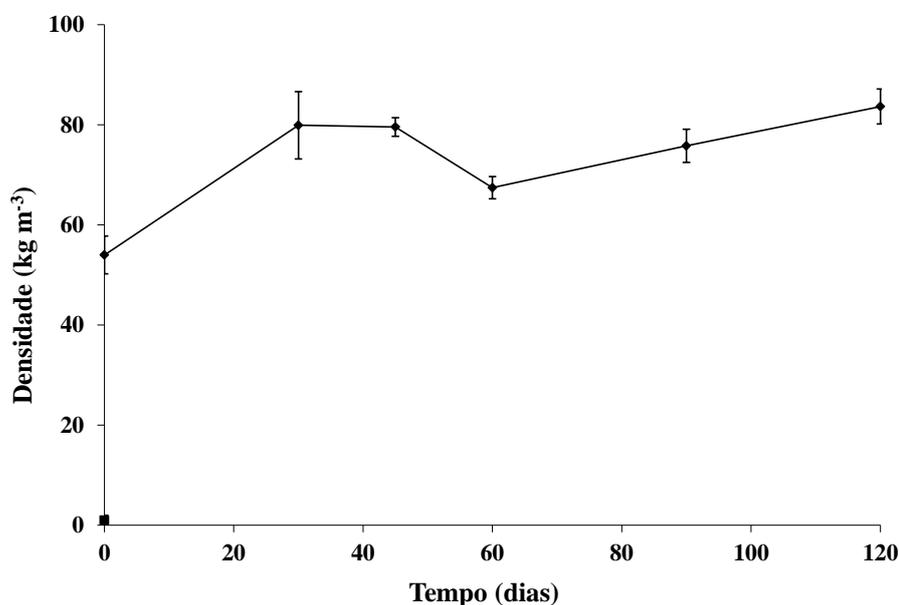


Figura 5. Valores de densidade observados durante a compostagem da mistura de capim-elefante e torta de mamona. Média de três repetições \pm erro padrão.

A variação dos teores de N ao longo do processo de compostagem está apresentada na Figura 6. Observa-se constante elevação dos teores de N. Segundo Bernal et al. (1998), a concentração de N geralmente aumenta durante a compostagem quando a perda de massa através de CO₂ é superior a perda de N-amônio.

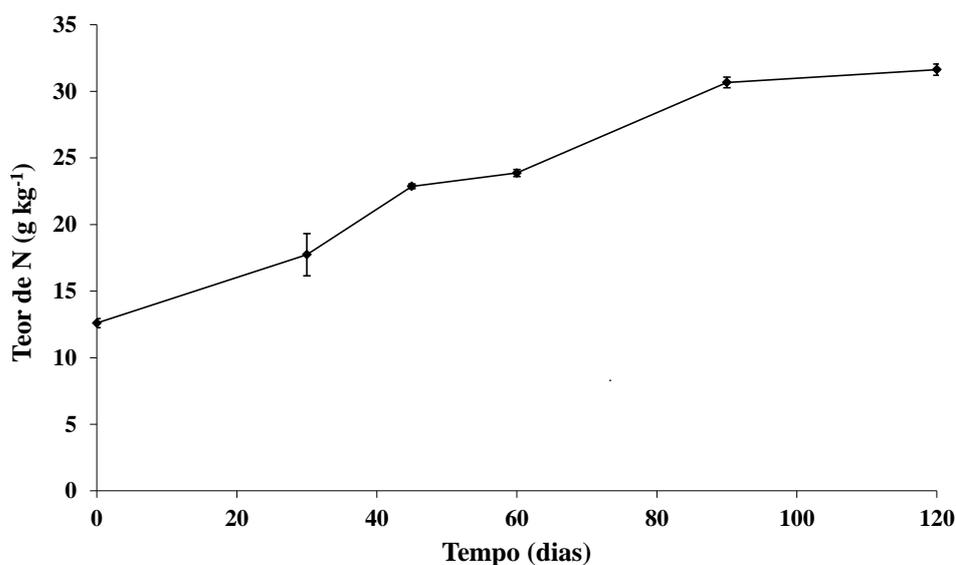


Figura 6. Teores de N observados durante a compostagem da mistura de capim-elefante e torta de mamona. Média de três repetições \pm erro padrão.

Após 120 dias de incubação, o teor de N do composto foi de $31,6 \text{ g kg}^{-1}$. Este valor pode ser considerado muito elevado, quando comparado a outros fertilizantes orgânicos. Melo et al. (2008) observaram, ao caracterizar diversos resíduos orgânicos, teores de N total próximos a $11,0 \text{ g kg}^{-1}$ em esterco bovino. Resultado semelhante foi encontrado por Leal (2013), que encontraram valores de N de $26,8 \text{ g kg}^{-1}$ após 90 dias de compostagem da mistura de capim-elefante e torta-de-mamona com relação inicial C/N igual a 20.

Observou-se redução gradual da emissão de CO_2 ao longo dos 120 dias de incubação, conforme pode ser observado na Figura 7. Esta característica é indicativa do grau de maturação do composto e da atividade dos microorganismos, que se alimentam do carbono orgânico e liberam CO_2 , vapor de água e calor. Segundo Bernal (1997), um composto imaturo tem uma forte demanda por O_2 e uma alta produção de CO_2 , devido à maior proporção de compostos facilmente biodegradáveis no material.

Segundo Bernal et al. (2009), TMECC (2002) e Wichuk & McCartney (2013), são considerados instáveis materiais que apresentam emissões de CO_2 superiores a $4,0 \text{ mg g}^{-1} \text{ dia}^{-1}$. Observa-se que somente após 120 dias as emissões de CO_2 alcançaram valores próximos a este limite, o que indica que algum efeito prejudicou a estabilização do composto. Possivelmente a baixa umidade observada nas primeiras semanas tenha contribuído para isto, promovendo uma menor atividade decompositora no início do processo de compostagem, o que pode ter proporcionado o prolongamento de uma atividade metabólica mais intensa dos microorganismos até aos 90 dias de incubação.

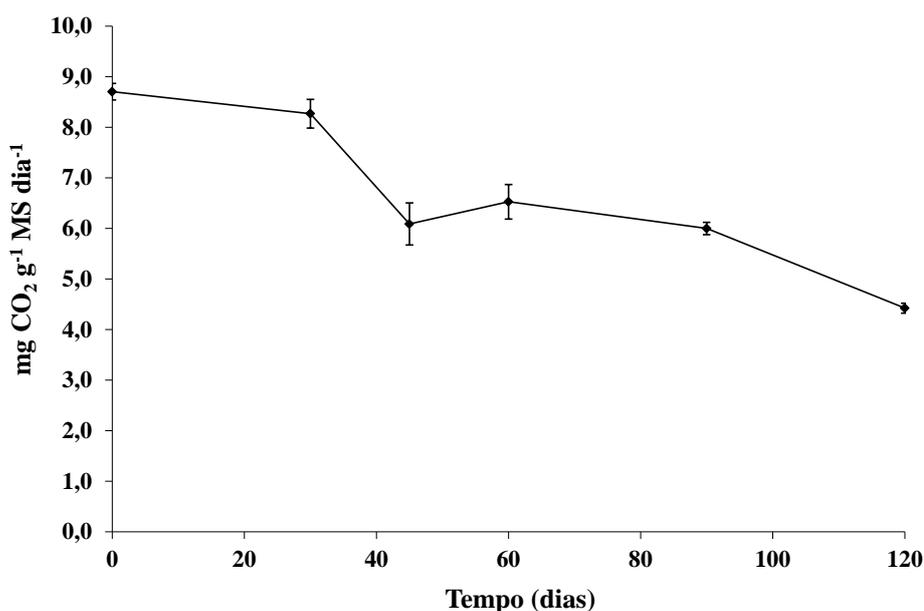


Figura 7. Emissão de CO₂ observada durante a compostagem da mistura de capim-elefante e torta de mamona. Média de três repetições \pm erro padrão.

Em relação à emissão de amônia, ocorreu uma queda acentuada na emissão entre 30 e 45 dias de compostagem, que pode ser explicada devido ao processo de nitrificação, ou transformação da amônia em nitrato, que só ocorre após a fase termofílica, em temperaturas abaixo de 40 °C.

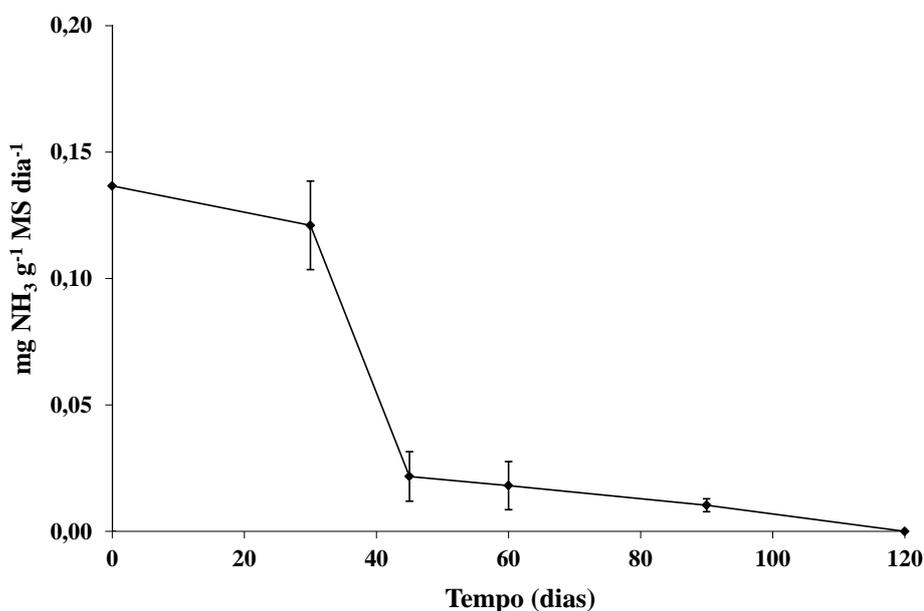


Figura 8. Emissão de NH₃ observada durante a compostagem da mistura de capim-elefante e torta de mamona. Média de três repetições \pm erro padrão.

Os valores de diversas características do composto e diversos coeficientes técnicos ao final de 120 dias de incubação estão apresentados na Tabela 2. Observa-se que a massa seca e o volume da leira foram reduzidos em 67,2% e 72,5%, respectivamente, em relação aos seus

valores iniciais. A redução de 67,2% da massa inicial do composto foi semelhante ao encontrado por Leal (2006), que observou uma redução de 65% de volume do composto na mistura de *Crotalaria juncea* e *Pennisetum purpureum* (Capim-elefante).

Tabela 2: Características observadas após 120 dias de incubação de leira de composto de capim-elefante misturado com torta de mamona (média de três repetições \pm erro padrão).

Característica	Valor aos 120 dias
pH	6,69 \pm 0,02
Condutividade Elétrica ($\mu\text{S cm}^{-1}$)	367,3 \pm 13,7
Densidade (g massa seca dm^{-3})	83,6 \pm 3,51
N total (g kg^{-1}) Kjeldahl	31,6 \pm 0,42
N total (g kg^{-1}) Analisador elementar	30,4 \pm 0,02
C total (g kg^{-1}) Analisador elementar	398,4 \pm 1,10
Relação C:N Analisador elementar	13,1 \pm 0,32
N disponível (g kg^{-1})	2,00 \pm 0,03
Proporção entre N disponível e N total (%)	5,7
Ca total (g kg^{-1})	9,5 \pm 1,24
Mg total (g kg^{-1})	3,5 \pm 0,18
P total (g kg^{-1})	2,2 \pm 0,08
K total (g kg^{-1})	4,1 \pm 0,33
Proporção da massa inicial (%)	32,8
Proporção do volume inicial (%)	27,5
Proporção do N inicial (%)	82,4
Proporção do Ca inicial (%)	100,5
Proporção do Mg inicial (%)	82,5
Proporção do P inicial (%)	79,3
Proporção do K inicial (%)	16,0

Houve pouca perda de P (20,7%) e de Mg (17,5%) após a compostagem, conforme pode ser observado na Tabela 2. Segundo Aquino et al. (2005), em todo o processo de mineralização há um componente de imobilização, uma renovação da matéria orgânica e uma assimilação de nutrientes minerais que promovem o crescimento e a manutenção da biomassa. A redução acentuada do volume do composto em 72,5% é uma desvantagem na sua utilização como matéria-prima para a formulação de substrato.

O nutriente que sofreu a maior perda foi o K (84%), possivelmente devido à intensa lixiviação, que pode ser explicada pelo grande volume de chuva no período final da

compostagem, durante o mês de novembro, e pelo formato da leira, que ficou baixa e com grande superfície (Figura 9), facilitando a infiltração da água das chuvas. Algumas formas de se evitar essas perdas seria fazer a leira mais alta e mais estreita, ou então montar a leira em local coberto, porém com ventilação.



Foto: Maíra J. Morokawa, 12/09/2016

Figura 9. Foto do composto aos 50 dias de compostagem.

Apesar da intensa lixiviação de K, as perdas de N foram reduzidas (17,6%), provavelmente devido à reduzida proporção de N na fração disponível em relação ao conteúdo total, que aos 120 dias de incubação foi de 5,7%.

De acordo com a IN 25 do MAPA (MAPA, 2009), artigo 2º, o fertilizante obtido com a compostagem se enquadra na Classe “A” (fertilizante orgânico que, em sua produção, utiliza matéria-prima de origem vegetal, animal ou de processamentos da agroindústria, onde não sejam utilizados, no processo, metais pesados tóxicos, elementos ou compostos orgânicos sintéticos potencialmente tóxicos), pois o composto apresenta como matérias-primas apenas capim triturado e a torta de mamona, ou seja, materiais de origem vegetal. E ainda de acordo com a IN 25 (MAPA, 2009), fertilizantes orgânicos compostos devem apresentar as seguintes especificações: carbono orgânico mínimo de 15%, N total mínimo de 0,5%, pH mínimo de 6,0, relação C/N máxima de 20 e umidade máxima de 50%. As características do composto obtido estão dentro destes limites, atendendo as especificações do MAPA.

4.2 Análise de Custos da Produção e da Utilização do Composto Orgânico Obtido

Detalhes de cada componente do custo de produção de 1,0 hectare de capim-elefante, com rendimento de 20 Mg de massa seca, estão apresentados na Tabela 3.

Tabela 3: Custos de mão de obra e de insumos necessários para a produção de 1,0 hectare de capim-elefante, com rendimento de 20 Mg de massa seca

Especificação	Unidade	Quantidade	R\$/Unid.	Frequência	R\$ Total
Aração + gradagem	h/TR	3,0	150,00	1,0	450,00

Sulcamento + plantio manual	d/h	3	70,00	1,0	210,00
Calcário	Kg	350	0,26	1,0	91,00
Ureia	Kg	350	1,54	1,0	539,00
Termofosfato	Kg	250	1,20	1,0	300,00
Cloreto de potássio	Kg	200	1,52	1,0	304,00
Capina	d/h	3	70,00	2,0	420,00
Corte manual + picadeira	d/h	8	70,00	2,0	560,00
Picadeira	h/M	8	18,75	2,0	300,00
Transporte - Trator + carreta	h/M	2	18,75	2,0	75,00
Total					3.249,00

h/tr: hora de trator; d/h: dias homem; h/M : horas máquina.

Portanto os custos unitários do capim elefante por tonelada (Mg) e por m³ são os seguintes:

- Custo por tonelada: R\$ 3249,00 / 20 = R\$ 162,45.
- Custo por m³: como a densidade do capim-elefante é de 75 kg m⁻³, então 1,0 m³ terá 75 kg de massa seca, ou seja, o custo de 1,0 m³ será de (R\$ 162,45/1000) x 75 = R\$ 12,18.

Uma leira de 10 m³ da mistura de capim-elefante com torta de mamona precisará de 750 kg de capim elefante (75 x 10), pois o volume da leira de capim-elefante não se altera devido à adição da torta de mamona, já que esta se aloja nos poros formados entre os pedaços de capim. A torta de mamona foi utilizada na proporção de 1:100 em relação ao capim elefante. Então, esta leira de 10 m³ deverá receber 100 litros de torta de mamona. Como a densidade da torta de mamona é de 550 kg m⁻³, então 100 litros terá 55 kg de torta de mamona. O saco com 50 kg de torta de mamona custou R\$ 69,00, então o custo de cada kg de torta de mamona é 69 / 50 = R\$ 1,38.

Detalhes de cada componente do custo de montagem e de condução de uma leira com 10 m³ iniciais de composto formulado com a mistura de capim-elefante e torta de mamona estão apresentados na Tabela 4.

Tabela 4: Custos de mão de obra e de insumos necessários para a compostagem de 10 m³ da mistura de capim-elefante com torta de mamona.

Especificação	Unidade	Quantidade	R\$/Unidade	R\$ Total
Capim elefante	m ³	10	12,18	121,80
Torta de mamona	Kg	55	1,38	75,90
Montagem das leiras	h/H	11	8,75	96,25
Revolvimentos	h/H	10	8,75	87,50
Irrigação	h/H	2,5	8,75	22,00

h/H= hora/Homem

O cálculo dos custos do composto por unidade de volume e por unidade de massa considerou que após 120 dias de compostagem observaram-se perdas de 65% da massa e 72,5% do volume, e as densidades inicial e final do composto foram 54,0 e 83,6 kg m⁻³, respectivamente. Como ao longo de 120 dias o volume da leira se reduz para 27,5% do volume inicial, então ao final da compostagem de uma leira de 10 m³ obtivemos: 10000 litros x 0,275 = 2750 litros de composto. Portanto, o custo de cada 1,0 litros de composto pronto será de: R\$ 403,45 divididos por 2750 = 0,1467, ou seja, aproximadamente R\$ 0,15 por litro.

Como a densidade seca final do composto é de 83,6 kg m⁻³, o seu custo por tonelada de matéria seca será de (R\$ 0,15 x 1000) / (83,6/1000) = R\$ 1794,00. O custo do esterco é de R\$ 15,00 o saco de 25 kg. Considerando que o esterco tem em média 50% de umidade, o custo de cada tonelada de massa seca será de R\$ 15,00 x 40 (são necessários 40 sacos de 25 kg para completar uma tonelada) x 2,00 (fator de correção da umidade) = R\$ 1200,00. Ou seja, o custo da massa seca de composto é, aproximadamente, 50% maior que o custo do esterco. Entretanto, visando a sua utilização como fertilizante orgânico, o composto é um produto superior ao esterco bovino, pois o composto apresenta elevados teores de C e de N (398,4 e 30,4 g kg⁻¹, respectivamente), enquanto o esterco geralmente apresenta valores muito menores (122,0 e 11,0 g kg⁻¹, respectivamente, de acordo com MELO et al., 2008, e 225,0 e 15,8 g kg⁻¹, respectivamente, de acordo com MORAL et al., 2005). A viabilidade econômica da substituição do esterco bovino pelo composto orgânico é mais evidente nos sistemas de produção orgânicos, pois somente são permitidas fontes orgânicas para fornecimento de N.

O custo do substrato comercial é de R\$ 20,00 o saco de 25 kg. Considerando que a densidade do substrato comercial é de 844,6 kg m⁻³, o volume de substrato em um saco de 25 kg é de: 25 / (844,6 / 1000) = 29,6 litros. Portanto, o seu custo por litro é de 20 / 29,6 = R\$ 0,68, quatro vezes maior que o custo do composto.

Analisando os custos de produção do substrato, considerando o custo do caminhão de terra de 5,0 m³ em R\$ 200,00, o custo de um metro cúbico da mistura de 75% substrato e 25% terra, que foi o tratamento que apresentou melhores resultados, sai a R\$ 40,00. O substrato que atualmente é usado no viveiro, a mistura de 25% esterco e 75% terra, sai a R\$ 105,00 o metro cúbico, já o substrato comercial sai a R\$ 680,00 o metro cúbico. Ou seja, a utilização do substrato feito do composto proporciona uma redução de custo de 85% em relação ao substrato que utiliza 75% terra e 25% esterco, e uma redução de custo de 94% em relação ao substrato comercial.

Eventualmente o custo de obtenção do capim poderá ser diminuído, já que no verão ele pode ser adquirido nas propriedades vizinhas a um custo muito baixo, pois estas só utilizam o capim-elefante na época mais fria e seca do ano.

4.3 Mudanças de Espécies Arbóreas

4.3.1 Caracterização dos substratos

Os resultados de diversas características químicas e físicas dos substratos avaliados no experimento de mudas estão apresentados nas Tabelas 5, 6, 7 e 8. Observa-se na Tabela 5 que os substratos apresentaram valores de pH muito diferentes, com destaque para o substrato formulado com 25% composto + 75% terra, cujo pH foi muito elevado (8,42). Os demais tratamentos, incluindo o substrato comercial, apresentaram valores de pH entre 5,56 e 6,16, e estão na faixa recomendada por Fermino & Bellé (2000) que vai de 5,5 a 6,6 para plantas ornamentais.

Em relação à condutividade elétrica (Tabela 5), o tratamento 50% composto e 50% terra apresentou valor muito baixo ($398 \mu\text{S cm}^{-1}$). Os demais tratamentos apresentaram valores entre 630 e $960 \mu\text{S cm}^{-1}$, e estão próximos ou dentro da faixa considerada ideal, com valores entre $750 \mu\text{S cm}^{-1}$ a $2.000 \mu\text{S cm}^{-1}$, segundo a recomendação de Ballester-Olmos (1993).

Tabela 5: Valores de pH, condutividade elétrica (CE), teores totais de carbono e de N, e relação C/N observados nos substratos utilizados nos experimentos com mudas de espécies arbóreas

Tratamentos	pH	CE	C	N	C/N
		$\mu\text{S cm}^{-1}$	----- g kg^{-1} -----		
Substrato comercial	6,18	868	349,7	13,9	25,1
75% composto + 25% terra	5,71	630	90,7	7,3	12,4
50% composto + 50% terra	5,56	398	52,5	3,9	13,4
25% composto + 75% terra	8,42	960	18,7	1,7	10,7

Observa-se na Tabela 5 que o substrato comercial apresentou elevados teores de C e N, em comparação com os demais substratos, provavelmente devido ele ser formulado com casca de pinus, enquanto os outros substratos apresentam terra em sua formulação. Quanto maior a proporção de terra, menores são os teores de C e de N dos substratos, mas as suas relações C/N pouco se alteram.

Conforme apresentado na Tabela 6, o substrato comercial contém teores de macronutrientes superiores aos substratos formulados com composto, com exceção do K. Elevados teores totais de nutrientes é um requisito para a eficiência de substratos utilizados para a produção de mudas de espécies arbóreas em recipientes de reduzido volume, e cujo período de desenvolvimento é longo, acima de 60 dias. O N geralmente é o nutriente mais demandado e por isto assume posição de destaque. Neste caso, o substrato comercial apresentou o valor mais elevado (5266 mg L^{-1}), seguido pelos tratamentos com 75% composto + 25% terra e 50% composto + 50% terra, com valores intermediários (3864 e 3106 mg L^{-1} respectivamente) e o tratamento 25% composto + 75% terra apresentou reduzido teor total de N (1496 mg L^{-1})

Tabela 6: Teores totais de N, Ca, Mg, P e K dos substratos utilizados nos experimentos com mudas de espécies arbóreas.

Tratamentos	N	Ca	Mg	P	K
		----- mg L^{-1} -----			
Substrato comercial	5266	7749,0	5953,5	748,4	767,3
75% composto + 25% terra	3864	858,6	879,8	450,5	1091,8
50% composto + 50% terra	3106	397,8	962,6	437,5	1248,9
25% composto + 75% terra	1496	265,4	1267,3	625,1	3022,6

Os teores totais do elemento fósforo dos substratos formulados com composto podem ser considerados baixos em comparação com o substrato comercial (Tabela 6). Fonseca

(2011) observou incremento em altura e diâmetro de coleto nas mudas de *Peltophorum dubium* (Spreng.) utilizando doses de 376,8 e 397,2 mg L⁻¹ de P. Segundo Mello (2008) a dose de 815 mg kg⁻¹ é a ideal para o desenvolvimento da muda da espécie *Acacia mearnsii*. Ceconi et al. (2006) recomendam a aplicação de 360 mg L⁻¹ na produção de mudas de *Luehea divaricata*. De acordo com Delarmelina et al. (2014), o teor adequado situa-se de 400 a 800 mg L⁻¹.

Tabela 7: Teores disponíveis de N, Ca, Mg, P e K dos substratos utilizados nos experimentos com mudas de espécies arbóreas.

Tratamentos	N ¹	Ca ¹	Mg ¹	P ²	K ²
	----- mg L ⁻¹ -----				
Substrato comercial	451,54	2880,0	1724,1	321,5	473,8
75% composto + 25% terra	736,80	934,0	444,7	63,1	639,8
50% composto + 50% terra	610,60	584,0	263,7	22,1	377,1
25% composto + 75% terra	438,85	316,0	173,7	37,1	1727,0

1-Extrator KCl 1,0 mol L⁻¹; 2- Extrator Mehlich 1 (HCl 0,05 mol L⁻¹ + H₂SO₄ 0,0125 mol L⁻¹).

O tratamento 25% composto e 75% terra apresentou um valor muito elevado (1727 mg L⁻¹) para o teor disponível de K (Tabela 7), pois era esperado que houvesse uma redução neste valor devido ao aumento da proporção de terra na formulação do substrato. Apesar de os solos brasileiros geralmente apresentarem elevados teores de K, isto não explica o elevado valor de K na forma disponível observada no tratamento 25% composto e 75% terra, pois o K presente nos minerais, normalmente, encontra-se em formas pouco disponíveis. Além disto, este mesmo substrato apresentou valores discrepantes para pH e CE, quando comparado aos demais substratos formulados com composto. Não foram encontradas explicações para estes resultados.

Tabela 8: Proporção (%) dos teores disponíveis de N, Ca, Mg, P e K em relação aos teores totais, dos substratos utilizados nos experimentos com mudas de espécies arbóreas

Tratamentos	N	Ca	Mg	P	K
	----- % -----				
Substrato comercial	8,6	37,2	29,0	43,0	61,7
75% composto + 25% terra	19,1	100	50,5	14,0	58,6
50% composto + 50% terra	19,7	100,0	27,4	5,0	30,2
25% composto + 75% terra	29,3	100,0	13,7	5,9	57,1

Na Tabela 9, são exibidos os resultados de densidade aparente, densidade da partícula, microporosidade e macroporosidade, que são atributos físicos do substrato. Observa-se que os substratos formulados com composto apresentam valores de densidade aparente e de partícula muito maiores que o substrato comercial, e que estes valores aumentam em função do aumento da proporção de terra na mistura. Segundo ABAD et al. (1993) um substrato ideal

deve apresentar densidade volumétrica ou aparente inferior a 400 g L⁻¹. Segundo este critério, apenas o substrato comercial e o tratamento com 75% composto e 25% terra estão adequados.

A densidade da partícula expressa a relação entre o material seco e o volume real ocupado por essas partículas, não incluindo o espaço ocupado pelos poros. Portanto, essa característica não é afetada pela granulometria dos substratos, mas pela composição de suas partículas (ZORZETO, 2011). O substrato comercial, a base de casca de pinus, apresentou a menor densidade da partícula (1007,4 g L⁻¹). Os substratos formulados a base de composto apresentaram densidade com valores 63% a 117% superiores em relação ao substrato comercial, muito elevados segundo Bosa et al. (2003), que consideram os valores ideais para cultivo em substrato aqueles que vão desde 170 a 1000 g L⁻¹.

Em relação à porosidade, todos os tratamentos apresentaram valores um pouco abaixo da faixa de referência, 85%, segundo De Boot et al. (1973). Ainda em relação à porosidade, parte do volume de poros é de maior tamanho (macroporos) e não retém água sob força exercida pela gravidade e são responsáveis por proporcionar aeração às raízes, denominado porosidade de aeração (Drzal et al., 1999). Em relação à proporção de macroporos, o tratamento com 75% composto e 25% terra foi o que apresentou o maior valor (40,5%).

Tabela 9: Valores de densidade aparente, densidade da partícula, porosidade total, microporosidade e macroporosidade dos substratos utilizados nos experimentos com mudas de espécies arbóreas.

Tratamentos	Densidade		Porosidade		
	Aparente	Partícula	Total	Micro	Macro
	----- g L ⁻¹ -----		----- % -----		
Substrato comercial	224,9	1007,4	77,7	45,1	32,6
75% composto + 25% terra	416,8	1644,2	74,6	34,2	40,5
50% composto + 50% terra	645,3	2091,4	69,1	31,2	37,8
25% composto + 75% terra	844,6	2191,3	61,4	35,2	26,2

4.3.2 Avaliação das mudas

Pode-se observar nas Tabelas 10 e 11 que a paineira e o pau-viola apresentaram resultados muito semelhantes, sendo que o substrato comercial e a mistura de 75% composto + 25% terra foram os tratamentos que proporcionaram o melhor desenvolvimento das mudas, apesar de não diferirem estatisticamente.

O substrato com 25% composto + 75% terra foi o que proporcionou menor desenvolvimento das mudas. E o substrato 50% composto + 50% terra apresentou desempenho intermediário.

Tabela 10: Altura média (± 1 dp) aos 30, 90 e 120 dias após a semeadura e massa fresca de parte aérea e de raiz média (± 1 dp) aos 120 dias após a semeadura em mudas de paineira desenvolvidas em substratos com diferentes composições.

Tratamentos	Altura			Massa fresca	
	30 dias	90 dias	120 dias	Parte aérea	Raiz
	----- cm -----			----- mg por planta-----	

Substrato comercial	8,74 a	10,14 a	10,31 a	1054 a	1092 a
75% composto + 25% terra	8,95 a	10,77 a	11,04 a	1016 a	720 a
50% composto + 50% terra	8,18 b	10,23 a	10,12 a	762 b	584 a
25% composto + 75% terra	8,00 b	9,92 a	9,63 b	574 b	622 a
CV%	6,08	5,24	5,35	27,37	41,05

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

Os baixos valores de massa fresca de parte aérea observados nas mudas de paineira, na faixa de um grama por planta, podem ser devidos ao sombreamento excessivo provocado pelo sombrite 80%, já que esta é uma planta pioneira e necessita de pleno sol para seu desenvolvimento. A época em que foi realizado o experimento nos meses de abril, maio, junho e julho, com temperaturas mais amenas e menor radiação solar também colaboraram para este resultado.

Tabela 11: Altura média (± 1 dp) aos 30, 60 e 90 dias após a semeadura e massa fresca de parte aérea e de raiz média (± 1 dp) aos 90 dias após a semeadura em mudas de pau-viola desenvolvidas em substratos com diferentes composições.

Tratamentos	Altura			Massa fresca	
	30 dias	60 dias	90 dias	Parte aérea	Raiz
	----- cm -----			----- mg por planta-----	
Substrato comercial	10,75 b	9,13 a	10,45 a	953 a	1178 a
75% composto + 25% terra	11,09 a	9,60 a	10,83 a	853 a	913 a
50% composto + 50% terra	8,63 c	7,62 b	8,52 b	709 b	748 b
25% composto + 75% terra	7,30 c	6,68 b	6,85 c	494 c	566 c
CV%	10,09	10,66	9,91	16,08	17,07

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

O melhor desempenho dos tratamentos comercial e 75% composto + 25% terra, provavelmente, está relacionado ao maior teor de N total destes substratos, pois o N geralmente é o nutriente mais demandado. Como o período de desenvolvimento de espécies arbóreas é muito longo, quando comparado ao de outras espécies, como as hortaliças, o N total é mais importante que o N prontamente disponível, já que esta fração pode ser perdida por lixiviação. Além disto, as mudas foram produzidas em tubetes de reduzidos volume (115 cm^3), que requerem a utilização de substratos com elevados teores de N total.

O aumento da proporção de terra na mistura com composto diminuiu a qualidade do substrato, pois aumentou a sua densidade e reduziu os seus conteúdos de C e de N. Os teores dos demais nutrientes também variaram, mas permaneceram dentro da faixa considerada adequada. Esta pode ser a explicação de porque o substrato 50% composto + 50% terra apresentou desempenho inferior ao substrato com menor proporção de terra.

5 CONCLUSÕES

- É possível obter composto orgânico com elevado teor de N utilizando-se o capim-elefante (*Pennisetum purpureum* Schum.) misturado com torta de mamona na proporção de 1,0% (v/v).
- Durante o processo de compostagem podem ocorrer elevadas perdas de K, próximas a 85%, quando a leira de composto apresenta reduzida altura e elevada superfície, e é instalada em local exposto às chuvas.
- A utilização de composto orgânico, obtido com a mistura de capim-elefante e torta de mamona, como matéria-prima para a formulação de substrato destinado à produção de mudas de espécies florestais proporciona uma redução de 94% do custo em relação ao substrato comercial.
- O substrato formulado com a mistura de 75% de composto orgânico e 25% de terra se mostrou eficiente para substituir o substrato comercial tradicionalmente utilizado como substrato na produção de mudas de Paineira (*Ceiba speciosa*), e de Pau-viola (*Citharexylum myrianthum*) nas condições do viveiro Pedra Selada.

6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABAD, M.; MARTINEZ, P. F.; MARTINEZ, J. Evaluación agrónomica de los substratos de cultivo. **Actas de Horticultura**, Villaviciosa, Espanha, v. 11, p. 141-154, 1993.

AQUINO, A. M.; ALMEIDA, D. L.; GUERRA, J. G. M.; DE-POLLI, H. Biomassa microbiana, colóides orgânicos e nitrogênio inorgânico durante a vermicompostagem de diferentes substratos. **Pesquisa agropecuária brasileira**, v. 40, n. 11, p. 1087-1093, 2005.

ALMEIDA, L. S. **Avaliação morfológica de mudas de *Allophylus edulis* (A. St.-Hil., A. Juss. & Cambess.) Radl. (vacum) e *Schinus terebinthifolius* Raddi (aroeira) produzidas em diferentes substratos.** 2005. 105f. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) - Universidade Federal do Paraná. Curitiba, 2005.

BALLESTER-OLMOS, J. F. **Substratos para el cultivo de plantas ornamentales.** Madrid: Saijen, 1993. 44 p.

BERNAL, M. P.; NAVARRO, A. F.; ROIG, A.; CEGARRA, J.; GARCIA, D. Carbon and nitrogen transformations during composting of sweet sorghum bagasse. **Biology and Fertility Soils**. v. 22, p. 141-148, 1996.

BERNAL, M. P.; PAREDES, C.; SÁNCHEZ-MONEDERO, M. A.; CEGARRA, J. Maturity and stability parameters of composts prepared with a wide range of organic wastes. **Bioresources Technology**, v. 63, p. 191-99, 1998a.

BERNAL, M.P.; ALBURQUERQUE, J.A.; MORAL, R. Composting of animal manures and chemical criteria for compost maturity assessment. A review. **Bioresource Technology**, n. 100, p. 5444-5453, 2009.

BOSA, N.; CALVETE, E. O.; KLEIN, V. A.; SUZIN, M. Crescimento de mudas de gipsofila em diferentes substratos. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 21, n. 3, p. 514-519, julho-setembro 2003.

BRASIL. Instrução Normativa nº 25, de 23 de julho de 2009. **Diário Oficial da República Federativa do Brasil**, Brasília, DF, 28 de julho de 2009.

CALDEIRA, M.C.W.; PERONI, L.; GOMES, D.R.; DELARMELINA, W. M.; TRAZZI, P. A. Diferentes proporções de biossólido na composição de substratos para a produção de mudas de timbó (*Ateleia glazioviana* Baill) **Scientia Forestalis**, Piracicaba, v. 40, n. 93, p. 015-022, mar. 2012.

CECONI, D. E.; POLLETO, I.; BRUN, E. J.; LOVATO, T. Crescimento de mudas de açoita-calavo (*Luehea divaricata* Mart.) sob influência da adubação fosfatada. **Cerne**, Lavras, v. 12, n. 3, p. 292-299, jul./set. 2006.

CORÁ, J. E.; FERNANDES, C. Curva característica de retenção de água para substratos. In: ENCONTRO NACIONAL SOBRE SUBSTRATOS PARA PLANTAS - Materiais Regionais como substrato, 6, 2008, Fortaleza. **Anais eletrônicos...** Fortaleza: Embrapa Agroindústria

Tropical, SEBRAE /CE e UFC, 2008. Disponível em: <http://www.cnpat.embrapa.br/viensub/Trab_PDF/sub_21.pdf>. Acesso em: 16 jul.de 2015

DE BOODT, M.; VERDONCK, O. The physical properties of the substrates in horticulture. **Acta Horticulturae**, Wageningen, v. 26, p. 37-44, 1972.

DE BOODT, M.; VERDONCK, O.; CAPPAERT, I. Method for measuring the water release curve of organic substrates. In: **I Symposium on Artificial Media in Horticulture 37**. 1973. p. 2054-2063.

DELARMELINA, W. M.; FARIA, J. C. T.; GONÇALVES, E. O.; ROCHA, R. L. F. Diferentes substratos para a produção de mudas de *Sesbania virgata*. **Floresta e Ambiente**, Seropédica, v. 21, n. 2, p. 224-233, June 2014. Disponível em <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S217980872014000200010&lng=en&nrm=iso> acesso em 06 de março de 2017

DRZAL, M.S.; CASSEL, D .K.; FONTENO, W. C. Pore fraction analysis: a new tool for substrate testing. **Acta Horticulturae**, Wageningen, v. 481, p. 43-53, 1999.

EMBRAPA. CENTRO NACIONAL DE PESQUISA DE SOLOS. **Manual de métodos de análise de solo**. Rio de Janeiro, RJ. 1997. 212p.

FERMINO, M. H. O uso da análise física na avaliação da qualidade de componentes e substratos. In: ENCONTRO NACIONAL DE SUBSTRATOS PARA PLANTAS, 3., 2002, Campinas. **Anais...** Campinas: IAC, 2002. p. 29-37.

FERRAZ, M. V.; CENTURION, J .F.; BEUTLER A. N. "Caracterização física e química de alguns substratos comerciais." **Acta Scientiarum. Agronomy** v. 27, n. 2, p. 209-214, 2005.

FERNANDES, R. C.; AQUINO, A. M.; LEAL, M.M.A. Utilização de composto orgânico com diferentes níveis de enriquecimento como substrato para produção de mudas de alface e beterraba. **Cadernos de Agroecologia**, v. 4, n. 1, 2009.

FONSECA, C. A.; PAIVA, H. N.; NEVES, J. C. L. Macronutrientes na produção de mudas de canafístula em argissolo vermelho amarelo da região da zona da mata, MG. **Ciência Florestal**, v. 21, n. 3, p. 445-457, 2011.

GOH, K. M. ; HAYNES, R.J. Evaluation of potting media for commercial nursery production of container-grown plants. I. Physical and chemical characteristics of soil and soil-less media and their constituents. **New Zeland Journal of Agriculture**, v.20, p.363-370, 1997.

GONÇALVES, J. L. M.; SANTARELLI, E. G.; MORAES NETO, S. P. Produção de mudas de espécies nativas: substrato, nutrição, sombreamento e fertilização. In: GONÇALVES, J. L. M.; BENEDETTI, V. **Nutrição e fertilização florestal**. Piracicaba: IPEF, 2000.

GONÇALVES, J. L. M; POGGIANI, F. Substratos para produção de mudas florestais. **Anais do Congresso Latino Americano de Ciência do Solo**, 13, Águas de Lindóia, SP. 1996.

GUERRINI, I. A.; TRIGUEIRO, R. M. Atributos físicos e químicos de substratos compostos por bio sólidos e casca de arroz carbonizada. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 28, n. 6, p. 1069-10, 2004.

GUIDUCCI, R. do C. N.; LIMA FILHO, J. R. de; MOTA, M. M. (Ed.). **Viabilidade econômica de sistemas de produção agropecuários: metodologia e estudos de caso**. Brasília, DF: Embrapa, 2012.

HAUG, Roger Tim. **The practical handbook of compost engineering**. CRC Press, 1993.

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

JACQUES, A. V. A. Caracteres morfo-fisiológicos e suas aplicações como manejo. In: CARVALHO, M. M., ALVIM, M. J., XAVIER, D. F. et al. (Eds.) **Capim-elefante: produção e utilização**. Coronel Pacheco: Embrapa-Gado de Leite, 1994, p.31-47.

KÄMPF, A. N. Seleção de materiais para uso como substrato. In: KÄMPF, A.N., FERMINO, M.H. (Eds.) **Substrato para plantas: a base da produção vegetal em recipientes**. Porto Alegre: Gênese, 2000. p.139-145.

KÄMPF, A. N. **Produção comercial de plantas ornamentais**. Guaíba: Agrolivros, v. 2, 2005.

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

KRATZ, D.; WENDLING, I.; NOGUEIRA, A. C.; Propriedades físicas e químicas de substratos renováveis. **Revista Árvore**, v.37, n.6, p.1103-1113, 2013.

LEAL, M. A. A. **Produção e eficiência agrônômica de compostos obtidos com palhada de gramínea e leguminosa para o cultivo de hortaliças orgânicas**. Seropédica: UFRRJ, 2006. 133f. (Tese, Doutorado em Agronomia, Ciência do Solo).

LEAL, M. A. A.; GUERRA, J. G. M.; PEIXOTO, R. T. G.; ALMEIDA, D. L. **Análise de custos de produção de compostos confeccionados com mistura de *Crotalaria juncea* e capim elefante**. Seropédica-RJ: Embrapa Agrobiologia, 2008 (Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento 30).

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-RJ: Embrapa Agrobiologia, 2009 (Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento 43).

LEAL, M. A. A.; GUERRA, J. G. M.; PEIXOTO, R. T. G.; ALMEIDA, D. L. Utilização de compostos orgânicos como substratos na produção de mudas de hortaliças. **Horticultura Brasileira**, v.25, p.392-395, 2007.

LEAL, M. A. de 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**, v. 17, n. 11, p. 1195–1200, 2013.

LIAO, C. F. H. Devarda's Alloy Method for Total Nitrogen Determination. **Soil Science Society of America Journal**, v. 45, n. 5, 1981.

LOPES, R. S. **Adubação nitrogenada e potássica em pastagens de capim-elefante sob irrigação**. Tese De Doutorado. Universidade Federal de Viçosa, 2002.

LORENZI, H. **Árvores Brasileiras: manual de identificação e cultivo de plantas arbóreas do Brasil**. 3.ed. Nova Odessa: Instituto Plantarum, 2000. 373p.

MELLO, A. H.; KAMINSKI, J.; ANTONIOLLI, Z. I. Influência de substratos e fósforo na produção de mudas micorrizadas de *Acacia mearnsii* de Wild. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 18, n. 3, p. 321-327, jul./set. 2008.

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

MORAL, R.; MORENO-CASELLES, J.; PEREZ-MURCIA, M.D. Characterisation of the organic matter pool in manures. **Bioresource Technology**, v. 96, n. 2, p. 153 – 158, 2005.

MOREIRA, J. de A. N.; LIMA, E. F.; FARIAS, F. J. C. **Melhoramento da mamoneira (*Ricinus communis* L.)**. Campina Grande: EMBRAPA/CNPA, 1996. 30 p. (EMBRAPA-CNPA Documentos 44)

MOREIRA, F. M. S.; SIQUEIRA, J. O. **Microbiologia e bioquímica do solo**. Lavras: UFLA. 2002. 626 p.

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**, 2014. (Embrapa Agrobiologia. Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento, 97).

PEIXOTO, R.T. dos G.; ALMEIDA, D. L. de; FRANCO, A. A. Compostagem de lixo urbano enriquecido com fontes de fósforo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.24, p.599-606, 1989.

RODRIGUES, M. S.; SILVA, F. C. da., BARREIRA, L.P.; KOVACS, A. Compostagem: reciclagem de resíduos sólidos orgânicos. In: Spadotto, C.A.; Ribeiro, W. **Gestão de Resíduos na agricultura e agroindústria**. FEPAF. Botucatu. p. 63-94. 2006

SCHMITZ, J. A. K.; SOUZA, P. V. D.; KAMPF, A. N. Propriedades químicas e físicas de substratos de origem mineral e orgânica para o cultivo de mudas em recipientes. **Cienc. Rural**, Santa Maria, v. 32, p. 937-944, 2002.

SEA – Secretaria do Estado do Ambiente. **Diagnóstico da produção de mudas de espécies nativas do estado do Rio de Janeiro**. SEA, Rio de Janeiro, 2010, 63 p. Disponível em: <<http://www.rj.gov.br/web/sea/exibeConteudo?article-id=310536>> acesso em 18 jan.2015

SILVA, F. A. M.; LOPEZ, F.G.; BOAS, R. L. V. Transformação da matéria orgânica em substâncias húmicas durante a compostagem de resíduos vegetais. **Revista Brasileira de Agroecologia**, v. 4, n. 1, 2009.

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

SOARES, I. D.; PAIVA, A. V.; MIRANDA, R.O.V. Propriedades físico-químicas de resíduos agrofloretais amazônicos para uso como substrato. **Nativa**, v. 2, n. 3, p. 155-161, 2014.

TMECC. **Organic and biological properties - 05.08 respirometry**. In: Test Methods for the Examination of Composting and Compost (Thompson WH, Leege PB, Millner PD and Wilson ME (eds.)). United States Department of Agriculture, and Composting Council Research and Education Foundation, Holbrook, NY, 2002. p. 05.08-1–05.07-24.

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.

VALENTE, B. S.; XAVIER, E. G.; MORSELLI, T.; JAHNKE, D. S. Fatores que afetam o desenvolvimento da compostagem de resíduos orgânicos. **Archivos de Zootecnia**, v. 58, n. 1, p. 59-85, 2009.

VIGNOLO, A.; KLEINICK, G.; ARAÚJO, V. F. Produção de morangos a partir de fertilizantes alternativos em pré-plantio. **Ciência Rural**, v. 41, n.10, p. 1755-1761, 2011.

WICHUK, K. M.; McCARTNEY, D. Compost stability and maturity evaluation - a literature review. **Journal of Environmental Engineering and Science**, v.8, n.5, p. 601-620, 2013.

ZORZETO, T. Q. **Caracterização física e química de substratos para plantas e sua avaliação no rendimento do morangueiro (Fragaria x ananassa)**. Campinas: IAC. 96 f. 2011. (Dissertação mestrado).