

Eixo Temático ET-11-010 - Outros

FATORES INTERVENIENTES NO PROCESSO DE COMPOSTAGEM DE RESÍDUOS SÓLIDOS ORGÂNICOS

Renata Lima Machado da Silva¹, Joelma Vieira do Nascimento Duarte²,
Maria da Glória Vieira Anselmo³

¹Licenciada em Ciências Biológicas, Especialista em Etnobiologia e Mestre em Ciência e Tecnologia Ambiental (UEPB). E-mail: renatalmsilva@gmail.com.

²Licenciada em Física, Mestre em Ciência e Tecnologia Ambiental (UEPB) e Doutoranda em Engenharia Agrícola (UFPA). E-mail: joelmavnduarte@hotmail.com.

³Licenciada em Geografia (UEPB) e Mestre em Agronomia (UFPB). E-mail: gloria.anselmo@hotmail.com.

RESUMO

A compostagem pode ser definida como uma biooxidação aeróbia exotérmica de um substrato orgânico heterogêneo, no estado sólido, caracterizado pela produção de CO₂, água, liberação de substâncias minerais e formação de matéria orgânica estável. A eficiência do processo de compostagem depende da ação e da interação de microrganismos, os quais são dependentes da ocorrência de condições favoráveis, como a de temperatura, a umidade, a aeração, o pH, dos tipos de resíduos orgânicos existentes, a relação carbono-nitrogênio e da granulometria do material. A presente revisão objetiva identificar e analisar os principais fatores que, direta ou indiretamente, afetam a atividade microbiana durante a compostagem e, conseqüentemente, a qualidade do produto resultante deste processo. A qualidade do produto final da compostagem deve ser normatizada por legislação específica de cada País, pois o composto não é um produto único, podendo sua qualidade variar de acordo com os tipos de resíduos orgânicos e os processos empregados.

Palavras-chave: Granulometria; Umidade; Aeração; pH; Temperatura.

INTRODUÇÃO

De acordo com Nagashima et al. (2011), a problemática dos resíduos sólidos ocupa uma posição na discussão sobre saneamento, quando comparada à água e ao esgotamento sanitário, porém a sociedade possui consciência crítica sobre os impactos negativos que refletem no desenvolvimento dos sistemas ecológicos, promovendo debates nos setores sociais, com o objetivo de garantir o desenvolvimento sustentável.

Segundo Silva et al. (2011), a maioria dos resíduos resultantes das atividades humanas apresenta potencial poluente e contaminante, sendo os resíduos sólidos orgânicos os que mais preocupam quando não gerenciados, pois possuem alta concentração de matéria orgânica e organismos patogênicos, favorecendo a proliferação de vetores responsáveis por transmitir doenças ao ser humano.

Sem coleta adequada, os resíduos sólidos orgânicos são encaminhados aos aterros sanitários, porém deveria ser aproveitado ou reciclado e reintegrado ao ciclo produtivo, evitando gastos, contaminação do meio ambiente e gerando composto orgânico para o cultivo agrícola (QUINTELA, 2014). Pela Lei 12.305/10 da Política Nacional dos Resíduos Sólidos (BRASIL, 2010), os aterros sanitários devem receber apenas os rejeitos, ou seja, resíduos que depois de esgotadas todas as possibilidades de tratamento e recuperação por processos tecnológicos viáveis não possuem outra possibilidade que não a disposição final. Ressalta-se ainda, no art. 9º desta mesma lei, a prioridade para a gestão e o gerenciamento dos resíduos sólidos a não geração, redução, reutilização, reciclagem, tratamento dos resíduos sólidos e disposição final ambientalmente adequada dos rejeitos.

De acordo com Fernandes (1999), a compostagem pode ser definida como uma biooxidação aeróbia exotérmica de um substrato orgânico heterogêneo, no estado sólido, caracterizado pela produção de CO₂, água, liberação de substâncias minerais e formação de matéria orgânica estável. Desde que sejam atendidas as técnicas e asseguradas as condições de compostagem, o composto terá excelentes qualidades nutricionais físicas, químicas e biológicas, importantes para a preservação, adubação e manutenção dos solos e também para a recuperação de áreas degradadas (BRUNI, 2005).

Porém, Bidone (2001) afirma que por ser um processo puramente microbiológico, a sua eficiência depende da ação e da interação de microrganismos, os quais são dependentes da ocorrência de condições favoráveis, como a de temperatura, a umidade, a aeração, o pH, dos tipos de resíduos orgânicos existentes, a relação carbono-nitrogênio (C/N), a granulometria do material e as dimensões das leiras.

OBJETIVO

A presente revisão objetiva identificar e analisar os principais fatores que, direta ou indiretamente, afetam a atividade microbiológica durante a compostagem e, conseqüentemente, a qualidade do produto resultante deste processo.

MÉTODO

Granulometria

A granulometria é uma importante característica a ser considerada, pois interfere no processo de compostagem. A decomposição da matéria orgânica é um fenômeno microbiológico cuja intensidade está relacionada à superfície específica do material a ser compostado, sendo que quanto menor a granulometria das partículas, maior será a área que poderá ser atacada e digerida pelos microrganismos, acelerando o processo de decomposição (KIEHL, 1985; KEENER; DAS, 1996; FERNANDES; SILVA, 1999).

A área superficial disponível é um fator importante para a atividade microbiana aeróbia, pois a maior parte da decomposição aeróbia de compostagem ocorre na superfície das partículas. A população de microrganismos aeróbios se acumula na camada de líquido em torno da superfície de partículas, utilizam o oxigênio disponível na superfície da partícula, deixando o interior essencialmente inalterado em um estado anaeróbio. Os microrganismos vão degradando a partícula de fora para dentro, e conforme a partícula vai sendo degradada ela diminui de tamanho (RYNK, 1992).

Materiais triturados e peneirados, com granulometria fina e maior homogeneidade, garantem uma melhor distribuição da temperatura e menor perda de calor (NOGUEIRA et al., 2011), melhoram a questão da aeração, visto que pequenas partículas alteram a densidade do material (KIEHL, 2005) e conseqüentemente, aumenta a velocidade do processo.

De modo similar ao que acontece com o teor de umidade, com o teor de oxigênio e a relação C/N, a definição da granulometria ótima para a compostagem é bastante difícil, visto que cada material a ser compostado apresenta suas particularidades. Sendo assim, misturar vários tipos de resíduos orgânicos parece ser uma maneira certa para tentar corrigir o tamanho das partículas, favorecendo a homogeneização da massa em compostagem, obtendo assim uma melhor porosidade, o que acarretará uma menor compactação devido à maior capacidade de aeração. Além disso, aumentada a área superficial para a degradação, diminuindo o tempo de compostagem. Desta forma, Ruggieri et al. (2008) afirmam que as características físicas da mistura inicial são decisivas para o bom desenvolvimento do processo de compostagem.

Umidade

A presença de água é fundamental para suprir as necessidades fisiológicas dos microrganismos, por se tratar de um processo biológico de decomposição dos materiais orgânicos (REIS et al., 2004). A umidade no processo de compostagem pode afetar a atividade microbiana e conseqüentemente influenciar na temperatura e na taxa de decomposição da matéria orgânica (EPSTEIN, 1997). A umidade é um parâmetro importante no processo da

compostagem, especialmente quando são utilizados lodos de esgotos, cujos teores de umidade ultrapassam a 80% (GEA et al., 2007), sendo assim o uso de estruturante é estudado para propiciar o controle do teor de umidade e melhorar as características físicas e químicas do substrato, principalmente em co-compostagem com resíduos sólidos orgânicos (PAVAN et al., 2007; LEITE et al., 2007). Dentre os estruturantes objetos de pesquisa estão palhas de trigo e rasps de madeiras (ADHIKARI et al., 2008), serragem de madeira (BANEGAS et al., 2007; MARAGNO et al., 2007); cascas de arroz (LU et al., 2008), palhas (ROBIN et al., 2008) e cavaco de madeira (CORREA et al., 2007). O uso de estruturante tanto permite absorver a umidade da massa dos resíduos quanto evita a compactação da massa do substrato, melhorando a aeração e acelerando a ação dos organismos.

A faixa ideal para o processo de compostagem situa-se entre 55 °C e 65 °C, pois permite a máxima intensidade de atividade microbológica. Acima de 65 °C a atividade microbológica cai e o processo de compostagem torna-se mais longo (FERNANDES et al., 1999).

Richard et al. (2002) afirmaram que materiais contendo 30% de umidade inibem a atividade microbiana, sendo assim, um meio com umidade superior a 65% acarreta uma decomposição lenta, condições de anaerobiose e lixiviação de nutrientes. A umidade tende a diminuir durante o processo de compostagem, sendo necessária a irrigação toda vez que a umidade ficar abaixo ou próxima de 40% (BRITO, 2006). Para o excesso de umidade são indicados o reviramento da leira e a adição de materiais secos ou estruturantes que garantem a distribuição do oxigênio e melhoram a capacidade de retenção de umidade contida na massa dos resíduos processados (MARQUES, 2002). Dentre os materiais estruturantes pode-se citar: casca de arroz, gramas e folhas de jardim, esterco bovino (MARQUES, 2002), serragem de madeira (BANEGAS et al., 2007; MARAGNO et al., 2007), bagaço de cana-de-açúcar (MAGALHÃES et al., 2006; SILVA, 2014), podas de árvore (ROVATI, 2011).

Aeração

A aeração é um parâmetro importante a ser considerado no processo de decomposição da matéria orgânica (PEIXOTO, 1988), sendo um mecanismo capaz de evitar altas temperaturas durante o processo de compostagem, de aumentar a velocidade de oxidação, de diminuir a liberação de odores e reduzir o excesso de umidade de um material em decomposição (PEREIRA NETO, 1994; KIEHL, 2004).

Na compostagem aeróbia ocorre a decomposição dos substratos orgânicos na presença de oxigênio, sendo os principais produtos do metabolismo biológico o CO₂, H₂O e energia. Enquanto que na compostagem anaeróbia, a decomposição dos substratos orgânicos ocorre na ausência de oxigênio, produzindo CH₄ e CO₂, além de produtos intermediários, tais como os ácidos orgânicos de baixo peso molecular (PEREIRA NETO, 1996; KIEHL, 2004).

As leiras podem ser aeradas por meio de revolvimentos manuais ou mecânicos, possibilitando que as camadas externas se misturem às internas, que estão em decomposição mais adiantada (KIEHL, 1985; PEREIRA NETO, 1994; SILVA et al., 2001). Richard et al. (2002) afirmam que as concentrações de oxigênio superior a 10% são consideradas ideais para a manutenção da compostagem em condições aeróbias. Não há consenso entre os pesquisadores, em relação à frequência de reviramentos (SILVA, 2008). Sugeriram reviramento semanal (TEIXEIRA et al., 2005; BREWER & SULLIVAN, 2003); Amir et al. (2008) duas vezes por semana; Hachicha et al. (2008) três ou quatro dias na fase termófila e semanal na fase de maturação; Koné et al. (2007) a cada três dias na fase termófila e semanalmente, na fase mesófila. Smith e Hughes (2004) estudaram a frequência de reviramento de zero a seis, verificaram que a frequência de seis vezes influenciou de forma positiva no processo de compostagem. Ogunwande et al. (2008) investigaram duas, quatro e seis frequências, concluindo que a frequência de quatro dias melhorou a qualidade do composto.

Relação carbono/nitrogênio

A relação C/N é aplicada para avaliar os níveis de maturação de substâncias orgânicas e seus efeitos no crescimento microbológico, visto que a atividade dos micro-organismos

heterotróficos, envolvidos no processo, depende tanto do conteúdo de carbono para fonte de energia, quanto de nitrogênio para síntese de proteínas (SHARMA et al., 1997). Sendo assim, a relação C/N deve ser determinada no material a ser compostado para balanceamento de nutrientes, como também no produto final, para avaliar a qualidade do composto (MORREL et al., 1985). Os microrganismos heterotróficos utilizam preferencialmente os carboidratos como fonte de carbono, devido à lenta biodegradação da lignina, que se apresenta bastante resistente ao ataque enzimático, reduzindo assim teor de celulose e hemicelulose nos primeiros 90 dias de decomposição (DINEL et al., 1991). Quando há excesso de nitrogênio em relação a carbono induz à perda de nitrogênio por meio da volatilização de amônia; há morte de microrganismos importantes ao processo, surgem os odores indesejáveis, e ainda aumenta o período de estabilização. Dependendo do tipo de resíduo sólido orgânico, a quantidade de nitrogênio pode ser insuficiente, inibindo a síntese proteica e o desenvolvimento dos organismos, reduzindo a velocidade do processo de compostagem (BIDONE, 2001).

De acordo com vários pesquisadores, a relação C/N é variável, não obedecendo um padrão fixo. Segundo Kiehl (1985), esses microrganismos absorvem o carbono e o nitrogênio numa proporção de 30 partes de carbono para uma parte de nitrogênio, sendo, portanto esta é a proporção ideal nos resíduos. Alguns 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; FONG et al., 1999; KIEHL, 2004), uma vez que durante a decomposição os microrganismos absorvem C e N da matéria orgânica na relação 30:1, sendo que das 30 partes de C assimiladas, 20 são lançadas na atmosfera na forma de gás carbônico e 10 são imobilizadas e incorporadas ao protoplasma celular (GORGATI, 2001; KIEHL, 2004).

pH

O pH é um parâmetro importante no processo da compostagem para o desenvolvimento dos microrganismos (SILVA et al., 2011). Os microrganismos que participam durante as fases da compostagem apresentam certo nível de tolerância quanto às mudanças de pH (HOORNWEG et al., 2000).

No início do processo de compostagem, a temperatura é equivalente a do ambiente, quando então os microrganismos iniciam sua colonização, geralmente o pH dos resíduos sólidos orgânicos é ácido, na faixa de 4,5 a 5,5 (SILVA, 2008). Na fase intensa de atividade biológica, o pH fica entre 6,5 a 8,0 e na fase de maturação entre 7,5 a 9,0 (NEKLYUDOV et al., 2008), entretanto o pH do composto final pode variar em razão do tipo de material orgânico e com o processo de compostagem (SANTOS, 2007). Níveis de pH acima de 9,0 podem destruir tanto os microrganismos patogênicos quanto os microrganismos essenciais ao processo de compostagem (SILVA, 2008).

A faixa de pH considerada ótima para o desenvolvimento dos microrganismos responsáveis pela compostagem situa-se entre 5,5 e 8,5, uma vez que a maioria das enzimas encontram-se ativas nesta faixa de pH (RODRIGUES et al., 2006). Porém, Pereira Neto (2007) 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. No entanto, Primavesi (1981) afirma que as alterações do pH podem ativar ou quase inativar as enzimas presentes nos microrganismos.

Temperatura

A temperatura é um parâmetro que indica o equilíbrio biológico, de fácil monitoramento e diz sobre a eficiência do processo (NASCIMENTO, 2015), principalmente quanto a dinâmica das populações de microrganismos que vão surgindo durante a compostagem (OLIVEIRA, 2003).

Todavia, considerando que o desenvolvimento da temperatura, durante a compostagem, é afetado por fatores como a umidade do substrato, a disponibilidade de nutrientes, bem como o tamanho das leiras, entre outros, não se pode afirmar que o composto estará maduro, quando a

temperatura da biomassa atingir valores próximos a temperatura ambiente. Por sua vez, a diminuição da temperatura da biomassa poderá ocorrer em função de uma redução da umidade e/ou de uma menor concentração de nutrientes no substrato e/ou, ainda, devido a um menor tamanho das leiras, o que segundo Pereira Neto (2007), proporciona uma maior perda de calor para o ambiente.

Segundo Rodrigues et al. (2006), a decomposição inicial é conduzida por microrganismos mesófilos, que utilizam os componentes solúveis e rapidamente degradáveis da matéria orgânica. Sendo assim, como o metabolismo dos microrganismos é exotérmico, parte do calor gerado, durante a oxidação da matéria orgânica, acumula-se no interior da leira (TANG et al., 2004), elevando a temperatura de 25°C para 40-45°C em um período de 2 a 3 dias (KIEHL, 1985), sendo que quando a temperatura atinge valores acima dos 45°C, a atividade microbiológica mesofílica é suprimida pela implantação de uma comunidade microbiana termofílica (TIQUIA, 2005). Segundo Peixoto (1988) e Snell (1991), na fase termofílica ocorre a máxima decomposição dos compostos orgânicos, sendo considerada uma fase de degradação ativa de polissacarídeos como o amido, a celulose e as proteínas, transformando-os em subprodutos que serão utilizados pela microbiota (PEREIRA NETO, 2007). Porém, à medida que os estoques de carbono diminuem, a temperatura decresce gradualmente, até igualar-se à temperatura ambiente (VINNERAS; JONSSON, 2002). Nesta fase, surgem novamente as comunidades mesófilas, que irão atuar na humificação do composto (ZUCCONI; BERTOLDI, 1986), através da degradação de compostos mais resistentes como a hemicelulose e a lignina (TUOMELA et al., 2000), o que leva a obtenção de um produto final com pH variando entre 7,0 e 8,0, e com relação C/N de 10:1 (KIEHL, 1985).

Como foi dito anteriormente, a eficiência da compostagem é dependente da atividade microbiana, que além de produzir as transformações físicas e químicas no material compostado, também provoca a elevação da temperatura no interior da leira, o que também ocasiona a redução de microrganismos patogênicos, sendo um dos grandes objetivos desta tecnologia.

CONCLUSÃO

A eficiência do processo de compostagem está relacionada a fatores que proporcionem condições ótimas para que os microrganismos aeróbios possam se multiplicar e atuar na degradação da matéria orgânica. O conjunto de fatores condicionantes para o bom desenvolvimento do processo de compostagem depende do tipo de material a ser compostado e exige uma combinação ótima de umidade, aeração, relação C/N, pH, e granulometria. A qualidade do produto final da compostagem deve ser normatizada por legislação específica de cada País, pois o composto não é um produto único, podendo sua qualidade variar de acordo com os resíduos orgânicos e os processos empregados.

REFERÊNCIAS

- ADHIKARI, B. K.; BARRINGTON, S.; MARTINEZ, J.; KING, S. Characterization of food waste and bulking agents for composting. **Waste Management**, v. 28, p. 795-804, 2008.
- AMIR, S.; MERLING, G.; PINELLI, E.; WINTERTON, P.; REVEL, J. C.; HAFIDI, M. Microbial community dynamics during composting of sewage sludge and straw studied through phospholipid and lipid analysis. **Journal of Hazardous Materials**, 2008.
- BANEGAS, V.; MORENO, J.L.; GÁRCIA, C.; LEÓN, G.; HERMÁNDEZ, T. Composting anaerobic and aerobic sewage sludges using two proportions of sawdust. **Waste Management**, v. 27, n. 10, p. 1317-1327, 2007.
- BIDONE, F.R.A. Resíduos sólidos provenientes de coletas especiais: Eliminação e valorização. Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental, ABES. Rio de Janeiro. Brasil. 2001.
- BRASIL. Lei nº 12.305/2010. Política Nacional de Resíduos Sólidos. **Diário Oficial da União**, Brasília, 2010.
- BREWER, L. J.; SULLIVAN, D. M. Maturity and stability evaluation of composted yard trimmings. **Composted Science & Utilization**, v. 11, n. 2, p. 96-112, 2003.

BRUNI, V.C. **Avaliação do processo operacional de compostagem aerada de lodo de esgoto e poda vegetal em reatores fechados**. Dissertação de Mestrado (Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Recursos Hídricos e Ambiental). Paraná: UFPR, 2005.

CORREA, R. S.; FONSECA, Y. M. F.; CORREA, A. S. Produção de biossólidos agrícola por meio da compostagem e vermicompostagem de lodo de esgoto. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 11, n. 4, p. 420-426, 2007.

DINEL, H.; MEHUY, G. R.; LÉVESQUE, M. Influence of humic and fibric materials on the aggregation and aggregate stability of lacustrine silty clay. **Soil Science**, v. 151, p. 146-158, 1991.

EPSTEIN, E. **The science of composting**. CRC Press, 1997.

FERNANDES, F.; SILVA, S.M.C.P. PROSAB - Programa de pesquisa em saneamento básico. **Manual prático para a compostagem de biossólidos**. Rio de Janeiro: ABES - Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental. 1999.

FONG, M.; WONG, J.W.C.; WONG, M.H. Review on evaluation of compost maturity and stability of solid waste. **Shanghai Environ. Sci.**, v. 18, p. 91-93, 1999.

GARCIA-GOMEZ, A., BERNAL, M.P.; ROIG, A. Organic matter fractions involved in degradation and humification processes during composting. **Compost. Sci. Util.**, v. 13, p. 127-135, 2005.

GEA, T.; FERRER, P.; ÁLVARO, G.; VALERO, F.; ARTOLA, A.; SÁNCHEZ, A. Co-composting of sewage sludge: fats mixture and characteristics of the lipases involved. **Biochemical Engineering Journal**, v. 33, n. 3, p. 273-273, 2007.

GORGATI, C.Q. **Resíduos sólidos urbanos em áreas de proteção aos mananciais - Município de São Lourenço da Serra-SP: compostagem e impacto ambiental**. Tese (Doutorado em Agronomia). Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho", Botucatu, 2001.

HACHICHA, S.; SELLAMI, F.; CEGARRA, J.; HACHICHA R.; DRIRA, N.; MEDHIOUB, K.; AMMAR, E. Biological activity during co-composting of sludge issued from the OMW evaporation ponds with poultry manure-physico-chemical organic matter. **Journal of Hazardous Materials**, 2008.

HOORNWEG, D.; THOMAS, L. OTTEN, L. Composting and its applicability in developing countries. **Urban Waste Management**. Washington D.C: The World Bank, 2000. (Working paper séries).

KEENER, H.M.; DAS, K. Process control based on dynamic properties in composting: moisture and compaction considerations. **The Science of Composting**, p. 116-125, 1996.

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

KONÉ, D.; COFIE, O.; ZURBRUGG, C., GALLIZZI, K.; MOSER, D.; DRESCHER, S.; STRAUSS, M. Helminth eggs inactivation efficiency by faecal sludge dewatering and co-composting in tropical climates. **Water Research**, v. 41, p. 4397-4402, 2007.

LEITE, V.D.; SILVA, S.A.; SOUSA, J.T.; MESQUITA, E.M.N. Análise quali-quantitativa dos resíduos sólidos urbanos produzidos em Campina Grande, PB. Anais do 24º Congresso de Engenharia Sanitária e Ambiental. Anais. Belo Horizonte - MG: ABES. 02 a 07 de setembro de 2007.

Lopez-Real, J. Composting through the ages. Conference Down to Earth Composting. Dundee, 1994.

MAGALHÃES, M.A.; MATOS, A.T.; DANICULI, W.; TINOCO, I.F.F. Compostagem de bagaço de cana-de-açúcar triturado utilizado como filtrante de águas residuária suinocultura. **Revista de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 10, n. 2, p. 466-471, 2006.

MARAGNO, E.S.; TROMGIN, D.F.; VIANA, E. O uso da serragem no processo de minicompostagem. **Revista de Engenharia Sanitária e Ambiental**, v. 12, n. 4, p. 355-360, 2007.

MARQUES, M.; HOGGLAND, W. Processo descentralizado de compostagem em pequena escala e resíduos orgânicos domiciliares em áreas urbanas. Anais do XXVIII Inter-American Congress of Sanitary and Environmental Engineering, Cancun, Quintana Roo, Mexico: AIDIS, 2002.

MORREL, J.L.; COLIN, F.; GERMON, J.C.; GODIN, P.; JUSTE, C. Methods for evaluation of the maturity of municipal refuse compost. **Composting of Agricultural and Other Wastes**, 1985.

NAGASHIMA, L.A.; BARROS, C.J.; ANDRADE, C.C.; SILVA, E.T.; HOSHIKA, C. Gestão integrada de resíduos sólidos urbanos: uma proposta para o Município de Paranavaí, Estado do Paraná, Brasil. **Acta Scientiarum Technology**, v. 33, n. 1, p. 39-47, 2011.

NASCIMENTO, C.R. **Sistema de tratamento aeróbio descentralizado de resíduos sólidos orgânicos no Bairro Malvinas, Campina Grande-PB**. Dissertação (Mestrado em Ciência de Tecnologia Ambiental), Universidade Estadual da Paraíba, Campina Grande, 2015.

NEKLYUDOV, A.D.; FEDOTOV, G.N.; IVANKIN, A.N. Intensification of composting processes by aerobic microorganisms: a review. **Applied Biochemistry and Microbiology**, v. 44, n. 1, p. 6-18, 2008.

NOGUEIRA, J.O.C. Compostagem como prática de valorização dos resíduos alimentares com foco interdisciplinar na educação ambiental. **Revista Eletrônica em Gestão, Educação e Tecnologia Ambiental**, v. 3, n. 3, p. 316-325, 2011.

OGUNWANDE, G.A.; OGUNJIMI, L.A.O.; FAFIYEBI, J.O. Effects of turning frequency on composting of chicken litter in turned windrow piles. **International Agrophysics**, v. 22, p. 159-165, 2008.

OLIVEIRA, M.C.; SILVA, C.V.; COSTA-CRUZ, J.M. Intestinal parasites and commensals among individuals from a landless camping in the rural area of Uberlândia, Minas Gerais. **Revista do Instituto de Medicina Tropical de São Paulo**, p. 173-176, 2003.

PAVAN, P.; BOLZONELLA, D.; BATTISTONI, E.; CECCHI, F. Anaerobic co-digestion of sludge with other organic wastes in small wastewater treatment plants: economic considerations evaluation. **Water Science and Technology**, v. 56, n.10, p. 45-53, 2007.

PEIXOTO, R. T. G. **Compostagem**: opção para o manejo orgânico do solo. Londrina: IAPAR, 1988.

PEREIRA NETO, J.T. Tratamento, reciclagem e impacto ambiental de dejetos agrícolas. Anais da I Conferência sobre Agricultura e Meio Ambiente, Viçosa, 1, 1992. p. 61-74. 1994.

PRIMAVESI, A. **O manejo ecológico do solo**: agricultura em regiões tropicais. São Paulo: Nobel, 1981.

RICHARD, T.; TRAUTMANN, N.; KRASNY, M.; FREDENBURG, S.; STUART, C. The science and engineering of composting. The Cornell composting website, Cornell University, 2002. Disponível em: <http://www.compost.css.cornell.edu/composting_homepage.html>. Acesso em: 12 abr. 2017.

RODRIGUES, M.S.; SILVA, F.C.; BARREIRA, L.P.; KOVACS, A. Compostagem: reciclagem de resíduos sólidos orgânicos. 2006.

SPADOTTO, C.A.; RUGGIERI, L.T.G.; ARTOLA, A.; SANCHEZ, A. A study on air filled porosity evolution in sludge composting. **Int. J. Environ. Waste Manage**, 2008.

SHARMA, V.K.; CANDITELLI, M.; FORTUNA, F.; CORNACCHIA, C. Processing of urban and agroindustrial residues by anaerobic composting: Review. **Energy Conversion and Management**, v. 38, p. 453-478, 1997.

SILVA, A.G.; LEITE, V.D.; SILVA, M.M.P.; PRASAD, S.; FEITOSA, W.B.S. Compostagem aeróbia conjugada de lodo de tanque séptico e resíduos sólidos vegetais. **Eng. Sanit. Ambient.**, v. 13, n. 4, p. 371-379, 2008.

SILVA, M.M.P. **Tratamento de lodos de tanques sépticos por co-compostagem para os municípios do semi-árido paraibano**: alternativa para mitigação de impactos ambientais. Tese (Doutorado em Recursos Naturais), Universidade Federal de Campina Grande -PB, 2008.

SILVA, M.M.P.; SOARES, L.M.P.; RIBEIRO, V.V.; OLIVEIRA, S.C.A.; OLIVEIRA, A.G. Avaliação da qualidade de composto originado de sistema de tratamento descentralizado de resíduos sólidos orgânicos domiciliares para Campina Grande-PB. Anais do XXVI Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental, Porto Alegre, ABES, 2011.

SILVA, M. S.; COSTA, L.A.; SESTAK, M.; OLIBONE, D.; KAUFMANN, A.V.; ROTTA S.R.; SESTAK, R. Monitoramento da temperatura em dois sistemas de compostagem (com e sem aeração forçada) de resíduos sólidos da indústria de desfibrilação de algodão com diferentes tipos de inóculo. Anais do XXX Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola, Foz do Iguaçu, Sociedade Brasileira de Engenharia Agrícola, 2001.

SMITH, D.C.; HUGHES, J.C. Changes in maturity indicators during the degradation of organic waste subject to simple composting procedures. **Biology and Fertility of Soils**, v. 39, p. 280-286, 2004.

SNELL, J.R. Role of temperature in garbage composting. In: *The biocycle guide to the art & science of composting*. Emmaus: J.G. Press. 1991. p. 224-256.

TANG, J.C.; KANAMORI, T.; INQUE, Y. Changes in the microbial community structure during thermophilic composting of manure as detected by quinone profile method. **Process Biochem.**, v. 39, p. 1999-2006, 2004.

TEIXEIRA, L.B.; GERMANO, V.L.C.; OLIVEIRA, R.F.; FURLAN, J.R.J. Processo de Compostagem usando resíduos das agroindústrias de açaí e de palmito do açazeiro. **Circular Técnica**, n. 211, p. 1-6, 2005.

TIQUIA, S.M. Microbiological parameters as indicators of compost maturity. **J. Appl. Microbiol.**, v. 99, p. 816-828, 2005.

VINNERAS, B.; JONSSON, H. Thermal composting of faecal matter as treatment and possible disinfection method - Laboratory scale and pilot-scale studies. **Bioresource Technology**, v. 84, p. 275-282, 2002.

ZUCCONI, F.; BERTOLDI, M. Organic waste stabilization throughout composting and its compatibility with agricultural uses. In: WISE, D.L. **Global bioconversions**. Boca Raton: CRC Press, 1986. p. 109-137.