

O processo da compostagem e seu potencial na reciclagem de resíduos orgânicos

The process of composting and its potential in the recycling of organic waste

Amanda Rodrigues Santos Costa¹, Tiana Cibele Fagundes Ximenes², Amanda Fagundes Ximenes³, Leocádia Terezinha Cordeiro Beltrame⁴.

^{1,2,3,4}Departamento de Tecnologia Rural, Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife, Pernambuco, Brasil.

RESUMO:

O tratamento adequado dos resíduos sólidos é uma problemática ambiental nos dias atuais, pois quando dispostos inadequadamente são prejudiciais aos ecossistemas e à saúde humana. A compostagem é uma das formas de reciclagem de resíduos, nomeadamente os orgânicos. O objetivo do presente trabalho é realizar um estudo bibliográfico sobre a técnica da compostagem e identificar as vantagens desse processo no tratamento da fração orgânica dos resíduos sólidos urbanos. A compostagem é o processo de decomposição e estabilização biológica dos substratos orgânicos através da ação de diferentes microrganismos. Tem a vantagem de produzir, ao final, um composto fertilizante e promover o tratamento da fração orgânica, que corresponde à maior parte dos resíduos urbanos, diminuindo a quantidade direcionada aos aterros sanitários, aumentando a vida útil destes.

Palavras-chave: destinação final adequada, material orgânico, tratamento de resíduos.

ABSTRACT:

Proper treatment of solid waste is an environmental problem today, because when improperly disposed are harmful to ecosystems and human health. Composting is a form of recycling waste, especially organic ones. The objective of this study is to conduct a bibliographical study on the composting technique and identify the advantages of this process in the treatment of the organic fraction of municipal solid waste. Composting is the process of biological decomposition and stabilization of organic substrates through the action of various microorganisms. It has the advantage of producing in the end a fertilizer compound and promotes treatment of the organic fraction, which is the most urban waste, reducing the amount directed to landfills, increasing the useful life of these.

Keywords: adequate final destination, organic material, waste treatment.

INTRODUÇÃO

O crescimento da população, a urbanização acelerada e o desenvolvimento industrial tem aumentado a pressão sobre os recursos naturais e a produção de resíduos sólidos (MAZZER e CAVALCANTI, 2004). A gestão inadequada dos mesmos pode acarretar na poluição dos mananciais, do ar, na degradação do solo, aumento da incidência de doenças causadas por vetores que se proliferam com o acúmulo do lixo e até prejuízos turísticos (COUTINHO et al., 2011).

Para a promoção dos princípios e diretrizes relativas à gestão integrada e gerenciamento dos resíduos sólidos foi instituída no Brasil a Política Nacional dos Resíduos Sólidos (PNRS), em 02 de agosto de 2010, através da lei 12.305 (BRASIL, 2010). Segundo a Norma Brasileira (NBR 10.004:2004), resíduos sólidos são...

...resíduos nos estados sólido e semissólido, que resultam de atividades de origem industrial, doméstica, hospitalar, comercial, agrícola, de serviços e de varrição. Ficam incluídos nesta definição os lodos provenientes de sistemas de tratamento de água, aqueles gerados em equipamentos e instalações de controle de poluição, bem como determinados líquidos cujas particularidades tornem inviável o seu lançamento na rede pública de esgotos ou corpos de água, ou exijam para isso soluções técnica e economicamente inviável em face à melhor tecnologia disponível (ABNT, 2004, p. 1).

Segundo Philippi Jr (2005) apud Coutinho et al. (2011), para se alcançar a solução do problema dos resíduos, de forma a obter um conjunto com sustentabilidade econômica, ambiental e social, deve-se utilizar diversas alternativas no gerenciamento de resíduos sólidos. Considerando, portanto, a articulação entre medidas de redução de geração na fonte e diversos métodos de tratamento e disposição. Nesse sentido, a compostagem é considerada destinação final ambientalmente adequada para os resíduos, segundo as definições da PNRS, que inclui também a reutilização, reciclagem, recuperação e aproveitamento energético (BRASIL, 2010).

No Brasil, em média, 51,4% dos resíduos sólidos urbanos (RSU) coletados é de resíduos orgânicos, mas as experiências de compostagem no país ainda são muito pequenas. Apenas 211 municípios destinam a fração orgânica dos resíduos para compostagem. Sem uma coleta adequada, os resíduos orgânicos são destinados aos aterros e ocupam maior espaço, além da formação do chorume, o qual precisa de tratamento encarecendo a operação. A implantação de aterros sanitários ainda constitui um problema devido aos elevados custos e à escassez de áreas disponíveis e adequadas, além da degradação ambiental (IPEA, 2012).

Nesse sentido, o objetivo deste trabalho é realizar um estudo bibliográfico sobre a técnica da compostagem e identificar as vantagens desse processo no tratamento da fração orgânica dos resíduos sólidos urbanos.

REVISÃO

1. O processo da Compostagem

A compostagem é o processo de decomposição e estabilização biológica dos substratos orgânicos através da ação de diferentes microrganismos. Está relacionada com o manejo do material orgânico pelo homem que observou os processos naturais e desenvolveu técnicas para acelerar a decomposição e produzir compostos orgânicos necessários. Os resíduos utilizados podem ser de origem urbana, industrial, agrícola e florestal (CERRI, 2008).

A matéria orgânica é transformada através de processos físicos, químicos e biológicos, efetuados em duas fases distintas. A primeira, da bioestabilização ou semi-maturação, quando ocorrem as reações bioquímicas mais intensas, predominantemente termofílicas, e se eliminam as bactérias patogênicas; a segunda fase, da maturação, é quando ocorre a humificação (GOUVEIA, 2012). O tempo de compostagem vai depender da tecnologia utilizada e do tipo de resíduo a ser compostado, mas geralmente, varia de 25 a 35 dias para a primeira fase e de 30 a 60 dias na segunda fase (CAMPOS e BLUNDI, 1998).

A utilização de restos orgânicos, vegetais e animais vem sendo adotada por agricultores desde tempos remotos para favorecer o desenvolvimento das plantas e melhorar a produção agrícola. Os registros mais antigos do uso de composto na agricultura aparecem nas placas de argila no Vale da Mesopotâmia, 1000 anos antes de Moisés. Os romanos e gregos já conheciam a compostagem e comentários a cerca do composto são encontrados em textos medievais religiosos e na literatura Renascentista. Os chineses também nesta época aplicavam os princípios da compostagem (PIRES, 2011).

O adubo composto era feito inicialmente sem técnica especializada. Em 1843, na América, foi registrada uma patente por George Bommer sobre um processo que colocava resíduos agrícolas numa grelha para decomposição, recolocando para cima da pilha as escorrências para acelerar o processo. Após 15 dias, o produto já apresentava características para ser incorporado ao solo como corretivo orgânico. Apesar de simples, o método é considerado pioneiro na compostagem científica. (KIEHL, 1985; CORDEIRO, 2010).

No começo do século 20, o fitopatologista inglês, sir Albert Howard desenvolveu uma técnica para produzir fertilizantes ao observar os métodos empíricos realizados pelos nativos de Indore, na Índia. Sua técnica ficou mundialmente conhecida como método Indore ou método Howard, empregada especialmente para resíduos agrícolas (KIEHL, 1985). Entre 1926 e 1940, Waksman e seus associados complementaram as experiências em larga escala com estudos à escala laboratorial utilizando esterco animal em mistura com restos de plantas. Estes estudos, bem como de outros pesquisadores da época, permitiu estabelecer a influência de alguns fatores no processo de compostagem como a umidade, aeração e temperatura, assim como da relação carbono/nitrogênio e pH (KIEHL, 1985; CORDEIRO, 2010).

No Brasil, Dafert, primeiro diretor do Instituto Agrônomo de Campinas, foi o primeiro a incentivar os agricultores, em relatórios de atividades entre os anos 1888 e 1893, a produzirem em suas propriedades fertilizantes que eram classificados em “esterco nacionais” por que os adubos minerais da época eram importados. Em 1945, Aloisi Sobrinho, da mesma instituição, publicou um trabalho sobre uma técnica a qual consistia em preparar um caldo com água e esterco de animais variados para inocular os restos vegetais a serem compostados. Em 1950, a Escola Superior de Agricultura Luiz Queiroz também passou a incentivar a preparação do composto (KIEHL, 1985).

Segundo Cunha Queda (1999) apud Cordeiro (2010), podem ser identificadas três etapas fundamentais no processo de compostagem, as quais são o condicionamento dos materiais, o processo de compostagem propriamente dito e afinamento do composto. O condicionamento dos materiais refere-se à etapa de pré-processamento na qual é separada a fração orgânica dos demais materiais e redução da granulometria para facilitar a ação dos

microrganismos e manter as condições ideais para a aeração. Nesta fase pode ocorrer também a adição de agentes para adaptação da mistura. O ajuste pode ser de caráter estrutural, no qual são misturados agentes de suporte para garantir uma boa estrutura da mistura, ou condicionante, que tem a função de corrigir a relação carbono/nitrogênio ou o teor de umidade (CORDEIRO, 2010).

A compostagem propriamente dita corresponde à oxidação da fração orgânica selecionada, devido o ataque de diversos microrganismos sob condições aeróbicas. Portanto, o material deve ser revolvido periodicamente ou receber ar por arejadores. 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. O afinamento do composto corresponde à fase de pós-processamento mecânico com a finalidade de melhorar as características granulométricas do composto e remover contaminantes inertes que não foram removidos na primeira etapa (CERRI, 2008; CORDEIRO, 2010).

2. Fatores que afetam o processo da compostagem

Como no processo da compostagem há ação dos microrganismos sobre a matéria orgânica, os fatores que afetam este processo são aqueles que influenciam, direta ou indiretamente, a população variada de organismos necessária para a decomposição.

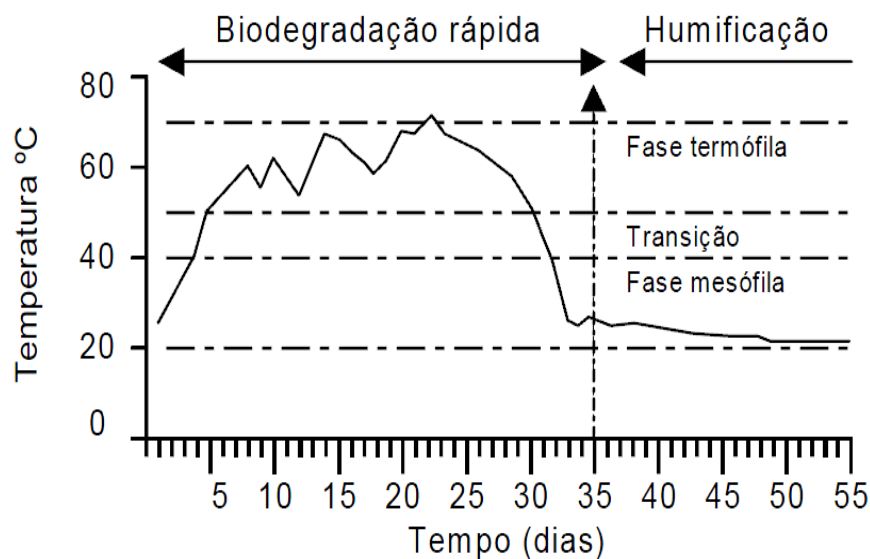
2.1 Aeração

O arejamento da massa de compostagem é fundamental para uma boa eficiência do processo, pois os microrganismos aeróbicos precisam de oxigênio para efetuar seu metabolismo. Com abundância de ar a decomposição é mais rápida, controlada, evitando o excesso de temperatura e umidade, e também o mau cheiro. As pilhas do composto podem ser arejadas por revolvimentos manuais ou mecânicos, fazendo com que camadas mais externas passem a ocupar a parte interna. O fornecimento de oxigênio também pode ser feito por insuflação de ar (KIEHL, 1985).

2.2 Temperatura

Altas temperaturas são necessárias para a compostagem. No entanto, precisa ser mantida uma temperatura ótima de desenvolvimento para os microrganismos, pois uma variação para mais ou para menos provoca uma redução da população e da atividade metabólica (Figura 1) (RUSSO, 2003). Kiehl (1985) considera uma faixa ótima para a compostagem de 50 a 70°C sendo 60°C a mais indicada. Temperaturas acima de 70 são consideradas desnecessárias e até desaconselháveis por longos períodos, pois limita o número de microrganismos que conseguem viver nela. Até certo valor, a temperatura influencia a velocidade de degradação da matéria orgânica, após esse é prejudicial porque os elimina. O excesso de temperatura também pode impedir a ação de enzimas, retardando a atividade dos microrganismos e, conseqüentemente o processo de compostagem (RUSSO, 2003).

Figura 1. Variação da Temperatura ao longo do processo de compostagem. Fonte (Pires, 2011)



2.3 Umidade

Por ser a compostagem um processo biológico de degradação da matéria orgânica, a presença de água é fundamental para as necessidades fisiológicas dos microrganismos. Teoricamente, o teor de umidade deveria ser de 100%, no entanto é variável ao longo do processo devido a vários parâmetros, como: tipo de matéria orgânica, tamanho das

partículas, configuração geométrica da leira de compostagem, peso específico da massa de compostagem, sistema e forma de aeração, entre outros (PEREIRA NETO e LELIS, 1999; RUSSO, 2003). Segundo estudo desenvolvido por Pereira Neto e Lelis (1999), no início do processo o teor ideal é de 60%, se for abaixo de 30% é prejudicial, pois inibe a atividade microbiológica, e durante o processo a umidade não pode cair para 40%. Elevados teores de umidade promovem a ocupação do espaço vazio com água, restringindo a ocupação do ar e a difusão do oxigênio.

2.4 Relação Carbono/Nitrogênio

A relação apropriada de carbono e nitrogênio contribui para o crescimento e atividade das colônias de microrganismos envolvidos no processo de degradação da matéria orgânica, possibilitando a produção do composto em menos tempo (CERRI, 2008). Segundo Russo (2003, p. 57):

O carbono tem três funções fisiológicas principais: a) é constituinte do material celular; b) funciona como elétron doador em metabolismos energéticos (respiração de substratos orgânicos e fermentação); c) funciona como elétron receptor em reações metabólicas de energia (fermentação, redução do CO₂ em CH₄). Por seu lado, o azoto: a) é constituinte de proteínas, ácido nucleico, coenzimas e aminoácidos; b) funciona como elétron doador em reações metabólicas de energia de certas bactérias; c) na forma de nitrito e de nitrato atua como elétron receptor em reações metabólicas de energia da bactéria da desnitrificação sob condições anaeróbias.

Segundo Kiehl (1985), esses microrganismos absorvem o carbono e o nitrogênio numa proporção de 30 partes do primeiro para uma parte do segundo, sendo, portanto esta a proporção ideal nos resíduos. No entanto, consideram-se os limites de 26/1 a 35/1 como sendo as relações C/N mais recomendadas para uma rápida e eficiente compostagem. Se os resíduos utilizados para a compostagem apresentarem baixa relação C/N, perdem nitrogênio na forma amoniacal, prejudicando a qualidade do composto. Nesse caso, recomenda-se juntar restos vegetais celulósicos, como resíduos de podas e jardinagem, para elevá-la a um valor próximo do ideal. Se a matéria prima possui relação C/N alta, o processo torna-se lento e o produto final apresentará baixos teores de matéria orgânica. Para

corrigir basta acrescentar materiais ricos em nitrogênio tais como esterco, camas animais, tortas vegetais, etc. (RUSSO, 2003; CORDEIRO, 2010).

2.5 pH

O processo de compostagem é relativamente pouco sensível aos valores de pH, pois a matéria orgânica com pH variável entre 3 e 11 pode ser compostada. No entanto, valores próximos a neutralidade são considerados ideais (5.5 a 8) por que é onde os microrganismos melhor se adaptam. No início do processo, o pH atinge valores baixos, próximos a 5, próprio da ação das bactérias, e ao longo do processo com estabilização do composto vai atingindo valores entre 7 e 8 (CERRI, 2008).

2.6 Granulometria do material

Kiehl (1985) considera a dimensão das partículas característica fundamental para o bom andamento da compostagem, pois o tamanho delas irá definir a superfície de exposição para o ataque dos microrganismos. Quanto maior a superfície de exposição, menor a partícula da matéria orgânica e mais rápida será sua decomposição. No entanto, granulometrias demasiada finas, < 2 mm, dificultam a aeração por facilitar a compactação, enquanto que acima de 16 mm facilitam o arejamento natural (RUSSO, 2003). Então, deve-se encontrar um valor que considere a aeração e a superfície de exposição. Segundo Cordeiro (2010), as dimensões das partículas utilizadas na compostagem não podem ultrapassar 3 cm de diâmetro.

3. Métodos da Compostagem

A técnica da compostagem pode ser realizada em ambiente aberto ou fechado. São considerados abertos aqueles nos quais a massa a ser compostada é colocada em montes, ou leiras, em pátios de compostagem. Os processos em ambiente fechado são aqueles que ocorrem em digestores em forma de tambores rotativos, tanques, silos ou células, todos com revolvedores mecânicos para movimentação da massa orgânica. A compostagem em ambiente aberto exige maior área que em ambiente fechado, e o tempo de cura também é maior. Os dois tipos de processo podem ser associados (KIEHL, 1985).

O processo de compostagem pode ser estático ou lento, que é a compostagem natural, a qual ocorre de forma passiva e o período de obtenção do composto supera os 100 dias; ou rápido ou dinâmico, que consiste no processo acelerado de compostagem no qual são oferecidas condições especiais como a adição de enzimas e aeração forçada (PIRES, 2011).

A compostagem natural consiste em formar pilhas (Figura 2) com a matéria orgânica a ser decomposta, de aproximadamente 1 m de altura e 2 m de largura de base, para revolvimento manual, e 2 m de altura e 4 m de base para revolvimento mecânico. A mistura deve conter a relação Carbono/Nitrogênio entre 25:1 e 35:1. Devido às reações decorridas do metabolismo dos microrganismos, em alguns dias, a temperatura se eleva para aproximadamente 70°C. Para o fornecimento adequado de oxigênio, deve haver o revolvimento a cada três dias, após isso a temperatura atingirá novamente a temperatura de 70°C, e assim sucessivamente até o 70º dia, quando o material estará semicurado e a temperatura estará estabilizada próximo à temperatura ambiente. Dessa forma, o composto estará pronto para uso entre 90 e 120 dias. Este método apresenta algumas dificuldades como a necessidade de áreas grandes para a alocação das leiras e revolvimento, além de impactos ambientais decorrentes da formação de líquidos percolados, o chorume, a produção de gases, geração de odores e proliferação de vetores são de complicado controle (PIRES, 2011).

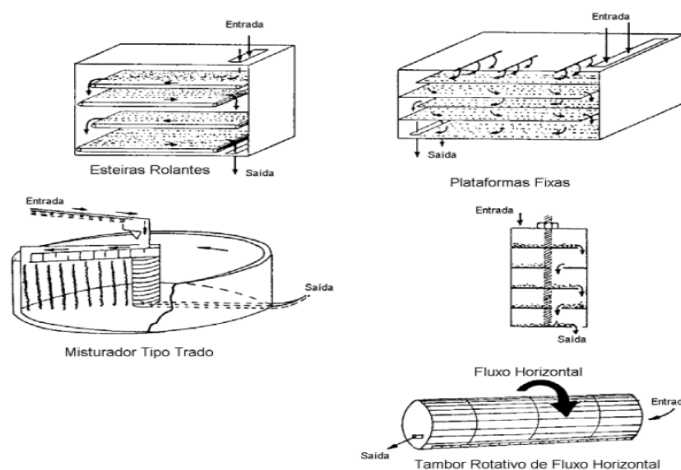
Figura 2. Pilhas em pátio de compostagem. Fonte (MMA, 2010)



A compostagem acelerada pode ser realizada através de leiras estáticas com aeração forçada, na qual podem ser usados diversos tipos de resíduos orgânicos, como lodo de esgoto, resíduo doméstico e resíduo de poda vegetal. A aeração das leiras estáticas é realizada por um sistema de tubos perfurados para aeração ou exaustão sobre os quais é depositada a fração orgânica a ser decomposta. Uma pilha pode ter de 2 a 2,5 m de altura e, geralmente, é coberta com uma camada de composto curado e peneirado, para reduzir os odores característicos. Cada pilha tem um soprador ou exaustor individual para melhor controlar a aeração. O tempo de compostagem é de três a quatro semanas, e depois mais quatro a cinco semanas para a cura do material (PIRES, 2011).

Além desta técnica, há a compostagem acelerada através de reatores, nos quais além da aeração forçada, têm-se um abrigo fechado onde estará contida a matéria orgânica a ser compostada. Uma diversidade de formas pode ser usada como reator neste sistema: torres verticais, horizontais (retangulares ou circulares), e tanques rotativos circulares (Figura 3). Neste processo, a geração de líquidos percolados e a exalação de gases podem ser mais bem controladas, assim como o controle da umidade e temperatura, que são feitos através de instrumentos precisos e da aeração forçada, reduzindo em pelo menos 50% da área utilizada. A característica fundamental deste tipo de sistema é a extrema redução no tempo de compostagem, de 120 dias para 30 dias, enquanto os demais estão sujeitos às mudanças climáticas (op. cit.).

Figura 3. Reatores mais comuns em Compostagem. Fonte (Fernandes, 1999)



4. As vantagens da compostagem como tratamento de resíduos

A *US EPA – United States Environmental Protection Agency* – recomenda um sistema de manejo integrado dos resíduos para resolver os problemas de geração e gerenciamento de resíduos sólidos a nível local, regional e nacional. Numa visão holística, devem ser consideradas quatro formas de manejo: redução do uso dos recursos; reciclagem; incineração e aterros (US EPA, 1989). Segundo a agência, a reciclagem deve incluir a compostagem. Na Europa, a Diretiva Européia – EU 1999/31 – exigiu dos seus países membros a redução significativa do aterramento de resíduos orgânicos e a compostagem se tornou a principal alternativa aos aterros sanitários, os quais só devem receber os rejeitos (MASSUKADO, 2008).

A compostagem pode ser utilizada em um tratamento de resíduos sólidos integrado, como um sistema de reciclagem de materiais ou como um único sistema para tratamento dos resíduos orgânicos. Dentre as vantagens desse processo, Russo (2003) cita:

- A rápida ação microbiana sobre a matéria orgânica, oxidando-a e tornando-a estável com mínima produção de odores;
- Higienização dos materiais em tratamento devido às reações exotérmicas na decomposição, com boa destruição dos organismos patogênicos;
- O processo utiliza pouca quantidade de energia externa para funcionar, em comparação com outros, pois boa parte da energia utilizada provém do próprio processo metabólico;
- Grande flexibilidade em escala de operação; produção de compostos fertilizantes orgânicos, os quais não contaminam águas subterrâneas ou superficiais, ao contrário dos químicos. No entanto, para utilização desse composto deve ser observada a legislação própria;

- Sistema de tratamento de resíduos menos caro que outros tipos, quando se considera os ganhos ambientais resultantes.

O composto orgânico produzido aplicado nos solos também oferecerá vantagens, pois a matéria orgânica exerce grande influência sobre as características físicas, químicas e biológicas do solo. Com relação aos fatores físicos, a matéria orgânica diminui a densidade aparente levando a diminuição da resistência de penetração das raízes no solo, melhorando a estrutura através da formação de agregados estáveis. Os agregados mais aglutinados facilitam o fluxo de líquidos e gases e a matéria orgânica contribui com a retenção de água. Quanto às propriedades químicas, a MO contribui para correção do pH de solos ácidos, para a retenção de nutrientes e aumenta a capacidade de troca catiônica (CTC). Em relação às propriedades biológicas a matéria orgânica oferece condições ideais para o desenvolvimento de microrganismos benéficos às plantas e inibe os prejudiciais ou infestantes (FERNANDES, 1999).

Estas vantagens se concretizam por uma escolha adequada das tecnologias, do projeto e operação. Caso contrário, resultará na formação de um composto de baixa qualidade e haverá emissões de odores que afetarão negativamente a vizinhança. As limitações do processo são a necessidade de maior área de terreno e mão de obra, em comparação com outros. No entanto, esta última pode ser uma vantagem por absorver mão de obra, quase sempre não especializada (RUSSO, 2003).

Caso o material compostável fosse separado na fonte e destinado para tratamento específico, evitar-se-ia o acúmulo de matéria orgânica nos aterros sanitários, sendo possível aumentar a vida útil do mesmo, ou então para o mesmo período a construção de aterros menores. Há ainda ganhos econômicos com a redução de custos com transporte (caso a compostagem acontecer mais próxima dos geradores), disposição final e tratamento do chorume (MASSUKADO, 2008). Os motivos para a compostagem ainda ser pouco utilizada em programas municipais de gerenciamento são, para Massukado (2008, p. 44), “a dificuldade de se obter os materiais compostáveis separados já na fonte; a insuficiência de manutenção do processo; o preconceito com o produto e o pouco investimento e tecnologia adequada para a coleta do material”.

CONCLUSÕES

Pode-se concluir que, apesar de não ser uma técnica nova, a compostagem tem ganhado notoriedade nos últimos tempos devido a crescente preocupação com a sustentabilidade e por estar incluída nas leis nacionais do Saneamento e da Política Nacional dos Resíduos Sólidos como forma de reciclagem de material orgânico. O processo ainda tem a vantagem de oferecer como produto um composto orgânico que pode ser utilizado na agricultura como fertilizante, uma alternativa para os fertilizantes químicos que são prejudiciais ao meio ambiente. No contexto do tratamento da fração orgânica dos resíduos sólidos urbanos, a compostagem pode constituir em ganhos econômicos para a administração pública, pois reduziria os custos de transporte e destinação para o aterro, e ganhos ambientais no sentido de aumentar a vida útil dos aterros sanitários.

Em linhas gerais, a compostagem é recomendada e necessária, pois os benefícios econômicos, ambientais e sociais do processo contribui com a conquista do *triple bottom line* do desenvolvimento sustentável, premissa básica das políticas públicas atuais, que tem a função de oferecer bem estar e qualidade de vida aos cidadãos, os quais também são responsáveis para um eficiente sistema de gerenciamento dos resíduos.

REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - **NBR 10004**: Resíduos sólidos: classificação. Rio de Janeiro, ABNT, 2004.

BRASIL. Lei 12.305 que institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos; altera a lei no 9.605, de 12 de fevereiro de 1998; e da outras providências. **Diário Oficial da União**, 03 ago. 2010.

CAMPOS, A.L.O.; BLUNDI, C. E. Avaliação de matéria orgânica em compostagem: metodologia e correlações. In: Gestión ambiental en el siglo XXI. Lima. **Anais eletrônicos... APIS**, 1998. p 1-17.

CERRI, C.E.P. **Compostagem**. São Paulo: Programa de Pós – Graduação em Solos e Nutrição de Plantas, Escola Superior de Agricultura Luiz Queiroz, Universidade de São Paulo. 2008.19 p.

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.

COUTINHO, R. M. C.; COUTINHO, A. L. O.; CARREGARI, L. C. Incineração: uma solução segura para o gerenciamento de resíduos sólidos. In: Cleaner Production Initiatives and Challenges for a Sustainable World, 3, São Paulo. **Anais eletrônicos...** 2011.

FERNANDES, P. A. L. Estudo Comparativo e Avaliação de Diferentes Sistemas de Compostagem de Resíduos Sólidos Urbanos. 1999. 128 f. **Dissertação** (Mestrado em Engenharia Civil), Faculdade de Ciências e Tecnologia, Departamento de Engenharia Civil, Universidade de Coimbra, Coimbra.

GOUVEIA, J.G. Diretrizes para uso de composto orgânico na agricultura: proposta para municípios com até 100.000 habitantes. 2012. 94 p. **Tese** (Mestrado em Engenharia de Produção) – Faculdade de Engenharia, Arquitetura e Urbanismo, Universidade Metodista de Piracicaba, Santa Bárbara d'Oeste.

IPEA - INSTITUTO DE PESQUISA ECONÔMICA APLICADA. **Diagnóstico de resíduos sólidos urbanos**. Brasília, 2012.

KIEHL, E.J. **Fertilizantes Orgânicos**. São Paulo: Editora Agronômica Ceres, 1985. 492p.

MASSUKADO, L. M. Desenvolvimento do processo de compostagem em unidade descentralizada e proposta de software livre para o gerenciamento municipal dos resíduos sólidos domiciliares. 2008. 204 p. **Tese** (Doutorado em Ciências da engenharia ambiental) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos.

MAZZER, C.; CAVALCANTI, O. A. Introdução à gestão ambiental de resíduos. **Infarma**, v. 16, n. 11/12, p. 67-77, 2004. Disponível em: <<http://revistas.cff.org.br/?journal=infarma&page=article&op=view&path%5B%5D=299>>. Acesso em: 19 mai. 2015.

MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE – MMA. **Manual para implantação de compostagem e de coleta seletiva no âmbito de consórcios públicos**. Brasília/DF, 2010.

PEREIRA NETO, J.T.; LELIS, M.P.N. **Importância da umidade na compostagem: uma contribuição ao estado da arte**. In__ Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental, AIDIS. Desafios para o saneamento ambiental no terceiro milênio. Rio de Janeiro: ABES, 1999. p. 1-9.

PIRES. A. B. Análise de Viabilidade Econômica de um Sistema de Compostagem Acelerada para Resíduos Sólidos Urbanos. 2011. 65 f. **Trabalho de Conclusão** (Graduação

em Engenharia Ambiental), Faculdade de Engenharia e Arquitetura – Universidade de Passo Fundo, Passo Fundo.

RUSSO, M. A. T. **Tratamento de resíduos sólidos**. Coimbra: Departamento de Engenharia Civil, Faculdade de Ciências e Tecnologia, Universidade de Coimbra. 2003. 196 p.

US. EPA – UNITED STATES ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY., 1989. **The solid waste dilemma: an agenda for action**. U.S. Government Print Office. Washington. Disponível em:< nepis.epa.gov>. Acesso em: 19 mai. 2015.