

COMPOSTAGEM EM PEQUENA ESCALA UTILIZANDO BORRA DE CAFÉ COMO ALTERNATIVA PARA VALORIZAÇÃO DE RESÍDUOS SÓLIDOS ORGÂNICOS EM INSTITUIÇÕES DE ENSINO SUPERIOR

MARIANA MARSAGLIA DE OLIVEIRA

GERALDO ANDRE ROSSETO BARRETO
INSTITUTO FEDERAL DO ESPÍRITO SANTO - IFES

ADRIANA MÁRCIA NICOLAU KORRES

SHEILA SOUZA RIBEIRO

JACQUELINE ROGÉRIA BRINGHENTI
INSTITUTO FEDERAL DO ESPÍRITO SANTO - IFES

COMPOSTAGEM EM PEQUENA ESCALA UTILIZANDO BORRA DE CAFÉ COMO ALTERNATIVA PARA VALORIZAÇÃO DE RESÍDUOS SÓLIDOS ORGÂNICOS EM INSTITUIÇÕES DE ENSINO SUPERIOR

1. INTRODUÇÃO

O Brasil é o principal produtor de café do mundo, sendo responsável por 40% da produção mundial desse fruto. O consumo per capita do café aumentou ligeiramente no período de novembro de 2013 a outubro de 2014, subindo de 4,87 kg/habitante/ano para 4,89 kg/habitante/ano de café torrado e moído, o que equivale a 81 litros/habitante/ano (OLIVEIRA et al., 2015). Em 2016, a safra brasileira de café alcançou 51,37 milhões de sacas de 60 kg de café beneficiado (CONAB, 2017).

De acordo com Andrade (2011), a grande produção e consumo de café no país, acarreta em uma enorme geração de resíduos, principalmente pelo beneficiamento dos grãos pós-colheita, bem como do consumo em residências, ambientes corporativos e cafeterias. Dentro desses resíduos, estão inclusos a polpa, a casca, a mucilagem e a água residual. No processo de obtenção da bebida é gerado um segundo resíduo, conhecido como a borra de café (FERREIRA, 2011).

Segundo Andrade (2011), a borra é um resíduo oriundo do processamento do café, sendo a mesma rica em materiais orgânicos e inorgânicos. Na maioria das vezes, esse resíduo é descartado sem tratamento prévio, visto que, aplicações ou tratamentos mais apropriados não são conhecidos pela maioria, levando ao descarte direto, desse resíduo, no meio ambiente. Esse descarte pode causar a poluição dos solos e dos corpos hídricos que entrarem em contato com esse material.

A borra de café quando integrada a outros resíduos orgânicos forma um substrato ou composto que pode, potencialmente, substituir aditivos químicos usados na agricultura. A composição orgânica e mineral da borra de café pode ser observada na tabela 1.

Tabela 1. Composição orgânica e mineral da borra de café

Concentrações Parâmetros	
Matéria Orgânica	90,46
C/N	22/1
Nitrogênio	2,30
Fósforo	0,15
Potássio	0,35
Cálcio	0,08
Magnésio	0,13
Alumínio	0,03
Ferro	0,01

Fonte: Mussatto et al., 2011.

Na tentativa de mitigar o problema causado por esse material, vários métodos de tratamento e disposição de resíduos orgânicos foram e vêm sendo pesquisados em todo o mundo, destacando-se, entre eles, a compostagem (VERGNOUX et al., 2009).

Esse destaque, justifica-se no fato, do processo de compostagem ser uma alternativa para tratar esse resíduo, desviá-lo de aterros sanitários e impedir que o descarte inadequado da borra cause contaminação dos solos e dos recursos hídricos. Além disso, a compostagem utilizando borra de café tem como resultado um fertilizante potencialmente rico em nutrientes, que quando adicionado ao solo pode contribuir para o aumento da produtividade agrícola. Outro benefício desse tipo de tratamento é verificado quando desenvolvido por via aeróbia, pois, dessa forma, o tratamento gera baixas quantidades de metano por tonelada de resíduo

orgânico em comparação com formas de tratamento anaeróbio ou disposição em aterro (INÁCIO, 2010 apud AMLINGER et al., 2008; BARTON et al., 2008; VANOTTI et al., 2009; PICKIN et al., 2002) contribuindo, assim, para a redução das emissões de gases de efeito estufa.

Adicionalmente, a compostagem, quando desenvolvida in loco, envolve redução dos custos de gerenciamento de resíduos orgânicos, em especial de coleta, transporte e disposição final, minimização de impactos ambientais como a diminuição do volume de resíduos encaminhado aos aterros e lixões.

2. PROBLEMA DA PESQUISA E OBJETIVO

Para a valorização dos resíduos sólidos orgânicos (RSO) em instituições de ensino superior o presente trabalho buscou realizar o processo de compostagem utilizando borra de café e RSO produzidos na própria instituição, evitando com que esses resíduos fossem destinados para aterros sanitários (tratamento convencional). Buscou-se também observar qual porcentagem de borra seria ideal para operar de forma mais adequada o processo. Para isso, foram analisados diversos parâmetros, além da análise final do composto, podendo-se afirmar a grande viabilidade da utilização do composto como fertilizante orgânico para plantas.

3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

3.1 A problemática da geração de resíduos

Segundo Kraemar (2014), somos a sociedade dos resíduos, porém, só acordamos recentemente para esta realidade. Nos últimos 20 anos, a população mundial cresceu menos que o volume de resíduos por ela produzido. Enquanto de 1970 a 1990 a população do planeta aumentou em 18%, a quantidade de resíduos sobre a Terra foi incrementada em 25%.

A geração de resíduos sólidos é inerente a ocupação humana no planeta Terra. Segundo o Panorama de Resíduos Sólidos no Brasil da Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais (ABRELPE), no ano de 2016 foram gerados no país um total de 78,3 milhões de toneladas resíduos sólidos urbanos, sendo que 71,3 milhões de toneladas foram coletadas, o que representa um índice de cobertura de 91%. Desse montante 41,7 milhões de toneladas foram destinadas para aterros sanitários representando 58,4% do total coletado no país (ABRELPE, 2017).

O Brasil é o principal produtor de café no mundo, sendo também um grande consumidor da bebida, porém, quando se leva em consideração a destinação final dos resíduos orgânicos que essa indústria produz, o país fica a muito se desejar. A produção de café em 2017 indica que o país deverá colher 44,77 milhões de sacas de 60 quilos de café beneficiado. O resultado representa redução de 12,8%, quando comparado com a produção de 51,37 milhões de sacas obtidas no ciclo anterior (CONAB, 2017). Da produção de café, aproximadamente 21% é transformado em resíduo sólido; na indústria de café solúvel, para cada tonelada produzida, são geradas 4,5 toneladas de borra (CEPEL, 2000).

Esse percentual poderia ser diminuído se a técnica da compostagem fosse empregada para destinação final desses resíduos, evitando com que essa grande quantidade fosse enviada para aterros sanitários.

3.2 A compostagem como medida para redução dos resíduos

A compostagem corresponde à oxidação da fração orgânica selecionada, devido a ação de diversos microrganismos sob condições aeróbicas. São consideradas duas fases principais: a fase ativa, caracterizada por altas temperaturas, intensa reações de decomposição, ocorrendo a liberação de calor, CO₂ e vapor de água; e a fase de acabamento, em que a temperatura volta a se equilibrar com a temperatura ambiente, os organismos atingem um equilíbrio dinâmico e há sínteses de substâncias húmicas (CORDEIRO, 2010).

A Política Nacional de Resíduos Sólidos (Lei 12.305/2010) destaca a necessidade da implantação de sistemas de compostagem para o tratamento de RSO uma vez que promove sua estabilização, reduz o volume dos resíduos destinados a aterros sanitários e gera um produto rico em matéria orgânica mais humificada, valioso para a correção e fertilidade do solo (BRASIL, 2010).

3.3 A compostagem em pequena escala

Segundo Marques e Hogland (2002) os processos de compostagem podem ser classificados de acordo com a escala em que a produção do composto é realizada. Os processos podem ser classificados em grandes (usinas de compostagem), médios (leiras com volumes superiores a 3m³) e pequenos (composteiras ou leiras com volume inferior a 3m³).

O processo de compostagem em pequena escala pode ser empregado em condomínios, empresas que tenham refeitórios, na agricultura urbana e familiar, em pequenas indústrias, no quintal de residências e até em escolas e universidades, servindo também como instrumento de educação ambiental. A compostagem em pequena escala está menos suscetível à contaminação por outros materiais, pois os resíduos utilizados são gerados no próprio local onde serão utilizados (BRITO, 2008).

Portanto, a compostagem pode ser considerada um processo de tratamento de resíduos ambientalmente amigável, onde a matéria orgânica é biologicamente degradada (SÁNCHEZ et al., 2015). Quando utilizada em pequena escala é uma das opções mais sustentáveis para gerenciar os resíduos orgânicos domésticos. Ela tem sido utilizada como um método eficaz de gerenciamento de RSO, sendo que o processo doméstico tem grandes vantagens no fornecimento de uma abordagem de baixo custo para o gerenciamento de resíduos, facilitando sua reciclagem sustentável (JASIM, 2003). Promovendo também, a redução do volume e a complexidade de resíduos que entram no aterro, a reciclagem de nutrientes e a possibilidade de gerar um incremento agrícola de qualidade minimizando, assim, o uso de fertilizantes químicos (BOLDRIN et al., 2010).

4. METODOLOGIA

O projeto foi desenvolvido no Laboratório de Biotecnologia e Sustentabilidade (Labiotec), do Ifes (Instituto Federal do Espírito Santo) - campus Vitória, localizado na Capital Vitória – ES. Para realização do experimento foi utilizada borra de café proveniente da própria instituição, advinda da cantina, restaurante, prédios administrativos e coordenadorias do Campus. Após a coleta, a borra passou por uma etapa de secagem ao sol visando minimizar os processos de oxidação e evitar a contaminação por fungos. Após essa etapa, a borra foi armazenada em um recipiente de plástico com fechamento hermético (bombona) à temperatura ambiente. Os RSO utilizados para a compostagem também foram provenientes da coleta seletiva da cantina do Ifes. Esses resíduos consistiram em restos de alimentos que seriam destinados para aterros sanitários, composto por cascas de frutas e verduras, talos e folhas e borra de café.

A compostagem foi realizada em quatro composteiras confeccionadas a partir de baldes de plástico, com capacidade para 4 L (ocupando uma área de cerca de 0,158 m³). Para a

montagem dos protótipos, foram utilizados dois baldes, sendo que, o superior possui fundo perfurado para permitir a percolação do chorume gerado. A tampa do balde inferior foi cortada para permitir o encaixe do balde superior. O mesmo foi coberto com uma tela fina para permitir ventilação e evitar presença de vetores.

Figura 1. Montagem da composteira



Fonte: Os autores, 2018.

Os resíduos orgânicos foram picados em partículas entre 3 e 5 cm para melhor aeração da massa de composto. As composteiras foram montadas com duas proporções de borra de café, visando qual operaria de forma mais adequada, analisando-se os parâmetros ideais para um processo eficiente de compostagem, sendo elas:

- Tratamento 1 (T1): 20% de borra de café + 80% RSO
- Tratamento 2 (T2): 30% de borra de café + 70% RSO

Os tratamentos foram feitos em duplicatas (duas composteiras idênticas) para dar maior confiabilidade ao experimento. A proporção da concentração de borra na compostagem já vem sendo utilizada em pesquisas e projetos de graduação e mestrado no Ifes – campus Vitória. Os resíduos foram depositados em camadas dentro das composteiras. Os RSO foram constituídos por 43,33% de frutas e cascas, 24,33% de folhas e 32,33% de talos, estabelecendo uma relação C/N ideal (30:1), para o bom funcionamento do processo, totalizando 800g de RSO para as composteiras do Tratamento T1, mais 200g de borra, e 700g de RSO nas composteiras de tratamento T2, mais 300g de borra de café. O peso total de todas as composteiras ficou em 1000g, e essa massa de resíduos ocupou todo o protótipo. O processo de compostagem durou 42 dias.

A partir da montagem das composteiras, deu-se início ao processo de monitoramento dos parâmetros essenciais para que a compostagem ocorra de forma adequada. A temperatura foi medida 3 vezes por semana, com o auxílio de um termômetro de haste metálica, da marca Digital Thermometer TP 101, com escala de -50 a 300°C. O termômetro era introduzido na massa de resíduos, em três pontos distintos, definindo-se a temperatura pela média desses três pontos. Além do monitoramento da temperatura, foi realizado três vezes por semana a inspeção visual do material em compostagem, visando detectar possíveis alterações importantes (excesso ou falta de umidade, odores, chorume e vetores). Foi realizado uma vez por semana, durante o período do experimento, a medição do pH das composteiras, pelo método da EMBRAPA (2007), onde eram retirados 10g do composto, diluídos em 25 mL de água destilada, deixado em repouso 20 minutos e em seguida, era feita a medição do pH, utilizando um medidor de pH de bancada, da marca Tecnocon. Também foi medida a umidade uma vez por semana, pelo método de Kiehl (1985), onde pesava-se 10g de composto, que eram dispostos em cápsulas de porcelana, na qual foram submetidas a uma temperatura de 105°C durante 48 horas, para atingir a massa constante, em uma estufa de esterilização universal, da marca Fabbe-primar Mod 219.

Para garantir que a compostagem ocorresse de maneira aeróbia, tendo em vista que, quando desenvolvida na presença de oxigênio, ocorre a geração de baixas quantidades de metano por quantidade de resíduo orgânico tratado, em comparação com formas de tratamento anaeróbio ou disposição em aterro (BARTON; ISAIÁS; STENTIFORD, 2008), foi efetuada a aeração manual dos reatores e a medição do percentual de oxigênio no processo. Para isso foi utilizado um detector de gases modelo GX-2012. Na imagem abaixo, é possível visualizar a medição do oxigênio em uma das composteiras.

Figura 2. Medição do O₂ em uma das composteiras



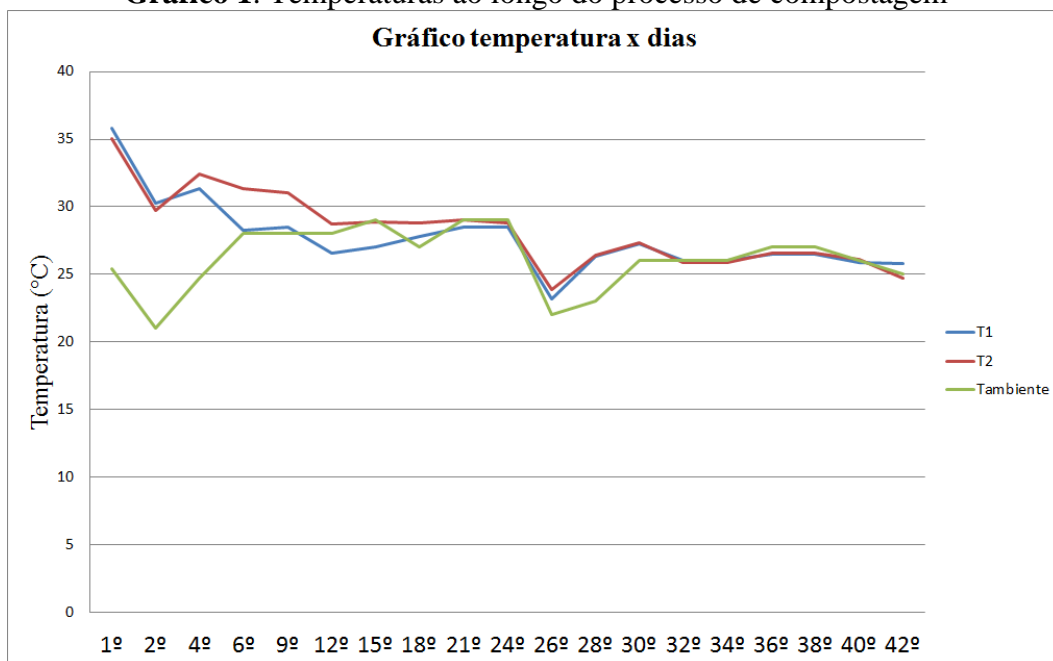
Fonte: Os autores, 2018.

Além disso, ao término do experimento, uma amostra de cada composteira foi levada para um laboratório de análises ambientais, devidamente certificado, para serem avaliados os parâmetros: matéria orgânica total, matéria orgânica compostável, carbono orgânico, nitrogênio e a relação carbono e nitrogênio (C/N), seguindo a metodologia preconizada pelo Ministério da Agricultura (MAPA, 2014). Ao final do processo também foi feito um teste de presença/ausência de Coliformes totais e *Escherichia Coli* usando substrato cromogênico ONPG-MUG, da marca IDEXX, modelo Colilert, com resultados confirmativos para presença de Coliformes Totais em 24 horas pelo desenvolvimento de coloração amarela e resultados positivos para *E.Coli* confirmativo em 24 horas pela observação de Fluorescência, sem necessidade de adição de outros reagentes para confirmação, a metodologia usada foi de acordo com APHA (1998).

5. RESULTADOS E DISCUSSÕES

No decorrer do processo de compostagem ocorreu a decomposição da matéria orgânica pelos microrganismos, liberando assim, micronutrientes, agora disponíveis para serem utilizados em plantas. As características dos RSO foram observadas ao final do processo de compostagem em todos os tratamentos, tendo como fatores relevantes: a redução do volume, coloração final muito escura, odor agradável em algumas composteiras, sem a presença de vetores e umidade reduzida. O gráfico 1 apresenta as temperaturas medidas durante os 42 dias de experimento.

Gráfico 1. Temperaturas ao longo do processo de compostagem



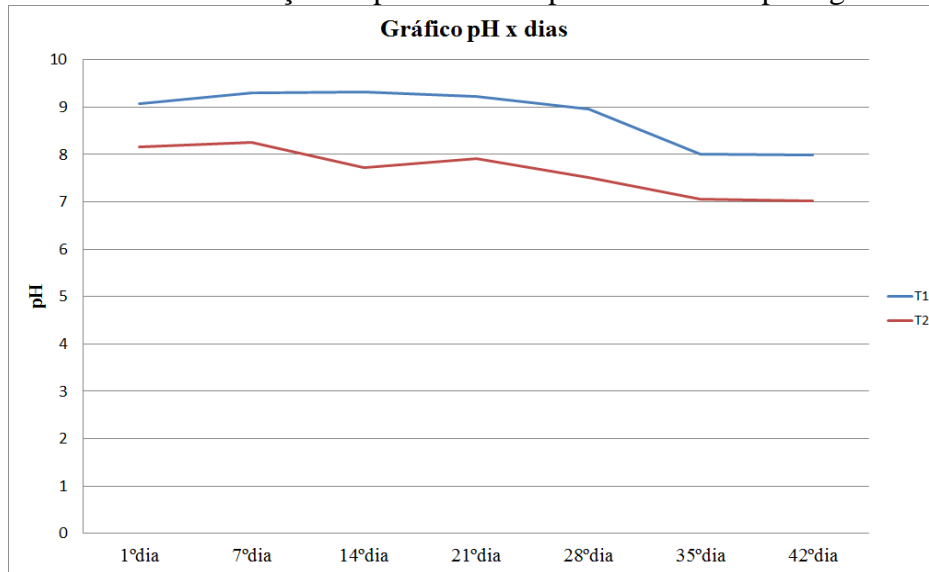
Fonte: Os autores, 2018.

Pode ser observado que em todos os tratamentos durante o período de compostagem ocorreu a natural elevação da temperatura, entretanto não ultrapassaram 40°C. Uma explicação para essas baixas temperaturas consta no fato que o experimento ocorreu em pequena escala, fazendo com que o calor se dissipasse facilmente, impedindo que o material alcançasse temperaturas mais elevadas.

Para todos os tratamentos, o resultado final do processo de compostagem encontrado foi uma coloração bem escura, com odor agradável para as composteiras T2, nos últimos dias de compostagem a temperatura ficou próxima ou igual a ambiente, o composto ficou quebradiço quando seco e moldável quando úmido.

Segundo Kiehl (1985), nos primeiros dias de processo de compostagem aeróbia o composto torna-se mais ácido devido à formação de pequenas quantidades de ácidos minerais, estes logo desaparecem dando lugar a ácidos orgânicos que vão reagindo com bases provocando elevações do pH. Para Kiehl (1985), um composto final com pH entre 6 e 7,5 é considerado de nível bom. No gráfico 2, pode-se observar que os valores de pH para os tratamentos T2 ficaram adequados no final da compostagem, essa adequação é justificada com base na literatura, entretanto, os tratamentos T1, onde foram usados apenas 20% de borra, os valores de pH ficaram próximos a 8, não sendo considerados ideais para um bom composto final.

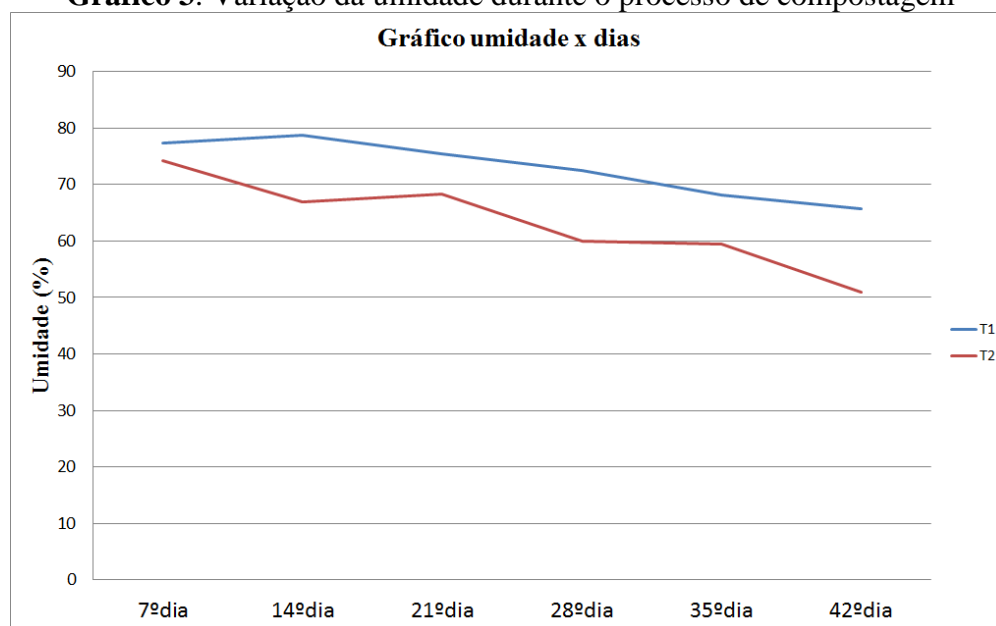
Gráfico 2. Variação do pH durante o processo de compostagem



Fonte: Os autores, 2018.

Em relação a umidade, Bernardi et al. (2011) afirmam que teores de umidade acima de 65% exercem resistência na passagem do oxigênio entre os espaços vazios, podendo gerar zonas de anaerobiose. Misturas de resíduos que apresentem baixos teores de umidade, abaixo de 40%, acabam inibindo a atividade microbiana. No gráfico 3, observa-se que no início da compostagem os tratamentos estavam bem próximos à faixa de 75% de umidade, considerada alta, porém, no decorrer do processo, as composteiras T1 apresentaram excesso de umidade, enquanto as composteiras T2 operavam em ótimas condições, sem excesso de umidade, chegando ao final da compostagem com 51% de umidade. Esse valor, segundo a literatura, é considerado bom para o final do processo. Já as composteiras T1 no último dia de experimento tinham 65,75% de umidade, podendo-se afirmar que ocorreu resistência na passagem do oxigênio, porém, não pode-se afirmar que foi suficiente para que ocorresse anaerobiose, visto que, o percentual de oxigênio medido durante todo o experimento ficou em torno de 19%, valor esse, relativamente alto para ser considerado anaeróbio.

Gráfico 3. Variação da umidade durante o processo de compostagem



Fonte: Os autores, 2018.

Com objetivo de avaliar a qualidade final do composto produzido, os dados obtidos em laboratório foram tabelados e avaliados. Esses parâmetros podem ser visualizados na tabela abaixo.

Tabela 2. Parâmetros analisados no composto final

Parâmetros	T1	T2
Matéria Orgânica Total (%)	86,31	85,44
Matéria Orgânica Compostável (%)	81,51	84,06
Carbono Orgânico	45,28	46,70
Nitrogênio	5,07	4,88
Relação C/N	9/1	10/1

Fonte: Os autores, 2018.

O resultado da análise de fertilizantes orgânicos permitiu avaliar se os parâmetros estão dentro dos limites indicados pela Legislação e não ultrapassam as tolerâncias. Com base na relação C/N obteve-se informações sobre o estado de decomposição da matéria orgânica do fertilizante e o tempo de compostagem. Para material a ser decomposto, a relação C/N alta (acima de 30/1) indica necessidade de maior prazo de decomposição, já a relação C/N entre 25/1 e 35/1 será mais favorável para uma rápida decomposição. Relações C/N baixa (entre 6/1 e 12/1) podem provocar perda de nitrogênio amoniacal. No material curado ou semicurado, a relação C/N indica o grau de decomposição, ou seja, próximo a 18/1 o fertilizante está semicurado e de 18/1 a 8/1 o fertilizante está curado (KIEHL, 1985).

Diante desses dados, os dois tratamentos encontram-se em estado curado do composto, tendo pouca diferença entre os parâmetros analisados. A matéria orgânica total encontra-se bem acima de 40%, sendo ideal segundo Kiehl (1985). Já o nitrogênio está acima de 3%, classificando-se como alto para as determinadas amostras, sendo considerado excelente para ser utilizado como fertilizantes orgânico.

As análises para coliformes totais e *Escherichia Coli* deram negativas para todos os tratamentos.

6. CONCLUSÃO

As Instituições de Ensino Superior (IES) possuem papel de destaque no processo de desenvolvimento tecnológico e deveriam participar de forma mais efetiva na construção e no desenvolvimento de uma sociedade sustentável e justa. Acredita-se que pequenas ações como a representada pela implantação e operação de composteiras caseiras “in situ”, em ambiente institucional, pode levar ao desvio de parcela orgânica significativa do fluxo normal de resíduos sólidos orgânicos, considerando-se a possibilidade de sua reprodutibilidade para outros ambientes e locais e escala de implementação.

REFERÊNCIAS

ABRELPE - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE EMPRESAS DE LIMPEZA PÚBLICA E RESÍDUOS ESPECIAIS. **Panorama dos Resíduos Sólidos no Brasil 2016**. São Paulo, 2017. 60 p.

ANDRADE, K. **Avaliação das técnicas de extração e do potencial antioxidante dos extratos obtidos a partir da casca e borra de café (*Coffea arabica L.*)**. Florianópolis: Universidade Federal de Santa Catarina, 2011.

APHA. **Standard Methods for the examination of water and wastewater**. American Public Health Association, American Water Works Association, Water Environmental Federation, 20th ed. Washington.

BARTON, J. R.; ISSAIAS, I.; STENTIFORD, E. I. **Carbon - Making the right choice for waste management in developing countries**. Waste Management, Elmsford, v. 28, n. 4, p. 690–698, 2008.

BRASIL. **Política Nacional de Resíduos Sólidos**. Lei n. 12.305, de 2 de agosto de 2010. – 2. ed. – Brasília : Câmara dos Deputados, Edições Câmara, 2012. 73 p. Disponível em: <http://fld.com.br/catadores/pdf/politica_residuos_solidos.pdf>. Acesso em: 05 ago. 2018.

BRITO, M. J. C. **Processo de compostagem de resíduos urbanos em pequena escala e potencial de utilização do composto substrato**. 2008. 124f. Dissertação (Mestrado). Pós-graduação em Engenharia de Processos, Universidade Tiradentes. Aracaju, 2008.

CEPEL – Centro de Pesquisa em Energia Elétrica. **Manual de Aplicação de Sistemas Descentralizados de Geração de Energia Elétrica para projetos de Eletrificação Rural – Energia Biomassa**. Eletrobrás, Rio de Janeiro – RJ, 2000. 41 p.

CONAB - COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO. **Acompanhamento da Safra Brasileira: Café**. Brasília, 2017.

CORDEIRO, N.M. **Compostagem de resíduos verdes e avaliação da qualidade dos compostos obtidos: caso de estudo da algar S.A.** 2010. 102 p. Tese (Mestrado em Engenharia do Ambiente – Tecnologias Ambientais) – Instituto Superior de Agronomia, Universidade Técnica de Lisboa, Lisboa.

FERREIRA, A. **Influência da borra de café no crescimento e nas propriedades químicas e biológicas de plantas de alface (*Lactuca sativa L.*)**. 29 p. 2011. Dissertação (Mestrado) – Instituto Politécnico – Escola Superior Agrária de Bragança, Portugal.

INACIO, C. DE T. **Dinâmica de gases e emissões de metano em leiras de compostagem**. Rio de Janeiro. 2010. 72 p.

JASIM, S. ***The Practicability of Home Composting for the Management of Biodegradable Domestic Solid Waste***. Tese de doutorado. London. February, 2003. 275 p.

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

KRAEMAR, M. E. P. **A questão ambiental e os resíduos sólidos**. Disponível em: <http://www.amda.org.br/imgs/up/Artigo_25.pdf>. 2014. Acesso em: 05 ago. 2018.

MARQUES, M. HOGLAND, W. **Processo descentralizado de compostagem em pequena escala para resíduos sólidos domiciliares em áreas urbanas**. In: XXVIII CONGRESSO INTERAMERICANO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL, 2002. México.

MUSSATTO, S. I.; MACHADO, E. M. S.; MARTINS, S.; TEIXEIRA, J. A. ***Production, composition, and application of coffee and its industrial residues. Food and Bioprocess Technology***, New York, v. 4, n. 5, p. 661-672, 2011. <http://dx.doi.org/10.1007/s11947-011-0565-z>.

OLIVEIRA, V. V. B.; SILVA, R. K. **Roda de conversa sobre a cafeicultura em Rondônia: diálogo entre pesquisa e comunicação para a divulgação científica**. XIV Congresso de Ciências da Comunicação na Região Norte – Manaus - AM, 2015.

SÁNCHEZ, A. et al. ***Greenhouse gas emissions from organic waste composting***. Environmental Chemistry Letters, London, v. 13, n. 3, p. 223–238, 2015.

VERGNOUX, A., M. GUILIANO, Y. LE DRÉAN, J. KISTER, N. DUPUY AND P. DOUMENQ. 2009. ***Monitoring of the evolution of an industrial compost and prediction of some compost properties by NIR spectroscopy***. Sci. Total Environ. <http://www.sciencedirect.com>. Acesso em: 05 ago. 2018.