

UTILIZANDO PODAS DE ARVORES E GRAMAS NO PROCESSO DE COMPOSTAGEM E ANÁLISE QUÍMICA DO COMPOSTO PRODUZIDO

Francisco Souto de Sousa Júnior¹

Nildo da Silva Dias²

Patrícia Mendonça Pimentel³

Tarcísio Elói de Andrade Júnior⁴

¹ Universidade Federal Rural do Semi-Árido, Angicos – RN, Brasil, franciscosouto@ufersa.edu.br
nildo@ufersa.edu.br; pimentelmp@yahoo.com
tarcisio@ufersa.edu.br

Introdução

Durante décadas, a deposição de resíduos orgânicos biodegradáveis em aterro foi uma prática muito comum, pois a rápida decomposição e a liberação de odores destes resíduos dificultam a operacionalização e aplicação de um sistema de prevenção e de reciclagem (CROWE, 2002). O grande problema ambiental da deposição destes resíduos em aterros consiste na emissão de gases poluentes (CO₂ e CH₄) que contribuem para o aumento do efeito estufa, agravando os problemas de aquecimento global já documentado. Além disso, a elevada carga orgânica do chorume, produzido no processo de decomposição, pode ser facilmente lixiviado e, contaminar os cursos de água subterrâneas e superficiais. O volume que estes resíduos biodegradáveis ocupam diminui o espaço disponível do aterro e, portanto, a sua vida útil, necessitando de mais áreas (SANTOS, 2007).

Estes fatos levam à busca de medidas para a gestão de resíduos orgânicos, não só nas entidades oficiais responsáveis pela gestão destes resíduos, mas também nas instituições não governamentais e coletivas (grupos associados, cooperativas e empresas) que baseiam suas operações no processo de coleta, separação, reuso e ou reciclagem de materiais. Neste aspecto, a compostagem tem se apresentado como uma forma eficiente de se reciclar os resíduos de animais e vegetais. Esse processo compõe um sistema de baixo custo, para a transformação de resíduos orgânicos em compostos que podem ter alto valor nutricional para a produção vegetal (ALVES & PASSONI, 1997; BUENO et al., 2008).

No município de Mossoró, RN, a Associação Comunitária Reciclando para a Vida – ACREVI, com o apoio da prefeitura municipal, tem assumido o papel social da coleta e reciclagem de resíduos sólidos produzido por grande parte da população local. Porém, tem-se observado que os resíduos orgânicos não estão recebendo qualquer tratamento ou destinação adequada, sendo os terrenos baldios e os aterros os principais meios para a sua deposição (SOUTO, 2008).

Acredita-se que a ausência de políticas públicas local, aliada a falta de conhecimento técnico dos catadores/recicladores da ACREVI sobre as principais técnicas de gerenciamentos dos resíduos orgânicos, bem como a sua importância ambiental e econômica, faz com que esta situação permaneça inalterada. Deste modo, surge à necessidade da realização de uma pesquisa-ação na ACREVI, com a finalidade de transformar os resíduos orgânicos por meios de compostagem, fazendo a análise química do material produzido.

A compostagem em pequena escala, por se tratar de dimensões menores que o convencional, consegue atuar na própria fonte geradora (domicílios e restaurantes). Por este motivo, a mini compostagem atua ainda como uma importante ferramenta de educação ambiental à medida que o próprio gerador acompanha as fases de produção do composto e por isso esse processo tem grande potencial de disseminação junto à população (SPRICIGO et al., 2007).

No processo de compostagem em pequena escala, o controle do alto teor de umidade dos resíduos é um fator imprescindível para o andamento adequado do processo. Nesse caso, uma das alternativas é a adição de material palhoso (restos de vegetais secos), que contribui para o equilíbrio da umidade e ainda auxilia na regulagem da relação C/N. Porém, nas cidades de médio e grande porte, um material em abundância e que poderia ser utilizado para tal finalidade é as podas de árvores e gramas.

O uso de podas de árvores e gramas, ao mesmo tempo em que permite absorver umidade da massa de resíduos orgânicos, apresenta características que poderiam evitar a compactação dessa massa, melhorando a aeração da mesma e com isso favorecendo o processo. Como estes resíduos são encontrados em abundância, sem custo, o acesso pelos associados é favorecido, além do que representa uma opção de destino adequado para tais resíduos.

Assim esse trabalho tem como objetivo avaliar os efeitos do uso de podas de árvores e gramas, sobre os fatores que influenciam no processo de compostagem, utilizando o método “windrow”.

Material e Métodos

O experimento foi desenvolvido na Associação Comunitária Reciclando para a Vida – ACREVI, Bairro Nova Vida, município de Mossoró, RN. A associação foi criada no ano de 1999, por iniciativa de catadores de lixo, composta em sua maioria por mulheres. Essa associação é um exemplo de cidadãos que buscam, por meio dos seus próprios esforços, um mecanismo de inclusão social.

Semelhante ao procedimento clássico de coleta convencional de lixo (porta-a-porta), que caracteriza a coleta seletiva, realizou-se em 25 residências do bairro nova vida e no restaurante popular da cidade de Mossoró a coleta dos resíduos orgânicos (arroz, feijão, cascas de frutas, verduras e legumes) num total de aproximadamente 450Kg. A coleta desse material ocorreu a cada dois dias, sempre as duas horas da tarde durante um mês. Sendo armazenados em recipientes plásticos de polietileno de alta densidade (PEAD).

O elemento palhoso (capim, folhas de árvores e galhos) foi coletado pelo serviço de limpeza urbana da cidade de Mossoró e levado para o galpão da associação comunitária reciclando para a vida e triturado em um triturador marca TRAPP, num total de aproximadamente 840 kg.

O composto orgânico foi produzido seguindo o método “windrow” proposto por Pereira Neto (1996), este método é relativamente o mais barato entre os sistemas de compostagem disponíveis, embora não haja controle preciso sobre as variáveis operacionais do processo (AZEVEDO, 1993).

A pilha foi construída em um local plano, de fácil acesso para carga e descarga do material, próximo a uma fonte de água para as irrigações periódicas. As minicomposteiras formato cônico, dimensões de 1,6 metro de altura e 2,0 metros de diâmetro pilhas I, II, a pilha III apresenta dimensões de 1,0 metro de altura e 2,0 metros de diâmetro. Iniciou-se o empilhamento das palhas por camadas de no máximo 30 centímetros, aplicando-se sobre essa primeira sequência, uma fina camada da matéria orgânica (triturada) para que as pilhas fossem formadas. Após empilhar essa primeira sequência de palha e matéria orgânica, inicia-se novamente sequências com os mesmos materiais, até formar uma altura adequada do monte. As pilhas foram constituídas com 70% de material palhoso e 30% de resíduos orgânicos. Durante a fase de oxidação, cerca de 20 a 40 dias, as pilhas de compostos foram reviradas de 3 em 3 dias, nos 20 primeiros dias, e a cada 5 dias, no final do período. A fase de maturação, durou em torno de 45 a 60 dias. O material orgânico ficou em repouso para maturação. O composto estava pronto em torno de 80 a 90 dias.

Durante a etapa de degradação ativa, as minicomposteiras foram avaliadas, sendo anotados diariamente durante os dois primeiros meses e depois de oito em oito dias todas as características do composto, temperatura, pH e umidade. O acompanhamento destes parâmetros é descrito detalhadamente a seguir.

Temperatura

A temperatura da massa de resíduos em compostagem foi realizada através de termômetro de mercúrio, com graduação de 1 a 100°C e comprimento de 1,5m. Neste processo, foi inserido a haste do termômetro em vários pontos da composteira, considerando-se sempre a temperatura mais alta. Este procedimento foi repetido diariamente, ao longo da fase de degradação, no período vespertino.

pH

Foi utilizado um equipamento pHmêtro marca Tecnal model pH 2 para as análises do pH, que foram realizadas diariamente nas três minicomposteiras, e o método utilizado foi constituído em coletar uma amostra do composto e triturá-la. Em seguida, pesou-se 10g da amostra triturada, adicionando-se

50mL de água deionizada e em seguida, a mistura foi agitada por 5 minutos, permanecendo em descanso por trinta minutos, quando se procede a leitura no pHmêtro.

Umidade

Foram feitos testes diários na minicomposteira utilizando o método Umidade a 65°C, descrito por Lanarv (1988). Este método consiste em pesar uma amostra do composto (p), colocá-la em estufa a 65°C até a estabilização de peso (p1) e calcular o teor de umidade através da fórmula:

$$U_{65^{\circ}\text{C}} = (100(P-P1))/P$$

Cálculo da relação C/N

Durante a fase de degradação ativa foram feitas quatro análises para calcular o teor de matéria orgânica e o de nitrogênio total. As análises foram feitas pela central analítica, centro de análise de materiais e substâncias da Universidade Federal de Pernambuco (UFPE). O teor de matéria orgânica possibilita calcular a porcentagem de carbono, e conseqüentemente a relação C/N, conforme descrito por Lanarv (1988), da seguinte forma:

$$\% \text{ C} = \frac{\text{teor de matéria orgânica}}{1,8}$$

A primeira análise foi realizada no início da compostagem, onde foram coletadas amostras do material palhoso (capim, folhas de árvores e galhos) puro.

Após 20, 40 e 90 dias do início da compostagem foram coletada uma amostra de cada pilha de compostagem, seguindo o método de quarteamento segundo a NBR 10.007 (ABNT, 1987), que consiste em utilizar uma quantidade de material na forma de monte, misturar bem e em seguida dividir o monte em quatro partes. Após a divisão, foram escolhidos dois montes diagonais, que foram posteriormente misturados entre eles. Essa operação foi repetida até obter uma quantidade de material necessária para realização da análises de matéria orgânica e nitrogênio total. Sendo feitas análises de matéria orgânica e nitrogênio total em um equipamento de marca Pekinmer Modelo 2400 Serie II CNH/O Analyzer.

Resultados e Discussão

Os resultados obtidos no processo de mini compostagem, utilizando como material palhoso capim, folhas de árvores e galhos, referem-se ao acompanhamento dos parâmetros temperatura, pH, umidade e relação C/N.

O comportamento das pilhas I e II foram bastante semelhantes, enquanto que o da pilha III teve comportamento bastante diferente, no parâmetro temperatura. Os parâmetros analisados são descritos a seguir para todas elas.

Temperatura

A temperatura é considerada por muitos pesquisadores como o mais importante indicador da eficiência do processo de compostagem, estando intimamente relacionada com a atividade metabólica dos microrganismos, a qual é diretamente afetada pela taxa de aeração (PEREIRA NETO, 1988; IMBEAH, 1998 citado por LI et al., 2008).

Como pode ser observado na Figura 1, as temperaturas das pilhas I e II apresentam comportamento semelhante, tendo a fase termofílica iniciada já nas primeiras horas de compostagem. A explicação para esse comportamento pode estar associada ao tipo de resíduos utilizado no processo, resíduos orgânicos domiciliares. Durante o período de armazenamento desses resíduos, dois dias, o processo de degradação pode ter sido iniciado, fazendo com que no momento da montagem das pilhas já existisse uma elevada quantidade de microrganismos responsáveis pelo processo.

Este comportamento fez com que praticamente não ocorresse a fase mesofílica (1ª fase) antes da fase termofílica, comumente observada no método de compostagem utilizado. A decomposição ocorre mais rapidamente na fase termofílica (40-60°C), durante essa fase as temperaturas elevadas aceleram

a hidrólise das principais moléculas estruturantes dos materiais em compostagem, designadamente, proteínas, gorduras e hidratos de carbono complexos como as celulosas e hemicelulosas.

Essa fase é um dos requisitos básicos, uma vez que somente assim pode-se conseguir maior eficiência do processo, ou seja, aumento da velocidade de degradação e eliminação dos microrganismos patogênicos (PEREIRA NETO, 2007). A temperatura de 40-60°C permaneceu durante toda a segunda fase, em torno de 80 dias, nas pilhas I e II, atingindo valores inferiores a 45°C somente no final dessa fase, que caracteriza o resfriamento – 3ª fase do processo. Quando a temperatura chegou em 40°C, indicou o início da 4ª fase, a de maturação, caracterizada pelo desenvolvimento de temperaturas mesofílicas (35-45°C) durante os oitos últimos dias do processo de compostagem.

Já na pilha III, formada por dimensões de 1,0 metro de altura e 2,0 metros de diâmetro, inferiores as recomendadas pela literatura de 1,6 metro de altura e 2,0 metros de diâmetro (PEREIRA NETO, 2007), provavelmente influenciou no acúmulo de calor no seu interior, não completando a fase termofílica a qual Pereira Neto (2007) afirma ser importante para que ocorra a eliminação de microrganismos patogênicos. Outro fator que pode ter influenciado na obtenção de valores baixos de temperatura máxima é o fato da perda de calor ser proporcional às dimensões das pilhas. As pilhas de menores dimensões têm superfície de exposição proporcionalmente maior em relação às pilhas maiores e um volume de calor proporcionalmente menor, aquecendo-se com menor intensidade (HAUG, 1993).

As temperaturas reduzidas, não são suficientes para eliminar a grande maioria dos organismos patogênicos presente nos resíduos urbanos. Apesar da pilha III ter apresentado decomposição inicial conduzida por microrganismos mesófilicos, que utilizam os componentes solúvel e rapidamente degradáveis da matéria orgânica, a quantidade de calor (metabolismo exotérmico) liberada por eles não foram suficientes para acumular-se no interior da pilha e elevar a temperatura. Desta forma não se pode afirmar que o composto está maduro. Assim a eficiência do processo de compostagem pode ser avaliada pela dimensão da pilha.

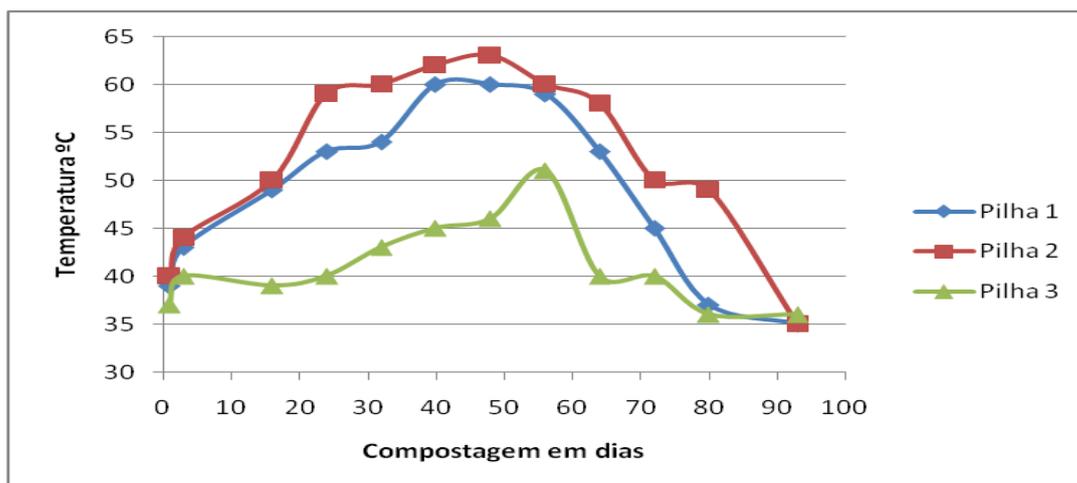


Figura 1. Variação da temperatura nas três pilhas durante o processo de compostagem.

pH

Em geral como pode ser visto na Figura 2, o comportamento do pH foi semelhante para todas as pilhas. No início do processo o pH variou entre 5,0 a 5,6 na primeira semana. Após a primeira semana o pH evoluiu até valores máximos de 9,1 a 8,6 durante o processo de maturação do composto.

O comportamento diferenciou-se do padrão em relação aos valores máximos de pH considerada para o desenvolvimento dos microrganismos responsáveis pela compostagem, que considera 5,5 e 8,5 (RODRIGUES et al., 2006). Segundo Haug (1993), citado por Costa (2008), a compostagem tem a habilidade de neutralizar altos e baixos valores de pH durante o processo. Isso se deve a formação de um ácido fraco (CO_2) e uma base fraca (NH_3), sendo difícil encontrar um processo de compostagem que não esteja na faixa entre 5,0 e 8,5. Entretanto, as pilhas estudadas apresentam valores entre 9,1 durante a quinta e sétima semana de compostagem, provavelmente devido à pequena quantidade de CO_2 .

Já os valores finais de pH estão compatíveis com os apresentados por Pereira Neto, (2007), que afirma que a compostagem pode ser desenvolvida em uma faixa de pH entre 4,5 e 9,5, sendo que os valores extremos são automaticamente regulados pelos microrganismos, por meio da degradação dos compostos, que produzem subprodutos ácidos ou básicos, conforme a necessidade do meio. Vale ressaltar que, por apresentarem valores de pH básicos, os compostos orgânicos são indicados para utilização como corretivo de solos acidificados.

Apesar da contradição apontada por Rodrigues et al. (2006) e Pereira Neto (2007), quanto aos valores ótimos de pH, sabe-se que não há problemas em se utilizar substratos que apresentem baixo pH, já que durante a compostagem ocorrerá inúmeras reações químicas que irão regular esta acidez gerando um produto final com pH entre 7,0 e 9,5. As reações do tipo ácido-base e de óxido-redução são de extrema importância na compostagem (ISOLDI, 1998).

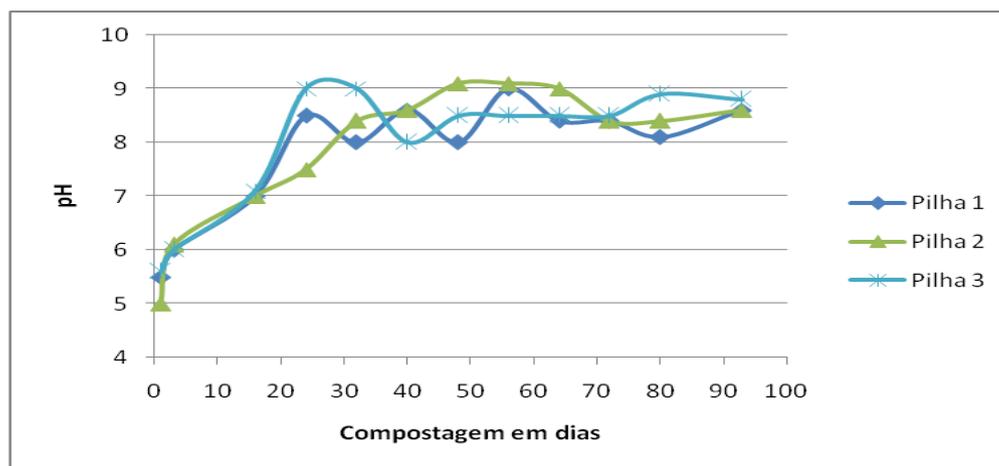


Figura 2. Variação do pH nas três pilhas durante o processo de compostagem.

Umidade

A Figura 3 mostra os resultados das análises da umidade feitas nas três pilhas durante todo o período do experimento. A umidade é indispensável para a atividade metabólica e fisiológica dos microrganismos, sendo que a considerada ideal varia entre 50 e 60% (PEREIRA NETO, 2007).

Observa-se na Figura 3 muitas oscilações na umidade em todas as três pilhas de compostagem, que podem ser atribuídas a vários fatores, dentre eles podem-se citar a temperatura desenvolvida durante o processo que faz com que a massa de resíduos perca água por evaporação. No entanto é possível notar na Figura 3 que entre a primeira e segunda semana a umidade ficou na faixa de 60% e foi declinando lentamente até uma umidade final em torno de 50-55% a qual Pereira Neto (2007) considera ideal para o balanço final do teor de umidade.

Richard et al. (2002) afirmam que materiais com 30% de umidade inibem a atividade microbiana, sendo que um meio com umidade acima de 65% proporciona uma decomposição lenta, condições de anaerobiose e lixiviação de nutrientes. O excesso de umidade reduz a penetração de oxigenação na pilha, uma vez que a matéria orgânica decomposta é hidrófila e as moléculas de água se aderem fortemente à superfície das partículas, saturando os seus micros e macroporos (ECOCHEM, 2004), afetando as propriedades físicas e químicas do composto (TIQUIA et al. 1998).

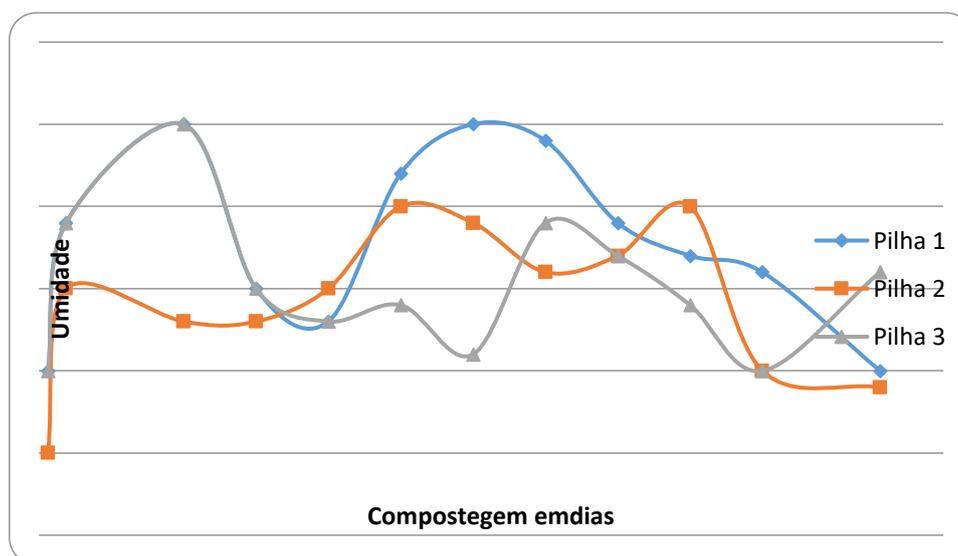


Figura 3. Variação da umidade nas três pilhas durante o processo de compostagem.

Relação Carbono/Nitrogênio

A relação C/N é um índice utilizado para avaliar os níveis de maturação de substâncias orgânicas e seus efeitos no crescimento microbológico, já que a atividade dos microrganismos heterotróficos, envolvidos no processo, depende tanto do conteúdo de C para fonte de energia, quanto de N para síntese de proteínas (SHARMA et al., 1997), dessa forma, a relação C/N deve ser determinada para efeito de qualidade do composto (MORREL et al., 1985).

Durante os noventa e dois dias de experimento, foram feitas, devido ao elevado custo, apenas quatro análise C/N. A Tabela 1 permite visualizar a evolução da relação C/N nas quatro análises feitas durante o processo de compostagem para as três pilhas. O resultado descrito para o início do experimento da relação de carbono nitrogênio (32/1) é o mesmo para todas as pilhas de compostagem, pois todas elas utilizaram o mesmo tipo de resíduos. Este resultado indica que a relação C/N foi bastante satisfatória, segundo Pereira Neto (1996) a relação ideal para uma rápida e eficiente compostagem é por volta de 30/1, já outros pesquisadores afirmam que a relação C/N ideal para iniciar o processo de compostagem está entre 25/1 e 35/1 (ZUCCONI & BERTOLDI, 1986; LOPEZ-REAL, 1994; KIEHL, 2004). Observa-se que durante todo o processo a relação C/N das três pilhas de compostagem diminui gradativamente. No entanto, o estágio de maturação só foi atingido pelas pilhas I e II, ficando após os noventa e dois dias, em média 10/1, estando dentro da faixa ideal, que é de 8 a 12/1. O resultado das pilhas I e II indica um composto maturado, pronto para ser utilizado como fertilizante.

A alta relação C/N detectada na pilha III no final do processo de compostagem pode ter sido influenciada pela condução da pilha, já que a origem, bem como o tipo de material utilizado na confecção destas foi o mesmo, diferindo apenas no fato da pilha III apresentar dimensões menores do que as pilhas I e II. Durante o processo de compostagem verificou-se, portanto, uma redução da relação C/N em decorrência da oxidação da matéria orgânica pelos microrganismos, que liberam CO₂ através da sua respiração (ZHANG, 2006).

Tabela. 1 Análise da relação C/N da massa de resíduos nas três Pilhas de compostagem

Amostra	1 ^a Análise	2 ^a Análise	3 ^a Análise	4 ^a Análise
Pilha 1	32/1	28,4/1	20,5/1	10,5/1
Pilha 2	32/1	27,6/1	19,4/1	10,3/1
Pilha 3	32/1	30,3/1	29,6/1	26/1

Conclusão

As podas de árvores e gramas utilizadas como material palhoso no processo de compostagem mostrou que é possível produzir um composto com excelente grau de maturação. Além disso, a

quantidade de resíduos orgânicos em associação com as podas de árvores e gramas obteve temperaturas de até 64°C nas pilhas I e II, com permanência de seis dias na faixa termofílica, período importante para eliminação de microrganismos patogênicos.

Parâmetros como o pH e a umidade apresentaram um comportamento satisfatório durante o desenvolvimento do processo de compostagem e a relação C/N inicial foi de 32/1, que segundo diversos pesquisadores afirmam que a relação C/N ideal para iniciar o processo de compostagem está entre 25/1 e 35/1 (ZUCCONI & BERTOLDI, 1986; LOPEZ-REAL, 1994; KIEHL, 2004). A relação do composto final obtido foi em média 10/1, indicando dessa forma que o composto da pilha I e II estava maturado e já podia ser utilizado como fertilizante.

O uso de podas de árvores e gramas utilizadas na compostagem, ao mesmo tempo em que gerou um composto de qualidade no produto final do processo, também criou uma condição importante para um correto dimensionamento das pilhas de compostagem. Em pilhas formadas por resíduo orgânico domiciliar, podas de árvores e gramas não é aconselhável utilizar um tamanho de pilhas com altura de 1,00 m de altura e 2,00 de diâmetro, pois as temperaturas mantiveram-se entre 40-50°C na pilha III por um longo período, não impedindo a rápida dissipação de calor.

Referências

- ALVES, W. L.; PASSONI, A. A. Composto e vermicomposto de lixo urbano na produção de mudas de oiti (*Licania tomentosa (benth)*) para arborização. Pesquisa Agropecuária Brasileira, v.32, n.10, p.161-168, 1997.
- AZEVEDO, M. A. Estudo e avaliação de quatro modos de aeração para sistemas de compostagem em leiras. Dissertação de Mestrado, UFMG, Belo Horizonte – MG, 1993.
- BRITO, C. J. M., Processo de compostagem de resíduos urbanos em pequena escala e potencial de utilização do composto como substrato. Dissertação de mestrado, Aracaju, 2008.
- BUENO, P., TAPIAS, R., LOPEZ, F., DIAS, M. Optimizing composting parameters for nitrogen conservation in, Bionessource Technology, v.99, p.50-77, 2008.
- CROWE, M.; NORLAN, K.; COLLINS, C.; CARTY, G.; KRISTOFFERSEN, M. Biodegradable municipal Waste management in Europe: Strategies and instruments (part 1), Appendices (part 2) and technology and market issues (part 3). European community technical reports, EEA, 2002.
- ECO-CHEM, composting process. Disponível em: [HTTP://www.ecochem.com/t_compost](http://www.ecochem.com/t_compost). Acesso em: 13/11/2010.
- EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. Manual de métodos de análises de solos. 2.ed. Rio de Janeiro: Embrapa-CNPq, 1997.
- KIEHL, E. J. Manual de compostagem: maturação e qualidade do composto. 4. ed., p.173, Piracicaba, 2004.
- KIEHL, J. E. Fertilizantes orgânicos. Piracicaba: Agronômica Ceres, 1985.
- HAUG, R. T. Practical handbook of compost engineering. Lewis Publishers, Boca Raton, p.717, 1993.
- ISOLDI. Remoção de nitrogênio de águas residuárias da industrialização de arroz por tecnologias performantes. Tese de doutorado de Biotecnologia, Universidade Federal de Pelotas, Pelotas, p.152, 1998.
- LANARV. Laboratório Nacional de Referência Vegetal, análise de corretivos, fertilizantes e inoculantes. Métodos Oficiais, p.103, 1988.
- LOPEZ-REAL, J. Composting through the ages. Conferência Down to Earth Composting. Dundee.
- LI, X., R. Characteristics of dairy manure composting with rice straw. Bioresource Technol., n.99, p.359-367, 2008.
- MORREL, J. L. et al. Methods for evaluation of the maturity of municipal refuse compost. In: gasser, composting of agricultural and other wastes, Elsevier, London, p.56-62, 2004.
- PEREIRA NETO, J. T. Manual de compostagem: processo de baixo custo. Viçosa: UFV, 2007.
- PEREIRA NETO, J. T. Manual de compostagem: processo de baixo custo. Belo Horizonte. UNICEF, 1996.
- PEREIRA NETO, J. T. Monitoramento da eliminação de organismos patogênicos durante a compostagem de resíduos urbanos e lodo de esgoto pelo sistema de pilhas estáticas aeradas. Engenharia Sanitaria e Ambiental, n.27, p.148-152, 1988.

- SHARMA, V. K. et al. Processing of urban and agroindustrial residues by anaerobic composting: review. *Energ. Convers*, n.38, p.453-478, 1997.
- RICHARD, T. et al. The cornell composting. *Soil Sci*, n.146, p.311-316, 2002.
- RODRIGUES, M. S., SILVA, F. C., KOVACS, A. Compostagem: reciclagem de resíduos sólidos orgânicos. FEPAT, Botucatu, p.63-94, 2006.
- SANTOS, D. L. J. Característica físico-química e biológica em diferentes laboratórios de produtos obtidos a partir da compostagem de resíduos orgânicos biodegradáveis. Dissertação de Mestrado, Universidade de Aveio, Portugal, 2007.
- SPRICIGO, E. M. et al. O uso da serragem no processo de mini compostagem. *Engenharia Sanitaria e Ambiental*, v.12, n.4, p.355-360, 2007.
- SOUTO, F. S. J., et al. Educação Ambiental e Gestão dos Resíduos Sólidos da Associação Reciclando Para a vida – ACREVI, Mossoró – RN. *Revista Verde*, v.3, n.2, p. 64-71, 2008.
- TIQUIA, S. M, et al. Changes in chemical properties during composting of spent pig litter at different moisture contents. *Agr. Ecosyst, Environ*, n.67, p.79-89, 1998.
- VESPA, I. C. G. Escola limpa: Reciclagem de lixo. 1º Simpósio da UNESP sobre o Lixo e suas Múltiplas Destinações. Águas de São Pedro, 2000.
- ZHANG, Y. Composting solid swine manure with pine sawdust as organic substrate. *Bioresource Technol.* p.2024-2031, 2006.
- ZUCCONI, F., BERTOLDI, M. Organic waste stabilization throughout composting and its compatibility with agricultural uses. *Global bioconversions*, CRC Press. Boca Raton, p.109-137, 1986.