



FABIANA ABREU DE REZENDE

**APROVEITAMENTO DA CASCA DE CAFÉ E
BORRA DA PURIFICAÇÃO DE GORDURAS E
ÓLEOS RESIDUÁRIOS EM COMPOSTAGEM**

**LAVRAS - MG
2010**

FABIANA ABREU DE REZENDE

**APROVEITAMENTO DA CASCA DE CAFÉ E BORRA DA
PURIFICAÇÃO DE GORDURAS E ÓLEOS RESIDUÁRIOS EM
COMPOSTAGEM**

Tese apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Agronomia/Fitotecnia, área de concentração em Produção Vegetal, para a obtenção do título de Doutora.

Orientador
Dr. Gabriel José de Carvalho

**LAVRAS-MG
2010**

**Ficha Catalográfica Preparada pela Divisão de Processos Técnicos da
Biblioteca da UFLA**

Rezende, Fabiana Abreu de.

Aproveitamento da casca de café e borra da purificação de gorduras e óleos residuários em compostagem / Fabiana Abreu de Rezende. – Lavras: UFLA, 2010.

74 p. : il.

Tese (doutorado) – Universidade Federal de Lavras, 2010.

Orientador: Gabriel José de Carvalho.

Bibliografia.

1. Intervalos de revolvimento. 2. Biodiesel. 3. Condutividade eletrolítica. 4. Composto orgânico. 5. Relação C/N. I. Universidade Federal de Lavras. II. Título.

CDD – 631.875

FABIANA ABREU DE REZENDE

**APROVEITAMENTO DA CASCA DE CAFÉ E BORRA DA
PURIFICAÇÃO DE GORDURAS E ÓLEOS RESIDUÁRIOS EM
COMPOSTAGEM**

Tese apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Agronomia/Fitotecnia, área de concentração em Produção Vegetal, para a obtenção do título de Doutora.

APROVADA em 16 de julho de 2010.

Dr. Antônio Carlos Fraga	UFLA
Dr. Eric Batista Ferreira	UNIFAL
Dr. Moisés de Souza Reis	EPAMIG
Dr. Pedro Castro Neto	UFLA

Dr. Gabriel José de Carvalho
Orientador

**LAVRAS - MG
2010**

A Deus pela dádiva da vida.

A minha avó Geralda Moisés de Abreu (in memoriam) e meu avô Abel Batista de Abreu (in memoriam) por todo carinho e apoio incondicional.

Ao meu filho, João Ricardo Rezende de Carvalho, por ter me concedido a felicidade de ser mãe.

Ao meu marido, Ricardo da Silveira Carvalho, por todo amor e gentileza demonstrados a cada dia.

Aos meus pais Regina Ângela de Abreu Rezende e José Higino de Andrade Rezende, por todo amor que sempre me concederam.

Aos meus irmãos Ana Paula Abreu de Rezende, Juliana Abreu de Rezende e Adriano Abreu de Rezende, pelo companheirismo e apoio.

Aos meus queridos sobrinhos Eduarda Abreu de Rezende Santos, Yasmim Simon, Helena Simon Rezende, Lorenzo Simon Rezende, Bernardo Barbosa Andrade Rezende, Natan Barbosa Andrade Rezende e as novas sobrinhas Mari, Alice, Helena e Sophia, por toda a alegria que trazem à minha vida.

DEDICO

AGRADECIMENTOS

À Universidade Federal de Lavras e ao Departamento de Agricultura, pela oportunidade concedida de realização do curso de doutorado.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (Capes), pela concessão de bolsa de estudos, à Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Minas Gerais (Fapemig), à Financiadora de Estudos e Projetos (Finep) e ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), por tornar possível a realização deste estudo.

Ao meu orientador, Prof. Dr. Gabriel José de Carvalho, por toda a paciência e dedicação, o que possibilitou a realização do trabalho.

Aos meus coorientadores, Prof. Dr. Eric Batista Ferreira e Prof. Dr. Carlos Alberto Silva, por todas as contribuições dadas a este trabalho. Ao Prof. Dr. Antônio Carlos Fraga, que deu grande apoio ao trabalho.

Ao coordenador do curso de Pós-graduação do Departamento de Agricultura, Prof. Dr. Moacir Pascoal, que sempre esteve presente nas horas fáceis e principalmente nas difíceis.

Aos funcionários dos Departamentos de Agricultura (DAG), Zootecnia (DZO) e Solos (DCS) da Universidade Federal de Lavras que possibilitaram a realização dos experimentos, principalmente Sirley, Sr. Pedro e Valter do DAG, Hilton do DCS e Borginho do DZO.

À Marli dos Santos Túlio, por toda paciência e disponibilidade ao longo de todo curso.

A todos os professores das disciplinas cursadas dos Departamentos de Agricultura, Biologia, Ciências Florestais, Ciências Exatas e Solos, pelos ensinamentos compartilhados.

Aos amigos e colegas que passaram comigo por este período de estudos, em especial Danieli Lazarini, Plínio, Daniela Santos, Ronaldo, Bruno e Zezinho.

À amiga e comadre, Mirella Beatriz Ferreira Henrique, por sempre estar presente e pronta a ajudar. Aos amigos e amigas Luly, Fernanda, Aldenir, Daniela Botrel, Carol Gomes, Karolina, Suzana, Bianca, Charlotte, vó Darci, Gordo, Cássio, Guilherme e Pedro, que são parte importante de minha vida.

À toda minha família, pelo acolhimento e alegria que sempre demonstraram no convívio diário. Em especial à minha avó, meus pais, irmãos, tios, primos e sobrinhos.

À Maria Júlia da Silveira Carvalho, por todo apoio e incentivo.

Ao meu marido, Ricardo da Silveira Carvalho, pela paciência e amizade sempre demonstrados.

Muito obrigada!

RESUMO GERAL

Tanto no meio rural quanto no urbano, existe produção de resíduos orgânicos. Formas adequadas de disposição final de resíduos são desejáveis e muitas vezes benéficas, já que este material orgânico é originalmente proveniente de áreas agrícolas. A compostagem é um método de estabilização de resíduos de forma a obter material livre de patógenos e pronto para uso agrícola. Os benefícios do composto orgânico são inúmeros, quando utilizado em áreas agrícolas. Desta forma, este estudo aborda o processamento e estabilização de resíduos agrícolas e urbanos, por meio da compostagem. No primeiro estudo foram feitas 2 diferentes misturas de resíduos para compostagem (apenas casca de café e casca de café associada ao esterco de bovinos), que sofreram 4 diferentes intervalos de revolvimento e, após a obtenção do composto, os mesmos foram testados em cultivo agrícola do sorgo (*Sorghum bicolor*). Monitoraram-se a temperatura, o pH, a condutividade eletrolítica e alguns parâmetros químicos. Os compostos atingiram a maturidade aos 105 dias após o início do processo, quando as pilhas atingiram temperatura ambiente constante. No experimento em vasos procedeu-se o plantio do sorgo mantendo 3 plantas por vaso durante 30 dias. Após este período as plantas foram cortadas para obtenção de biomassa fresca e posteriormente secas em estufa, para obtenção de biomassa seca. Intervalos de revolvimento maiores reduzem a perda de nitrogênio, além de diminuir a necessidade de mão-de-obra. Compostos orgânicos obtidos com intervalos de revolvimento menores apresentam uma condutividade eletrolítica mais baixa. A adição de esterco na casca de café propicia redução na relação C/N, aumentando desta forma a taxa de mineralização do composto orgânico. No cultivo do sorgo, os compostos provenientes da mistura de casca de café com esterco propiciam melhores resultados de biomassa fresca e seca. No segundo estudo verificou-se qual a melhor composição de substratos para compostagem da borra resultante da extração do biodiesel de gorduras e óleos residuários de frituras de alimentos, utilizando-se como fonte de carbono capim napier e como fonte de nitrogênio esterco de bovinos ou torta de mamona. Foram feitas 8 diferentes misturas de resíduos para compostagem e após a obtenção dos compostos os mesmos foram testados em cultivo agrícola. Foram monitorados os mesmos parâmetros do primeiro estudo. A borra de gorduras e óleos residuários, em qualquer das doses utilizadas, pode ser reciclada por meio de compostagem sem afetar o produto final. Compostos de capim napier com esterco de bovinos apresentam condutividade eletrolítica mais adequada para utilização como adubo orgânico que compostos de capim napier com torta de mamona. A adição de torta de mamona à massa de composto resultou em produtos finais mais ricos nutricionalmente. Os compostos de capim napier com torta de mamona

propiciaram maior produção de biomassa fresca e biomassa seca que os compostos de capim napier com esterco, independente da época de cultivo.

Palavras-chave: Biomassa. Composto orgânico. Relação C/N.

GENERAL ABSTRACT

Both in rural and urban areas, there is organic waste production. Appropriate means of definitive disposal of waste is often desirable and beneficial, as this organic material is originally from agricultural areas. Composting is a stabilization of waste in order to obtain pathogens free material and ready for agricultural use. The benefits of compost are numerous, when used in agricultural areas. Thus, this study addresses the processing and stabilization of agriculture and urban waste, through composting. In the first study two different mixtures of waste for compost were made (only coffee husk and coffee husk associated with cattle manure), which suffered four different tillage intervals and after obtaining the compost they were tested in agricultural cultivation of sorghum (*Sorghum bicolor*). The temperature, pH, electrolytic conductivity and some chemical parameters were monitored. The compounds have reached maturity 105 days after the beginning of the process, when heat cells reached constant room temperature. The pot experiment was conducted by planting sorghum, maintaining three plants per pot for 30 days. After this period the plants were cut to obtain fresh biomass and then dried in an oven to obtain dry biomass. Longer intervals between tillage reduce loss of nitrogen, and also decrease the need for manpower. Organic composts obtained at shorter intervals have a lower electrolytic conductivity. The addition of manure in coffee husk provides a reduction in C / N ratio thereby increasing the rate of mineralization of organic compost. In the cultivation of sorghum, the compounds from the mixture of coffee husk and manure produced better results for fresh and dry biomass. The second study verified that the best composition of substrates for sludge compost resulting from the extraction of biodiesel residual oils from fried food, using as carbon source napier grass and as a nitrogen source cattle manure or castor pomace. Eight different mixtures of residues for compost were made and after obtaining the compost they were tested in the same agricultural crop. The same parameters of the first study were monitored. The sludge of fats and residuary oils, at any of the used doses, can be recycled through composting without affecting the final product. Compost of napier grass with cattle manure presented more suitable electrolytic conductivity for use as organic fertilizer than compounds of napier grass with castor pomace. The addition of castor pomace to the mass of compost resulted in nutritionally richer final products. The composts of napier grass with castor pomace provided a greater production of fresh and dry biomass than the compounds of napier grass with manure, regardless of the growing season.

Keywords: Biomass. Organic compost. C / N ratio.

SUMÁRIO

	CAPÍTULO 1	12
1	INTRODUÇÃO GERAL	12
	REFERÊNCIAS	14
	CAPÍTULO 2 Compostagem de casca de café e esterco de bovinos	15
1	INTRODUÇÃO	18
1.1	Resíduos para a produção de composto orgânico	18
1.1.1	Esterco de bovinos	19
1.1.2	Casca de café	20
1.2	Intervalos de revolvimento	20
2	MATERIAL E MÉTODOS	22
2.1	Experimentos	22
2.1.1	Experimento de campo	22
2.1.2	Experimento em casa de vegetação	25
2.2	Análise estatística	26
3	RESULTADOS E DISCUSSÃO	28
3.1	Temperatura	28
3.2	Condutividade eletrolítica e pH	31
3.2.1	Condutividade eletrolítica e pH ao longo do processo de compostagem	31
3.2.2	Condutividade eletrolítica ao final do processo de compostagem	33
3.3	Características químicas dos compostos	34
3.3.1	Fósforo	35
3.3.2	Nitrogênio	36
3.3.3	Carbono, Zinco, Boro, Fósforo, Potássio e Cálcio	37
3.3.4	Relação C/N	38
3.4	Biomassa fresca e seca do sorgo	39
4	CONCLUSÕES	41
	REFERÊNCIAS	42
	CAPÍTULO 3 Aproveitamento da borra da purificação de gorduras e óleos residuários em compostagem	46
1	INTRODUÇÃO	49
2	MATERIAL E MÉTODOS	51
2.1	Experimentos	51
2.2	Experimento de campo	52
2.3	Experimentos em casa de vegetação	55
2.3.1	Experimento I	55
2.3.2	Experimento II	57
2.4	Análise estatística	57

3	RESULTADOS E DISCUSSÃO	59
3.1	Condutividade eletrolítica e pH ao longo do período de compostagem	59
3.2	Características químicas dos compostos	64
3.2.1	Cálcio	65
3.2.2	Fósforo, Zinco, Potássio e Boro	66
3.2.3	Nitrogênio, Carbono, Matéria Orgânica e relação C/N	66
3.3	Biomassa fresca e seca do sorgo (Experimentos I e II em casa de vegetação)	67
3.3.1	Biomassa fresca e seca (experimento em vasos I)	68
3.3.2	Biomassa fresca e seca (experimento em vasos II)	69
4	CONCLUSÕES	71
	REFERENCIAS	73
	CONSIDERAÇÕES FINAIS	72

CAPÍTULO 1

1 INTRODUÇÃO GERAL

Tanto no meio rural quanto no urbano, existe produção de resíduos orgânicos. Grande parte destes resíduos é disposta de forma desordenada e inadequada, acarretando impactos ambientais, que vão desde a imobilização de nutrientes por microrganismos, podendo chegar a impactos mais graves, como a contaminação de reservas hídricas por dejetos ou matrizes poluentes (SILVA, 2008). Formas adequadas de disposição final de resíduos são desejáveis e muitas vezes benéficas, já que este material orgânico é originalmente proveniente de áreas agrícolas, tendo como consequência a exportação de nutrientes para áreas urbanas. Portanto, o retorno destes materiais para estas áreas agrícolas é de grande importância.

Existem inúmeras formas de processamento de resíduos visando a sua estabilização e posterior utilização em solos na forma de matéria orgânica, tendo como objetivo proporcionar melhorias nas características físicas, químicas e biológicas destes solos e de disposição adequada dos resíduos. Dentre elas pode-se destacar a compostagem, método amplamente conhecido, mas ainda pouco utilizado. Dentre as diversas razões que limitam a difusão da compostagem, pode-se destacar: pouca atenção dada às necessidades dos processos biológicos; falta de visão e plano de marketing para o produto final obtido; utilização de matérias primas pobres que resultam em compostos finalizados de baixa qualidade; a não contabilização das vantagens econômicas que o composto pode trazer; a preocupação das autoridades municipais em apenas prover uma coleta de resíduos adequada e não em sua separação e reaproveitamento e a necessidade de mais pesquisas nesta área.

No entanto os benefícios do composto orgânico são inúmeros. Quando utilizado em áreas agrícolas, a matéria orgânica, adicionada aos solos, propicia: fornecimento de nutrientes às plantas; maior retenção de cátions; complexação de elementos tóxicos e de micronutrientes; estabilização da estrutura do solo; maior infiltração e retenção de água; melhor aeração, maior atividade e biomassa microbianas; maior capacidade deste solo de suportar a biomassa de plantas; além de possibilitar o acúmulo de 3 a 4 vezes mais carbono do que é acumulado normalmente na biomassa vegetal, e até duas vezes o que é acumulado na atmosfera, possibilitando assim conservar de forma mais efetiva o carbono (BERNOUX et al., 2009; NOVOTNY et al., 2009). Assim, a matéria orgânica é um importante fator para aumentar a capacidade produtiva de solos agrícolas.

A compostagem é um método de estabilização de resíduos de forma a obter material livre de patógenos, quando feita de forma adequada, e pronto para uso em áreas agrícolas (BERNAL et al., 1998). Pereira Neto (1995) enfatiza que a compostagem, além de ser um processo de reciclagem, é, antes de tudo, um processo sanitariamente seguro de tratamento de resíduos orgânicos. No entanto, salienta-se que o material obtido ao final do processo de compostagem reflete as características dos resíduos que lhe deram origem. Assim, a associação de resíduos diversos de forma controlada pode ser uma maneira de obter um produto final cuja qualidade seja conhecida e benéfica aos solos e microrganismos (LEROY et al., 2007).

Desta forma, este estudo abordou o processamento e estabilização de resíduos agrícolas e urbanos, por meio da compostagem, para obtenção de matéria orgânica, de maneira a beneficiar cultivos agrícolas e seqüestro de carbono.

REFERÊNCIAS

BERNAL, M. P. et al. Maturity and stability parameters of composts prepared with a wide range of organic wastes. **Bioresource Technology**, Essex, v. 63, n. 1, p. 91-99, Jan. 1998.

BERNOUX, M. et al. Cropping systems, carbon sequestration and erosion in Brazil: a review. **Agronomy for Sustainable Development**, Paris, v. 26, n. 1, p. 1-8, Jan. 2006.

LEROY, B. L. M. et al. The quality of exogenous organic matter: short-term influence on earthworm abundance. **European Journal of Soil Biology**, Montrouge, v. 43, suppl. 1, p. 196-200, Nov. 2007.

NOVOTNY, E. H. et al. Lessons from the Terra Preta de índios of the Amazon region for the utilization of charcoal for soil amendment. **Journal of the Brazilian Chemical Society**, Campinas, v. 20, n. 6, p. 1003-1010, 2009.

PEREIRA NETO, J. T. **Um sistema de reciclagem e compostagem, de baixo custo, de lixo urbano para países em desenvolvimento**. Viçosa, MG: UFV, 1995. 16 p.

SILVA, C. A. Uso de resíduos orgânicos na agricultura. In: SANTOS, G. A. et al. (Ed.). **Fundamentos da matéria orgânica: ecossistemas tropicais e subtropicais**. Porto Alegre: Metrópole, 2008. cap. 32, p. 597-624.

CAPÍTULO 2

Compostagem de casca de café e esterco de bovinos

RESUMO

A utilização de composto orgânico em solos agrícolas é prática que traz vantagens no sentido de evitar riscos de contaminação ambiental e de imobilização de nutrientes, além de ser fonte de matéria orgânica que atua como condicionador de solo. Em áreas agrícolas há grande disponibilidade e produção de resíduos para a obtenção de composto orgânico, desde resíduos de origem vegetal, como serragem, bagaço de cana e palhas até os de origem animal, como os diversos tipos de estercos (de aves, bovinos, suínos e equinos). Dessa forma, este estudo aborda a produção de composto orgânico por meio da associação de resíduos sob diferentes intervalos de revolvimento durante o processo de compostagem. Práticas essas realizadas para melhor entendimento da influência que estes procedimentos (associação de resíduos e diferentes intervalos de revolvimento) têm sobre o produto final e sua influência no cultivo do sorgo (*Sorghum bicolor*). Os experimentos foram conduzidos no *campus* da Universidade Federal de Lavras sendo um em campo e outro em casa de vegetação. Foram feitas 2 diferentes misturas de resíduos para compostagem (apenas casca de café e casca de café associada ao esterco de bovinos), que sofreram 4 diferentes intervalos de revolvimento e após a obtenção do composto, os mesmos foram testados em cultivo agrícola. O experimento em campo foi conduzido em delineamento inteiramente casualizado (DIC), em esquema fatorial 2x4 e três repetições. Durante o processo, monitoraram-se a temperatura, o pH e a condutividade eletrolítica. Os compostos atingiram a maturidade aos 105 dias após o início do processo, quando as pilhas atingiram temperatura ambiente constante. Após esse período, as amostras foram secas e enviadas para laboratório para análise dos parâmetros químicos (Ca, B, Zn, P, K, N e C). O experimento em vasos foi conduzido em DIC, em esquema fatorial 2x4+1 (testemunha) e três repetições. Este foi constituído de vasos rígidos de polietileno contendo 3 L de solo adubados com os diferentes compostos obtidos. Procedeu-se o plantio do sorgo mantendo 3 plantas por vaso durante 30 dias. Após este período as plantas foram cortadas para obtenção de biomassa fresca e posteriormente secas em estufa até estabilização do peso, para obtenção de biomassa seca. Intervalos de revolvimento maiores reduzem a perda de nitrogênio, além de diminuir a necessidade de mão-de-obra. Compostos orgânicos obtidos com intervalos de revolvimento menores apresentam uma

condutividade eletrolítica mais baixa. A adição de esterco na casca de café propicia redução na relação C/N, aumentando desta forma a taxa de mineralização do composto orgânico. No cultivo do sorgo, os compostos provenientes da mistura de casca de café com esterco propiciam melhores resultados de biomassa fresca e seca.

Palavras-chave: Intervalos de revolvimento. Sorgo. Relação C/N.

ABSTRACT

The use of compost in agriculture is a practice that brings benefits to avoid the risk of environmental contamination and immobilization of nutrients, also is a source of organic matter that acts as a soil conditioner. In agricultural areas there is a wide availability and production of residues to obtain organic compost, from plant wastes such as sawdust, sugar cane bagasse and straw to the animal waste and the various types of manure (poultry, cattle, swine and horses). Thus, this study addresses the production of organic compost through the association of residues under different tillage intervals during the composting process. These practices were conducted to better understand the influence that these procedures (association of waste and different tillage intervals) have on the final product and their influence on the cultivation of sorghum (*Sorghum bicolor*). The experiments were conducted on the Universidade Federal de Lavras' campus, with one on field and another in the greenhouse. Two different mixtures of residues for compost were made (only coffee husk and coffee husk associated with cattle manure), which suffered four different tillage intervals and after obtaining the compost they were tested in the same agricultural crop. The field experiment was conducted in completely randomized design (CRD) in a 2x4 factorial design with three replications. During the process, the temperature, pH and electrolytic conductivity were monitored. The compounds have reached maturity 105 days after the beginning of the process, when heat cells reached constant room temperature. After this period, samples were dried and sent to the laboratory for chemical parameters analysis (Ca, B, Zn, P, K, N and C). The pot experiment was conducted in CRD with factorial design 2x4 +1 (control) with three replications. It consisted of rigid polyethylene pots containing 3 L of fertilized soil with the different composts obtained. Planting of sorghum was made, keeping three plants per pot for 30 days. After this period the plants were cut to obtain fresh biomass and then dried in an oven to stabilize the weight to obtain dry biomass. Longer tillage intervals reduce loss of nitrogen, and also decrease the need for manpower. Organic compounds obtained at shorter tillage intervals have a lower electrolytic conductivity. The addition of manure in coffee husk provides a reduction in C / N ratio therefore increasing the mineralization rate of organic compost. In the cultivation of sorghum, the composts from the mixture of coffee husk and manure produce better results for fresh and dry biomass.

Keywords: Tillage intervals. Sorghum. C / N ratio.

1 INTRODUÇÃO

A utilização de composto orgânico, em solos agrícolas, é prática que traz vantagens no sentido de evitar riscos de contaminação ambiental e de imobilização de nutrientes, além de ser fonte de matéria orgânica que atua como condicionador do solo. O processo de compostagem trabalha na estabilização de materiais crus, resultando em compostos de cor escura, com substâncias orgânicas mineralizadas, estabilizados quimicamente e apresentando nutrientes em formas disponíveis para as plantas (SILVA, 2008). Um importante fator para a utilização segura do composto é seu grau de maturidade, que resulta em conteúdo de matéria orgânica estável e ausência de componentes fitotóxicos e patógenos de plantas e animais (BERNAL et al., 1998). Este resultado é alcançado quando se toma alguns cuidados durante o processo relativos à umidade, temperatura, aeração, granulometria, dimensões e formato da leira, relação entre umidade x aeração x temperatura e a relação carbono/nitrogênio (C/N). Além destes fatores, Kiehl (1985) afirma que o tempo necessário para promover a compostagem de resíduos orgânicos depende também do número e da frequência dos revolvimentos.

1.1 Resíduos para a produção de composto orgânico

Em áreas agrícolas há grande disponibilidade e produção de resíduos para a obtenção de composto orgânico, desde resíduos de origem vegetal, como serragem, bagaço de cana e palhas até os de origem animal como os diversos tipos de esterco (aves, bovinos, suínos e eqüinos). De acordo com Carvalho e Tella (1997), os materiais para a produção de composto podem ser: energéticos – restos vegetais; nutritivos – as tortas vegetais, restos de leguminosas e resíduos animais; e/ou inoculantes – os esterco em geral. Fialho et al. (2005) afirmam

que esta associação pode servir como fonte de nutrientes para o composto, beneficiando os microrganismos da pilha e enriquecendo assim o produto final. Portanto, a associação de resíduos que reúnam estas características é interessante e benéfica ao processo de compostagem.

1.1.1 Esterco de bovinos

O esterco de bovinos é uma fonte valiosa de nutrientes e matéria orgânica para o solo, já que ele contém macro e micro nutrientes necessários para o crescimento de plantas e é uma alternativa de baixo custo aos fertilizantes minerais. Entretanto, a alta produção deste resíduo, principalmente em sistemas de confinamento, tem resultado em práticas inadequadas de utilização, como aplicação no solo em épocas inadequadas e de forma indiscriminada. Estas práticas podem causar diversos problemas ambientais, incluindo fonte de metais potencialmente tóxicos, sais inorgânicos e patógenos; perdas de nutrientes através da lixiviação e erosão, por ter uma liberação lenta de nutrientes, não coincidindo com o tempo de absorção e requerimento das plantas; e a emissão de gases tóxicos (HUTCHISON et al., 2005).

De acordo com Lazcano et al. (2008), resíduos provenientes de animais podem trazer riscos à saúde e ao meio ambiente similares aos resíduos de esgoto, e devem ser tratados de forma adequada até a estabilização do material. A estabilização envolve a decomposição dos resíduos até que as substâncias que trazem riscos sejam eliminadas. O tratamento vai refletir em muitas das características do resíduo que é transformado em composto orgânico. Dentre as muitas características que são alteradas neste processo pode-se destacar: decréscimo na atividade biológica e na concentração de compostos lábeis (BENITO et al., 2003); queda na condutividade eletrolítica, diminuindo riscos

de fitotoxidez nos cultivos agrícolas; e diminuição na relação C/N durante o processo (LAZCANO et al., 2008).

1.1.2 Casca de café

Minas Gerais é o estado brasileiro que mais produz café, especialmente na região Sul. No ano de 2009 foram produzidas por volta de 24 milhões de sacas de 60 kg, enquanto o estado do Espírito Santo, segundo maior produtor do país, produziu por volta de 12 milhões de sacas (COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO, CONAB, 2010). De acordo com Costa et al. (2003), a proporção de obtenção do grão de café e casca é de 1:1, o que gera grande produção deste resíduo. O autor ressalta que a utilização deste resíduo/subproduto ainda é pequena, sendo que a maioria é desprezada, provavelmente pela falta de conhecimento da melhor forma de utilizá-la. No entanto, suas características mostram que este subproduto é uma excelente fonte de matéria orgânica, apresentando os seguintes teores médios de nutrientes: N – 1,7 %, P – 1,0 g.kg⁻¹, K – 32 g.kg⁻¹ e Ca – 4,0 g.kg⁻¹ (COSTA et al., 2003). Portanto, fica evidente que a utilização adequada da casca de café, que em grande parte é desprezada ou utilizada diretamente nos solos, ocasionando processos de imobilização de nutrientes, é muito importante para a região onde foi realizado este estudo, o Sul do estado de Minas Gerais.

1.2 Intervalos de revolvimento

Segundo Pereira Neto (1996), na compostagem aeróbia a oxigenação da leira, por meio de revolvimentos tem por finalidade básica suprir a demanda de oxigênio requerida pelos microrganismos, controlar a temperatura e umidade da pilha de composto, além de homogeneizar o material a ser compostado. Brito et

al. (2008) e Guardia et al. (2008) completam citando que o revolvimento influencia na aeração da pilha e na dinâmica do N na massa de composto, elemento de grande importância no processo de compostagem, estando diretamente relacionado com a atividade microbiana. Portanto, conhecer melhor a influência que o revolvimento traz ao composto pode ser uma forma de aperfeiçoar as práticas do processo de compostagem.

Desta forma, este estudo aborda a produção de composto orgânico associando ou não casca de café e esterco de bovinos sob diferentes intervalos de revolvimento durante o processo de compostagem, buscando a melhor opção para utilização destes resíduos.

2 MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Experimentos

Foram conduzidos dois experimentos, um em campo e outro em casa de vegetação no Departamento de Agricultura, *Campus* da Universidade Federal de Lavras (UFLA), Lavras, MG, cujas coordenadas geográficas são: latitude 21°14'S, longitude 45°00'W e 918m de altitude. O clima da região, segundo a classificação climática de Köppen, é Cwa, temperado chuvoso (mesotérmico), com inverno seco e verão chuvoso, subtropical (DANTAS et al., 2007).

O experimento em campo foi montado com o objetivo de testar a compostagem de casca de café misturada ou não com esterco de bovinos em diferentes intervalos de revolvimento e o de casa de vegetação observar o desempenho dos compostos obtidos na cultura do sorgo. As características químicas da casca de café e do esterco de bovinos se encontram na Tabela 1.

Tabela 1 Características químicas dos resíduos utilizados.

Resíduos	B	Zn	Ca	P- Total	K- Total	N- Total	C- Total	Relação C/N
	-- mg.kg ⁻¹ --		----- g.kg ⁻¹ -----			----- % -----		
Casca de Café	13,46	67	4,24	1,29	21,15	1,77	45,0	25:1
Esterco de bovinos	11,00	181	10,70	5,00	7,60	1,90	30,4	16:1

2.1.1 Experimento de campo

O experimento de campo foi conduzido em delineamento inteiramente casualizado (DIC), com três repetições (Tabela 2).

Tabela 2 Tratamentos (experimento em campo) misturas dos materiais orgânicos utilizados para compostagem e tratamentos (experimento em vasos).

Tratamentos	Abreviatura
Experimento compostagem (campo):	
4 casca de café + 1 esterco de bovinos + intervalos de revolvimento de 5 dias	CCE5
4 casca de café + 1 esterco de bovinos + intervalos de revolvimento de 10 dias	CCE10
4 casca de café + 1 esterco de bovinos + intervalos de revolvimento de 15 dias	CCE15
4 casca de café + 1 esterco de bovinos + intervalos de revolvimento de 20 dias	CCE20
5 casca de café + intervalos de revolvimento de 5 dias	CC5
5 casca de café + intervalos de revolvimento de 10 dias	CC10
5 casca de café + intervalos de revolvimento de 15 dias	CC15
5 casca de café + intervalos de revolvimento de 20 dias	CC20
Experimento em vasos (casa de vegetação):	
Solo misturado com o composto CCE5 na proporção 150 g.vaso ⁻¹ (10 t.ha ⁻¹)	
Solo misturado com o composto CCE10 na proporção 150 g.vaso ⁻¹ (10 t.ha ⁻¹)	
Solo misturado com o composto CCE15 na proporção 150 g.vaso ⁻¹ (10 t.ha ⁻¹)	
Solo misturado com o composto CCE20 na proporção 150 g.vaso ⁻¹ (10 t.ha ⁻¹)	
Solo misturado com o composto CC5 na proporção 150 g.vaso ⁻¹ (10 t.ha ⁻¹)	
Solo misturado com o composto CC10 na proporção 150 g.vaso ⁻¹ (10 t.ha ⁻¹)	
Solo misturado com o composto CC15 na proporção 150 g.vaso ⁻¹ (10 t.ha ⁻¹)	
Solo misturado com o composto CC20 na proporção 150 g.vaso ⁻¹ (10 t.ha ⁻¹)	
Solo não adubado (testemunha)	

A duração do experimento foi de 105 dias, no período de janeiro a abril de 2009. As características de temperatura e pluviosidade se encontram no Gráfico 1. Estes dados foram fornecidos pelo Setor de Agrometeorologia do Departamento de Engenharia da Universidade Federal de Lavras (UFLA).

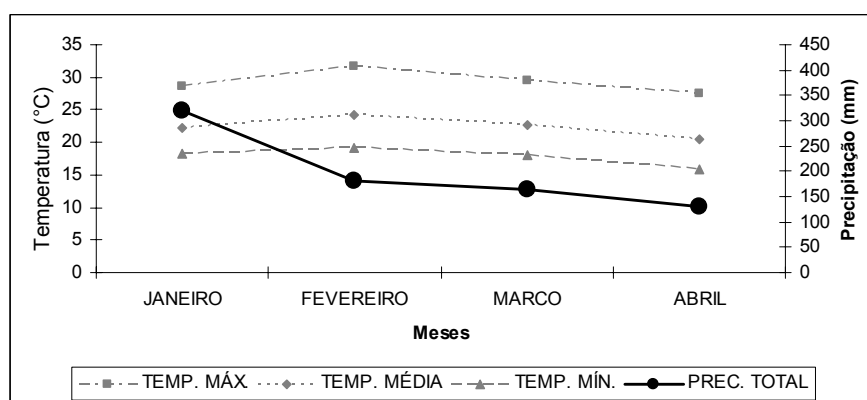


Gráfico 1 Diagrama climático (temperatura e pluviosidade) do período de condução do experimento de campo.

A casca de café utilizada foi proveniente de unidade de beneficiamento de café localizada na UFLA e o café que deu origem a esta casca era do tipo arábica. O esterco de bovinos foi obtido de sistema intensivo de criação localizado nas dependências do Departamento de Zootecnia, UFLA.

As pilhas foram montadas em pátio de compostagem a céu aberto e em contato direto com o solo, com volume inicial de 1m^3 . Para obter este volume utilizou-se uma forma de madeira nas dimensões $1\times 1\times 1\text{m}$ (Figura 1). Nos tratamentos onde se utilizou esterco de bovinos a proporção foi de 1:4 (1 parte de esterco para 4 partes de casca de café), conforme recomendações de Rashid et al. (2001).

Durante o período do experimento monitorou-se a umidade, temperatura, pH e condutividade eletrolítica.

A umidade foi ajustada, sempre que necessário, irrigando-se as pilhas com regador de plantas. Para verificar a necessidade de irrigação considerou-se as temperaturas que as pilhas apresentaram ao longo do processo de compostagem.

A temperatura foi medida no centro das pilhas semanalmente durante as 15 semanas de duração do experimento utilizando-se termômetro de mercúrio, escala -10 a $+260^\circ\text{C}$.

O pH em água e a condutividade eletrolítica foram medidos em proporção 2:1 (água/volume de composto), centrifugados a 2000 rpm por 10 minutos, em amostras coletadas a cada 30 dias (3 leituras), utilizando-se pHmetro digital de eletrodo e condutímetro digital de célula respectivamente.

Quando as pilhas atingiram temperatura constante, os compostos foram secos e submetidos a análises laboratoriais quanto às suas características químicas (Cálcio, Boro, Zinco, Fósforo, Potássio, Nitrogênio e Carbono). A metodologia utilizada para obtenção destes parâmetros foi: para o Ca, Zn e P, injeção nítrico perclórico, segundo metodologia descrita por Abreu et al. (2001);

o N foi medido pelo método Kjeldahl; o K (digerido em água régia), o C (medido através do teor de cinzas) e o B, segundo metodologias descritas por Melo e Silva (2008).



Figura 1 Experimento de campo: pilhas claras - casca de café, pilhas escuras - casca de café + esterco de bovinos, detalhe da forma utilizada para montar as pilhas (Janeiro 2009, Departamento de Agricultura – UFLA/MG).

2.1.2 Experimento em casa de vegetação

O experimento em casa de vegetação foi conduzido em DIC, em esquema fatorial $2 \times 4 + 1$, totalizando 8 tratamentos + um tratamento adicional como testemunha (Tabela 2), em três repetições.

Este experimento foi conduzido no período de maio a junho de 2010; a temperatura média durante este período foi de $18,5^{\circ}\text{C}$ em maio e $15,0^{\circ}\text{C}$ em junho e a umidade relativa durante este período foi de 59% em maio e 74% em junho. Estes dados foram fornecidos pelo Setor de Agrometeorologia do Departamento de Engenharia da Universidade Federal de Lavras.

As unidades experimentais foram constituídas de vasos rígidos de polietileno em casa de vegetação. Os vasos foram preenchidos com 3L de solo de horizonte B devido à sua baixa fertilidade natural (Tabela 3), mais 150g dos compostos obtidos no experimento de campo. As quantidades dos compostos

foram determinadas de acordo com a recomendação de Ribeiro et al. (1999), para produção de grãos ($10t.ha^{-1}$). Como testemunha utilizou-se somente solo.

Tabela 3 Características do solo utilizado no experimento em casa de vegetação.

Características	pH	P	K	Ca	Mg	Al	H + Al
	mg.dm ⁻³			cmol. dm ⁻³			
Solo	6,6	2,9	27	3,8	0,1	0	1,2
Características	SB e (t)	(T)	V	M	MO	Prem	Zn, Fe, Mn e Cu
	cmol. Dm ⁻³		%	dag.kg ⁻¹		mg.L ⁻¹	mg.dm ⁻³
Solo	4,0	5,2	76,9	0	1,2	4,3	0

SB – soma de bases trocáveis; (t) – capacidade de troca catiônica efetiva; (T) – capacidade de troca catiônica a pH 7,0; V – índice de saturação de bases; m – índice de saturação de alumínio; MO – matéria orgânica; Prem – fósforo remanescente.

A planta teste utilizada foi sorgo (*Sorghum bicolor*), que segundo Souza (2001) é espécie recomendada, devido ao seu rápido crescimento e boa produção de biomassa. O sorgo semeado foi o híbrido forrageiro categoria S1, que apresenta boa produção de massa verde. Após a germinação foram mantidas três plantas por vaso, com umidade próxima à capacidade de campo.

Aos 30 dias após a semeadura, o sorgo foi cortado na base do caule e pesado para a obtenção da biomassa fresca. Posteriormente, foi seco em estufa com circulação e renovação de ar a 70°C, até estabilização do peso para determinação da biomassa seca.

2.2 Análise estatística

O esquema de análise foi em parcela subdividida no tempo com fatorial 2x4 na parcela. O primeiro fator foi constituído pelos materiais casca de café e esterco de bovinos e o segundo por quatro intervalos de revolvimento (5, 10, 15 e 20 dias), totalizando 8 tratamentos.

Para a variável temperatura estudaram-se 15 tempos (subparcelas), para as variáveis condutividade e pH estudaram-se 3 tempos (subparcelas) e para as

variáveis químicas, condutividade final, biomassas fresca e seca o fatorial 2x4 não foi subdividido no tempo.

Para a análise dos dados utilizou-se o programa Sisvar, (FERREIRA, 2008). Foram realizadas análises de variância, seguidas de análises de regressão, teste de Tukey e contraste ortogonal quando necessário. O nível de significância adotado foi de 5% para todos os testes. Para a elaboração dos gráficos utilizou-se o programa R (R DEVELOPMENT CORE TEAM, 2010) e Excell.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 Temperatura

Os diferentes intervalos de revolvimento influenciaram de forma significativa o comportamento das pilhas de composto. No entanto, observando o Gráfico 2, verifica-se que embora tenham ocorrido diferentes variações entre os intervalos de revolvimento durante o processo, todos se comportaram de forma semelhante, estabilizando-se aproximadamente aos 105 dias de compostagem.

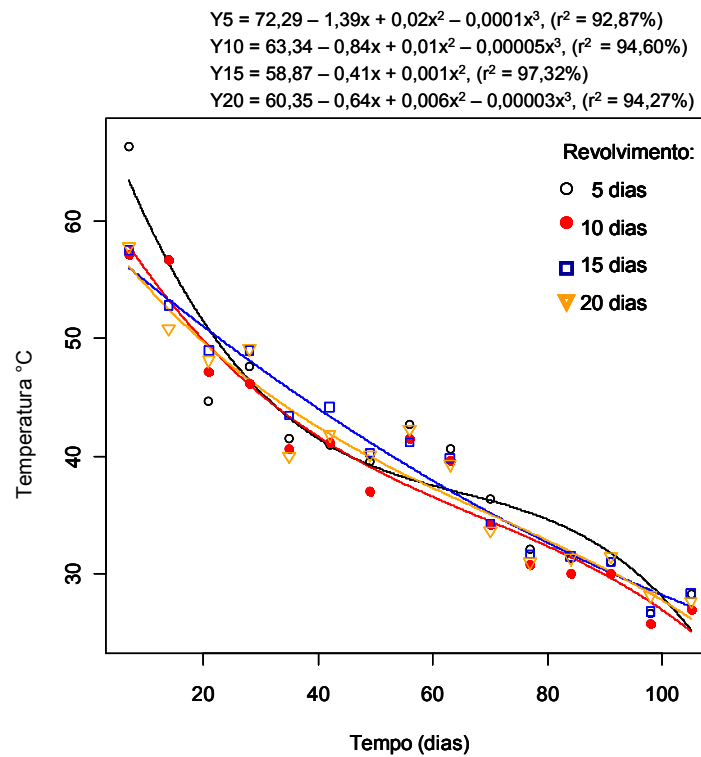


Gráfico 2 Variação da temperatura nos diferentes intervalos de revolvimento 5, 10, 15 e 20 dias.

A temperatura durante o período seguiu tendências gerais que, segundo Ross et al. (2006) e Dias et al. (2010), são normalmente encontradas em processos de compostagem. Já na primeira semana do processo a temperatura das pilhas de composto atingiram temperaturas elevadas (termófilas), consequência da rápida quebra da matéria orgânica lábil e dos compostos nitrogenados realizada pelos microrganismos (BRITO et al., 2008). Os autores ressaltam que, no decorrer do processo, a matéria orgânica se torna mais estável, resultando na queda da atividade microbiológica, da taxa de decomposição da matéria orgânica e da temperatura.

Observa-se no Gráfico 3 que temperaturas mais altas são encontradas nas pilhas adicionadas de esterco, sendo que, apenas no 70º dia de compostagem, os tratamentos com apenas casca de café apresentaram maiores temperaturas. Os períodos finais do processo não apresentaram diferenças significativas ao se adicionar esterco à pilha.

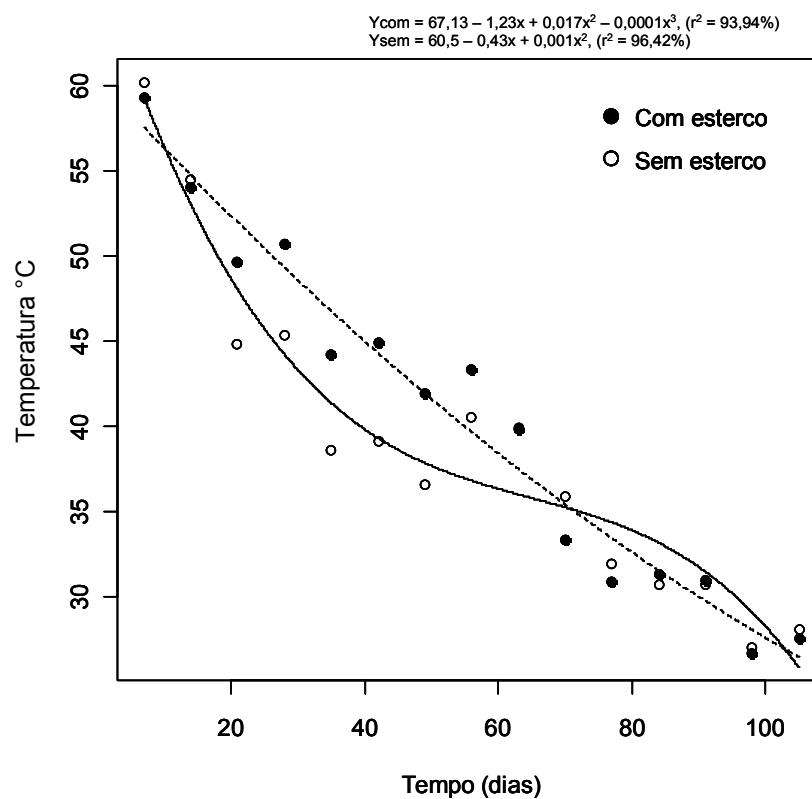


Gráfico 3 Temperatura apresentada ao longo do processo na presença ou ausência de esterco de bovinos.

De forma geral, estas variações da temperatura, durante o processo de compostagem, são observadas em outros trabalhos, sendo que após estabilização há sempre uma queda da temperatura das pilhas (DIAS et al., 2010; HEERDEN et al., 2002; ROSS et al., 2006; VUORINEN; SAHARINEN, 1997).

3.2 Condutividade eletrolítica e pH

3.2.1 Condutividade eletrolítica e pH ao longo do processo de compostagem

A condutividade eletrolítica (CE) média apresentada durante todo o processo de compostagem variou entre tratamentos com a presença e ausência de esterco, sendo maior nas pilhas que continham esterco em todas as 3 leituras (Gráfico 4). No entanto, pode-se observar, no Gráfico 4, que ocorreu queda gradativa conforme o material avançava na sua maturação. Este comportamento é observado em processos de compostagem que, segundo Avenimelech et al. (1996), o composto orgânico, antes de completar seu processo de maturação, apresenta altos teores de sais, devido à decomposição dos ácidos orgânicos e, conseqüentemente, uma alta CE. Esta CE tende a decair e a se estabilizar na medida em que o composto amadurece. Kiehl (1998) afirma que a salinidade do composto não deve exceder 4000 $\mu\text{S}/\text{cm}$ e que este valor se estabiliza em torno de 50% da leitura inicial após processo de maturação. O excesso de sais tem efeitos adversos sobre a germinação e sobre a produtividade das culturas, seja diretamente, dificultando a absorção de água e cátions nutrientes pelas plantas, ou indiretamente, pelo seu efeito dispersante sobre as argilas, causando desestruturação do solo e prejudicando a infiltração de água, oxigênio e crescimento de raízes (TOMÉ JÚNIOR, 1997).

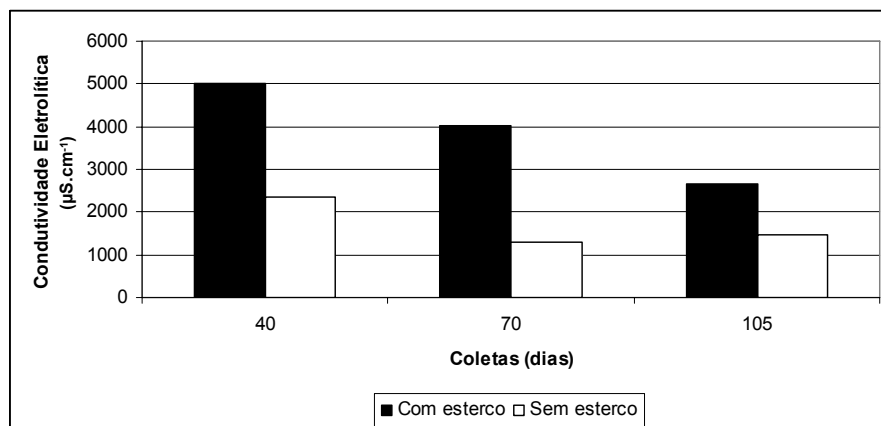


Gráfico 4 Condutividade eletrolítica apresentada ($\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$) durante o período de compostagem.

As diferentes composições da pilha de compostagem (com e sem esterco) e os distintos intervalos de revolvimento não afetaram de forma significativa o pH dos compostos. No entanto, todas as composições apresentaram, ao final do período, queda (Tabela 4).

Tabela 4 Variação média do pH durante o processo de compostagem.

Coleta	pH
40 dias	7,77 ^a
70 dias	7,77 ^a
105 dias	7,51 ^b

Médias seguidas de mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey (5%).

Embora o pH tenha sido alcalino durante todo o processo, os valores observados estão dentro da faixa considerada ótima para os microrganismos responsáveis pela compostagem que, segundo Fialho et al. (2005), fica entre 5,5 e 8,5. Estes resultados se assemelham aos obtidos por Lima et al. (2009). Este comportamento, durante o processo de compostagem, é atribuído a um conjunto de fatores que, segundo Iyengar e Bhave (2006) e Kiehl (1998), ocorrem no início da compostagem, com a formação de ácidos solúveis e, à medida que o

processo se avança, há uma maior concentração de bases, contribuindo para a obtenção de material mais alcalino.

3.2.2 Condutividade eletrolítica ao final do processo de compostagem

As diferentes composições da pilha de compostagem (com esterco) e os distintos intervalos de revolvimento afetaram de forma significativa a CE dos compostos obtidos. O Gráfico 5 apresenta a CE que cada composto adicionado de esterco apresentou ao final do experimento, após serem submetidos a diferentes intervalos de revolvimento. Verifica-se que quanto menor o intervalo de revolvimento, ou seja mais revolvida é a pilha, menor é a CE apresentada. Já o composto sem esterco não apresentou diferenças significativas nos diferentes intervalos de revolvimento. Resultados semelhantes foram observados por Brito et al. (2009), que, ao comparar diferentes intervalos de revolvimento, obteve menores leituras da CE nas pilhas com maior frequência de revolvimentos. Este comportamento pode ser atribuído a uma maior influência na maturidade do composto quando o mesmo é mais revolvido, ocasionando na queda da CE.

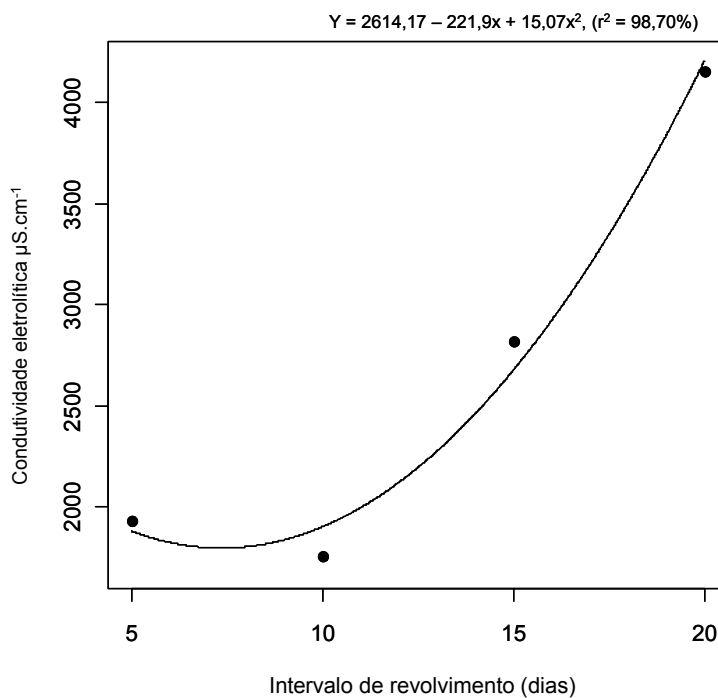


Gráfico 5 Condutividade eletrolítica apresentada ($\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$) nos diferentes intervalos de revolvimento no composto final adicionado de esterco.

3.3 Características químicas dos compostos

Analisando os dados obtidos, observou-se que houve interação significativa entre as variáveis presença e ausência de esterco e intervalos de revolvimento dos materiais compostados apenas para o fósforo (total). Para a variável intervalo de revolvimento houve significância apenas para o nitrogênio (total), enquanto que para presença e ausência de esterco houve efeito significativo para carbono, zinco, boro, fósforo e relação C/N.

3.3.1 Fósforo

Analisando o Gráfico 6, verifica-se que quando se adicionou esterco na casca de café, o processo de compostagem não influenciou o teor de P dos compostos, possivelmente pela presença deste elemento no esterco, ao passo que na compostagem apenas da casca, quanto maior o intervalo de revolvimento, menor foi o teor de P do composto. Pode-se inferir que quanto mais revolvida é a pilha, mais P é liberado do composto, contendo apenas casca de café.

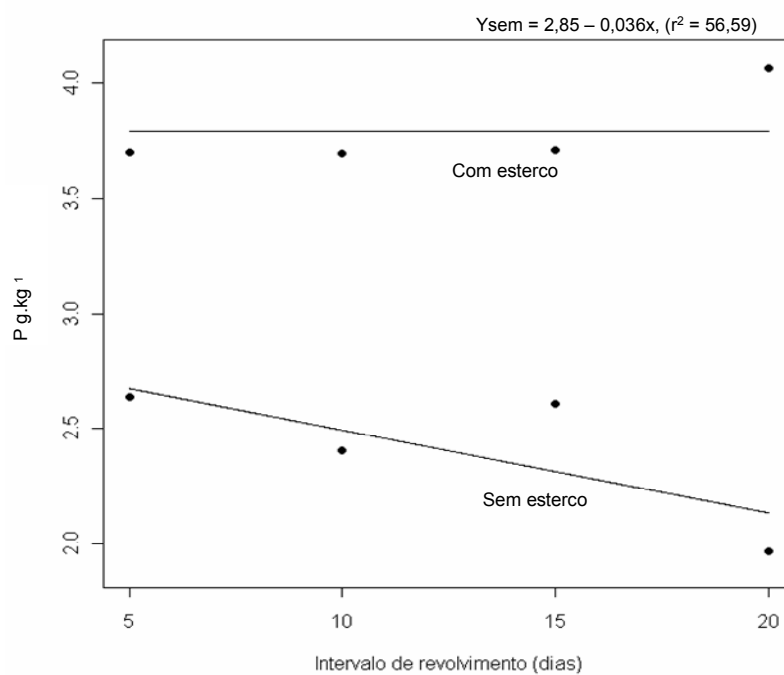


Gráfico 6 Teores de P nos diferentes intervalos de revolvimento.

3.3.2 Nitrogênio

Quanto ao N, observa-se pelo Gráfico 7 que compostos com intervalo de revolvimento de 20 dias apresentaram maiores teores de N. Os diferentes intervalos de revolvimento, atividade relacionada diretamente com a aeração, influenciaram o comportamento do N, ou seja, quanto maior intervalo de revolvimento, menor aeração, maior teor de N. Guardia et al. (2008) observaram maiores perdas de N ao arejar as pilhas de composto, resultado semelhante ao encontrado neste trabalho. Da mesma forma, Brito et al. (2008), comparando pilhas de composto estáticas e pilhas revolvidas, verificou menores perdas de N nas pilhas estáticas. Estes resultados indicam que a atividade de revolver as pilhas deve ser feita com critério, reduzindo assim as perdas de N, mas deve ser realizada para cumprir seu papel como agente aerador, regulador da temperatura, da umidade e uniformidade do material.

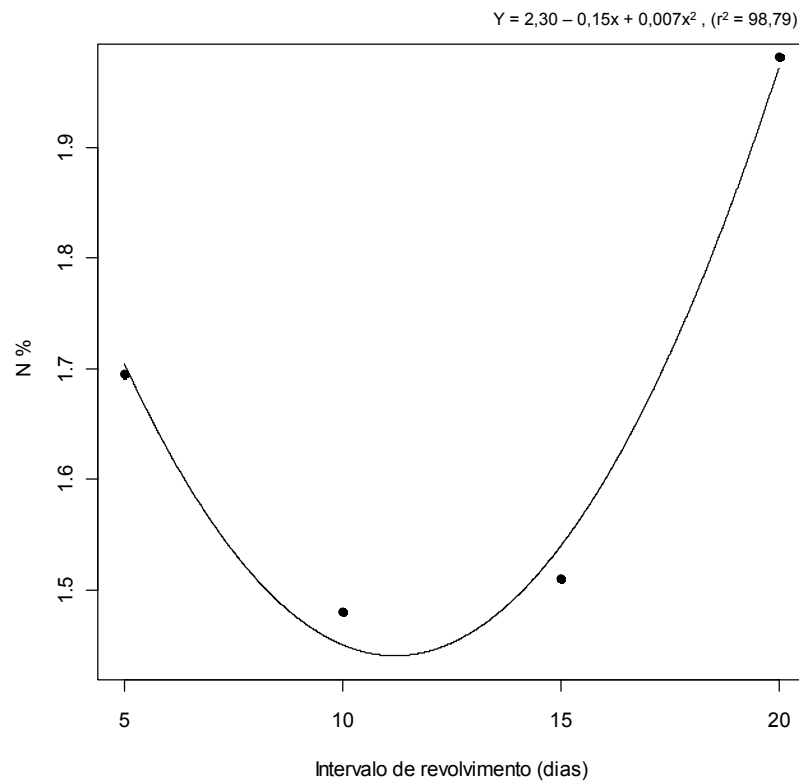


Gráfico 7 Teores de N nos diferentes intervalos de revolvimento.

3.3.3 Carbono, Zinco, Boro, Fósforo, Potássio e Cálcio

A adição de esterco na compostagem da casca de café proporcionou aumento nos teores de P e Zn e decréscimo nos teores de C e B (Tabela 5). Este resultado pode ser explicado, pelo fato do esterco ser rico em Zn e P e a casca de café possuir mais C e B que o esterco (Tabela 1). Portanto, ao se adicionar 20% de esterco à casca de café, houve um empobrecimento relativo nos teores dos elementos em que a casca é mais rica. Por outro lado, quando não se adicionou

esterco de bovinos à casca de café, não houve adição dos nutrientes presentes na mesma (Zn e P).

Tabela 5 Diferenças apresentadas entre os compostos prontos com relação aos nutrientes C, P, Ca, K, Zn e B.

	C	P	Ca	K	Zn	B
	%		g.kg ⁻¹		mg.kg ⁻¹	
Com esterco	21,00 ^b	3,79 ^a	9,12 ^a	5,03 ^a	115,58 ^a	5,30 ^b
Sem esterco	27,67 ^a	2,40 ^b	7,98 ^a	5,06 ^a	57,25 ^b	12,02 ^a

Dentro de cada coluna, médias seguidas de mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey (5%).

Quanto aos teores de K e Ca, não houve nenhuma influência das variáveis estudadas. Apesar da riqueza em K que a casca de café apresenta, é interessante ressaltar que este elemento, muito móvel e facilmente lixiviável, deve ter sofrido lixiviação devido às chuvas, período em que o experimento foi conduzido (Gráfico 1). Ernani et al. (2007) afirmam que não há K em nenhuma fração orgânica abiótica, já que o mesmo não integra nenhum composto orgânico estável, sendo lavado do material orgânico logo após a morte das células.

3.3.4 Relação C/N

Observando os dados da Tabela 6, verifica-se que os compostos com adição de esterco obtiveram uma menor relação C/N. Este resultado pode ser explicado pela adição de esterco de bovinos à casca de café, enriquecendo-a com nitrogênio. Loureiro et al. (2006), ao comparar diferentes substratos para a produção de alface, obtiveram maiores teores de nutrientes no composto adicionado com esterco de bovinos. Os autores também obtiveram maiores taxas de decomposição no composto com esterco, o que refletiu em um produto final com menor relação C/N. De acordo com Fialho et al. (2010), a eficiência do

processo de compostagem depende do tipo de substrato utilizado. O autor enfatiza que a capacidade dos microrganismos em degradar o material orgânico tem relação direta com a relação C/N, mas que este parâmetro deve ser visto em associação com outros para avaliar a maturidade do composto final.

A relação C/N é utilizada com frequência para descrever a decomposição de resíduos orgânicos e sua estabilização, ou seja uma relação C/N mais larga implica em baixas taxas de mineralização, podendo acarretar, após sua aplicação no solo, em deficiência de N (BERNAL et al., 1998). No entanto, os autores afirmam que, ao se adicionar aos solos materiais com relação C/N < 15, não há risco de imobilização de N, mas deve-se atentar para materiais com relação C/N muito estreitas devido aos riscos de contaminação do lençol freático pela lixiviação de nitrato. Já a legislação brasileira exige que, para sua comercialização, fertilizantes orgânicos apresentem uma relação C/N inferior a 20/1. Neste trabalho as taxas mais altas de relação C/N foram observadas nos compostos sem adição de esterco, em média 16/1, valor em conformidade com as exigências da legislação.

Tabela 6 Variação média da relação C/N no composto final.

	Relação C/N
Com esterco	13,28 ^b
Sem esterco	16,46 ^a

Médias seguidas de mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey (5%).

3.4 Biomassa fresca e seca do sorgo

Analisando os dados da Tabela 7, pode-se observar que, tanto para biomassa fresca quanto para a seca, os compostos provenientes da adição de esterco à casca de café (CCE 5, 10, 15 e 20), independente dos intervalos de revolvimento, propiciaram melhores resultados que os compostos apenas com casca de café (CC 5, 10, 15 e 20).

Tabela 7 Valores de biomassa fresca e seca dos diferentes compostos orgânicos.

Composto adicionado	Biomassa fresca	Biomassa seca
	g	
CCE5	1,91 ^a	0,24 ^a
CCE10	1,47 ^a	0,18 ^a
CCE15	1,35 ^a	0,17 ^a
CCE20	1,49 ^a	0,19 ^a
CC5	1,04 ^b	0,13 ^b
CC10	1,12 ^b	0,14 ^b
CC15	1,05 ^b	0,14 ^b
CC20	1,17 ^b	0,15 ^b

Dentro de cada coluna, médias seguidas de mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey (5%).

A média da testemunha (0,93g) não diferiu da média do fatorial (1,33g) para biomassa fresca, de acordo com o teste F, a 5% de significância. No entanto, para biomassa seca, a média da testemunha (0,11g) diferiu dos demais tratamentos. Em média, a produção de biomassa seca dos tratamentos com compostos ficou 0,06g ou 35% acima da testemunha.

Segundo Abdelhamid et al. (2004), a adição de composto resulta em maior produção de cultivos agrícolas; os autores ressaltam que compostos com menor relação C/N resultam em maior produção de culturas agrícolas. Este resultado foi semelhante ao obtido por Rashid et al. (2001), que afirmam que muitos estudos concluem que a adição de composto aumenta a produção em cultivos agrícolas.

As baixas taxas de crescimento no experimento em vasos se deve principalmente ao período em que foi conduzido, meses de maio e junho, quando as temperaturas médias foram 18,5°C e 15,0°C respectivamente, já que o sorgo é exigente em calor.

4 CONCLUSÕES

- a) Intervalos de revolvimento maiores reduzem a perda de nitrogênio, além de diminuir a necessidade de mão-de-obra.
- b) Compostos orgânicos obtidos com intervalos de revolvimentos menores apresentam uma condutividade eletrolítica mais baixa.
- c) A adição de esterco na casca de café propicia redução na relação C/N, aumentando, desta forma, a taxa de mineralização do composto orgânico.
- d) No cultivo do sorgo, os compostos provenientes da mistura de casca de café com esterco propiciam melhores resultados de biomassa fresca e seca.

REFERENCIAS

ABDELHAMID, M. T.; HORIUCHI, T.; OBA, S. Composting of rice straw with oilseed rape cake and poultry manure and its effects on faba bean (*Vicia faba* L.) growth and soil properties. **Bioresource Technology**, Essex, v. 93, n. 2, p. 183-189, Jun. 2004.

ABREU, M. F.; ABREU, C. A.; ANDRADE, J. C. Determinação de fósforo, potássio, cálcio, magnésio, enxofre, cobre, ferro, manganês, zinco, níquel, cádmio, cromo e chumbo em ácido nítrico usando métodos da US - EPA. In: RAIJ, B. van et al. (Ed.). **Análise química para avaliação da fertilidade de solos tropicais**. Campinas: Instituto Agrônomo de Campinas, 2001. cap. 17, p. 251-261.

AVENIMELECH, Y. et al. Stability indexes for municipal solid waste composting. **Compost Science & Utilization**, Emmaus, v. 4, n. 2, p. 13-20, June 1996.

BENITO, M. et al. Chemical and microbiological parameters for the characterisation of the stability and maturity of pruning waste compost. **Biology and Fertility of Soils**, Berlin, v. 37, n. 3, p. 184-189, Mar. 2003.

BERNAL, M. P. et al. Maturity and stability parameters of composts prepared with a wide range of organic wastes. **Bioresource Technology**, Essex, v. 63, n. 1, p. 91-99, Jan. 1998.

BRITO, L. M.; AMARO, A. L.; FERNANDES, A. S. Efeito do arejamento no processo de compostagem da fracção sólida do chorume de pecuária leiteira. **Revista de Ciências Agrárias**, Lisboa, v. 32, n.1, p. 298-311, Jan. 2009.

BRITO, L. M.; COUTINHO, J.; SMITH, S. R. Methods to improve the composting process of the solid fraction of dairy cattle slurry. **Bioresource Technology**, Essex, v. 99, n. 18, p. 8955-8960, Dec. 2008.

CARVALHO, V. S.; TELLA, M. A. P. **Sociedade de consumo e sustentabilidade planetária**: consumo, lixo e meio ambiente. São Paulo: Secretaria do Meio Ambiente/CEDEC/Coordenadoria de Educação Ambiental, 1997. 122 p.

COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO. Acompanhamento da Safra Brasileira. **Café Safra 2009, primeira estimativa, janeiro/2010**. Brasília, 2010. 18 p.

COSTA, R. S. C. et al. Uso da casca de café para aumento da produtividade, controle de plantas daninhas e fornecimento de nutrientes para cafezal em Rondônia, 2003. Disponível em: <http://www.cpafrro.embrapa.br/embrapa/Artigos/casca_cafe.htm>. Acesso em: 29 maio 2010.

DANTAS, A. A. A.; CARVALHO, L. G.; FERREIRA, E. Classificação e tendências climáticas em Lavras-MG. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 31, n. 6, p. 1862-1866, nov./dez. 2007.

DIAS, B. O. et al. Use of biochar as bulking agent for the composting of poultry manure: Effect on organic matter degradation and humification. **Bioresource Technology**, Essex, v. 101, n. 4, p. 1239-1246, Feb. 2010.

ERNANI, P. R. et al. Potássio. In: NOVAIS, R. F. et al. (Ed.). **Fertilidade do solo**. Viçosa, MG: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2007. cap. 9, p. 551-594.

FERREIRA, D. F. SISVAR: um programa para análises e ensino de estatística. **Revista Científica Symposium**, Lavras, v. 6, n. 2, p. 36-41, jul./dez. 2008.

FIALHO, L. L. et al. Characterization of organic matter from composting of different residues by physicochemical and spectroscopic methods. **Bioresource Technology**, Essex, v. 101, n. 6, p. 1927-1934, Mar. 2010.

FIALHO, L. L. et al. **Monitoramento químico e físico do processo de compostagem de diferentes resíduos orgânicos**. São Carlos: EMBRAPA, 2005. (Circular técnica, 29).

GUARDIA, A. et al. Influence of aeration rate on nitrogen dynamics during composting. **Waste Management**, Oxford, v. 28, n. 3, p. 575-587, 2008.

HEERDEN, I. van et al. Microbial, chemical and physical aspects of citrus waste composting. **Bioresource Technology**, Essex, v. 81, n. 1, p. 71-76, Jan. 2002.

HUTCHISON, M. L. et al. Analyses of livestock production, waste storage, and pathogen levels and prevalences in farm manures. **Applied and Environmental Microbiology**, Washington, v. 71, n. 3, p. 1231- 1236, Mar. 2005.

IYENGAR, S. R.; BHAVE, P. P. In-vessel composting of household wastes. **Waste Management**, Oxford, v. 26, n. 10, p. 1070-1080, 2006.

KIEHL, E. J. **Manual de compostagem**: maturação e qualidade do composto. Piracicaba: Ed. do Autor, 1998. p. 171.

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

LAZCANO, C.; GÓMEZ-BRANDÓN, M.; DOMÍNGUEZ, J. Comparison of the effectiveness of composting and vermicomposting for the biological stabilization of cattle manure. **Chemosphere**, Oxford, v. 70, n. 6, p. 1013-1019, Jan. 2008.

LIMA, C. C. et al. Caracterização química de resíduos da produção de biodiesel compostados com adição mineral. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 13, n. 3, p. 334-340, maio/jun. 2009.

LOUREIRO, D. C. et al. **Produção de mudas de beterraba e alface com resíduos orgânicos domésticos**. Seropédica: EMBRAPA, 2006. 4 p. (Comunicado técnico, 90).

MELO, L. C. A.; SILVA, C. A. Influência de métodos de digestão e massa de amostra na recuperação de nutrientes em resíduos orgânicos. **Química Nova**, São Paulo, v. 31, n. 3, p. 556-561, 2008.

PEREIRA NETO, J. T. **Um sistema de reciclagem e compostagem, de baixo custo, de lixo urbano para países em desenvolvimento**. Viçosa, MG: UFV, 1996. 56 p.

RASHID, M. A.; HORIUCHI, T.; OBA, S. Enrichment of rice straw compost by adding cow dung and soybean plants and it's effects on wheat yield and soil nutrients. **Tokai Journal of Crop Science**, Toquio, v. 131, p. 3- 9, Dec. 2001.

R DEVELOPMENT CORE TEAM. **R**: a language and environment for statistical computing. Vienna: R Foundation for Statistical Computing, 2010. 409 p.

RIBEIRO, A. C.; GUIMARÃES, P. T. G.; ALVAREZ, V. H. **Recomendações para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais: 5ª aproximação**. Viçosa, MG: CFSEMG, 1999. 359 p.

ROSS, M.; GARCIA, C.; HERNÁNDEZ, T. A full-scale study of treatment of pig slurry by composting: kinetic changes in chemical and microbial properties. **Waste Manage**, Oxford, v. 26, n. 10, p. 1108-1118, 2006.

SILVA, C. A. Uso de resíduos orgânicos na agricultura. In: SANTOS, G. A. et al. (Ed.). **Fundamentos da matéria orgânica: ecossistemas tropicais e subtropicais**. Porto Alegre: Metrópole, 2008. cap 32, p.597-624.

SOUZA, J. C. **Uso de composto orgânico proveniente de lixo urbano selecionado como agente mitigador da biodisponibilidade de Cádmio**. 2001. 98 p. Dissertação (Mestrado em Geoquímica e Meio Ambiente) – Universidade Federal da Bahia, Salvador, 2001.

TOMÉ JÚNIOR, J. B. **Manual para interpretação de análise de solo**. Guaíba: Agropecuária, 1997. 247 p.

VUORINEN, A. H.; SAHARINEN, M. H. Evolution of microbiological and chemical parameters during manure and straw co-composting in a drum composting system. **Agriculture, Ecosystems and Environment**, Amsterdam, v. 66, n. 1, p. 19-29, Nov. 1997.

CAPÍTULO 3

Aproveitamento da borra da purificação de gorduras e óleos residuários em compostagem

RESUMO

A preocupação mundial em relação à busca de alternativas aos combustíveis fósseis vem, cada vez mais, encontrando soluções nos campos agrícolas e no uso de resíduos para a produção de biodiesel. No entanto, esta produção de biodiesel gera grandes volumes de resíduos, que se dispostos de forma inadequada podem acarretar em poluição ambiental, mas quando processados adequadamente podem trazer benefícios a cultivos agrícolas e ao solo. Sendo assim, objetivou-se com este trabalho verificar qual a melhor composição de substratos para compostagem da borra resultante da extração do biodiesel de gorduras e óleos residuários de frituras de alimentos, utilizando-se como fonte de carbono capim napier e como fonte de nitrogênio esterco de bovinos ou torta de mamona, substratos disponíveis na região e recomendados como materiais inoculantes e nutritivos. Os experimentos foram conduzidos, no *campus* da Universidade Federal de Lavras, da seguinte maneira: um em campo e dois em casa de vegetação. Foram feitas 8 diferentes misturas de resíduos para compostagem e após a obtenção do composto, os mesmos foram testados em cultivo agrícola. Os experimentos, em campo e em casa de vegetação, foram conduzidos em delineamento inteiramente casualizado (DIC), em esquema fatorial 2×4 e $2 \times 4 + 1$ (testemunha) respectivamente, com três repetições. Durante o processo monitorou-se a umidade, a temperatura, o pH e a condutividade eletrolítica (CE). Os compostos atingiram a maturidade aos 120 dias após o início do processo, quando o calor das pilhas atingiu temperatura ambiente constante. Após este período as amostras foram secas e enviadas para laboratório para análise dos parâmetros químicos (Ca, B, Zn, P, K, N e C). Os experimentos em vasos (I e II) foram constituídos de vasos rígidos de polietileno, contendo 3 L de solo adubados com os diferentes compostos obtidos. Procedeu-se o plantio do sorgo, mantendo 3 plantas por vaso durante 30 dias. Após este período as plantas foram cortadas para obtenção de biomassa fresca e posteriormente secas em estufa até estabilização do peso para obtenção de biomassa seca. A borra de gorduras e óleos residuários, em qualquer das doses utilizadas, pode ser reciclada por meio de compostagem sem afetar o produto final, quando se utiliza como substratos capim napier adicionado a esterco de bovinos ou a torta de mamona. Compostos de capim napier com esterco de bovinos apresentam

condutividade eletrolítica mais adequada para utilização como adubo orgânico que compostos de capim napier com torta de mamona. Apesar de afetar a condutividade eletrolítica para teores considerados indesejáveis para o uso em cultivos agrícolas, a adição de torta de mamona à massa de composto resultou em produtos finais mais ricos nutricionalmente. Os compostos de capim napier com torta de mamona, propiciaram maior produção de biomassa fresca e biomassa seca que os compostos de capim napier com esterco, independente da época de cultivo.

Palavras-chave: Biodiesel. Torta de mamona. Esterco de bovinos. Condutividade eletrolítica. pH.

ABSTRACT

The worldwide concern regarding the search for alternatives to fossil fuels is increasingly finding solutions in agricultural fields and the use of residues to produce biodiesel. However, this biodiesel production generates large volumes of waste, which, if improperly disposed can result in environmental pollution, but when handled properly can bring benefits to agricultural crops and soil. Therefore, the aim of this study was to verify which is the best composition of substrates for sludge compost resulting from the extraction of biodiesel from fats and oils residues from fried food, using as carbon sources as napier grass and as nitrogen source cattle manure or castor pomace, substrates available in the region and recommended as inoculant and nutritive materials. The experiments were conducted on the Universidade Federal de Lavras' campus, as follows: one on field and two in the greenhouse. Eight different mixtures of residues for composts were made and after obtaining the compost they were tested in the cultivation of sorghum (*Sorghum bicolor*). The experiments on field and in the greenhouse were conducted in completely randomized design (CRD) in factorial arrangement 2x4 and 2x4 +1 (control) respectively, with three replications. During the process the humidity, temperature, pH and electrolytic conductivity (EC). The composts reached maturity 120 days after the beginning of the process, when heat cells reached constant room temperature. After this period the samples were dried and sent to laboratory for chemical parameters analysis (Ca, B, Zn, P, K, N and C). The experiments in pots (I and II) were made with rigid polyethylene pots containing 3 L of fertilized soil with the different composts obtained. Planting of sorghum was made, keeping three plants per pot for 30 days. After this period the plants were cut to obtain fresh biomass and then dried in an oven to stabilize the weight to obtain dry biomass. The sludge of residuary fats and oils, at any of the used doses, can be recycled through compost without affecting the final product, when used as substrates of napier grass added to cattle manure or castor pomace. Composts of napier grass with cattle manure exhibit a more suitable electrolytic conductivity for use as organic fertilizer than composts of napier grass with castor pomace. Although affecting the electrolytic conductivity to levels that are considered undesirable for use in agricultural crops, the addition of castor pomace to the mass of compost resulted in nutritionally richer final products. The composts of napier grass with castor pomace provided a greater production of fresh and dry biomass than the composts of napier grass with manure, regardless of the growing season.

Keywords: Biodiesel. Castor pomace. Cattle manure. Electrolytic conductivity. pH.

1 INTRODUÇÃO

A preocupação mundial com relação à busca de alternativas aos combustíveis fósseis vem cada vez mais encontrando soluções nos campos agrícolas e no uso de resíduos. Essa ampliação da matriz energética é uma forma de buscar fontes renováveis que possam substituir de forma gradual o uso de combustíveis fósseis. No Brasil, o biodiesel apresenta-se como uma ótima alternativa ao óleo diesel, podendo ser obtido pela reação entre óleo vegetal e álcool na presença de um catalisador (LIMA et al., 2009). Os autores ressaltam que, para a produção da matéria-prima a ser utilizada na obtenção do biodiesel, são gerados grandes volumes de resíduos e que os mesmos, quando dispostos em locais inadequados, podem ocasionar poluição do meio ambiente. Como exemplo destes resíduos pode-se citar a borra resultante da reciclagem dos óleos e gorduras residuais de fritura de alimentos, que ainda não possui uma destinação adequada.

Pitta Júnior et al. (2009) afirmam que, devido à falta de informação da população, grande parte do óleo de fritura, juntamente com sua borra, acaba sendo despejado diretamente nas pias, indo parar em sistemas de esgoto, causando danos como entupimento dos canos, encarecimento dos processos das estações de tratamento e poluição do meio aquático. Quando este resíduo é depositado no lixo doméstico, contribui para a necessidade de aumento das áreas dos aterros sanitários. No entanto, estes resíduos, quando processados de forma adequada, podem ser utilizados como fonte valiosa de nutrientes para cultivos agrícolas e uma forma de processá-los é compostando-os.

A compostagem é prática que possibilita transformar materiais inadequados para uso em fonte de nutrientes para as plantas e agente condicionador das propriedades físicas, químicas e biológicas dos solos (SILVA, 2008). No entanto, para se obter uma boa compostagem, é necessário que o

material a ser compostado apresente uma relação Carbono/Nitrogênio (C/N), numa faixa entre 25 a 35 partes de carbono para uma de nitrogênio (KIEHL, 1998).

Sendo assim, objetivou-se com este trabalho verificar qual a melhor composição de substratos para compostagem da borra resultante da extração do biodiesel de gorduras e óleos residuários da fritura de alimentos, utilizando-se como fonte de carbono capim napier e como fonte de nitrogênio esterco de bovinos ou torta de mamona, substratos disponíveis na região e recomendados como materiais inoculantes e nutritivos.

2 MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Experimentos

Foram conduzidos três experimentos, um em campo e dois em casa de vegetação, no Departamento de Agricultura, *Campus* da Universidade Federal de Lavras (UFLA) Lavras, MG, cujas coordenadas geográficas são: latitude 21°14'S, longitude 45°00'W e 918m de altitude. O clima da região, segundo a classificação climática de Köppen, é Cwa, temperado chuvoso (mesotérmico), com inverno seco e verão chuvoso, subtropical (DANTAS et al., 2007).

O experimento em campo foi montado com o objetivo de testar a melhor composição de substratos para compostagem de capim napier picado, adicionado de esterco de bovinos ou torta de mamona, utilizando-se diferentes doses de borra de gorduras e óleos residuários. Os experimentos de casa de vegetação tiveram como objetivo observar o desempenho dos compostos obtidos na cultura do sorgo. As características químicas do capim napier, esterco de bovinos e da torta de mamona se encontram na Tabela 1.

Tabela 1 Características químicas dos resíduos utilizados.

Resíduos	B	Zn	Ca	P- Total	K- Total	N- Total	C- Total	Relação C/N
	--- mg.kg ⁻¹ ---		----- g.kg ⁻¹ -----		----- % -----			
Capim napier	6	638	2,0	0,8	3,5	0,57	46,5	82/1
Torta de mamona	14	81	4,6	6,6	9,0	4,18	49,3	12/1
Esterco de bovinos	11	181	10,70	5,00	7,6	1,90	30,4	16/1

2.2 Experimento de campo

O experimento de campo foi conduzido em delineamento inteiramente casualizado (DIC), com três repetições (Tabela 2).

Tabela 2 Tratamentos (experimento em campo) misturas dos materiais orgânicos utilizados para compostagem e tratamentos (experimentos em vasos I e II).

Tratamentos	Abreviatura
Experimento compostagem (campo):	
3 capim napier + 1 esterco de bovinos + 5L de borra	NE5
3 capim napier + 1 esterco de bovinos + 10L de borra	NE10
3 capim napier + 1 esterco de bovinos + 15L de borra	NE15
3 capim napier + 1 esterco de bovinos + 20L de borra	NE20
3 capim napier + 1 torta de mamona + 5L de borra	NTM5
3 capim napier + 1 torta de mamona + 10L de borra	NTM10
3 capim napier + 1 torta de mamona + 15L de borra	NTM15
3 capim napier + 1 torta de mamona + 20L de borra	NTM20
Experimentos em vasos (casa de vegetação):	
I	
Solo misturado com o composto NE5 proporção 110 g.vaso ⁻¹ (7,3 t.ha ⁻¹)	
Solo misturado com o composto NE10 proporção 115 g.vaso ⁻¹ (7,7 t.ha ⁻¹)	
Solo misturado com o composto NE15 proporção 121 g.vaso ⁻¹ (8 t.ha ⁻¹)	
Solo misturado com o composto NE20 proporção 121 g.vaso ⁻¹ (8 t.ha ⁻¹)	
Solo misturado com o composto NTM5 proporção 66 g.vaso ⁻¹ (4,4 t.ha ⁻¹)	
Solo misturado com o composto NTM10 proporção 76 g.vaso ⁻¹ (5,1 t.ha ⁻¹)	
Solo misturado com o composto NTM15 proporção 78 g.vaso ⁻¹ (5,2 t.ha ⁻¹)	
Solo misturado com o composto NTM20 proporção 83 g.vaso ⁻¹ (5,5 t.ha ⁻¹)	
Solo não adubado (testemunha)	
II	
Solo misturado com o composto NE5 proporção 150 g.vaso ⁻¹ (10 t.ha ⁻¹)	
Solo misturado com o composto NE10 proporção 150 g.vaso ⁻¹ (10 t.ha ⁻¹)	
Solo misturado com o composto NE15 proporção 150 g.vaso ⁻¹ (10 t.ha ⁻¹)	
Solo misturado com o composto NE20 proporção 150 g.vaso ⁻¹ (10 t.ha ⁻¹)	
Solo misturado com o composto NTM5 proporção 150 g.vaso ⁻¹ (10 t.ha ⁻¹)	
Solo misturado com o composto NTM10 proporção 150 g.vaso ⁻¹ (10 t.ha ⁻¹)	
Solo misturado com o composto NTM15 proporção 150 g.vaso ⁻¹ (10 t.ha ⁻¹)	
Solo misturado com o composto NTM20 proporção 150 g.vaso ⁻¹ (10 t.ha ⁻¹)	
Solo não adubado (testemunha)	

A duração do experimento foi de 120 dias, no período de agosto a dezembro de 2009. As características de temperatura e pluviosidade se encontram no Gráfico 1. Estes dados foram fornecidos pelo Setor de

Agrometeorologia do Departamento de Engenharia da Universidade Federal de Lavras (UFLA).

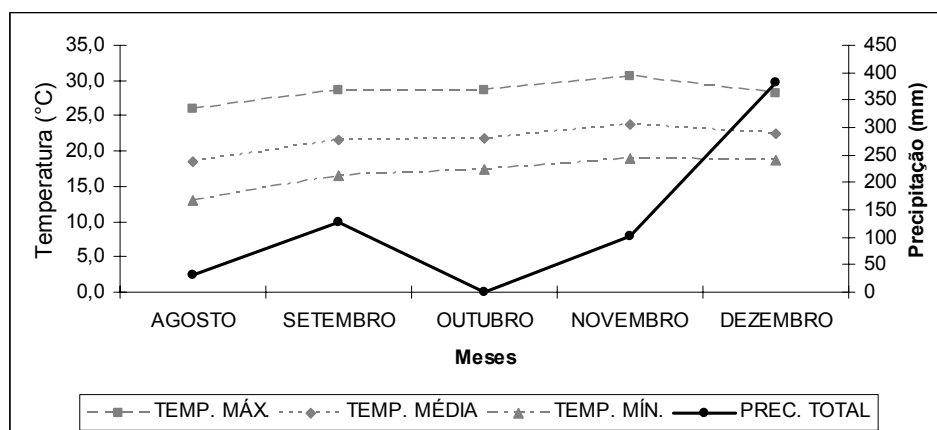


Gráfico 1 Diagrama climático (temperatura e pluviosidade) do período de condução do experimento de campo.

O capim napier utilizado foi proveniente de capineira e o esterco de bovinos obtido de sistema intensivo de criação, ambos localizados nas dependências do Departamento de Zootecnia (UFLA). A torta de mamona utilizada foi subproduto da extração de óleo de grãos de mamona e a borra de gorduras e óleos residuários procedentes de filtragem de óleo de fritura coletado no município de Lavras/MG, ambos provenientes do Departamento de Engenharia (UFLA).

As pilhas foram montadas em pátio de compostagem a céu aberto e em contato direto com o solo, com volume inicial de 1m^3 . Para obter este volume, utilizou-se uma forma de madeira nas dimensões $1 \times 1 \times 1\text{m}$ (Figura 1). As proporções utilizadas foram 1:3, sendo uma de esterco de bovinos + três de capim napier e uma de torta de mamona + três de capim napier, conforme recomendações de Rashid et al. (2001).

Durante o período do experimento, monitorou-se a umidade, temperatura, pH e condutividade eletrolítica.

A umidade foi ajustada, sempre que necessário, irrigando-se as pilhas com regador de plantas. Para verificar a necessidade de irrigação considerou-se as temperaturas nas primeiras semanas, período em que seus valores têm de ser maiores, e mais ao final do período utilizando a acuidade visual.

A temperatura foi medida no centro das pilhas, no início e no final do experimento, afim de verificar a fase de cura (KIEHL, 1998), utilizando-se termômetro de mercúrio, escala -10 a + 260°C.

O pH em água e a condutividade eletrolítica (CE) foram medidos em proporção 2:1 (água/volume de composto), centrifugados a 2000 rpm por 10 minutos, em amostras coletadas aos 60, 90 e 120 dias (3 leituras), utilizando-se pHmetro digital de eletrodo e condutivímetro digital de célula, respectivamente.

Quando as pilhas atingiram temperatura constante e próxima à temperatura ambiente, os compostos foram secos e submetidos a análises laboratoriais quanto às suas características químicas (Cálcio, Boro, Zinco, Fósforo, Potássio, Nitrogênio e Carbono). A metodologia utilizada para obtenção destes parâmetros foi: para o Ca, Zn e P, injeção nítrico perclórico, segundo metodologia descrita por Abreu et al. (2001); o N foi medido pelo método Kjeldahl; o K (digerido em água régia), o C (medido através do teor de cinzas) e o B segundo metodologias descritas por Melo e Silva (2008).



Figura 1 Experimento de campo: doses da borra gorduras e óleos residuários associada a capim napier + esterco de bovinos, capim napier + torta de mamona (Agosto de 2009, Departamento de Agricultura/UFLA - Lavras/MG).

2.3 Experimentos em casa de vegetação

Os experimentos em casa de vegetação foram montados em delineamento inteiramente casualizado, esquema fatorial $2 \times 4 + 1$, totalizando 8 tratamentos + uma parcela adicional como testemunha (Tabela 2), em três repetições.

2.3.1 Experimento I

O experimento foi conduzido no período de abril a maio de 2010 em casa de vegetação do Departamento de Agricultura (DAG) da UFLA. A temperatura média durante este período foi de $21,0^{\circ}\text{C}$ em abril e $18,5^{\circ}\text{C}$ em maio e a umidade relativa de 69% em abril e 59% em maio. Estes dados foram

fornecidos pelo Setor de Agrometeorologia do Departamento de Engenharia da UFLA.

As unidades experimentais foram constituídas de vasos rígidos de polietileno. Os vasos foram preenchidos com 3L de solo de horizonte B, devido à sua baixa fertilidade natural (Tabela 3). As quantidades dos compostos foram determinadas de acordo com a recomendação de nitrogênio para produção de sorgo, 60 kg.ha⁻¹ (RIBEIRO et al., 1999). Foi considerada a quantidade de N contida em cada composto utilizando-se o índice de conversão de 50% do nutriente, conforme Silva (2008), que cita este índice como o mais adequado para materiais lignificados, como o napier. Portanto, a dose de cálculo foi de 120 kg.ha⁻¹.

Tabela 3 Características do solo utilizado no experimento em casa de vegetação.

Características	pH	P	K	Ca	Mg	Al	H + Al
	mg.dm ⁻³			cmol. dm ⁻³			
Solo	6,6	2,9	27	3,8	0,1	0	1,2
Características	SB^e (t)	(T)	V	m	MO	Prem	Zn, Fe, Mn e Cu
	cmol. dm ⁻³	%		dag.kg ⁻¹		mg.L ⁻¹	mg.dm ⁻³
Solo	4,0	5,2	76,9	0	1,2	4,3	0

SB – soma de bases trocáveis; (t) – capacidade de troca catiônica efetiva; (T) – capacidade de troca catiônica a pH 7,0; V – índice de saturação de bases; m – índice de saturação de alumínio; MO – matéria orgânica; Prem – fósforo remanescente.

A planta teste utilizada foi sorgo (*Sorghum bicolor*), que segundo Souza (2001), é espécie recomendada, devido ao seu rápido crescimento e boa produção de biomassa. O sorgo semeado foi o híbrido forrageiro, categoria S1, que apresenta boa produção de massa verde. Após a germinação foram mantidas três plantas por vaso, com umidade próxima à capacidade de campo.

Aos 30 dias após a semeadura, o sorgo foi cortado na base do caule e pesado para a obtenção da biomassa fresca. Posteriormente, foi seco em estufa,

com circulação e renovação de ar a 70°C, até estabilização do peso, para determinação da biomassa seca.

2.3.2 Experimento II

O experimento foi conduzido no período de maio a junho de 2010 em casa de vegetação do Departamento de Agricultura da UFLA. A temperatura média durante este período foi de 18,5°C em maio e 15,0°C em junho e a umidade relativa durante este período foi de 59% em maio e 74% em junho. Estes dados foram fornecidos pelo Setor de Agrometeorologia do Departamento de Engenharia da Universidade Federal de Lavras.

As unidades experimentais foram constituídas de vasos rígidos de polietileno. Os vasos foram preenchidos com 3L de solo de horizonte B devido à sua baixa fertilidade natural (Tabela 3), mais 150g dos compostos obtidos no experimento de campo. As quantidades dos compostos foram determinadas de acordo com a recomendação de Ribeiro et al. (1999), para produção de grãos (10t.ha⁻¹). Como testemunha utilizou-se somente solo.

A planta teste utilizada foi sorgo (*Sorghum bicolor*) e a determinação da biomassa fresca e seca procedeu da mesma forma que o experimento em casa de vegetação I.

2.4 Análise estatística

O esquema de análise foi em parcela subdividida no tempo, com fatorial 2x4 na parcela. O primeiro fator foi constituído pelos materiais capim napier + esterco de bovinos e capim napier + torta de mamona, e o segundo, por quatro doses de borra de gorduras e óleos residuários (5, 10, 15 e 20L), totalizando 8 tratamentos.

Para as variáveis condutividade e pH estudaram-se 3 tempos (subparcelas) e para as variáveis químicas, biomassas fresca e seca, o fatorial 2x4 não foi subdividido no tempo.

Para a análise dos dados utilizou-se o programa Sisvar, (FERREIRA, 2008). Foram realizadas análises de variância, seguidas de análises de regressão e teste Tukey a 5% de significância. Para a elaboração dos gráficos utilizou-se o *software* R (R DEVELOPMENT CORE TEAM, 2010).

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 Condutividade eletrolítica e pH ao longo do período de compostagem

As diferentes doses de borra de biodiesel não afetaram de forma significativa a resposta da CE durante o processo de compostagem.

A CE variou, para os aditivos esterco de bovinos e torta de mamona, ao longo do processo de compostagem. Pode-se observar no Gráfico 2 que os tratamentos com esterco de bovinos apresentaram uma queda gradativa na condutividade eletrolítica ao longo do processo. Ao final do experimento obteve-se material com condutividade alta (Tabela 4), mas bem próxima ao limite aceito para utilização de adubos orgânicos, que é $4000 \text{ } \mu\text{S.cm}^{-1}$ (KIEHL, 1998). O autor afirma que a CE final estabiliza em torno de 50% da leitura inicial, após processo de maturação, comportamento observado nos tratamentos adicionados de esterco (NE5 ao NE20).

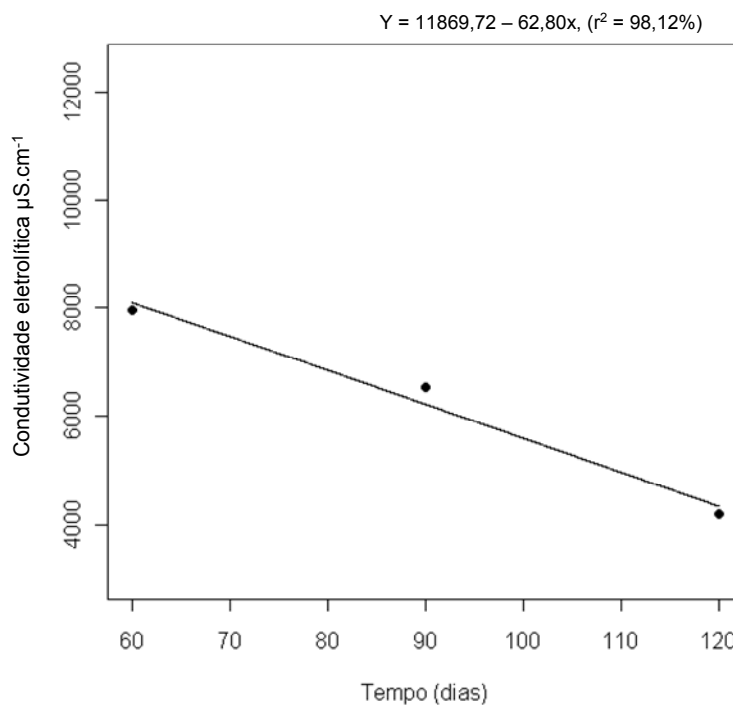


Gráfico 2 Condutividade eletrolítica apresentada ($\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$) durante o período de compostagem para os tratamentos adicionados de esterco de bovinos.

Para os tratamentos adicionados de torta de mamona, visualiza-se no Gráfico 3 e Tabela 4, que a CE foi alta durante todo o processo de compostagem. Aos 60 dias se apresentou com valor de $10391\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$, tendo uma queda aos 90 dias e subindo ao final do processo ($12017\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$), leitura esta bem acima do desejável para utilização em cultivos agrícolas ($4000\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$). Este resultado implica na utilização deste composto, seguindo critérios como mistura com materiais de baixa CE e também após aplicação ao solo, realizar um revolvimento adequada (GAO et al., 2010). De acordo com Gómez-Brandón et al. (2008), o aumento da CE observado pode ser resultado da quebra de sais como fosfatos e íons de amônio na decomposição de substâncias orgânicas.

Lima et al. (2009) verificaram de forma semelhante aumento na CE, ao longo do processo, utilizando torta de mamona na compostagem de resíduos orgânicos.

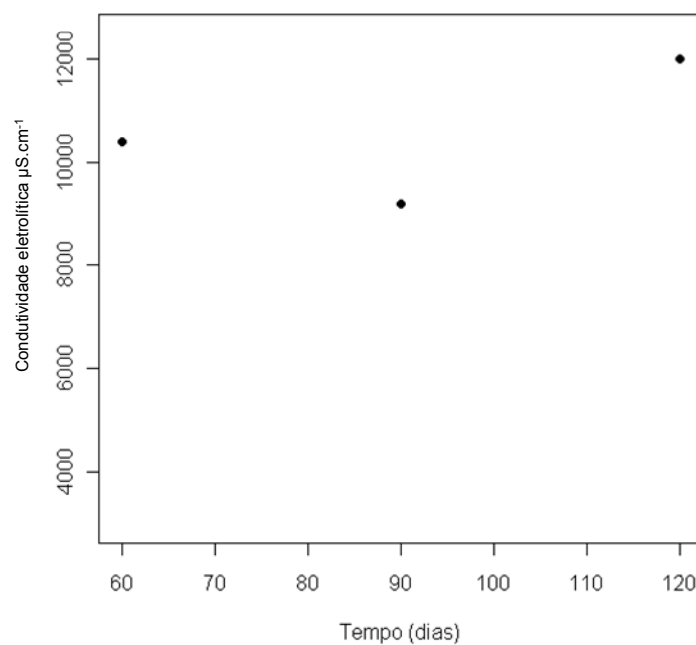


Gráfico 3 Condutividade eletrolítica apresentada ($\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$) durante o período de compostagem para os tratamentos adicionados de torta de mamona¹.

¹ Optou-se por apresentar apenas as médias, já que os modelos de regressão ajustados para este caso não se mostraram adequados.

Tabela 4 Condutividade eletrolítica média ($\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$) ao longo do processo de compostagem.

Período monitorado (dias)	Capim napier + Esterco de bovinos	Capim napier + Torta de mamona
	$\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$	
60	7951 ^b	10391 ^a
90	6518 ^b	9190 ^a
120	4182 ^b	12017 ^a

Dentro de cada linha, médias seguidas de mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey (5%).

As diferentes doses de borra de biodiesel não afetaram de forma significativa a resposta do pH durante o processo de compostagem.

O pH observado para os compostos adicionados de esterco de bovinos apresentou, na primeira leitura, valor igual a 6,55, subindo para 6,77 na segunda e caindo para 6,19 na terceira (Gráfico 4 e Tabela 5), valores desejáveis de pH para compostos orgânicos (RIBEIRO et al., 1999). Este comportamento se dá devido ao desprendimento de amônia e mineralização do nitrogênio orgânico durante a fase inicial de compostagem (GAO et al., 2010).

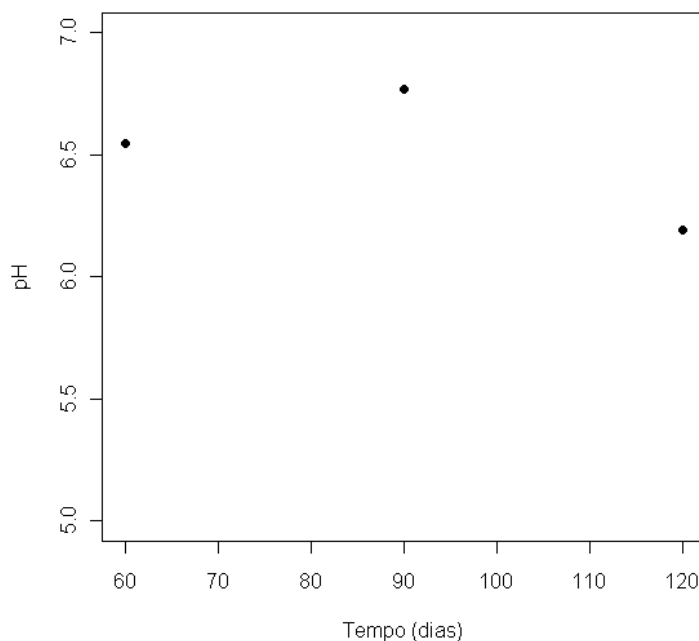


Gráfico 4 pH apresentado durante o período de compostagem para os tratamentos adicionados de esterco de bovinos².

Para os compostos adicionados de torta de mamona o comportamento foi diferente, caindo de 6,86 na primeira leitura para 6,73 na segunda e 4,97 na terceira (Gráfico 5 e Tabela 5). Lima et al. (2009), ao utilizar a torta de mamona na compostagem, obtiveram comportamento semelhante ao observado neste trabalho. Este fato se deve ao processo de nitrificação, onde o N orgânico é degradado e durante este processo o amônio (NH_4^+) é oxidado a NO_3^- , com produção líquida de 2H^+ , resultando no abaixamento do pH (MOREIRA; SIQUEIRA, 2006; SANCHEZ-MONEDERO et al., 2001).

² Optou-se por apresentar apenas as médias, já que os modelos de regressão ajustados para este caso não se mostraram adequados.

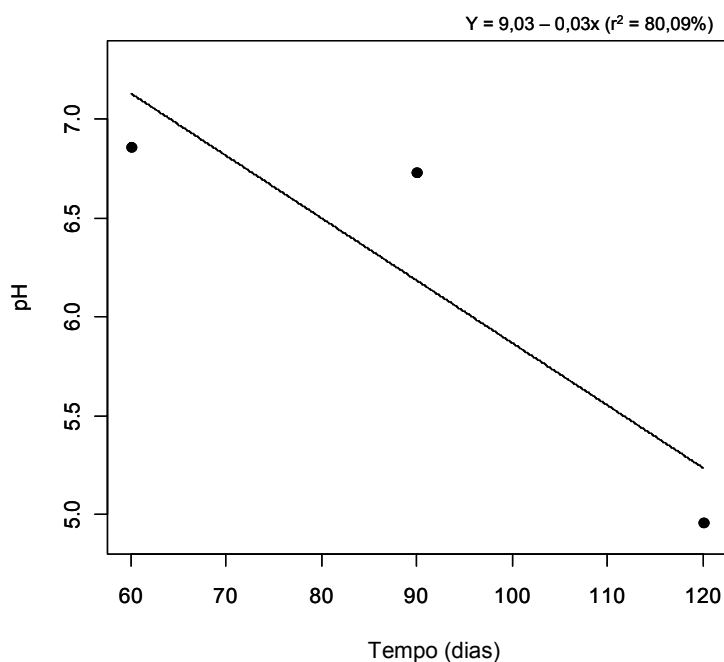


Gráfico 5 pH apresentado durante o período de compostagem para os tratamentos adicionados de torta de mamona.

Tabela 5 Variação média do pH durante o processo de compostagem.

Período monitorado (dias)	Capim napier + Esterco de bovinos	Capim napier + Torta de mamona
60	6,55 ^b	6,86 ^a
90	6,77 ^a	6,73 ^a
120	6,19 ^a	4,97 ^b

Dentro de cada linha, médias seguidas de mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey (5%).

3.2 Características químicas dos compostos

Com os dados obtidos, verificou-se que houve interação significativa entre as variáveis adição de esterco ou torta de mamona ao capim napier e doses de borra dos materiais compostados apenas para o cálcio. Para a variável adição de esterco de bovinos ou torta de mamona ao capim napier, houve efeito

significativo para o fósforo, zinco, nitrogênio, carbono, matéria orgânica e relação C/N.

3.2.1 Cálcio

Verificou-se que o composto proveniente da mistura com esterco não apresentou teores de Ca estatisticamente diferentes, ao se adicionar diferentes doses da borra, apresentando valor médio igual a $10,13 \text{ g.kg}^{-1}$. Já para o composto proveniente da mistura com torta de mamona, a dose de borra de 5L apresentou maiores quantidades de Ca e a dose de 20L, menores quantidades (Gráfico 6). As demais doses não diferiram estatisticamente. Pode-se inferir que ao se adicionar maiores quantidades da borra à torta de mamona acontece uma diluição nos teores de Ca do composto final, por ser este material pobre neste elemento.

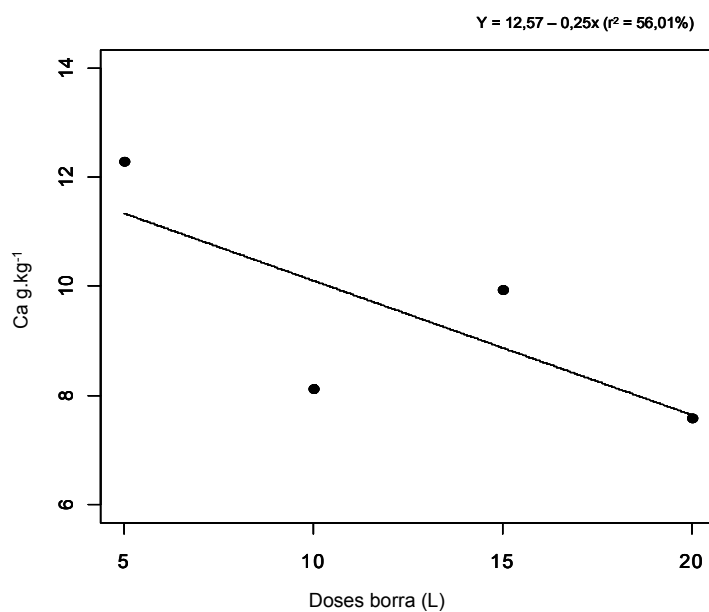


Gráfico 6 Teores de Ca nas diferentes doses de borra de gorduras e óleos residuários adicionadas aos compostos com torta mamona.

3.2.2 Fósforo, Zinco, Potássio e Boro

Ao se adicionar diferentes doses de borra de biodiesel aos compostos com capim napier + esterco de bovinos e capim napier + torta de mamona não, foram observadas diferenças significativas nos compostos obtidos para os nutrientes P, Zn, K e B. No entanto, ao comparar apenas os compostos com os aditivos esterco e torta de mamona, os mesmos diferiram estatisticamente nos teores de P e Zn (Tabela 6). O pH apresentado pelos compostos pode ter interferido na dinâmica do Zn, sendo que para o composto adicionado de torta de mamona, o pH ácido tornou o Zn mais disponível, mesmo que o esterco de bovinos apresente maiores teores deste elemento (Tabela 1) (ABREU et al., 2007). Já para o P, os teores mais elevados da torta de mamona refletiram no composto final, onde o composto obtido a partir da mesma foi o mais rico neste elemento. Para o K e o B não houve diferença significativa.

Tabela 6 Diferenças apresentadas entre os compostos prontos com relação aos nutrientes P, Zn, K e B.

Nutriente	Capim napier + Esterco de bovinos	Capim napier + Torta de mamona
P (g.kg ⁻¹)	2,46 ^b	7,56 ^a
Zn (mg.kg ⁻¹)	149,33 ^b	185,17 ^a
K (g.kg ⁻¹)	3,7 ^a	5,1 ^a
B (mg.kg ⁻¹)	12,6 ^a	14,0 ^a

Dentro de cada linha, médias seguidas de mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey (5%).

3.2.3 Nitrogênio, Carbono, Matéria Orgânica e relação C/N

A adição de diferentes doses de borra de biodiesel nos compostos com capim napier + esterco de bovinos e capim napier + torta de mamona não proporcionou diferenças significativas nos nutrientes/parâmetros N, C, MO e relação C/N. No entanto, ao comparar apenas os compostos com os aditivos

esterco e torta de mamona, os mesmos diferiram estatisticamente nos teores de N, C, MO e na relação C/N (Tabela 7). A torta de mamona apresentou os maiores teores destes nutrientes/elementos, refletindo sua maior riqueza.

Já para a relação C/N o composto proveniente da mistura com torta de mamona apresentou a mais baixa relação, sugerindo que este substrato é mais adequado para a atividade dos microrganismos e que o produto se encontra humificado (KIEHL, 1998). Fialho et al. (2010) enfatizam que a capacidade dos microrganismos em degradar o material orgânico tem relação direta com a relação C/N, sendo que a eficiência do processo de compostagem vai estar diretamente relacionada com o tipo de substrato utilizado.

Tabela 7 Diferenças apresentadas entre os compostos prontos com relação aos nutrientes/parâmetros N, C, MO e relação C/N.

Nutriente	Capim napier + Esterco de bovinos	Capim napier + Torta de mamona
N (%)	2,08 ^b	3,21 ^a
C (%)	30,33 ^b	38,92 ^a
MO (%)	61,17 ^b	78,50 ^a
C/N	15/1 ^a	12/1 ^b

Dentro de cada linha, médias seguidas de mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey (5%).

Pela observação dos dados nota-se que a torta de mamona tem maior efeito nutritivo quando comparada com o esterco de bovinos, resultando assim em material mais rico em nutrientes e com uma relação C/N mais baixa, sugerindo uma maior maturação do composto.

3.3 Biomassa fresca e seca do sorgo (Experimentos I e II em casa de vegetação)

A adição de borra de biodiesel não resultou em efeito significativo para biomassa fresca e seca do sorgo em nenhum dos dois experimentos em casa de

vegetação. Já os compostos adicionados de torta de mamona propiciaram melhores resultados para as biomassas fresca e seca dos experimentos em vasos I e II, quando comparado com a adição de esterco de bovinos.

3.3.1 Biomassa fresca e seca (experimento em vasos I)

A Tabela 8 apresenta os valores de biomassa fresca e seca do sorgo após adição de compostos orgânicos provenientes das associações capim napier + esterco de bovinos (NE 5,10, 15 e 20) e capim napier + torta de mamona (NTM 5,10, 15 e 20). Observando os dados, verifica-se que os compostos obtidos a partir da combinação do capim napier + torta de mamona apresentaram as maiores biomassas (fresca e seca) que os compostos da combinação do capim napier + esterco de bovinos.

Tabela 8 Valores de biomassa fresca e seca dos diferentes compostos orgânicos (planta teste sorgo – *Sorghum bicolor*).

Composto adicionado	Biomassa fresca	Biomassa seca
	g	
NE5	3,23 ^b	0,59 ^b
NE10	3,99 ^b	0,75 ^b
NE15	2,43 ^b	0,43 ^b
NE20	4,78 ^b	0,83 ^b
NTM5	14,94 ^a	2,48 ^a
NTM10	21,93 ^a	3,63 ^a
NTM15	16,47 ^a	2,88 ^a
NTM20	7,83 ^a	1,46 ^a

Dentro de cada coluna, médias seguidas de mesma letra não diferem entre si pelo de Tukey (5%).

Todavia, salienta-se que, mesmo sendo inferiores, as médias de biomassa fresca e seca do sorgo, quando se utilizou esterco na combinação com capim napier, ainda são superiores às médias da testemunha (valores 49% e 37% mais altos para biomassa fresca e biomassa seca, respectivamente).

3.3.2 Biomassa fresca e seca (experimento em vasos II)

Na Tabela 9 são apresentados os valores obtidos para biomassa fresca e seca do sorgo após adição de compostos orgânicos provenientes das associações capim napier + esterco de bovinos (NE 5, 10, 15 e 20) e capim napier + torta de mamona (NTM 5, 10, 15 e 20). Também pode-se observar que os compostos obtidos a partir da combinação do capim napier + torta de mamona apresentaram as maiores biomassas (fresca e seca) que os compostos do capim napier + esterco de bovinos.

Tabela 9 Valores de biomassa fresca e seca dos diferentes compostos orgânico (planta teste sorgo – *Sorghum bicolor*).

Composto adicionado	Biomassa fresca	Biomassa seca
	g	
NE5	1,56 ^b	0,20 ^b
NE10	1,58 ^b	0,19 ^b
NE15	1,57 ^b	0,19 ^b
NE20	1,86 ^b	0,23 ^b
NTM5	2,71 ^a	0,31 ^a
NTM10	3,98 ^a	0,45 ^a
NTM15	3,01 ^a	0,34 ^a
NTM20	2,52 ^a	0,30 ^a

Dentro de cada coluna, médias seguidas de mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey (5%).

Todavia, salienta-se que, mesmo sendo inferiores, as médias de biomassa fresca e seca do sorgo, quando se utilizou esterco na combinação com capim napier, ainda são superiores às médias da testemunha (valores 45% mais altos tanto para biomassa fresca quanto para biomassa seca)

Comportamento semelhante aos experimentos são encontrados em outros trabalhos, que observaram resultados de produção maiores com a adição de composto orgânico, a exemplo de Rashid et al. (2001). Abdelhamid et al. (2004) afirmam que a adição de composto orgânico resulta em maior produção nos cultivos agrícolas. O autor ressalta ainda que compostos com menor relação

C/N propiciam maior produção nas culturas agrícolas, como foi observado neste trabalho.

As baixas taxas de crescimento no experimento em vasos II se deve principalmente ao período em que foi conduzido, meses de maio e junho quando as temperaturas médias foram 18,5°C e 15,0°C respectivamente, já que o sorgo é exigente em calor.

4 CONCLUSÕES

- a) A borra de gorduras e óleos residuários, em qualquer das doses testadas, pode ser reutilizada por meio de compostagem, sem afetar o produto final, quando se utiliza como substratos capim napier adicionado a esterco de bovinos ou a torta de mamona.
- b) Compostos de capim napier com esterco de bovinos apresentam condutividade eletrolítica mais adequada para utilização como composto adubo orgânico que compostos de capim napier com torta de mamona.
- c) Apesar de afetar a condutividade eletrolítica para teores considerados indesejáveis para o uso em cultivos agrícolas, a adição de torta de mamona à massa de composto resulta em produtos finais mais ricos nutricionalmente.
- d) Os compostos de capim napier com torta de mamona proporcionou maior produção de biomassa fresca e biomassa seca que os compostos de capim napier com esterco, independente da época de cultivo.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A produção de resíduos ocorre nas mais diversas localidades, seja no campo ou na cidade. Sua reutilização se justifica quando as distâncias de movimentação são pequenas ou locais. Reutilizar resíduos produzidos em escala local pode trazer benefícios que vão desde o beneficiamento de cultivos agrícolas com materiais estabilizados quimicamente, evitando assim perdas de nutrientes até a não contaminação ambiental.

A casca de café, um dos resíduos utilizados neste estudo, se mostrou como um resíduo passível de ser compostado, resultando em produto final benéfico a cultivos agrícolas, principalmente quando associada a materiais inoculantes ou nutritivos (esterco de bovinos). Isso indica que sua reutilização na forma de composto orgânico é viável e recomendada na região onde foi realizado o estudo, grande produtora de café e, portanto, de casca de café.

Pó outro lado, a borra proveniente de gorduras e óleos residuários também se mostrou passível de reutilização nas doses aqui estudadas. Sua reutilização, quando associada à torta de mamona, resultou em produto mais rico nutricionalmente se comparada à associação com esterco de bovinos. Portanto, este estudo obteve uma forma de destinar adequadamente resíduos obtidos no processo de produção de biodiesel proveniente da utilização de gorduras e óleos residuários.

Nota-se que mais estudos são necessários para avaliar outras respostas à reutilização dos resíduos aqui estudados. Como sugestão para estudos posteriores, propõem-se investigar o impacto da utilização da casca de café no solo sem passar pelo processo de compostagem, associar este resíduo a outros resíduos encontrados na região e para a borra de gorduras e óleos residuários, sugere-se a utilização de maiores doses no processo de compostagem em associação com outros resíduos.

REFERENCIAS

ABDELHAMID, M. T.; HORIUCHI, T.; OBA, S. Composting of rice straw with oilseed rape cake and poultry manure and its effects on faba bean (*Vicia faba* L.) growth and soil properties. **Bioresource Technology**, Essex, v. 93, n. 2, p. 183-189, June 2004.

ABREU, C. A.; LOPES, A. S.; SANTOS, G. Micronutrientes. In: NOVAIS, R. F. et al. (Ed.). **Fertilidade do solo**. Viçosa, MG: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2007. cap. 11, p. 645-736.

ABREU, M. F.; ABREU, C. A.; ANDRADE, J. C. Determinação de fósforo, potássio, cálcio, magnésio, enxofre, cobre, ferro, manganês, zinco, níquel, cádmio, cromo e chumbo em ácido nítrico usando métodos da US - EPA. In: RAIJ, B. van et al. (Ed.). **Análise química para avaliação da fertilidade de solos tropicais**. Campinas: Instituto Agronômico de Campinas, 2001. cap. 17, p. 251-261.

DANTAS, A. A. A.; CARVALHO, L. G.; FERREIRA, E. Classificação e tendências climáticas em Lavras-MG. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 31, n. 6, p. 1862-1866, nov./dez. 2007.

FERREIRA, D. F. SISVAR: um programa para análises e ensino de estatística. **Revista Científica Symposium**, Lavras, v. 6, n. 2, p. 36-41, jul./dez. 2008.

FIALHO, L. L. et al. Characterization of organic matter from composting of different residues by physicochemical and spectroscopic methods. **Bioresource Technology**, Essex, v. 101, n. 6, p. 1927-1934, Mar. 2010.

GAO, M. et al. The effect of aeration rate on forced-aeration composting of chicken and sawdust. **Bioresource Technology**, Essex, v. 101, n. 5, p. 1899- 1903, Mar. 2010.

GÓMEZ-BRANDÓN, M.; LAZCANO, C.; DOMÍNGUEZ, J. The evaluation of stability and maturity during the composting of cattle manure. **Chemosphere**, Oxford, v.70, n. 3, p. 436-444, Jan. 2008.

KIEHL, E. J. **Manual de compostagem**: maturação e qualidade do composto. Piracicaba: Ed. do Autor, 1998. p. 171.

LIMA, C. C. et al. Caracterização química de resíduos da produção de biodiesel compostados com adição mineral. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 13, n. 3, p. 334-340, maio/jun. 2009.

MELO, L. C. A.; SILVA, C. A. Influência de métodos de digestão e massa de amostra na recuperação de nutrientes em resíduos orgânicos. **Química Nova**, São Paulo, v. 31, n. 3, p. 556-561, 2008.

MOREIRA, F. M. S.; SIQUEIRA, J. O. **Microbiologia e bioquímica do solo**. Lavras: UFLA, 2006. 729 p.

PITTA JÚNIOR, O. S. R. et al. Reciclagem do óleo de cozinha usado: uma contribuição para aumentar a produtividade do processo. In: INTERNATIONAL WORKSHOP, ADVANCES IN CLEANER PRODUCTION, 2., 2009, São Paulo. **Anais...** São Paulo:USP, 2009. p. 1-10.

RASHID, M. A.; HORIUCHI, T.; OBA, S. Enrichment of rice straw compost by adding cow dung and soybean plants and its effects on wheat yield and soil nutrients. **Tokai Journal of Crop Science**, Toquio, v. 131, p. 3- 9, Dec. 2001.

R DEVELOPMENT CORE TEAM. **R: a language and environment for statistical computing**. Vienna: R Foundation for Statistical Computing, 2010. 409 p.

RIBEIRO, A. C.; GUIMARÃES, P. T. G.; ALVAREZ, V. H. **Recomendações para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais: 5ª aproximação**. Viçosa, MG: CFSEMG, 1999. 359 p.

SANCHEZ-MONEDERO, M. A. et al. Nitrogen transformation by Rutgers system and its effects on pH, EC and maturity of the composting mixtures. **Bioresource Technology**, Essex, v. 78, n. 3, p. 301-308, July 2001.

SILVA, C. A. Uso de resíduos orgânicos na agricultura. In: SANTOS, G. A. et al. (Ed.). **Fundamentos da matéria orgânica: ecossistemas tropicais e subtropicais**. Porto Alegre: Metrópole, 2008. cap. 32, p. 597-624.

SOUZA, J. C. **Uso de composto orgânico proveniente de lixo urbano selecionado como agente mitigador da biodisponibilidade de Cádmio**. 2001. 98 p. Dissertação (Mestrado em Geoquímica e Meio Ambiente) – Universidade Federal da Bahia, Salvador, 2001.