



MINISTÉRIO PÚBLICO DO ESTADO DO PARANÁ

CENTRO DE APOIO OPERACIONAL ÀS PROMOTORIAS DE PROTEÇÃO AO MEIO AMBIENTE

NOTA TÉCNICA

Compostagem de Resíduos Sólidos Urbanos

1. Definição

De acordo com a NBR 13591:1996, a *compostagem* é um processo de decomposição biológica da fração orgânica biodegradável dos resíduos, efetuado por uma população diversificada de organismos, em condições controladas de aerobiose e demais parâmetros, desenvolvido em duas etapas distintas: uma de degradação ativa e outra de maturação.

2. Vantagens e Ganhos da *Compostagem*

A compostagem é avaliada por especialistas da área como sendo a forma mais eficiente de biodegradação controlada da matéria orgânica. Este fato é confirmado principalmente quando comparada aos sistemas atualmente vigentes, quais sejam os aterros sanitários, ou ainda os lixões, onde não há controle do processo de biodegradação da matéria orgânica e por conseqüência são gerados gases e líquidos (chorume) indesejáveis, os quais devem ser tratados posteriormente. Cabe ainda salientar que o produto gerado na compostagem comumente denominado composto orgânico possui uma nova utilização para adubação de solos em geral.

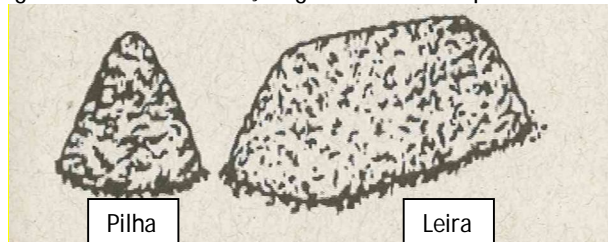
O processo de compostagem apresenta-se relevante aos municípios brasileiros pelas características dos resíduos produzidos, nos quais cerca de 50-60% são orgânicos. Verifica-se, desta forma, que a compostagem dos resíduos sólidos urbanos, aliada a reciclagem da fração não compostável, gera ganhos ambientais aos municípios devido à redução de resíduos encaminhados aos aterros, seu conseqüente aumento de vida útil, geração de emprego e renda a pessoas de baixa renda (catadores de materiais recicláveis), otimização de fluxos de materiais com a geração de materiais reutilizáveis.

Outra vantagem deste tratamento é o baixo custo de instalação e operação, pois além de utilizar a matéria orgânica presente nos resíduos sólidos municipais como matéria-prima, se bem operado, é gerado um material rico em nutrientes que pode ser reaproveitado como composto ou fertilizante orgânico. Sabe-se que a biodegradação realizada pelos microorganismos possibilita a estabilização da matéria orgânica gerando o húmus, que pode ser entendido como um conjunto de compostos minerais possíveis de serem assimilados pelo solo.

3. O Processo de Compostagem

A compostagem caracteriza-se como um processo simples realizado em pátios, onde os materiais a serem processados denominados "massa de compostagem" podem ser dispostos de duas formas, quais sejam em pilhas ou em leiras. As pilhas são montes de forma cônica e as leiras montes prismáticos, como pode ser observado na figura 01 abaixo. O critério de escolha entre estas duas formas de disposição relaciona-se a quantidade de materiais a serem compostados, se em pequenas quantidades usam-se as pilhas, por conseguinte em grandes quantidades usam-se as leiras.

Figura 01 – Demonstração geométrica das pilhas e leiras.



Fonte: Pereira Neto, João Tinoco, 2007. p. 17



MINISTÉRIO PÚBLICO DO ESTADO DO PARANÁ

CENTRO DE APOIO OPERACIONAL ÀS PROMOTORIAS DE PROTEÇÃO AO MEIO AMBIENTE

3.1. O que pode ser compostado

Os resíduos passíveis de serem compostados são basicamente os resíduos biodegradáveis, mais especificamente os restos de cozinha e resíduos de poda (jardim), tais como:

- restos de legumes, verduras, frutas e alimentos, filtros e borra de café, cascas de ovos e saquinhos de chá;
- galhos de poda, flores, folhas, galhos, e cascas de árvores;
- papel de cozinha, caixas para ovos e jornal;
- palhas secas e grama (pequenas quantidades).

3.2. O que não pode ser compostado

Materiais não putrescíveis ou de difícil decomposição, e outros por razões de higiene ou por conterem substâncias poluentes. Exemplos:

- carne, peixe, gordura, queijo (podem atrair roedores);
- plantas doentes e ervas daninhas;
- vidro, metais, e plásticos;
- couro, borracha e tecidos;
- verniz, restos de tinta, óleos, todo tipo de produtos químicos e restos de produtos de limpeza;
- cinzas de cigarros, de madeira e de carvão, inclusive churrasco, saco e conteúdo de aspirador de pó (valores elevados de metais e poluentes orgânicos);
- fezes de animais domésticos, papel higiênico e fraldas (pela possível presença de microorganismos patogênicos, que causam doenças);

3.4. Fases da Compostagem

O processo de compostagem divide-se em duas fases distintas de degradação, a primeira fase denominada *degradação ativa* apresenta temperaturas na faixa de 45 a 65°C e é caracterizada pela presença de microorganismos termófilos. Esta etapa inicial de degradação dura em média entre 60 a 75 dias.

A segunda fase, denominada *maturação ou cura*, prolonga-se por mais 40 dias, aproximadamente. Nesta etapa ocorre a humificação da matéria orgânica e a temperatura da pilha de compostagem mantém-se na faixa mesófila, ou seja, menor do que 45°C.

3.5. Critérios para Operação da Unidade de Compostagem

3.5.1. Pátio

Para realização da compostagem em leiras ou pilhas é necessária a construção de um pátio com dimensões coerentes a quantidade de resíduos a serem processadas pela unidade. Para este cálculo deve ser considerada além da área da base das pilhas/leiras uma área de folga para o revolvimento, ou seja, deve-se dobrar a área da base para cada pilha/leira prevista.

Além disso, é necessária a impermeabilização do pátio, que pode ser realizada tanto artificial como naturalmente, por meio da cobertura de concreto ou compactação do solo argiloso. Essas alternativas devem ser avaliadas de acordo com as possibilidades da área escolhida e as restrições ambientais.

Outro critério importante na construção do pátio é a presença de um leve desnível para o escoamento de líquidos lixiviados e águas de lavagem às canaletas que devem ser construídas em todo o entorno do pátio. A presença de cobertura superior é facultativa, recomenda-se a sua construção nas regiões que apresentam grandes índices de precipitação pluviométrica. Com relação



MINISTÉRIO PÚBLICO DO ESTADO DO PARANÁ

CENTRO DE APOIO OPERACIONAL ÀS PROMOTORIAS DE PROTEÇÃO AO MEIO AMBIENTE

à operação da compostagem em dias chuvosos, no caso de o pátio ser descoberto, é necessária a cobertura das pilhas/leiras com os chamados “chapéu chinês”, cobertura de lona que impede a umidade excessiva do material em compostagem.

3.5.2. Tratamento dos Lixiviados

Após a coleta dos líquidos lixiviados pelas canaletas localizadas no entorno da área de compostagem faz-se necessário seu tratamento ou seu correto descarte. Cabe ressaltar que a compostagem por ser um processo aeróbio não gera chorume, que é o líquido resultante da decomposição anaeróbica natural dos resíduos orgânicos. Neste caso, para o projeto da unidade de compostagem devem ser estudadas as formas mais viáveis de tratamento e despejo dos líquidos gerados na unidade.

3.5.3. Matéria-Prima e Montagem das Leiras

Para montagem das massas de compostagem (leiras ou pilhas) a preparação da matéria-prima é um importante fator no resultado final do processo. O ideal é a mistura de vários resíduos orgânicos, tais como restos de alimentos, de frutas e legumes, restos de culturas vegetais, entre outros para que haja equilíbrio nutricional garantindo uma boa diversificação microbológica e maior eficiência no processo. Em se tratando de resíduos heterogêneos, como os resíduos sólidos urbanos, não há necessidade de adicionar materiais auxiliares ao processo, como inóculos ou aditivos naturais.

A massa de compostagem deve também estar isenta de materiais inertes (metais, pedras, vidros, etc), ter partículas com diâmetro médio de 25 mm, umidade de 55% e concentração de nutrientes adequada (relação carbono/nitrogênio entre 35:1). Mais informações sobre o controle desses parâmetros são fornecidas na seção 3.6 desta Nota Técnica.

Em termos práticos as massas de compostagem não devem atingir altura superior a 1,6 metros, pois, acima desta altura o material tende a compactar criando uma camada sem aeração e, portanto inviabilizando a degradação. Faz-se importante manter a seção reta, de forma triangular, com 1,5 a 30, metros de base.

Na montagem, cada pilha ou leira deve ser identificada por uma placa, com registro do dia da montagem e o número de identificação. Para formação desta pilha ou leira, a quantidade de resíduos deve estar em torno de 550 kg.

Na fase de maturação uma leira cônica pode agrupar diversas pilhas de compostagem formando uma massa única.

3.5.4. Revolvimento e Tempo da Compostagem

O revolvimento é um aspecto importante do controle do processo de compostagem realizado por dois motivos simples, primeiramente possibilitar a aeração da massa de compostagem e em segundo dissipar as altas temperaturas geradas na fase de degradação ativa (acima de 65°C).

Segundo estudos elaborados pela Universidade de Viçosa, o intervalo prático de revolvimento das leiras ou pilhas deve ser de 3 em 3 (três) dias. Este intervalo deve ser respeitado até a massa atingir entre o 60° e o 72° dia, quando a temperatura da massa reduz e se inicia a fase de maturação e não é mais necessário o revolvimento.

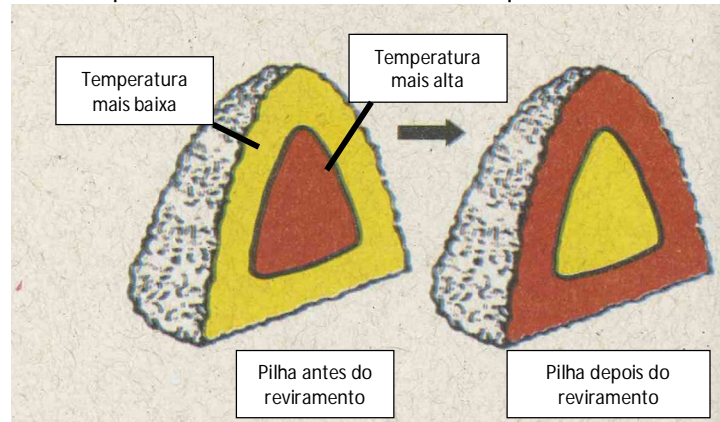
O método de revolvimento deve atender a inversão de camadas, sendo que o material que antes estava no núcleo da leira (parte interna) deve ser retirado para as extremidades e a camada externa deve ser remanejada para dentro. Como o exemplo observado na figura abaixo.



MINISTÉRIO PÚBLICO DO ESTADO DO PARANÁ

CENTRO DE APOIO OPERACIONAL ÀS PROMOTORIAS DE PROTEÇÃO AO MEIO AMBIENTE

Figura 02 – Esquema do método de revolvimento por inversão de camadas.



Fonte: Pereira Neto, João Tinoco, 2007. p. 46

3.6. Parâmetros de Controle do Processo

3.6.1. Umidade

O controle da umidade é um importante fator no processo da compostagem, pois em caso seu excesso a água ocupa os poros da massa causando a falta de oxigênio acarretando a geração de gases fétidos, a atração de vetores e a produção de líquidos lixiviados, tornando o local comprometido do ponto de vista sanitário e ambiental.

Operacionalmente o controle deste parâmetro é simples e deve ser mensurado semanalmente. Segundo a FUNASA, para verificar o teor de umidade do material em compostagem de forma simples e artesanal basta apertá-lo com a mão, no caso de escoar água em forma de algumas gotas a umidade é adequada, se a água escoar em fio há umidade excessiva.

Para a matéria-prima com excesso de umidade sugere-se adicionar material que o absorva, como vegetais secos (folhas, capins e gramas). No caso de baixo teor de umidade basta adicionar água ou outro resíduo com elevado teor de umidade.

Cabe comentar que o calor resultante da degradação biológica da matéria-orgânica é retido nas leiras e durante o reviramento é liberado na forma de vapor de água. Por isso, neste momento faz-se a correção da umidade para repor apenas a perda de água do sistema.

3.6.2. Aeração

Como a compostagem trata-se de processo aeróbio o controle da oxigenação influenciará diretamente a eficiência do tratamento. A aeração pode ser artificial realizada por meio de máquinas ou natural, através do reviramento das massas de compostagem.

No caso dos processos simplificados de tratamento de resíduos sólidos urbanos recomenda-se o revolvimento a cada 3 (três) dias de forma manual com pá e colaborador treinado para tal função.

3.6.3. Temperatura

O controle da temperatura demonstra-se como um aliado no controle da eficiência do processo de compostagem. Por se tratar de um método simples e efetivo, este controle indica o bom andamento da compostagem. O controle da temperatura é também fundamental para garantir a higienização das massas.



MINISTÉRIO PÚBLICO DO ESTADO DO PARANÁ

CENTRO DE APOIO OPERACIONAL ÀS PROMOTORIAS DE PROTEÇÃO AO MEIO AMBIENTE

A temperatura deve ser medida diariamente em três pontos da massa de compostagem, quais sejam: a base, o centro e o topo. Esses valores revelarão o desempenho do processo e a necessidade de correção, caso a temperatura esteja excessivamente alta (maior que 65°C) ou baixa (abaixo de 35°C) na fase de degradação ativa.

O valor médio ideal da temperatura na fase de degradação ativa é de 55°C, sendo que os valores acima de 65°C devem ser evitados por eliminar os microorganismos responsáveis pela degradação. Importante comentar que a faixa de temperaturas termofílicas controladas (45-65°C) deve ser mantida em toda a fase de degradação ativa. Além disso, se o ambiente da massa de compostagem é satisfatório estas temperaturas devem ser atingidas no período entre 12 e 24 horas após a montagem das leiras ou pilhas. Já as temperaturas inferiores a 40°C indicam o início da fase de maturação, que se processa em temperaturas mesofílicas (30-45°C).

3.6.4. Relação Carbono/Nitrogênio

A literatura especializada registra que a relação carbono/nitrogênio ideal para o tratamento biológico eficiente dos resíduos sólidos orgânicos situa-se entre 30 e 40:1. O que significa que a massa de compostagem deve possuir entre trinta e quarenta partes de carbono para cada uma de nitrogênio.

Em geral, os resíduos palhosos (vegetais secos) são fontes de carbono; já os legumes frescos e os resíduos fecais são fontes de nitrogênio e outros nutrientes.

O excesso na quantidade de carbono leva a um aumento do período de compostagem, pois nesse caso o nitrogênio é obtido das células mortas dos microorganismos. Por outro lado, se houver excesso de nitrogênio ocorrerá perda natural através da volatilização da amônia pela atividade microbiológica, situação indesejada pelos fortes odores gerados. Cabe enfatizar que saber os números exatos da relação carbono/nitrogênio não é tão importante como o manejo adequado da leira ou pilha de compostagem.

Importante ainda ressaltar que na fração orgânica dos resíduos urbanos, e nos resíduos orgânicos de fontes especiais tais como restaurantes, feiras e mercados como o Ceasa, a relação carbono/nitrogênio já se encontra dentro da faixa ótima entre 30 e 40:1. No caso da compostagem de resíduos palhosos juntamente com os resíduos sólidos urbanos a proporção prática em peso de mistura dos materiais é de 70% de material palhoso para 30% de resíduos orgânicos domiciliares.

3.6.5. Tamanho das Partículas

O tamanho das partículas é outro fator de influencia na eficiência da compostagem devido ao aumento da superfície de exposição de degradação, melhor homogeneização da massa, maior capacidade de oxigenação e maior porosidade. No entanto, a idéia de partículas muito pequenas também colabora para a compactação da massa, por isso o tamanho ideal das partículas situa-se entre 10 e 50 mm.

Na prática, antes das montagens das leiras ou pilhas é importante realizar a correção no tamanho das partículas. Não há necessidade de trituração, apesar de esta atividade ser recomendável, em projetos de baixo custos os materiais podem ser cortados ate atingir o tamanho médio ideal.

4. Formação do Composto Final

Após o término da fase de degradação ativa, que será observado pela diminuição da temperatura da massa de compostagem, inicia a fase de maturação. Nesta fase não são necessários o revolvimento a correção de umidade da massa, além disso, será verificada a coloração escura (marrom-escuro a



MINISTÉRIO PÚBLICO DO ESTADO DO PARANÁ

CENTRO DE APOIO OPERACIONAL ÀS PROMOTORIAS DE PROTEÇÃO AO MEIO AMBIENTE

preto) em virtude da formação de ácidos húmicos. Ressalta-se a importância da humificação, ou seja, obtenção do húmus para a qualidade do composto final, para tanto a fase de maturação é fundamental.

Para indicar o término da maturação poderão ser realizadas análises de sólidos voláteis, da relação carbono/nitrogênio ou ainda o teste padrão que avalie o índice de germinação de sementes, utilizando o adubo como substrato. Com relação ao pH o adubo maturado deverá ter sempre valor superior a 7,8.

Para auxiliar as novas leiras ou pilhas de compostagem é recomendada a adição de composto maturado no momento da montagem das leiras, para a inclusão de microorganismos já aclimatados e melhor degradação na fase inicial.

Como produto final da compostagem pode ser gerado o fertilizante orgânico e o adubo orgânico, os quais são definidos a seguir:

- Fertilizante orgânico: assim denominado quando o material resultante da compostagem atende a todas as especificações das normas brasileiras em relação à concentração de nutrientes.
- Adubo orgânico: assim denominado o material resultante da compostagem que não atinge a os padrões estabelecidos nas normas brasileiras.

No entanto, ambos os materiais exercem efeitos positivos na aplicação do solo, sendo indicados para aplicação em: horticulturas, fruticulturas, produção de grão, parques jardins e playgrounds, reflorestamentos, hortos e produção de mudas, controle de erosão, proteção de encostas e taludes e cobertura de aterros.

A aplicação do fertilizante ou adubo orgânico nos solos atua na melhoria das propriedades químicas, físicas e biológicas. Resumidamente atua como fonte de húmus, micro e macro nutrientes, bem como aumenta a atividade microbiológica dos solos.

5. Conclusão

Devido a Política Estadual e Nacional de Resíduos Sólidos, respectivamente Lei 12.493/1999 e Lei 12.305/2010, bem como a necessidade de alternativas técnicas de baixo custo para o tratamento de resíduos sólidos urbanos nos municípios do Estado do Paraná, verifica-se que a compostagem apresenta-se como uma alternativa viável técnica, social, ambiental e economicamente.

Conseqüentemente, para que o município realize a gestão integral de todos os resíduos sólidos gerados pelos cidadãos, os projetos além da compostagem devem conter as centrais de segregação e reciclagem da fração reciclável dos resíduos sólidos urbanos. Desta forma, será realizada a disposição final em aterro apenas da fração de rejeitos que não podem ser reutilizados em nenhuma destas alternativas, reduzindo expressivamente (em cerca de 75%) a quantidade de resíduos encaminhados aos aterros, aumentando sua vida útil e a proteção ambiental local.

Por fim, comenta-se a necessidade da inclusão social dos catadores de materiais recicláveis nestes projetos municipais de compostagem e reciclagem de resíduos urbanos. Esta medida visa à erradicação da catação em lixões, aumento da qualidade de vida dessa classe de trabalhadores e o cumprimento do estabelecido na Lei 12.305/2010, a qual inclui estes agentes de forma direta e prioritária na gestão de resíduos sólidos em todo o país.



MINISTÉRIO PÚBLICO DO ESTADO DO PARANÁ

CENTRO DE APOIO OPERACIONAL ÀS PROMOTORIAS DE PROTEÇÃO AO MEIO AMBIENTE

6. Referencial Teórico

- BRASIL. Lei nº 12.305. 2010. Disponível em: < http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2010/lei/12305.htm> Acesso em: 31/05/2011.
- FUNDAÇÃO NACIONAL DE SAÚDE. Compostagem familiar: conceitos básicos a respeito da compostagem natural com o objetivo de incentivar o aproveitamento de parte significativa de resíduos sólidos. Brasília: Funasa, 2009, 16 p.
- LELIS, M. P. N. Compostagem de resíduos orgânicos. Goiânia: UFGO, 2006, 29 p.
- NETO, J. T. P. Manual de compostagem: processo de baixo custo. Viçosa: Editora UFV, 2007, 81 p.



ANEXO

Problemas, Causas e Soluções

	PROBLEMA	POSSÍVEIS CAUSAS	MEDIDA A SER TOMADA
FASE DA DEGRADAÇÃO ATIVA	Pilha demora mais que 5 dias para esquentar (temperatura 50 – 60°C)	Material muito seco.	Adicionar água à massa de compostagem e manter a umidade a 55%.
		Material com excesso de umidade.	Adicionar à massa de compostagem composto maturado seco, terra vegetal seca ou material palhoso seco.
		Material rico em carbono.	Adicionar material nitrogenado: grama, lodo de esgoto, esterco de animal, frações orgânicas do lixo urbano, etc.
		Material rico em nitrogênio.	Adicionar material carbonáceo: folhas secas, capim seco, etc.
		Material muito compactado.	Adicionar material que promova a porosidade da massa de compostagem: cavaco de madeira, palha de vegetais, etc.
		Baixa atividade microbiológica.	Adicionar à massa de compostagem certa quantidade de matéria orgânica de lixo ou esterco e promover uma mistura criteriosa desses materiais.
	Emissão de maus odores da pilha de compostagem	Tamanho da partícula muito grande.	Promover a quebra do material durante o reviramento com o auxílio de um enxadão amolado. Cobrir a leira com uma camada de 15 cm de composto maturado.
		Volatilização de amônia, devido à alta temperatura e pH alcalino.	Revirar a massa de compostagem e modificar a configuração geométrica para obter menores temperaturas.
		Anaerobiose devido ao excesso de umidade.	Adicionar composto maturado seco à massa de compostagem e cobrir a leira com uma camada de 15 cm de composto maturado.
		Anaerobiose devido ao longo ciclo de reviramento.	Seguir o ciclo correto de reviramento.
	Produção e liberação de chorume da pilha de compostagem	Excesso de umidade da massa de compostagem.	Corrigir o excesso de umidade e lavar a área afetada do pátio.
	Aumento de umidade das pilhas no período chuvoso	Anaerobiose devido ao excesso de umidade e produção de chorume.	Manter as leiras operando com umidade mínima (45%) e cobri-las com composto maturado seco.



MINISTÉRIO PÚBLICO DO ESTADO DO PARANÁ

CENTRO DE APOIO OPERACIONAL ÀS PROMOTORIAS DE PROTEÇÃO AO MEIO AMBIENTE

	Atração de moscas e mosquitos nas pilhas de compostagem	Material fresco em putrefação (leira molhada).	Cobrir a leira com uma camada de 15cm de palhoso durante os primeiros 10 dias (três primeiros reviramentos).
		Anaerobiose da massa de compostagem por excesso de umidade ou falta de oxigenação.	Seguir as medidas citadas anteriormente.
	PROBLEMA	POSSÍVEIS CAUSAS	MEDIDA A SER TOMADA
FASE DE MATURAÇÃO	Pilha registra alta temperatura	Presença de pouca quantidade de material ativo: a pilha permanece quente por 5 a 8 dias.	Deixar a pilha em repouso para que a maturação se processe normalmente e a temperatura caia para a faixa mesofílica (<45°C).
		Presença de grande quantidade de material ativo: material não está completamente degradado como deveria.	Continuar com o processo de compostagem (fase ativa) até que a temperatura permaneça na faixa mesofílica.
	Emissão de odor, atração de vetores (fatos que jamais deverão ocorrer na fase de maturação)	1ª fase de compostagem malfeita, processo mal operado.	Compostar o material com as recomendações sugeridas.
	Geração espontânea de vegetação nas pilhas em maturação	Colonização de sementes por pássaros, vento, etc.	Retirar toda e qualquer vegetação das pilhas.
Colonização emergente do próprio material (controle precário na 2ª fase do processo). Ex: ervas daninhas.		Não utilizar o material em atividades agrícolas nobres (hortas, jardins, etc.) e retoma-lo parcialmente para as leiras novas.	