

Guia para a Compostagem



Orientação para o aproveitamento de resíduos orgânicos em sistemas de pequeno e médio porte.

Coberta Sem Odores Sem Líquidos Rápida





O tema “compostagem” tem crescentemente ocupado a atenção dos que vivem nas cidades brasileiras e dos responsáveis por sua gestão. Isto é decorrência das pressões resultantes de ambientes urbanos cada vez mais adensados e complexos, que resultaram na definição recente de todo um conjunto de políticas públicas, inclusive para o equacionamento dos problemas gerados por expressivos volumes de resíduos urbanos. Boa parte destes problemas tem constituído a pauta básica do Programa Água Brasil.



Guia para a Compostagem

Coberta Sem Odores Sem Líquidos Rápida

Guia para a Compostagem



Orientação para o aproveitamento de resíduos orgânicos em sistemas de pequeno e médio porte.

Coberta Sem Odores Sem Líquidos Rápida

Este guia teve como base o conteúdo do manual preparado para intervenções na Área Metropolitana do Valle Aburrá, cedido mediante parceria estabelecida com a ACODAL NOROCCIDENTE, da Colômbia.



WWF - Brasil

Guia de Compostagem. Coordenação Geral de Tarcísio de Paula Pinto, Supervisão Técnica de Luis Anibal Sepulveda Villada, Colaboração de Piero Pucci Falgetano, Philippe Thibault, Helena Leite, Rafael Guiti Hindi, Wanderley Macedo dos Anjos. Brasília: WWF-Brasil, 2015.

104 p.: il; 21 x 21 cm

ISBN: 978-85-5574-008-4

1. Políticas Públicas. 2. Política Nacional de Resíduos Sólidos. 3. Manejo de resíduos. 4. Compostagem (composto orgânico).
I. Pinto, Tarcísio de Paula. II. Villada, Luis Anibal Sepulveda.
III. Título

CDD: 628-4

BANCO DO BRASIL

Vice-presidente de Agronegócios e Micro e Pequenas Empresas

Osmar Fernandes Dias

Gerente Geral de Negócios Sociais e Desenvolvimento Sustentável

Asclepius Ramatiz Lopes Soares

Gerente Executivo

Wagner de Siqueira Pinto

Gerente de Divisão

Márcio Luiz da Silva Gama

Superintendente Estadual do Acre

Marcolino José de Zorze Rodighero

Assessor Técnico

Rogério Fernandes Dias

ANA - AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS

Diretor - Presidente

Vicente Andreu Gillo

Diretor Área de Gestão

Paulo Varella

Superintendência de Implementação de Programas e Projetos

Ricardo Andrade

WWF – BRASIL

Secretário Geral

Carlos Nomoto

Superintendente Executivo de Políticas Públicas e Relações Externas

Henrique Lian

Coordenador do Programa Água Brasil

Antonio Cristiano Vieira Cegana

Coordenadora do Programa de Educação para Sociedades Sustentáveis

Mariana Antunes Valente

Analista de Conservação

Philippe Thibault

Flávio Quental Rodrigues

Abílio Vinicius Barbosa Pereira

Especialista de Conservação

Terezinha da Silva Martins

Analista de Comunicação

Adriana Rollemberg Mollo

Damaris Adamucci

EQUIPE TÉCNICA RESPONSÁVEL
I&T GESTÃO DE RESÍDUOS

Coordenação Geral

Tarcísio de Paula Pinto

Supervisão Técnica

Luis Anibal Sepulveda Villada

(Acodal Seccional Noroccidente, Colômbia)

Colaboração

Piero Pucci Falgetano

Helena Leite

Rafael Guiti Hindi

Wanderley Macedo dos Anjos

Maria Stella Magalhães Gomes

Projeto Gráfico

Luiz Alexandre Lara

Imagem da capa

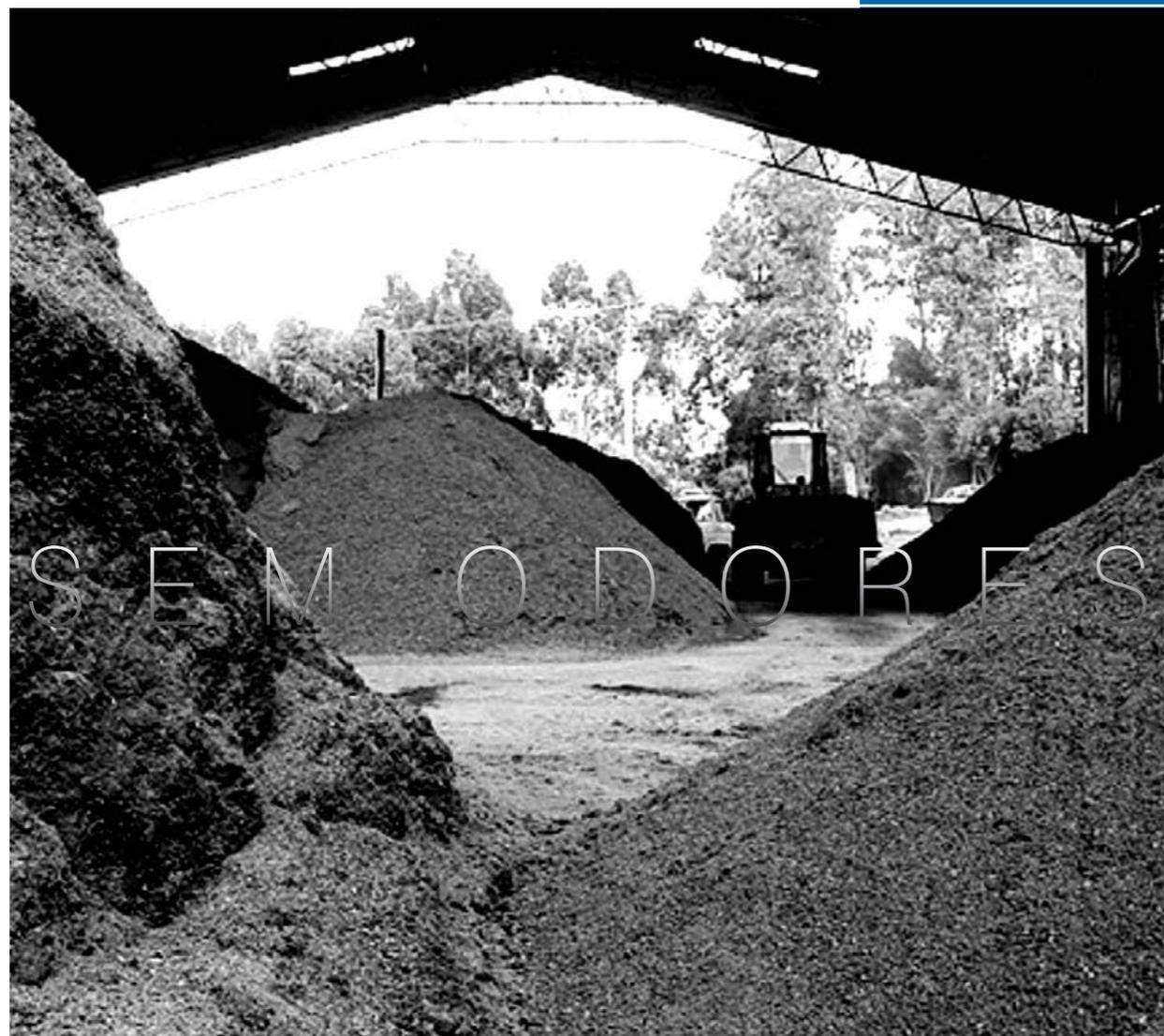
Ecocitrus, Cooperativa dos

Citricultores Ecológicos do Vale do Caí,

de Montenegro/RS

ÍNDICE

Apresentação	9	6. Guia para aproveitamento de resíduos orgânicos em projetos de pequena e média escala	46
1. Introdução	11	6.1. Uma nova estratégia	46
2. Panorama geral dos sistemas de compostagem no Brasil	14	6.2. Condições para o aproveitamento de resíduos orgânicos em pequena e média escala	50
3. Legislação, normas e programas brasileiros relacionados ao tema	22	6.3. Resíduos orgânicos utilizados na compostagem de pequena e média escala	53
4. Princípios básicos da compostagem	24	6.4. Materiais que não se pode incluir no processo de compostagem	54
4.1. Definição de compostagem	24	6.5. Considerações adicionais para a compostagem doméstica	54
4.2. O processo da compostagem	25	6.6. Sistemas de compostagem em pequena escala com aeração passiva ou natural	56
4.3. Etapas da compostagem	25	6.6.1. Passo a passo - sistema modular de compostagem com caixas plásticas	56
4.4. Condições do processo	22	6.6.2. Passo a passo – sistema modular de compostagem com paletes reutilizados	62
4.4.1. Aeração	28	6.7. Sistema modular de compostagem em baias, em média escala, com aeração forçada	69
4.4.2. Relação Carbono/Nitrogênio	31	6.8. Organização dos espaços para o aproveitamento dos resíduos orgânicos	77
4.4.3. Teor de umidade	33	6.8.1. Organização do ambiente para a compostagem em pequena escala	77
4.4.4. Temperatura	33	6.8.2. Organização da área de manejo para a compostagem em média escala	80
4.4.5. pH	34	6.9. Desafios e considerações finais	87
5. Tipos de Compostagem	35	Referências bibliográficas	89
5.1. Compostagem em grande escala ou industrial	35	Anexo	92
5.2. Compostagem em pequena escala	40		
5.2.1. Compostagem comunitária	40		
5.2.2. Compostagem doméstica	41		
5.3. Tipos de composteiras para pequena escala	41		
5.3.1. Compostagem em recipientes simples	41		
5.3.2. Composteiras mecânicas	43		
5.3.3. Composteiras automáticas	44		



Apresentação

A compostagem é um processo natural de decomposição da matéria orgânica por micro-organismos em condições bem definidas. Matérias primas tais como resíduos de cultivos, resíduos animais, restos alimentares e os resíduos industriais apropriados podem ser utilizadas para serem compostadas e em seguida, serem aplicadas ao solo como adubos naturais.

O tema “compostagem” tem crescentemente ocupado a atenção dos que vivem nas cidades brasileiras e dos responsáveis por sua gestão. Isto é decorrência das pressões resultantes de ambientes urbanos cada vez mais adensados e complexos, que resultaram na definição recente de todo um conjunto de políticas públicas, inclusive para o equacionamento dos problemas gerados por expressivos volumes de resíduos urbanos. Boa parte destes problemas tem constituído a pauta básica do Programa Água Brasil, eixo Cidades Sustentáveis.

O Programa Água Brasil é resultante da parceria entre WWF-Brasil, Banco do Brasil, Fundação Banco do Brasil e Agência Nacional de Águas. Está organizado em quatro eixos de atuação: Projetos Socioambientais, Comunica-

ção e Engajamento, Mitigação de Riscos e Negócios Sustentáveis e está presente em todos os biomas brasileiros, com projetos em sete bacias hidrográficas e cinco cidades. Estas cinco cidades piloto - Belo Horizonte (MG), Caxias do Sul (RS), Natal (RN), Pirenópolis (GO) e Rio Branco (AC) foram selecionadas de forma a contemplar as cinco regiões geográficas do país, e contemplar diferentes portes, para que as ações sejam replicadas em outros municípios brasileiros.

O Água Brasil vem tendo um papel fundamental no apoio a estas prefeituras municipais para a implementação da Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS). A atuação do Água Brasil no meio urbano tem como objetivo estimular a mudança de comportamento e valores em relação à produção e destino dos resíduos sólidos para diminuir a pressão sobre os recursos hídricos e incentivar a estruturação da cadeia da reciclagem, com a inclusão de catadores.

Foi no apoio às iniciativas de uma destas cidades que detectou-se a necessidade de preparação deste Guia de Compostagem. O apoio dado pelo Programa Água Brasil à construção do Plano de Gestão Integrada de

1 Introdução

A Política Nacional de Resíduos Sólidos, lei federal 12.305/2010, colocou como obrigatória a adoção da compostagem dos resíduos orgânicos.

Resíduos Sólidos do município de Rio Branco colocou novamente à vista, e fortemente, a importância da definição de soluções sustentáveis para os resíduos orgânicos.

Na imensa maioria das cidades e regiões brasileiras os resíduos orgânicos são fração predominante entre os resíduos urbanos, e não há como avançar na aplicação das recentes políticas públicas para resíduos, sem a definição de soluções efetivas para a redução de seus impactos e sua eliminação dos aterros.

A Política Nacional de Resíduos Sólidos, Lei Federal 12.305/2010, colocou como obrigatória a adoção da compostagem dos resíduos orgânicos.

Este guia, focado nos técnicos e outros agentes locais dos municípios brasileiros, adotou como objetivo central auxiliá-los a superar o período de descrença com a compostagem e informá-los de novas técnicas e procedimentos, muito mais eficientes e efetivos para o cumprimento de suas obrigações na destinação destes resíduos.

Contrapondo-se à descrença na efetivi-

dade dos processos de compostagem, decorrente de constantes e significativos fracassos das últimas décadas, surgiram recentemente novas práticas, mais organizadas e condizentes com as condições de países de clima tropical. Este guia apoiou-se nestas novas práticas e, ampliando a parceria para além das fronteiras brasileiras, compôs parceria com a ACO-DAL NOROCCIDENTE, da vizinha Colômbia, que gentilmente cedeu o conteúdo do manual preparado para intervenções na Área Metropolitana do Valle do Aburrá como base para este trabalho.

No guia, ao lado das experiências sistematizadas pelos parceiros técnicos colombianos, estão presentes as valiosas informações prestadas por parceiros de diversas instituições brasileiras, aos quais cabem sinceros agradecimentos pelo esforço no preparo e fornecimento de informações – Sérgio Pinheiro (SEMARH-RN), Cristiano Iwai (CETESB-SP), Alice Libânia (FEAM-MG), Rafael Volquind (FEPAM-RS), Geraldo Reichert (DMLU-POA), José Dantas de Lima (EMLUR – João Pessoa/PB), Kátia Beltrame (MK2R), Marcos José de Abreu (CEPAGRO, Florianópolis/SC), Cláudio Spínola (Morada da Floresta, São Paulo/SP) e às empresas de compostagem Vide Verde, do Rio de Janeiro, Procomposto e Composul, de Santa Catarina.

A compostagem tem uma importância especial para o Brasil, por nele estarem concentrados 20% dos solos agriculturáveis do planeta (BATISTA FILHO, 2007), o que, segundo a Associação Nacional para Difusão de Adubos, posiciona o país como o quarto maior consumidor da indústria mundial de fertilizantes (BRASIL, 2015). São quase 330 milhões de hectares, tratados em ampla maioria com adubos químicos, dos quais, segundo esta associação, 70% dos insumos são importados, a custos bastante elevados. Segundo um estudo do BNDES (DIAS; FERNANDES, 2006), a importação de adubos respondeu por aproximadamente 25% do déficit de US\$ 8 bilhões na balança comercial dos produtos químicos em 2005. Em 2014, a situação revelou-se mais preocupante pois este déficit subiu para US\$ 31,2 bilhões, sendo os fertilizantes os principais produtos químicos importados, com compras de 23,4 milhões de toneladas totalizando US\$ 7,7 bilhões (GLOBALFERT, 2015).

Segundo o Instituto Agrônomo de Campinas, cada um destes 330 milhões de hectares perde, ao ano, 25 toneladas de solo, carregadas por intempéries (BEZERRA; VEIGA, 2000). Perdem-se, além do próprio solo, os fertilizantes e a matéria orgânica imprescindível, impactando-se muitas das vezes os ma-

nanciais e cursos d'água, alguns de importância nacional como o Rio São Francisco.

Nesse quadro, aponta-se a existência de uma demanda mínima de 3,3 bilhões anuais de toneladas de matéria orgânica para recuperação dos solos agriculturáveis nacionais (BELTRAME, 2014), convivendo com uma oferta significativa de resíduos gerados em diversas atividades e que, muitas das vezes torna-se inaproveitada.

Uma dessas atividades é a própria vida urbana, em cidades onde se concentra 85% da população brasileira (INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA, 2011) e onde são geradas, estimativamente, 29 milhões de toneladas anuais de resíduos orgânicos que são depositados em lixões, alimentando urubus e outros vetores, ou dispostos em aterros sanitários, gerando gases de efeito estufa e potencializando as mudanças climáticas.

É clara e urgente a necessidade de resgatar estes resíduos, reduzindo seus impactos e, valorizando-os, fazer com que encontrem as demandas de um dos maiores produtores agrícolas do mundo.

Nos últimos anos, um conjunto de leis nacionais estabeleceu o marco regulatório para a gestão e manejo dos resíduos orgânicos e outros resíduos. Foram estabelecidas as

diretrizes para a gestão dos resíduos sólidos, por meio da Política Nacional de Resíduos Sólidos (Lei nº 12.305/2010), e para a prestação dos serviços públicos de limpeza urbana e manejo de resíduos por meio da Lei Federal de Saneamento Básico (Lei nº 11.445/2007). O Brasil conta também, desde 2005, com a Lei de Consórcios Públicos (Lei nº 11.107/2005) que permite estabilizar relações de cooperação federativa para a prestação desses serviços.

Especificamente sobre a relação entre resíduos e mudanças climáticas estão definidas, na Política Nacional sobre Mudança do Clima (Lei nº 12.187/2009), as diretrizes e objetivos que devem ser perseguidos.

Em alguns países, 20% da geração antropogênica do gás metano (CH₄) é oriunda dos resíduos humanos. O metano, gás de efeito estufa, é um gás com potencial de aquecimento global 21 vezes maior que o do gás carbônico (CO₂) e é emitido em grande escala durante o processo de degradação e aterramento de rejeitos e resíduos orgânicos. A alta geração do biogás nos aterros - uma mistura de gases provenientes de material orgânico, que tem como principal componente o metano - ocorre normalmente durante um período em torno de 15 anos, podendo durar até 50 anos.

O Plano Nacional sobre Mudanças do

Clima (PNMC) definiu metas para a recuperação do metano em instalações de tratamento de resíduos urbanos e para ampliação da reciclagem de resíduos sólidos. Coerentemente, a Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS) definiu entre os seus objetivos a adoção, o desenvolvimento e o aprimoramento de tecnologias limpas como forma de minimizar impactos ambientais - tais como a compostagem.

O principal documento legal referente à gestão dos resíduos é a Lei 12.305, da Política Nacional de Resíduos Sólidos. Ela estabelece princípios, objetivos, instrumentos e diretrizes para a gestão integrada e gerenciamento dos resíduos sólidos, indicando as responsabilidades dos geradores, do poder público, e dos consumidores. Define também princípios importantes como o da prevenção e precaução, do poluidor-pagador, da ecoeficiência, da responsabilidade compartilhada pelo ciclo de vida dos produtos, do reconhecimento do resíduo como bem econômico e de valor social, do direito à informação e ao controle social, entre outros.

Um dos objetivos fundamentais esta-



Resíduos Orgânicos
51% DO TOTAL
 De Resíduos Sólidos Urbanos
COLETADOS

belecidos pela Lei 12.305 é a ordem de prioridade para a gestão dos resíduos, que deixa de ser voluntária e passa a ser obrigatória: não geração, redução, reutilização, reciclagem, tratamento dos resíduos sólidos e disposição final ambientalmente adequada apenas dos rejeitos - os resíduos para os quais não existam processos viáveis dos pontos de vista tecnológico e econômico.

Pela Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS) as coletas seletivas deverão ser implementadas mediante a separação prévia dos resíduos sólidos nos locais onde são gerados, quaisquer que sejam seus tipos - úmidos, secos, industriais, da saúde, da construção civil etc. A implantação do sistema de coleta seletiva, responsabilidade compartilhada entre todos os agentes, é instrumento essencial para a recuperação e valorização dos resíduos, de qualquer tipo e origem.

A exigência do preparo de planos está presente em toda esta nova legislação. Na PNRS são exigidos o Plano Nacional de Resíduos Sólidos, os Planos Estaduais, os Municipais e os Planos de Gerenciamento de Resíduos Sólidos de alguns geradores específicos. Para estados e municípios a ausência do planejamento veda o acesso aos recursos federais.

O princípio da responsabilidade com-

partilhada pelo ciclo de vida dos produtos deve estar presente no planejamento das ações e nos planos municipais é exigido, clara e especificamente dos titulares dos serviços públicos de limpeza urbana e de manejo de resíduos sólidos: i) estabelecer sistema de coleta seletiva, e; ii) implantar sistema de compostagem para resíduos sólidos orgânicos e articular com os agentes econômicos e sociais formas de utilização do composto produzido (Art.36). Não poderia ser de outra forma, se na média brasileira os resíduos úmidos superam 51% em massa do total dos resíduos sólidos urbanos coletados.

As ações para mitigação das emissões de gases são extremamente necessárias para a minimização dos impactos no clima, que já são claramente observados. Os municípios, desta forma, compartilharão com a União os esforços para a efetivação dos compromissos internacionais já assumidos para redução das emissões nacionais.

Entre estas ações deverão estar as relacionadas à compostagem (reduzindo-se a emissão de metano em aterros), mas também aquelas que buscam redução do transporte de resíduos em geral (reduzindo-se a emissão de CO₂ pela queima de combustíveis), para a qual colaborarão intensamente as ações de reten-

2 Panorama

ção de resíduos na fonte geradora, com uso de composteiras locais.

Mas estas iniciativas dificilmente têm sucesso e se estabilizam se não são equacionadas as condições de gestão dos processos. Esta é uma fragilidade histórica dos municípios, à qual toda a nova legislação deu atenção significativa, avançando-se até a formulação da Lei Federal de Consórcios Públicos (Lei nº 11.107/2005). Por esta lei, os municípios pequenos quando associados, de preferência com os de maior porte, podem superar as fragilidades da gestão, racionalizar e ampliar a escala no tratamento dos resíduos sólidos, e ter um órgão preparado para administrar os serviços planejados. Assim, consórcios que integrem diversos municípios, com equipes técnicas capacitadas e permanentes serão os gestores das instalações necessárias.

A formação de consórcios públicos, que vem sendo estimulada pelo Governo Federal e por muitos dos Estados, ampliará a possibilidade de superação da fragilidade de gestão dos municípios, muito patente quando se analisa o histórico dos esforços pela compostagem no Brasil, e permitirá que aconteça o necessário salto de qualidade na gestão dos serviços públicos, em prol do desenvolvimento sustentável do país.

Panorama geral dos sistemas de compostagem no Brasil

O cenário atual e o histórico recente dos esforços pela implantação de iniciativas de compostagem não são condizentes com a dimensão do desafio que é promover a destinação adequada de 29 milhões de toneladas anuais de resíduos orgânicos.

As novas políticas públicas vêm impondo melhorias, tal como a redução do volume de resíduos dispostos inadequadamente, detectáveis nas Pesquisas Nacionais de Saneamento Básico (PNSB) conduzidas pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE). Entre a PNSB de 2000 e a de 2008 este volume reduziu-se de 58 para 39%, e atualmente é certamente menor.

A alteração vem também ocorrendo no número de instalações de compostagem em operação no país. As PNSB de 1989, 2000 e 2008 detectaram respectivamente 80, 140 e 211 instalações públicas - número muito aquém do necessário para a destinação de fração tão importante dos Resíduos Sólidos Urbanos (RSU) dos 5.570 municípios. Conforme estimativa do IPEA (INSTITUTO DE PESQUISA ECONÔMICA APLICADA, 2012), apenas 1,6% dos resíduos orgânicos é levado ao tratamento por compos-

tagem; os 98,4% restante estão gerando impactos em lixões e em aterros sanitários.

Há uma notável concentração das iniciativas públicas na região sul e sudeste do país, com 200 das 211 instalações detectadas em 2008 (destas 78 em Minas Gerais e 66 no Rio Grande do Sul). A Associação Brasileira das Indústrias de Tecnologia em Nutrição Vegetal (Abisolo) aponta a existência atual de 189 empresas produzindo fertilizantes orgânicos,

também concentradas nas regiões sul e sudeste (BELTRAME, 2014).

Análise pela capacidade produtiva

Sistematicamente as instalações públicas são de pequeno porte, processando parcela pouco significativa dos resíduos urbanos gerados, o que reflete uma descrença com a possibilidade de sucesso neste tipo de tratamento.

Figura 1: Presença das instalações públicas (PNSB, 2008) e privadas (Abisolo, 2015) nas UF.

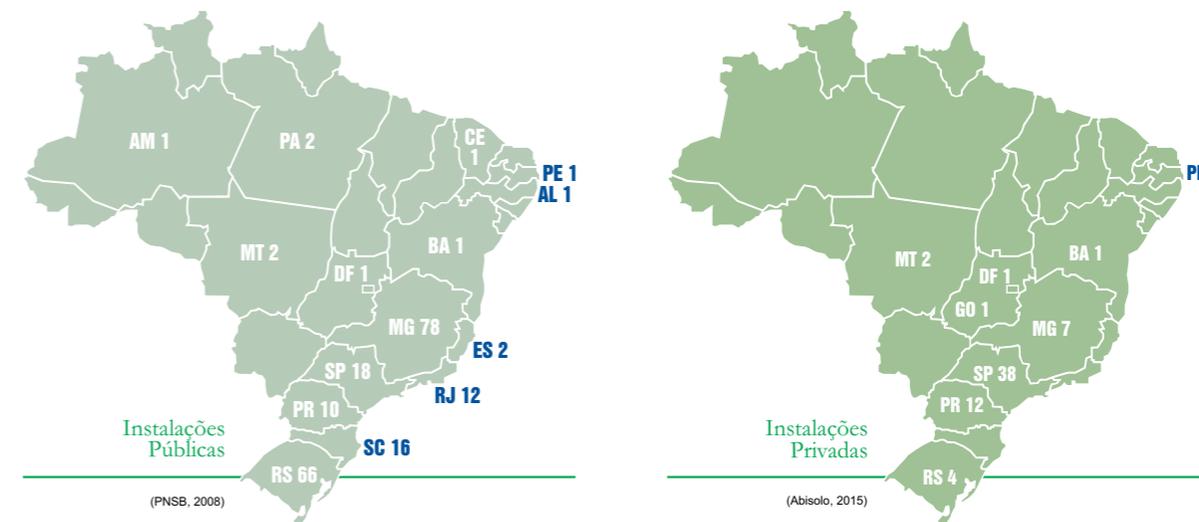




Figura 2:
Brasília, SLU-UTCL e
Usina em São José do Rio Preto/SP.



São exceções as instalações de Brasília (256 e 124 t/dia de resíduos processados), de São José dos Pinhais no Paraná (produção de 150 t/dia de composto) e de São José do Rio Preto em São Paulo (produção de 80 t/dia de composto).

Entre as instalações privadas também predominam as de pequeno e médio porte, voltadas ao atendimento do mercado de adubo orgânico local. Há um número bastante significativo de operações no interior de processos industriais realizando tratamento de seus próprios resíduos. Quanto ao porte, são exceções algumas novas unidades (Montenegro/RS, Uberlândia/MG e Jundiaí/SP) que operam quantidades muito significativas, algumas acima de 150 t/dia, a partir de resíduos da agroindústria, colocando no mercado fertilizantes organo minerais.

Análise pelo tipo de tecnologia adotada

Em instalações públicas há um predomínio marcante do processamento em leiras comuns, a céu aberto, com reviramento contínuo. Há alguns exemplos de instalações de pequeno porte, cobertas, operando com aeração forçada (Santa Maria Madalena/RJ) e também com recontaminação com o lixiviado



Figura 3:
Usina Ecocitrus, Montenegro/RS e
Tera Ambiental, Jundiaí/SP.



(Cantagalo/RJ). Há um exemplo de instalação coberta, de grande porte, operando com leiras reviradas por equipamento mecânico (São José do Rio Preto/SP), um exemplo da sobrevivência de processo mecanizado, Dano, em instalação de Brasília e, além deles, um exemplo de compostagem acelerada, de grande porte, com inoculação de catalisadores (São José dos Pinhais/PR). Há exemplos recentes de inovação em processos convencionais, com processo a céu aberto, mas baseado em pilhas estáticas preparadas sobre base de galharia que permita ampliar a capacidade de aeração passiva (Florianópolis - UFSC e Comcap).



Figura 4:
Processo UFSC, Florianópolis/SC (Cepagro).

Em instalações privadas também há um predomínio do processamento em leiras co-

Apenas 1,6%
DOS RESÍDUOS ORGÂNICOS
SÃO TRATADOS POR
Compostagem
EM NOSSO PAÍS

mun, a céu aberto, com reviramento mecânico continuado. Há exemplos de instalações operando com aeração forçada e exemplo de instalação inovando na forma de apresentação do produto, produzindo fertilizante orgânico mineral na forma de peletes que ampliam o tempo de disponibilização dos nutrientes para as culturas (Uberlândia/MG).

Análise pelo tempo de existência

A história de fracassos é recorrente, em todos os estados brasileiros, mas há alguns exemplos de instalações que resistiram ao tempo - a de Brasília, operando desde 1963, a de Belo Horizonte operando desde 1996, a de Porto Alegre operando desde 2000.

No panorama nacional pode ser ressaltada a ausência de iniciativas públicas para a retenção dos resíduos orgânicos junto às fontes geradoras. Não tem havido iniciativas além da defesa genérica, em vários municípios, das vantagens da compostagem doméstica, o que

provavelmente ditou a pequena oferta de dispositivos de compostagem no mercado nacional.

Exceção nesta situação é a iniciativa da administração de São Paulo que, após traçar no Plano de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos (PGIRS) a meta de retenção dos orgânicos gerados em 30% dos domicílios, em 20 anos, iniciou programa com distribuição gratuita de composteiras (duas mil iniciais) que resultará em significativa redução dos custos de manejo desta fração importante dos resíduos (SÃO PAULO, 2014).

Análise pela forma de gestão adotada

Entre as instalações públicas que podem ser consideradas significativas, ocorre a gestão direta por prefeituras (Tibagi e Biturana, ambas no Paraná), por órgãos locais estruturados para o gerenciamento de resíduos (SLU de Belo Horizonte, DMLU de Porto Alegre e Comcap de Florianópolis), por Consórcio Público (Cigres, no



Figura 5: Usina Belo Horizonte/MG (SLU, 1996) e Usina Porto Alegre/RS (DMLU, 2000).



Figura 6: Unidades de pequeno porte em Tibagi/PR e Biturana/PR.



Rio Grande do Sul) e por convênio com associação local de recicladores (Sauípe/BA, Santa Cecília do Sul/RS e Florianópolis/SC).

Algumas das experiências públicas significativas devem parte de sua estabilidade à sua integração com outras atividades de manejo como a triagem de resíduos secos e o aterramento local de rejeitos.

É o caso de Rio Branco, no Acre, com a compostagem inserida em uma Unidade de Tratamento de Resíduos, de Catas Altas em Minas Gerais, operando ao lado do complexo de valas que recebe os rejeitos locais, de Tibagi e Biturana, no Paraná (Figura 6).



Figura 7:
Unidades integradas em Rio Branco/AC e Catas Altas/MG.



Convivendo com alguns bons exemplos de gestão eficiente, há um quadro significativo de fracassos nas iniciativas por todo o país, com perda de investimentos realizados. Os bons exemplos provêm de prefeituras compromissadas, de órgãos locais bem estruturados e, novidade, da presença de consórcio público gestor do processo. E há exemplo de gestão eficaz promovida por associação local de recicladores envolvida no processo. Conclui-se que constituir atualmente uma iniciativa significativa no território nacional decorreu antes do mais, da presença local de solução de gestão que permitiu a eficácia e a sobrevivência do investimento, independente da tecnologia utilizada.

A hipótese que pode ser lançada é que perseguindo-se e privilegiando-se uma solução estável de gestão, a opção por técnicas menos complicadas de processamento dos resíduos orgânicos possibilitará uma ampliação do grau de sucesso destas iniciativas - este é o intuito deste Guia de Orientação.



Figura 8:
Unidades abandonadas por incapacidade de gestão (RIO GRANDE DO NORTE, 2012).

3 Legislação

Legislação, normas e programas brasileiros relacionados ao tema

Nas últimas décadas o Brasil se transformou de um país agrário em um país urbano, concentrando, em 2010, aproximadamente 85% da sua população em áreas urbanas (INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA, 2011).

O crescimento da maioria das cidades foi marcado pela falta de infraestrutura e serviços que atendessem às demandas necessárias ao saneamento básico, no qual se inclui a gestão e manejo dos resíduos sólidos e da limpeza urbana.

O país observou uma ampliação de sua economia sem que houvesse, conjuntamente, um incremento na capacidade de gestão dos problemas causados pela concentração da população nas cidades.

Em 2001, com a aprovação do Estatuto das Cidades foram estabelecidos novos marcos regulatórios de gestão urbana, como as leis de saneamento básico e de resíduos sólidos. O estatuto regulamentou os artigos 182 e 183 da Constituição Federal e estabeleceu as con-

dições necessárias para uma reforma urbana nas cidades brasileiras. Obrigou os principais municípios do país a formular seu Plano Diretor visando promover o direito à cidade nos aglomerados humanos em vários aspectos: sociais (saúde, educação, lazer, transporte, habitação, dentre outros), ambientais, econômicos, sanitários etc.

Atualmente o Brasil conta com um arcabouço legal consistente, com destaque para três leis que constituem o tripé fundamental norteador das políticas públicas e outras responsabilidades relacionadas com o tema deste manual. São elas: Lei Federal de Saneamento Básico (Lei nº 11.445, de 2007), a Política Nacional sobre Mudanças do Clima (Lei nº 12.187, de 2009) e a Política Nacional de Resíduos Sólidos (Lei nº 12.305, de 2010).

Mesmo existindo dispositivos editados em anos anteriores, as três leis determinam um novo marco legal para as iniciativas em relação aos resíduos orgânicos (e a outros), determinando em muitos casos a correção de

posturas. Muitos estados brasileiros desenvolveram suas políticas estaduais refletindo o que é exigido por essas leis federais, mas outros já haviam passado por este processo e, desta maneira, existem pontos divergentes que, necessariamente, deverão ser compatibilizados com o estabelecido nas políticas nacionais.

No Anexo é apresentada uma síntese das normas e programas de interesse para o aproveitamento de resíduos em geral e dos orgânicos em particular, que se mostrarão úteis para a tomada de decisões que visem o aproveitamento dos resíduos, especialmente nos contextos urbanos. Nele estão presentes, inclusive, as diretrizes do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA) referentes à produção e comércio de fertilizantes, corretivos, inoculantes ou biofertilizantes destinados à agricultura.

4 Princípios

Princípios básicos da compostagem

4.1. Definição de compostagem

A Política Nacional de Resíduos Sólidos desde 2010 definiu entre seus objetivos a adoção, desenvolvimento e aprimoramento de tecnologias limpas como forma de minimizar impactos ambientais. Estabeleceu como responsabilidade dos titulares dos serviços públicos de limpeza urbana e de manejo de resíduos sólidos a implantação de sistema de coleta seletiva (válida também para os orgânicos) e de sistema de compostagem, articulando com os agentes econômicos e sociais formas de utilização do composto produzido.

A compostagem, juntamente com a vermicompostagem (minhocultura) e a biodigestão, se constitui em uma das alternativas para aproveitamento de resíduos orgânicos. A norma técnica brasileira NBR 13591 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 1996) define a compostagem como o processo de decomposição biológica da fração orgânica biodegradável dos resíduos, efetuado por uma população diversificada de organismos, em condições controladas de aerobiose (com

presença de oxigênio) e demais parâmetros, desenvolvido em duas etapas distintas: uma de degradação ativa e outra de maturação. A etapa de maturação é definida como o processo bioquímico de humificação (conversão do resíduo em húmus – componente orgânico do solo, de coloração marrom-escura).

O mesmo documento define o produto final da compostagem como “composto”, um termo genérico usado para designação do produto maturado (bioestabilizado, curado ou estabilizado), proveniente da biodigestão da fração orgânica biodegradável. Reserva, no entanto, para os produtos da compostagem que atendem à legislação vigente (do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento) o termo “composto orgânico” ou “fertilizante orgânico composto”.

Pela norma brasileira os processos são classificados em “compostagem natural”, método de compostagem que utiliza exclusivamente aeração natural, ou “compostagem acelerada”, método de compostagem que utiliza equipamentos eletro-mecânicos, objetivando acelerar o início do processo biológico, com a manutenção de um ambiente controlado.

São, de qualquer forma, processos que pela ação de micro-organismos em condições controladas de aeração, umidade, relação

entre Carbono e Nitrogênio, e granulometria (textura) transformam os resíduos degradáveis em um produto “estável” e higienizado, aplicável ao solo como fertilizante ou substrato (YU; CLARK; LEONARD, 2008).

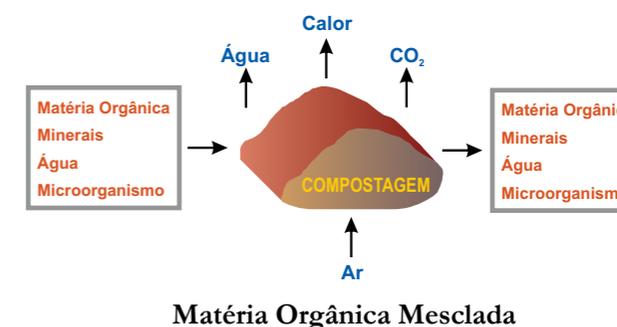
4.2. O processo da compostagem

A partir de uma quantidade adequada de resíduos orgânicos, estarão presentes a matéria orgânica, minerais e micro-organismos para que nas condições de aeração e umidade apropriadas, se produzam as reações de decomposição.

Na pilha de resíduos, os diferentes grupos de micro-organismos começam a trabalhar rompendo as moléculas das mais simples às mais complexas, transformando-as em composto. Trata-se de um processo natural, assim como em uma mata as folhas secas se convertem em húmus. O homem, pela compostagem, somente trata de propiciar as condições adequadas para acelerar um processo que vai gerar um produto de cor escura, de consistência leve e cheiro de terra, sem nenhuma similaridade com os materiais que o originaram.

Em termos de fluxo de materiais, com 100kg de resíduos orgânicos se obtém entre 30 e 40kg de composto, menos da metade do material inicial; o resto se transforma principalmente em CO₂ e vapor de água (o vapor

de água arrasta outros compostos como NH₃ e SO₄).



Matéria Orgânica Mesclada

Figura 9: Processo de compostagem (TRAUTMANN; KRASNY, 1997)

Durante o processo, como consequência da oxidação do carbono sendo transformado em CO₂, se produz energia em forma de calor. Este calor é mantido na massa de resíduos em transformação, aquecendo o material a temperaturas que podem alcançar 75°C nas áreas interiores da pilha de compostagem; a temperatura varia em função da dimensão da pilha e do tipo de resíduo.

4.3. Etapas da compostagem

Preparação

Os resíduos orgânicos excedentes dos alimentos durante sua preparação: cascas de frutas, verduras, assim como as sobras sólidas de alimentos já preparados, de todo tipo de carnes

e outros, são separados e armazenados em recipientes com tampa (estes resíduos normalmente são muito úmidos, com umidade na faixa entre 75 e 85%). Folhas de podas do jardim, flores e caules picados, também podem ser separados e armazenados. Estes resíduos, antes que se inicie a compostagem, devem ser preparados para se controlar sua umidade (o excesso de água), para alcançar uma relação balanceada entre carbono e nitrogênio (C/N) e para ter uma textura e tamanhos adequados. Os plásticos, vidros, papéis e metais, obviamente não devem ser misturados com os resíduos orgânicos que vão para a compostagem, uma vez que não são transformados pelas bactérias e irão contaminar o composto produzido.

A umidade, que deve ser estabelecida na faixa entre 55 e 65%, pode ser controlada por meio da adição de serragem, aparas e cavacos finos de madeira (maravalha), capim ou grama seca, folhas secas moídas, composto seco, ou uma mescla destes vários materiais. A mistura, de extrema importância para a estabilidade do processo, deve ser feita na proporção de 2 ou 3 volumes de alimentos, por um volume dos materiais indicados.

O tamanho das partes dos resíduos a serem compostados pode estar entre 1 a 10

cm (como um bagaço de laranja). Em geral, não há necessidade de picar os resíduos, salvo alguns de grande tamanho como a parte superior do abacaxi, cascas de melancia ou maçãs inteiros etc.

As fases a seguir correspondem ao desenvolvimento sucessivo de diferentes comunidades microbianas, essencialmente bacterianas, fungos e actinomicetos.

Decomposição Mesófila

No início do processo, os resíduos assim preparados estão à temperatura ambiente (menor que 40°C). Os micro-organismos chamados mesófilos se multiplicam rapidamente e, com grande atividade metabólica (transformação de alguns compostos como açúcares e aminoácidos), a temperatura sobe até 40°C em dois a três dias, e se produzem ácidos orgânicos que fazem baixar o pH.

Decomposição Termófila

Nesta fase, a temperatura é superior a 40°C e sobe até alcançar 60° a 65°C. Micro-organismos, chamados termófilos, transformam o nitrogênio (N) em amoníaco (NH₃), alterando o pH para alcalino. Entre os 60° e 65°C, estes fungos termófilos desaparecem e surgem os esporos bacterianos e os actinomicetos, que tem capacidade para decompor substâncias orgânicas como as ceras, as proteínas e as

hemiceluloses. Esta fase dura de 12 a 16 dias, quando a temperatura começa a se reduzir.

Decomposição Mesófila de Esfriamento

Com a temperatura se reduzindo para menos que 40 ou 45°C reaparecem os fungos termófilos, que reinvadem a parte superior do resíduo (cobertura) e conseguem decompor compostos como a celulose. Abaixo dos 40°C, os mesófilos também reiniciam sua atividade e o pH do resíduo diminui ligeiramente. Esta fase dura de 15 a 20 dias.

Maturação

Se realiza expondo o composto à temperatura ambiente e protegido da chuva. Em pequena escala são suficientes 15 dias de processo, que pode se estender ao máximo de 60 dias quando tratados volumes maiores, a depender do tipo de resíduo. Durante este período, se produzem reações secundárias de condensação e polimerização do húmus; o consumo de oxigênio diminui e a fitotoxicidade do composto deve estar controlada; a relação C/N baixa a valores entre 15 e 20.

Refinamento

Se realiza com um peneiramento para homogeneizar e melhorar o tamanho de partículas do composto (sua granulometria), para regular a umidade a valores menores que 40% e remover o resíduo não compostado ou impurezas. Neste momento, quando necessário, coletam-se amostras para análise de laboratório e controle de qualidade, e é realizado o empacotamento.

Na figura a seguir resumem-se as diferentes etapas do processo e as variações típicas de temperatura durante a transformação e estabilização da matéria orgânica biodegradável em condições aeróbias, em função do tempo.

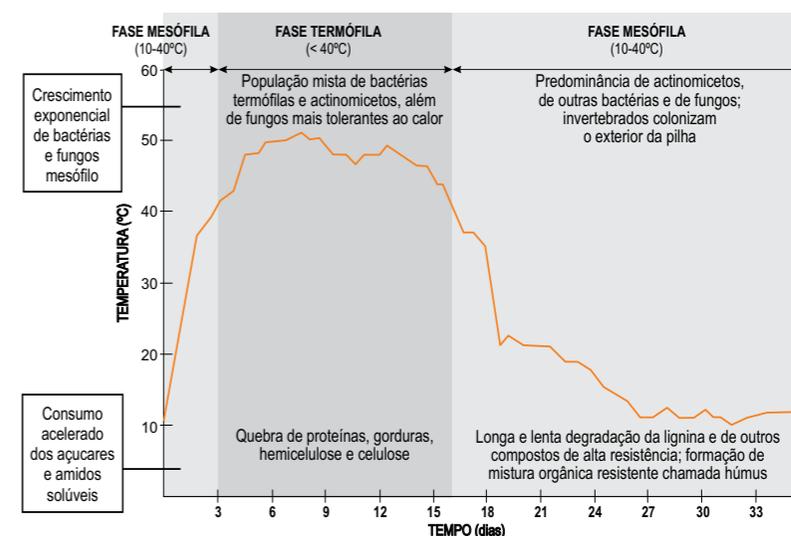


Figura 10: As fases da compostagem (TRAUTMAN; KRASNY, 1997).

Quanto maior é a quantidade de resíduos que se composta, maior é a energia liberada, favorecendo o aumento da temperatura. Este ponto do processo é muito importante para que as altas temperaturas alcançadas higienizem o material (quando acima de 55°C), ou seja, sejam destruídos os patógenos, protozoários e sementes que possam ser prejudiciais para a saúde ou para os cultivos.

Se o processo se desenvolve corretamente, quando as moléculas se decompõem, a atividade microbiana diminui e volta a baixar a temperatura do material até atingir equilíbrio com a temperatura ambiente.

4.4. Condições do processo

Os protagonistas da compostagem são os micro-organismos e para que estes possam trabalhar nas melhores condições deve-se:

- a)** preparar uma mistura de resíduos homogênea e porosa;
- b)** fornecer matéria orgânica de composição diversificada e na relação C/N adequada (em torno de 30);
- c)** dispor de oxigênio suficiente (ar com teor de oxigênio igual ou superior a 10%);
- d)** contar com um teor de umidade adequado (em torno de 60%);

e) manter uma temperatura adequada (maior ou igual a 55°C).

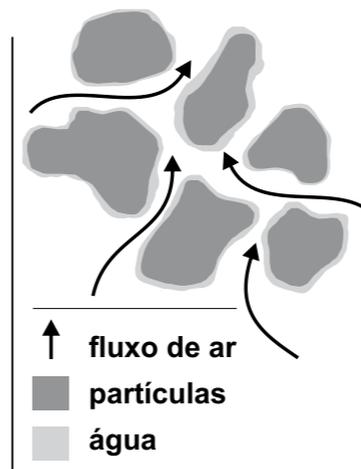
A mistura homogênea de diferentes tipos de resíduos orgânicos equilibra a umidade do conjunto – os restos de cozinha, folhas e outros materiais úmidos, devem ser misturados com ramos, arbustos e outros restos de poda mais secos e estruturantes, com tamanhos entre 2 e 6cm, ou ainda com serragem e aparas de madeira.

4.4.1. Aeração

Com a finalidade de obter uma compostagem em boas condições e que se realize de maneira eficiente e rápida, evitando mau odor, é imprescindível assegurar a presença de oxigênio, necessário para a evolução do processo de decomposição aeróbia. O oxigênio deve ser suficiente para manter a atividade microbiana e em nenhum caso deve se chegar a condições anaeróbias, já que resultariam em uma queda no rendimento e gerariam mau odor.

Para conseguir uma boa distribuição de oxigênio em toda a massa, se faz necessária a adição de um material de suporte (folhas, triturado de poda ou de madeira, sempre secos) que proporcione a estrutura e porosidade para os resíduos compostarem.

Figura 11: Importância do material estruturante (TRAUTMANN; KRASNY, 1997)



Existem várias alternativas de aeração dos resíduos em compostagem:

- a)** por convecção natural: composteiras pequenas, de poucos litros até 5m³, podem ser projetadas e produzidas de forma que:
 - se proporcione entrada de ar pelo piso – mantendo-o elevado, e usando um piso perfurado ou com aplicação de uma tela;
 - se permita a aeração lateral – com perfurações ou usando tela na construção das composteiras;
 Desta forma o ar penetra na massa de resíduos misturados e isto permite a

redução ou eliminação do revolvimento do material;

b) com reviramento manual: no caso de se fazer leiras ou pilhas pequenas (comumente com 1,5m de altura e 2,5m de largura) se pode realizar reviramento manual da pilha a cada 2 ou 3 dias;

c) com aeração forçada: instalações projetadas para tratar resíduos a partir de 1 tonelada diária, em pilhas mais elevadas (em torno de 2,5m de altura),

Figura 12: Processos de aeração na compostagem (Acodal Noroocidente, Acodal Noroocidente, Geociclo, PM Catas Altas)



podem ser aeradas por meio de uma bomba sopradora; a bomba deve ter capacidade de prover 500m³ diários de ar para cada tonelada de resíduo misturado;

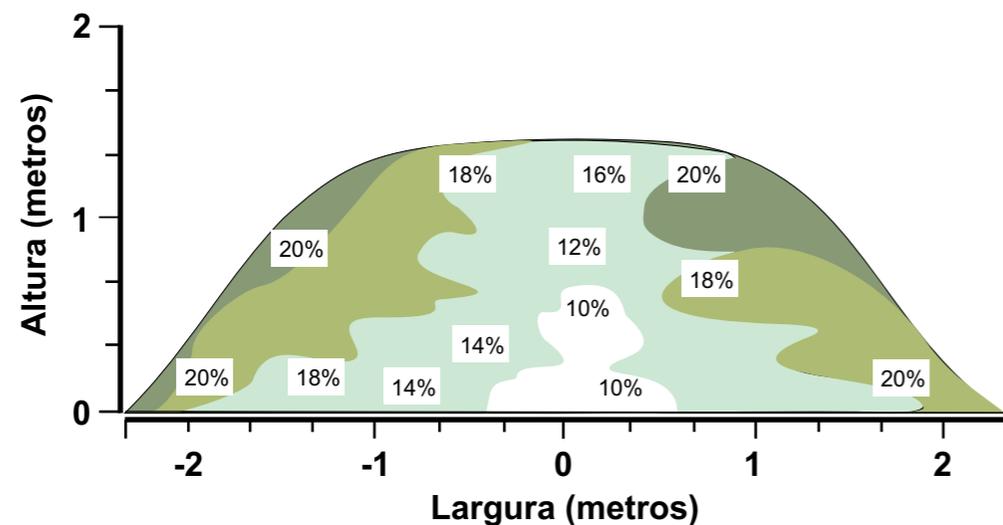
d) por meio de máquinas reviradoras, especializadas neste serviço.

No princípio da atividade dos micro-organismos aeróbios, a concentração de oxigênio (O₂) nos espaços porosos é aproximadamente de 15 a 20% (similar à composição normal do ar) e a concentração de dióxido de carbono

(CO₂) varia de 0,5 a 5%. Com o progresso da atividade biológica, diminui a concentração de O₂ e aumenta a concentração de CO₂. Se a concentração média de O₂ no material for menor que 5%, a decomposição do material torna-se anaeróbia (SZTERN; MGA y PRAVIA, 1999).

As concentrações de oxigênio acima dos 10% são consideradas ótimas para manter a pilha de resíduos em um meio aeróbio. Alguns sistemas de compostagem podem manter um nível de oxigênio adequado mediante mecanismos passivos ou naturais de aeração.

Figura 13: Concentração de oxigênio em uma pilha de compostagem.



Outros sistemas requerem a aeração ativa, com sopradores ou viradas da pilha. Na Figura 13, observa-se a distribuição desigual da concentração de oxigênio em uma pilha.

4.4.2. Relação Carbono/Nitrogênio

Uma das primeiras tarefas para desenvolver com êxito uma atividade de compostagem é alcançar a correta combinação dos ingredientes iniciais, especialmente a relação entre carbono e nitrogênio (C/N). A relação ideal é entre 25 e 30 por 1 e decrescerá a 15 por 1 no composto final (a relação C/N diminui 2/3 com o tempo porque parte do carbono se perde como CO₂ durante o processo de compostagem). A relação entre carbono (C) e nitrogênio (N), se necessário, pode ser ajustada com resíduos ricos em N, como o esterco de galinha, cavalos e bovinos.

Uma relação mais baixa significa que o nitrogênio estará em excesso e se perderá como amoníaco (NH₃), ocasionando alto consumo de oxigênio e, criando assim condições anaeróbias na composteira ou na pilha, gerando mau cheiro. Relações mais altas significam que não haverá nitrogênio suficiente para o crescimento ótimo das populações microbianas; assim o composto torna-se relativamente frio e a degradação se processará a uma taxa lenta.

Em geral, os materiais que são verdes e úmidos tendem a ser ricos em nitrogênio, e os que são marrons e secos são ricos em carbono. Os materiais ricos em nitrogênio incluem a grama, as podas de plantas e os restos de frutas. Os materiais de cor café, tais como as folhas secas, as aparas de madeira, serragem e o papel, são ricos em carbono.

Na Tabela 1 são apresentados os valores de carbono e nitrogênio para alguns resíduos sólidos orgânicos específicos e sua umidade típica, pelos quais pode-se ajustar uma fórmula inicial. Estes valores são orientativos. Para maior precisão, em aplicações industriais onde é necessário calcular a relação C/N da mistura a ser compostada, recomenda-se realizar a caracterização dos materiais mediante ensaios laboratoriais dos parâmetros mencionados.

Os processos aqui descritos acontecem pela ação de micro-organismos em condições controladas de:

- aeração,
- umidade,
- relação Carbono e Nitrogênio,
- granulometria (textura).

Que transformam os resíduos degradáveis em produto estável e higienizado, aplicável ao solo como fertilizante ou substrato.

Material orgânico	Composição aproximada base seca		Relação C/N	% umidade
	% de carbono	% de nitrogênio		
Esterco de suínos	40	3,1	13	80
Papel jornal	40	0,1	400	5
Resíduos de comida	35	1,9	19	69
Pó de café	40	2,0	20	60
Restos de frutas	56	1,4	40	80
Casca de arroz	36	0,3	120	14
Gramma cortada	58	3,4	17	82
Folhas verdes	50	3,1	16	70
Folhas secas	49	0,9	54	38
Esterco de bovinos	47	2,5	19	81
Esterco de equinos	48	1,6	30	72
Esterco de carneiros	43	2,6	17	67
Esterco de galinha	45	7,0	7	68
Serragem	40	0,1	400	10
Aparas de madeira (cavacos, maravalha)	40	0,1	400	5
Ureia	0	46,0	-	0

Tabela 1: Valores de referência de carbono, nitrogênio, relação C/N e umidade em matérias primas para a compostagem (RICHARD; TRAUTMANN; KRASNY; FREDENBURG; STUART, 2005) (valores arredondados).

Uma vez que se tenha as relações C/N para os materiais que se planeja compostar, se pode utilizar a seguinte fórmula para calcular a proporção da mistura em seu conjunto:

$$R = \frac{(Q1 (C1 \times (100-M1)) + Q2 (C2 \times (100-M2)) + Q3 (C3 \times (100-M3)) + \dots)}{(Q1 (N1 \times (100-M1)) + Q2 (N2 \times (100-M2)) + Q3 (N3 \times (100-M3)) + \dots)}$$

Onde:

R = Relação C/N da mistura de fertilizante.

Qn = Massa do material (ao natural, "peso úmido")

Cn = Carbono (%) do material n.

Nn = Nitrogênio (%) do material n.

Mn = Teor de umidade (%) do material n.

4.4.3. Teor de umidade

A umidade é um componente crítico para alcançar a otimização da compostagem, por ser este um processo biológico de decomposição da matéria orgânica e a presença de água é imprescindível para as necessidades fisiológicas dos micro-organismos que intervêm neste processo, pois a água é o meio de transporte das substâncias solúveis que servem de alimento às células, assim como dos produtos resultantes desta reação.

situam o teor ótimo de umidade em torno de 55 e 65% e consideram valores abaixo de 40% como condição de estresse hídrico (FINSTEIN, 1985).

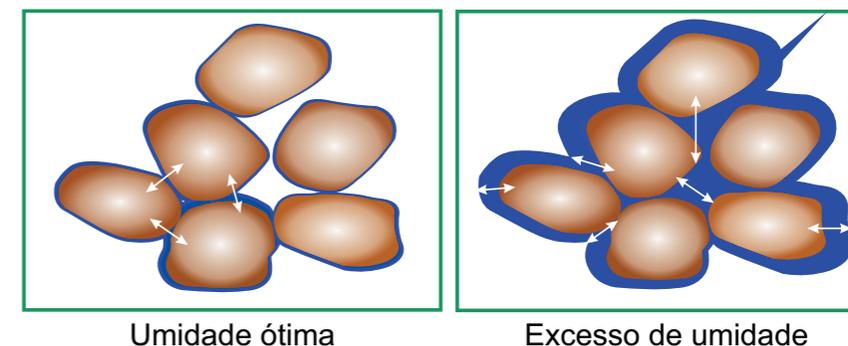


Figura 14: Teor de umidade na massa do composto.

A umidade pode ser um fator limitante do processo de compostagem – se baixar para menos de 40%, a atividade microbiana torna-se mais lenta e, por outro lado, se exceder 65% se dificulta a circulação de ar pela massa (ver Figura 14) (DOMÍNGUEZ; ELVIRA; SAMPE-DRO, 1996). Recomenda-se fortemente misturar materiais secos com materiais úmidos para controlar a umidade excessiva e a presença de líquidos lixiviados no processo de compostagem. Os valores ótimos para a faixa de umidade encontram-se, portanto, entre 40 e 60% (CHIUMENTI; CHIUMENTI; DIAZ; SAVAGE; EGGERTH; GOLDSTEIN, 2005). Vários autores

4.4.4. Temperatura

No processo de compostagem é uma das variáveis de maior importância, influencia a mineralização e o crescimento das populações microbianas e estas, por sua vez, influenciam as reações exotérmicas de decomposição das cadeias de compostos orgânicos. A combinação dos fatores temperatura, umidade, aeração e relação C/N definem a eficiência dos processos oxidantes da matéria orgânica biodegradável. As faixas mais aceitas oscilam entre 50 e 60°C,

ainda que alguns autores indiquem que a máxima produção de CO₂ se dê entre 60 e 65°C, o que resultaria na máxima velocidade de compostagem (EPSTEIN, 1997).

4.4.5. pH

O pH (potencial hidrogeniônico) é um bom indicador da forma como evoluiu o processo de decomposição. Na compostagem, o pH normalmente baixa ligeiramente durante as primeiras etapas do processo (em torno de 5) devido à formação de CO₂ e ácidos orgânicos. Os ácidos servem como substratos para as futuras populações microbianas. Posteriormente, o pH começa a subir, e pode chegar a níveis tão altos quanto 8 e 9, como consequência da liberação de CO₂, da aeração da biomassa e da produ-

ção de amoníaco pela degradação das proteínas (DÍAZ, 2010). Valores de pH ácido indicam ausência de maturação devido, geralmente, a um tempo de compostagem muito curto ou à ocorrência de processos anaeróbios na massa.

O processo de compostagem se realiza dentro de uma faixa ampla de valores de pH. Os valores ótimos para a mistura de início estão entre 5,5 e 8,0, levando em consideração que as bactérias preferem um pH próximo do neutro, enquanto os fungos preferem as condições ácidas (CHIUMENTI; CHIUMENTI; DIAZ; SAVAGE; EGGERTH; GOLDSTEIN, 2005).

Em resumo, as melhores condições para o desenvolvimento do processo são as sintetizadas na tabela a seguir.

Tabela 2: Níveis aceitáveis dos fatores físico químicos para a compostagem e os valores ótimos (CHIUMENTI; CHIUMENTI; DIAZ; SAVAGE; EGGERTH; GOLDSTEIN, 2005).

Nº	Fator considerado	Intervalo aceitável	Valor ótimo
1	Composição inicial da mistura, relação C/N (%)	25 a 35:1	30:1
2	Potencial de hidrogênio na mistura inicial, pH	5,5 a 8,0	7,00
3	Teorde umidade na mistura durante a compostagem (%)	40 a 60%	60%
4	Teorde oxigênio no ar dentro da câmara de compostagem (%)	5 a 15%	mínimo: 10%
5	Temperatura na etapa termófila (°C)	entre 55 e 65	60°
6	Tamanho das partículas do material (cm)	em geral de 1 a 5 cm e para materiais lenhosos, 1 a 2 cm	1 a 2 cm

5 Tipos

Tipos de compostagem

São diversos os tipos de compostagem. Alguns bastante antigos e já inadequados para determinadas necessidades de um mundo muito urbanizado, com poucos espaços livres disponíveis, outros de desenvolvimento recente, com mecanização total ou parcial dos processos.

Em grande, média ou pequena escala estão presentes soluções em pátios extensos a céu aberto, outras desenvolvidas sob espaços cobertos, soluções de compostagem acopladas a processos anaeróbios de biodigestão e alternativas ancoradas na vermicompostagem (minhococultura).

Como são compreendidas cada vez melhor as variáveis de controle do processo de compostagem, há um movimento perceptível de evolução rumo à priorização dos processos que operam em espaços fechados, que permitem equacionamento seguro de aspectos que sempre foram sensíveis na história da compostagem – a geração de odores, a presença de lixiviados e o tempo do processo.

5.1. Compostagem em grande escala ou industrial

Existem diversos sistemas para levar a cabo o processo de compostagem em larga escala ou escala industrial. Para realizar uma primeira classificação, podem ser estabelecidas duas categorias principais: sistemas abertos e sistemas fechados.

“A classificação dos sistemas se baseia no grau de mecanização do método de compostagem e se expressa em uma ampla divisão de dois grandes grupos, que são: pilhas (abertos) e mecânicos ou fechados, com uma considerável sobreposição entre eles. Os nomes são autoexplicativos, mas cabe ressaltar que os sistemas de pilha podem ser mecanizados em grande parte e também podem ser parcialmente fechados. Os sistemas de pilhas se subdividem em “estáticos” e “revolvidos”.

(DÍAZ, 2010).

Entre as maiores plantas brasileiras predominam as que operam com pilhas em forma de leiras, a céu aberto, com parte das operações realizadas sob galpão e com aeração por reviramento mecanizado dos resíduos.



Figura 15: Instalações da Tera Ambiental (Jundiaí/SP); da Ecocitrus (Montenegro/RS) e da Geociclo (Uberlândia/MG).

Em alguns casos, mesmo que baseados em leiras aeradas por reviramento, os sistemas evoluíram para ambientes fechados, com mecanização do reviramento, como ocorre em instalação operante no município de São José do Rio Preto/SP (produção em torno de 80 toneladas diárias de composto).



Figura 16: Instalação em Barcelona, Espanha, e em S.J. Rio Preto/SP, operando em pátio fechado

O tratamento por meio de pilhas estáticas (sem reviramento) utiliza sistemas de injeção de ar por meio de bombas sopradoras para maximização do processo aeróbio e pode também recorrer a procedimentos simples de montagem das pilhas sobre galharia de forma a apenas favorecer a aeração passiva (INÁCIO; MILLER, 2009). Nesses casos, as alturas atingidas nas pilhas são mais significativas, propiciando redução dos espaços demandados para as operações. Em várias localidades brasileiras foram implantadas pequenas instalações com baias operando com aeração forçada.

Recentemente tem sido apresentada a opção de compostagem em pátios, mas em leiras com aeração forçada e cobertas com lonas especialmente desenvolvidas para esta função.

Figura 17: Bioland (Piracicaba/SP), Comcap/Cepagro (Florianópolis/SC) e Gore Cover.



Os sistemas de compostagem em ambientes fechados, com controle estrito dos parâmetros (mescla, relação C/N, umidade e temperatura) e uso de enzimas específicas, conseguem aceleração da atividade microbiana e permitem reduzir significativamente a geração de lixiviados.

Os processos em túneis e containeres são modulares e permitem ampliar a capacidade de tratamento, pois podem ser adicionadas

unidades conforme a necessidade. Nestes processos, e nos baseados em reatores rotativos, é comum o uso da ventilação forçada.



Figura 18: Sistemas de compostagem em túneis (Marseille, França) e em reatores rotativos (Maiorca, Espanha).

Os sistemas de compostagem em containeres podem incluir mecanismos de mistura interna, combinando as vantagens dos sistemas de pilhas reviradas e de pilhas estáticas ventiladas ao incorporar também um sistema de ventilação para o fornecimento de oxigênio necessário aos micro-organismos; trazem, porém, um incremento significativo em eventos de manutenção.

A evolução dos sistemas de compostagem a sistemas fechados tem representado

um avanço muito importante neste tipo de tratamento, tanto do ponto de vista de processo, como pela qualidade do produto final.

Os sistemas fechados favorecem o uso da compostagem como tecnologia moderna de tratamento da matéria orgânica dos resíduos sólidos urbanos, inclusive quando antecedida de processos de biodigestão anaeróbia.

As variáveis do processo, tais como umidade, composição de nutrientes, temperatura, pH, quantidade de gases, tempo de re-

tenção etc., podem ser controladas, dirigidas e otimizadas. Isto implica numa degradação mais rápida e completa com mínima contaminação das áreas circundantes.

Esta evolução da compostagem para sistemas fechados se manifesta também em processos de média escala, vocacionados ao atendimento das demandas de localidades menores, como as soluções colombianas com painéis padronizados que operam com aeração passiva e aeração forçada, sempre sob espaços cobertos.



Figura 20: Processo de compostagem com aeração mista, Earthgreen (Colômbia).



Figura 19: Vista panorâmica de grandes instalações europeias de compostagem



5.2. Compostagem em pequena escala

5.2.1 Compostagem comunitária

Pode ser considerada uma opção intermediária entre a compostagem industrial e a doméstica, tanto quanto em relação ao volume de resíduos compostados (em torno de uma ou duas t/dia), como ao número de pessoas envolvidas. Pode ser realizada em jardins ou área comum de condomínios, em espaços livres em comunidades urbanas, unidades desportivas e recreativas, instituições educativas, parques e jardins urbanos, entre outras.

Este tipo de compostagem constitui uma prática social interessante e educativa, mas implica em certa organização de recursos e pessoas. O composto produzido pode ser utilizado para a manutenção e cuidado das próprias zonas comunitárias.

No Brasil, recentemente, grupos difusores de métodos de agricultura urbana aprimoraram um processo de compostagem em que as pilhas, estáticas, são montadas sobre galharia ou outro material que permita e otimize a aeração passiva. São iniciativas bastante significativas, presentes em Florianópolis/SC e Visconde de Mauá/RJ, entre outras localidades.



Figura 21: Pilhas estáticas em Florianópolis (Cepagro) e em Visconde de Mauá.



Estes sistemas, se expostos à chuva, têm alguns riscos associados à falta de controle da umidade, a formação de lixiviados, ao tempo de biodegradação (90 a 120 dias) e presença de vetores.

5.2.2. Compostagem doméstica

A compostagem doméstica é realizada no âmbito familiar, em jardins, terraços, áreas de serviço, hortas ou qualquer outro local apropriado, com quantidades pequenas de resíduos e utilizando sistemas mais simples.

Empreender a prática de compostagem doméstica significa uma contribuição importante tendo em vista a preservação do meio ambiente e traz, sem dúvida, uma satisfação pessoal, porque permite fechar o ciclo da matéria orgânica e colaborar com solução para um dos aspectos mais conflitivos do aproveitamento de resíduos.

5.3 Tipos de composteiras para pequena escala

Para a compostagem em pequena escala em residências e espaços comunitários existe grande variedade de composteiras, de fabricação artesanal ou industrializada, com os processos sendo desenvolvidos em recipientes simples ou em dispositivos mecânicos ou automáticos.

5.3.1 Compostagem em recipientes simples

Estas composteiras são feitas de plástico, madeira, alvenaria ou metal, em diversos formatos. São dispositivos de baixo custo e ne-

les os resíduos, previamente mesclados, são introduzidos continuamente, conforme são gerados, até alcançar sua capacidade máxima. No recipiente pode-se encontrar resíduos frescos, resíduos parcialmente decompostos e material completamente degradado, o qual pode

ser extraído manualmente pela parte inferior em um procedimento contínuo de multiplicação das bactérias e demais microorganismos decompositores.



Figura 22: Composteiras construídas em tela metálica (Morada da Floresta), madeira e em recipientes plásticos com malhas e buracos que permitam a aeração passiva.



Figuras 23: Composteiras plásticas de produção industrial (Tramontina, Trapp, Earthgreen)



Há, entre estes processos de compostagem, a alternativa de produção de fardos digestores com auxílio de um molde externo, onde os resíduos verdes secos são compactados, preservando um espaço interno onde os resíduos orgânicos gerados serão também prensados e posteriormente cobertos com uma última camada de resíduos verdes. O processo de digestão que se estabelecerá é denominado “fermentação alcólica sólida”, com baixa presença de oxigênio. Os fardos digestores são utilizados em áreas ajardinadas, fornecendo nutrientes de forma continuada para plantas que se multiplicam em sua superfície.



Figuras 24: Produção de fardos digestores (Acodal, Colômbia)

Há ainda, para a compostagem residencial, a alternativa de vermicompostagem (minhococultura) em recipientes de diversos tipos, alguns encontráveis no mercado. A vermicompostagem recorre à ação de minhocas, preferencialmente as chamadas “minhocas roxas californianas (*Eisenia foetida*)”. Os resíduos levados ao processo devem ser selecionados, de forma a evitar resíduos cozidos, entre outros, para que não haja prejuízo à multiplicação das minhocas. Após um período entre 3 e 4 meses, os resíduos resultantes do processo são transformados em húmus e é gerado um efluente líquido com capacidade fertilizante.



Figuras 25: “Minhocário” individual e em bateria (Ecoisas, Morada da Floresta)



5.3.2 Composteiras mecânicas

Estas composteiras geralmente são cilíndricas e contam com um mecanismo manual, ou com motor, que permite o movimento para mistura do material.

Os resíduos são introduzidos conforme vão sendo gerados, até alcançar a capacidade máxima, ou a sua decomposição completa. A extração é manual e a aeração do material se realiza durante o movimento para mistura.



Figura 26: Composteiras mecânicas para uso doméstico

5.3.3 Composteiras automáticas

Estes são equipamentos de uso doméstico e comercial e alguns modelos podem apresentar capacidade de tratamento dos resíduos gerados por várias famílias.

São várias as formas em que são encontradas, mas sempre a um custo elevado, pela sua sofisticação. Seu sistema de controle automatizado permite aerar o material, misturar e controlar o excesso de temperatura.



Figura 27: Composteiras automáticas de baixa capacidade (www.naturemil.com e www.trasix.com.br) e alta capacidade (www.jorabrasil.com.br).

6 Guia para o aproveitamento

Guia para o aproveitamento de resíduos orgânicos em projetos de pequena e média escala

6.1. Uma nova estratégia

No cenário nacional são alguns poucos, e restritos, os exemplos que apontam saídas para a dimensão do desafio brasileiro – prover de destinação adequada as atuais 29 milhões de toneladas anuais de resíduos orgânicos geradas nas cidades do país.

Há, no entanto, e este guia pretende apresentá-los, processos completamente seguros, confiáveis, econômicos e eficientes para o aproveitamento de excedentes orgânicos em pequena escala em residências, condomínios, conjuntos habitacionais, mercados e centros comerciais, parques e praças, instituições governamentais das diversas finalidades e, em média escala, nas áreas municipais de manejo de resíduos.

A compostagem *in situ*, em pequena escala na fonte de geração, comparativamente à gestão tradicional de resíduos orgânicos municipais, apresenta diferentes vantagens

ao evitar a coleta e transporte de resíduos à plantas de tratamento, permitir a redução de investimento em infraestruturas e do custo de tratamento.

Esta alternativa possibilita resultado significativo na redução de emissões de Gases de Efeito Estufa, GEE, nestes tempos de mudanças climáticas, e brindará seus praticantes, naqueles municípios que já aplicam a taxa de manejo de resíduos decidida pelo Congresso Nacional (Lei 11.445/2007), com uma redução significativa nos valores a pagar pelos serviços públicos. Estudos recentes vêm demonstrando uma relação 3:1 entre os custos convencionais (coleta, transporte, aterramento) e os custos municipais resultantes da doação de composteiras e assistência técnica aqueles que retêm seus resíduos orgânicos. Os praticantes poderão dispor, ainda, do composto resultante, útil para as suas áreas verdes, hortas caseiras e

até mesmo para comercialização.

Há vários países e regiões europeias com resultados muito significativos desta estratégia.

Já para a compostagem em maior escala, nas áreas de manejo a isto destinadas, os custos operacionais, debitadas as receitas, vem se mostrando muito assemelhados aos custos de disposição em aterros, solução esta contrária às diretrizes da Política Nacional de Resíduos Sólidos.

Inevitavelmente, nas nossas grandes metrópoles, terão que ser adotadas grandes instalações industriais com soluções automatizadas de compostagem e, nos municípios polos regionais poderão ser consideradas soluções de compostagem um pouco mais simples, em túneis modulares, fechados. Em ambos os casos estas soluções devem conviver com soluções em outras escalas como a compostagem

Soluções para a compostagem em média escala: prática que vem se desenvolvendo na vizinhança. Colômbia demonstra que ao lado da simplicidade e eficiência, os custos são significativamente baixos.

in situ anteriormente descrita, podendo estar acopladas a soluções com tratamento mecânico biológico e biodigestão dos resíduos. Serão soluções que demandarão investimentos, mas necessárias para o cumprimento da diretriz da política nacional de resíduos em relação à redução do envio de orgânicos aos aterros.

Devem ser utilizadas todas as opções possíveis para desenvolver um programa exitoso de aproveitamento dos resíduos orgânicos da cidade.

O domínio que atualmente se tem dos projetos de compostagem local, e de compostagem em pequena e média escala, permitem conceber programas em grandes cidades que partem de sua combinação. A tabela seguinte ilustra esta estratégia de combinar em grandes e médias cidades as alternativas de projetos de pequena, média e grande escala, para aproveitar os resíduos orgânicos.

Tabela 3: Combinação de diferentes dimensões, público alvo e exigências para definir programas de compostagem de resíduos orgânicos separados na fonte.

Nº	Dimensão do sistema de compostagem	Aplicação e área requerida	Exigências sócio ambientais e logísticas
1	Compostagem na fonte (<i>in situ</i>) em pequena escala 1kg a 500kg/dia	Residência, condomínio, conjunto habitacional, bairro, escola, colégio, universidade, centros de saúde, de atenção ao menor e à terceira idade, hospital, hotel, parque, fábrica e outras. Área - 1m ² a 300m ²	<ul style="list-style-type: none"> Programas de segregação na fonte, coleta porta a porta, cartilhas, manuais, minicursos, aplicativos em página Web, divulgação de perguntas e respostas frequentes, programas de rádio e TV, concursos, mostras e feiras cidadãs, difusão das melhores práticas. Assistência técnica para construção de composteiras com qualidade técnica. Pesquisa da disponibilidade de áreas e do investimento para adequação de espaços como centro ou sala de compostagem. Termo de compromisso de participação e uso adequado das composteiras se forem cedidas pela administração municipal
2	Compostagem coletiva na fonte (<i>in situ</i>), 0,5t a 5t/dia	Grupo de bairros, comunidade, distritos, bairros com dificuldade de acesso a serviços convencionais de coleta, grandes conjuntos habitacionais, municípios até 10 mil hab. Área - 300 a 1.500m ²	<ul style="list-style-type: none"> Programas de segregação na fonte e educação continuada, coleta porta a porta e instituição por instituição, cartilhas, manuais, minicursos, aplicativos em página Web, divulgação de perguntas e respostas frequentes, programas de rádio e TV, concursos, mostras e feiras cidadãs, difusão das melhores práticas. Assistência técnica para construção de sistema de compostagem com qualidade técnica. Pesquisa da disponibilidade de áreas e do investimento para adequação de espaços como centro de compostagem. Termo de compromisso de participação e uso adequado das composteiras se forem cedidas pela administração municipal

Tabela 3 (continuação): Combinação de diferentes dimensões, público alvo e exigências para definir programas de compostagem de resíduos orgânicos separados na fonte.

Nº	Dimensão do sistema de compostagem	Aplicação e área requerida	Exigências sócio ambientais e logísticas
3	Compostagem coletiva em média escala, 5t a 50t/dia	Setores da cidade, distritos, municípios de 10 mil até 100 mil hab. Área – 1.500 a 15.000m ²	<ul style="list-style-type: none"> Programas de segregação na fonte, coleta porta a porta e instituição por instituição, cartilhas, manuais, minicursos, aplicativos em página Web, divulgação de perguntas e respostas frequentes, programas de rádio e TV, concursos, mostras e feiras cidadãs, difusão das melhores práticas. Assistência técnica para construção de sistema de compostagem com qualidade técnica. Investigação da disponibilidade de áreas e do investimento para adequação de espaços como centro de compostagem. Pesquisa de percepção e da disposição em participar, segregar na fonte e entregar com disciplina ao veículo coletor. Deve ser feita amostragem por tipo de usuário.
4	Compostagem coletiva em grande escala, 50t a 200t/dia	Setores da cidade, municípios acima de 100 mil hab. Área – 15.000 a 50.000m ²	<ul style="list-style-type: none"> Programas de segregação na fonte, coleta porta a porta e instituição por instituição, cartilhas, manuais, minicursos, aplicativos em página Web, divulgação de perguntas e respostas frequentes, programas de rádio e TV, concursos, mostras e feiras cidadãs, difusão das melhores práticas. Assistência técnica para construção de sistema de compostagem com qualidade técnica. Investigação da disponibilidade de áreas e do investimento para adequação de espaços como centro de compostagem com operação mecanizada. Pesquisa de percepção e da disposição em participar, segregar na fonte e entregar com disciplina ao veículo coletor. Deve ser feita amostragem por tipo de usuário.

Estudos recentes demonstram uma relação 3:1 entre os custos convencionais (coleta, transporte, aterramento) e os custos municipais resultantes da doação de composteiras e assistência técnica àqueles que retêm seus resíduos orgânicos.

Soluções mais sofisticadas, em capitais e regiões metropolitanas, exigirão maior investimento, mas para a compostagem em média escala, objeto deste guia, a prática que vem se desenvolvendo na vizinha Colômbia demonstra que ao lado da simplicidade e eficiência, os custos são significativamente baixos, inibindo os argumentos para não cumprimento das diretrizes nacionais que já estão colocadas. Aplicável em várias escalas, atingindo com segurança as 30 toneladas diárias, pode ser solução para 90% dos municípios brasileiros – aqueles com população até 75 mil habitantes – e mesmo ultrapassar este limite, por meio de unidades descentralizadas.

São processos que apontarão soluções seguras para dois tipos de resíduos bastante problemáticos no ambiente urbano: o resíduo orgânico componente dos resíduos domiciliares e o resíduo verde gerado na manutenção

de parques, jardins e áreas públicas. O uso do composto orgânico resultante dificilmente demandará mais que 5% das áreas agrícolas do entorno consumindo-o em processos produtivos.

Novamente deve ser ressaltada a importância de fazer conviver iniciativas em várias escalas, como demonstradas nos próximos itens deste guia, somando estrategicamente os resultados conquistáveis nas residências e outros locais retendo seus resíduos, com os alcançáveis nas práticas seguras desenvolvidas nas áreas de manejo municipais ou regionais.

6.2 Condições para o aproveitamento de resíduos orgânicos em pequena e média escala

Com os métodos de compostagem expressos neste guia, que não requerem reviramento contínuo da mistura, algumas con-

dições gerais precisam ser estabelecidas para se realizar o aproveitamento de resíduos orgânicos de uma forma eficiente:

- a)** organizar um programa de orientação para a segregação de resíduos na fonte e uso correto das composteiras; o material para compostar deve ser adequadamente selecionado, sendo que a separação dos resíduos orgânicos na fonte é fundamental para a obtenção de um composto de melhor qualidade;
- b)** orientar uso obrigatório de recipiente com tampa para armazenamento dos resíduos separados na residência ou outro local de geração;
- c)** firmar termo de compromisso de participação e disposição à capacitação;
- d)** estabelecer compromisso de adequar ou construir o ambiente para a

Deve ser ressaltada a importância de fazer conviver iniciativas em várias escalas, somando os resultados nas residências e outros locais, com as práticas desenvolvidas nas áreas de manejo municipais ou regionais.

sala de compostagem; o local utilizado deve estar adequado, com boa drenagem e com fácil acesso; na pequena escala, é recomendável uma superfície plana, com cobertura, e preferencialmente em jardins, hortas, terraços e áreas verdes;

e) orientar o correto dimensionamento do espaço para que seja suficiente para a quantidade de resíduos gerados (uma composteira residencial? composteiras em condomínio? ou em comunidade?) e com uma área adicional para o manejo (mistura, estoques etc.);

f) orientar para que os sistemas de compostagem sejam calculados com funcionamento contínuo, de tal forma que sempre se tenha espaço disponível para tratar os resíduos que sejam separados no dia.

No fluxograma apresentado ao lado, se pode observar o passo a passo de um programa de pequena escala para ser desenvolvido em um condomínio, bairro organizado, praça de alimentação, centro comercial ou outros locais.

Fluxograma do Processo

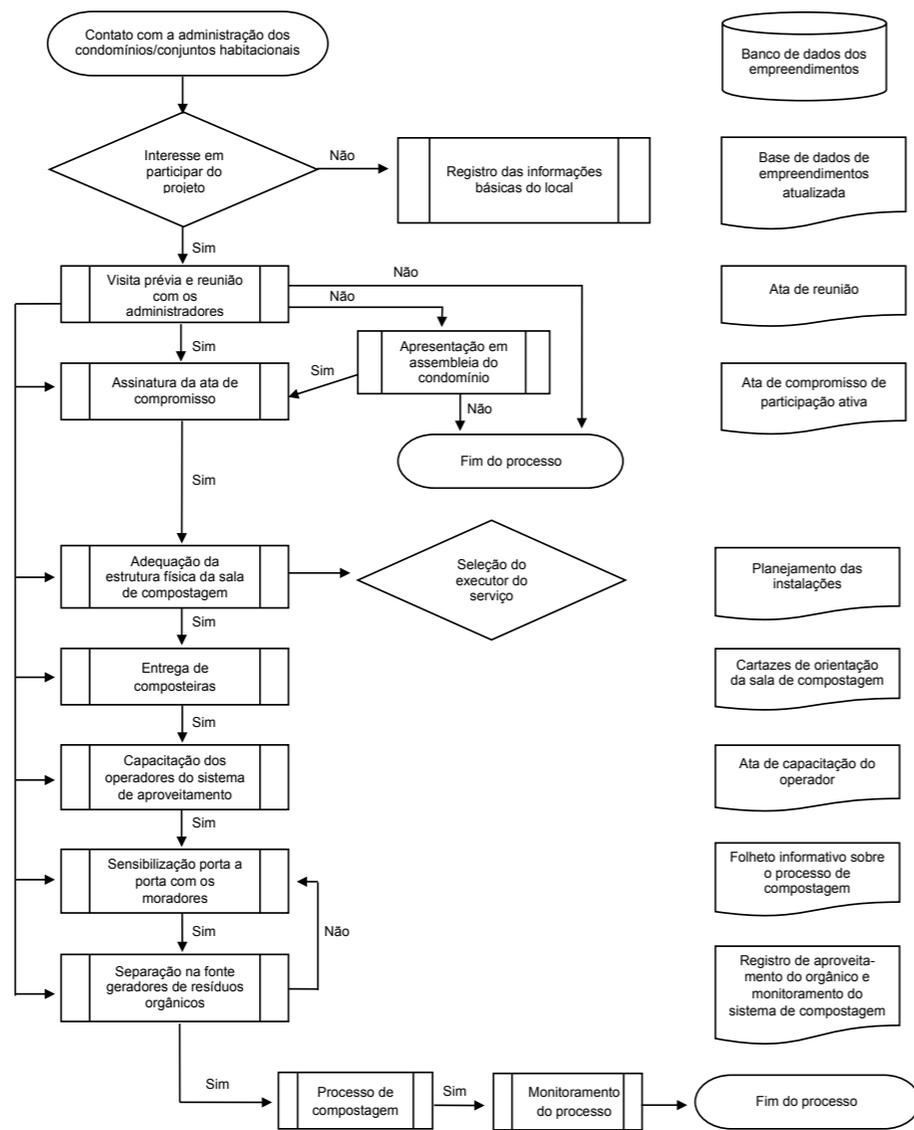


Figura 28: Fluxograma para definição de programa de compostagem de resíduos orgânicos em condomínios.

6.3 Resíduos orgânicos utilizados na compostagem de pequena e média escala

No contexto urbano, estas matérias-primas se dividem em dois grupos principais: os resíduos produzidos na cozinha e os que surgem nos jardins e hortas. Este processo pode ser realizado com os resíduos gerados nos setores residencial, comercial, institucional

entre outros. Na maior escala estarão envolvidos os resíduos coletados dos geradores e os resíduos da manutenção de parques, praças, jardins e áreas verdes em geral.

Nos contextos rurais e suburbanos, amplia-se a lista dos resíduos orgânicos com resíduos de colheita e esterco de animais.

Os resíduos e o meio ambiente em geral já contêm os micro-organismos necessários

para a decomposição. Porém, caso a decisão seja pelo uso de inoculantes com a intenção de ativar e acelerar o crescimento dos micro-organismos decompositores, o mais usual e econômico é adicionar, no momento da mistura, o nosso próprio composto maduro ou em decomposição.

Origem	Tipos	Principais características
Produzidos na cozinha	<ul style="list-style-type: none"> Restos de verduras, hortaliças Restos de frutas Restos de comida Restos de carne, pescado outro tipo Cascas de ovo Borra de café e restos de infusões Guardanapos de cozinha sem material sintético 	<ul style="list-style-type: none"> Fornece carbono e nitrogênio Fornece umidade Não proporcionam muita estrutura Decompõem-se rapidamente
Esterco	<ul style="list-style-type: none"> Equinos Suínos Bovino Galinhas e outras aves Outros (com critério profissional) 	<ul style="list-style-type: none"> Fornecimento de nitrogênio Fornecimento de umidade
Produzidos em jardins e hortas	Material marrom <ul style="list-style-type: none"> Folhas secas Serragem Aparas Erva seca 	<ul style="list-style-type: none"> Seco Fornece carbono Estrutura a mistura Decomposição lenta
	Material verde <ul style="list-style-type: none"> Poda triturada Grama 	<ul style="list-style-type: none"> Fornece nitrogênio Umidade moderada Dá pouca estrutura Decomposição moderada a rápida

Tabela 4: Resíduos orgânicos utilizados na compostagem.

Nota: excrementos de animais domésticos (cães e gatos) ou mesmo de animais de zoológicos podem ser compostados em processos independentes e o uso do composto gerado deve passar por avaliação e ter indicações de uso restritas.

6.4. Materiais que não se pode incluir no processo de compostagem

São os resíduos de origem inorgânica ou não biodegradáveis e os que, mesmo sendo orgânicos, sejam uma possível fonte de contaminação para o produto final que, em uso, será aplicado ao solo:

- vidro, metais, plásticos, embalagens multicamadas com papel e outros materiais;
- fraldas descartáveis e absorventes;
- papel higiênico;
- excrementos de animais domésticos (cães e gatos);
- medicamentos;
- filtro de cigarros;
- produto da varrição (exceto as folhas).

Quando se trabalha com pequenos volumes, sem a segurança de alcançar altas temperaturas durante a compostagem (acima de 55°C), pode ocorrer uma insuficiente higienização e, nesse caso, devem ser evitados os excrementos de animais domésticos. Eles podem conter patógenos que, se não houver uma boa descontaminação durante o processo, causariam problemas na aplicação em mudas de hortaliças e vegetais; por este fato, os excrementos devem ser evitados.

6.5. Considerações adicionais para a compostagem doméstica

Antes de misturar os materiais e incorporá-los ao processo de compostagem, deve-se levar em conta os seguintes fatores:

a) os restos de jardim não se degradam facilmente, por isso podem ser guardados em pilhas para incorporá-

-los ao processo pouco a pouco, em função das necessidades;

b) os restos da cozinha devem ser incorporados ao processo o quanto antes, já que se decompõem muito rapidamente e podem produzir odores e atrair moscas;

c) a correta mistura e a homogeneização dos materiais configurará uma boa estrutura e um processo mais eficiente e rápido;

d) para propiciar as melhores condições do processo é importante que os materiais tenham um tamanho de partícula reduzido e homogêneo - com os resíduos orgânicos domésticos, geralmente não é necessário reduzir o tamanho da partícula;

e) para um processo mais rápido e com bons resultados, recomenda-se fazer

uma mistura adequada dos materiais de acordo com suas propriedades, garantindo-se a umidade adequada (entre 55 e 65%) e a textura interna que permita acesso fácil ao oxigênio;

f) garantir a entrada de ar na base do dispositivo de compostagem, assegurando uma boa circulação de ar e portanto do oxigênio necessário ao processo.

É essencial que o dispositivo de compostagem tenha uma boa solução de aeração e seja funcional, permitindo com facilidade a carga da mistura de resíduos e a retirada do composto. Para isso, será importante a orientação dos próximos itens.

6.6. Sistemas de compostagem em pequena escala com aeração passiva ou natural

Observe, nos próximos itens, como podem ser preparadas as soluções para uma compostagem coberta, sem odores nem líquidos impactantes.

6.6.1. Passo a passo Sistema modular de compostagem com caixas plásticas

Caixas plásticas vazadas são facilmente encontráveis em qualquer região do país. São baratas e possibilitam a construção de composteiras bastante versáteis, que podem atender desde uma única família até um condomínio, com a construção de vários módulos.

Figura 29:
Escolha das caixas plásticas vazadas.



Passo 1

Escolha das caixas plásticas

O sistema modular de compostagem com caixas plásticas vazadas pode utilizar caixas novas ou reaproveitadas, em qualquer medida, mas devem ter o mesmo formato.

As caixas plásticas mais comuns no mercado são as de **60x40x30cm**.

Cada módulo pode utilizar **4 caixas plásticas empilhadas**, definindo uma composteira com **290 litros**, suficiente para várias residências.

Módulos menores poderão ser executados com uso de **3 caixas empilhadas** (no mínimo).

Passo 2

Preparação das caixas plásticas

Uma das caixas plásticas deve ser reservada e das outras três deve ser retirado o fundo. Como ferramenta pode ser utilizada serra elétrica, serra manual, ou mesmo martelo e faca.



Figura 30: Abertura do fundo das caixas plásticas.



Na caixa reservada deve ser mantido o fundo, mas em uma das laterais, no sentido do comprimento, deve ser cortada uma porta para a retirada do composto. Com o uso de dobradiças, a peça removida deve ser reinstalada, de forma a facilitar o fechamento e abertura do dispositivo.



Figura 31: Preparação da porta na base.



Passo 3

Preparação da base

Para permitir a aeração passiva, as caixas devem ser suspensas do piso, com a fixação de dois caibros ou fixação de 4 rodízios, que além de elevar o fundo permitirão um transporte mais fácil para o conjunto.



Figura 32: Fixação de rodízios ou caibro na base.



A alternativa da compostagem in situ (na fonte de geração), em pequena escala, possibilita redução significativa nas emissões de Gases de Efeito Estufa, GEE, além das vantagens ao evitar a coleta e transporte dos resíduos até locais de tratamento e reduzir o investimento em infraestruturas e custo de tratamento.

Passo 4

Montagem do módulo

Montagem do módulo de caixas plásticas

Cada módulo será formado por 3 caixas sem fundo e por uma caixa com porta lateral e elevada do solo. O número de módulos dependerá do número de geradores a serem atendidos. Reservando-se em torno de 10 litros por gerador, um módulo pode atender perfeitamente várias residências e vários módulos poderão atender um público maior, em um prédio ou condomínio.

A união das caixas para formação dos módulos deve ser feita com parafusos, nas extremidades, que garantirão a estabilidade do conjunto.



Figura 33: Montagem dos módulos.



Sendo vazadas, as caixas permitirão a aeração passiva pelo fundo e pelas laterais. No entanto, é conveniente aplicar, em todas as laterais internas, uma tela plástica "mosquiteira" para garantia de retenção dos resíduos.



Figura 34: Fixação da tela.

Passo 5

Preparação da mistura

Preparação e homogeneização da mistura

A mistura deve ser realizada na proporção **3 por 1** em volume.



Figura 35: Mistura de resíduos orgânicos e materiais secos.

Para cada **3 volumes de resíduos domésticos** (resíduos orgânicos das cozinhas)

Deverá ser adicionado **1 volume de resíduo estruturante seco** (folhas e podas picotadas, serragem, cavacos finos, maravalha etc.).

As proporções podem variar um pouco para se evitar umidade excessiva no resíduo. A homogeneização deve ser cuidadosa e qualquer líquido que exista deve ser absorvido com o material seco.

Figura 36: Mistura e homogeneização.



Passo 6

Enchimento dos módulos

Enchimento dos módulos de caixas plásticas

Depois de executada a mistura, deposita-se o material na composteira, por cima, com o cuidado de preparar uma camada prévia de material seco no fundo do módulo. Ao término do preenchimento, uma tampa deverá ser providenciada para que não exista risco de ingresso de chuva e vetores. A composteira deverá ficar em um local coberto.

Se a função da composteira for o atendimento de uma residência, ela será preenchida pouco a pouco com a mistura, até atingir-se o topo. Isto não poderá ocorrer antes dos 30 dias, aproximadamente. A partir do preenchimento total, a porção inferior da mistura, a primeira recebida pela composteira, deverá ser retirada pela porta preparada na lateral, criando-se novo espaço com o rebaixamento da carga existente.

Em um ciclo contínuo, a composteira funcionará como um ambiente de tratamento do resíduo, entregando na base, depois de 30

Figura 37: Enchimento das caixas plásticas.



dias, o resíduo alimentado na parte superior.

Se a função da composteira é atender um prédio ou condomínio, ela deve funcionar como um dos módulos.

Devem ser preparados vários módulos, preferencialmente 5 deles, para preenchimento de cada um semanalmente.

Ao esgotar-se o volume do quinto módulo, a mistura colocada no topo do primeiro módulo estará com quatro semanas de tratamento, permitindo o esvaziamento de toda a primeira composteira com segurança. A partir daí o ciclo deverá repetir-se, continuamente.

O material retirado dos módulos deverá ser colocado em repouso para que se elimine o excesso de umidade e o composto se estabilize. Este processo de maturação, também realizado em caixas plásticas, em local coberto, deve ocorrer por um período mínimo de 15 dias.

Um peneiramento pode ser feito com a própria caixa plástica, se for suficientemente furada, ou com uma peneira comum.

O material poderá ser embalado para facilitar o armazenamento.

No local onde ficará a composteira devem ser previstos todos os espaços necessários para estas atividades.

6.6.2. Passo a passo

Sistema modular de compostagem com paletes reutilizados

Os paletes de carga, fabricados em madeira de reflorestamento, são de uso bastante comum em várias atividades econômicas e facilmente encontráveis.

Em muitos casos transformam-se em resíduo incomodo, sendo benvinda sua reutilização.

Possibilitam a construção de composteiras baratas e de bom volume interno, que podem ser utilizadas unitariamente, ou em conjunto, atendendo a um bom número de geradores.

Passo 1

Escolha dos paletes

Para a construção de um sistema de compostagem com paletes é recomendável utilizar, preferencialmente, peças com 1,0 m x 1,2 m e uma tela plástica ("mosquiteira").

Convém aplicar óleo queimado anteriormente nos paletes, para obter-se uma maior durabilidade da madeira.



Figura 38:
Forma de disposição dos paletes

Passo 2

Colocação da tela plástica

Colocação da tela plástica nos paletes

A tela plástica deve ser fixada de forma a cobrir toda a área de uma das superfícies dos paletes.

A fixação da tela pode ser feita com:

- **grampeador industrial**, ou
- **martelo e grampos**;

Importante: reforçar com sarrafos pregados às extremidades da tela plástica.



Figura 39:
Colocação da tela nos paletes

Passo 3

Montagem da composteira

Montagem da composteira com os paletes e reforço das ligações

Com a tela fixada, a composteira precisa ser montada, considerando-se o volume necessário para atendimento aos geradores locais.

Considera-se necessário reservar, em todo o dispositivo, um volume em torno de:

-10 litros para cada gerador atendido.

No caso da composteira em paletes, a aeração passiva acontecerá pelo palete da base e pelas paredes laterais, que já possuem as aberturas necessárias a uma boa aeração dos resíduos.

A composteira deverá ser montada em um local coberto, protegida da chuva e do sol demasiado.

Devem ser previstos no local os espaços necessários para a estocagem dos materiais e as atividades nas diversas fases do processo (ver Figura 53).

Passo 4

Definição dos compartimentos

Definição dos compartimentos e das portas da composteira

O sistema de compostagem com paletes deve ser construído de maneira modular, definindo-se compartimentos conforme a quantidade de resíduo a ser compostado. Os compartimentos devem corresponder ao volume de resíduos gerados, por exemplo, em uma semana, garantindo-se o número de compartimentos necessários para acomodar os resíduos durante 25 a 30 dias.

Cada compartimento deve ter uma porta independente para a retirada daquele volume de composto no momento adequado.



Figura 40: Execução dos compartimentos e fixação das portas.

Passo 5

Preparação da mistura

Preparação da mistura e homogeneização

A mistura deve ser realizada de maneira adequada, segundo a quantidade de resíduos gerados, em uma proporção 3 por 1 em volume.

Para cada:

- 3 volumes de resíduos domésticos (resíduos orgânicos das cozinhas);

Deverá ser adicionado:

- 1 volume de resíduo estruturante seco (folhas e podas picotadas, serragem, cavacos etc.).

Dependendo da umidade do resíduo, as proporções podem variar.

A homogeneização deve ser cuidadosa e qualquer líquido que exista deve ser absorvido com o material seco.



Figura 41: Mistura e homogeneização

Passo 6

Preenchimento dos compartimentos

Depois de realizar o processo de mistura, o material é depositado em um dos compartimentos da composteira, com o cuidado de preparar uma camada prévia de material seco no fundo. É recomendável o preenchimento de um compartimento a cada semana; desta forma, os resíduos se decompõem uniformemente e o controle fica mais fácil. Terminado o preenchimento do primeiro compartimento, segue-se com o preenchimento do segundo e assim sucessivamente, em cada semana, até o término dos quatro compartimentos em torno dos 30 dias.

Após os 30 dias, o primeiro compartimento deve ser desocupado, reiniciando-se o preenchimento consecutivo, em um ciclo contínuo.

Todos os compartimentos devem ser fechados com tampas.

Convém realizar o controle dos materiais envolvidos, pesando-se os resíduos originais, a mescla e o produto final, realizando um registro que auxiliará posteriormente na tomada de decisões.



Figura 42: Preenchimento.



Figura 43: Esvaziamento do compartimento e estocagem para maturação.



Passo 7

Colocar em maturação

O material retirado dos compartimentos deve:

- ser colocado em caixas plásticas (ou recipiente similar);
- ser deixado em repouso para que diminua o excesso de umidade, diminua a temperatura e o composto se estabilize.

O processo de maturação, em local coberto, é recomendado por um período mínimo de 15 dias.

Passo 8

Peneiramento e embalagem

O composto deve ser peneirado e o material mais grosso deve ser retirado e incorporado novamente ao processo de compostagem como material de mistura. Opcionalmente, o material mais grosso pode ser moído para atingir a granulometria desejada.

O peneiramento pode ser feito com a própria caixa plástica, se for suficientemente furada, ou com uma peneira comum. O material poderá ser embalado para facilitar o armazenamento, se necessário.

Figura 44: Peneiramento.



A tabela que segue pode auxiliar na definição das dimensões do sistema de compostagem em condomínios ou conjuntos habitacionais, considerando-se o número de usuários a satisfazer.

Tabela 5: Parâmetros para dimensionamento de composteiras (adaptados do catálogo de serviços Earthgreen Colômbia)

Total de residências ou apartamentos	Número aproximado de habitantes	Geração de orgânicos nas residências (kg/dia)	Geração em volume (litros/dia)	Volume para o material mesclado (litros/dia)	Volume total para 1 mês (litros)
3	10	1,5	3	5	120
10	32	5	10	16	400
25	80	12	24	40	1.000
50	160	24	48	80	2.000
75	240	36	72	120	3.000
100	320	48	96	160	4.000

Obs.: Adotada a massa específica aparente de 0,5kg/l para os resíduos orgânicos e 0,4kg/l para a mescla dos orgânicos com material estruturante seco.

6.7. Sistema modular de compostagem em baias, em média escala, com aeração forçada

A aeração forçada, por meio de tubos e bomba sopradora de ar, possibilita o tratamento de volumes muito maiores de resíduos, em pilhas estáticas. Em função da quantidade de resíduos a ser absorvida, baias modulares

precisam ser construídas para se estabelecer um ciclo contínuo de tratamento que garanta sempre a capacidade de recepção dos resíduos gerados no dia. O passo a passo a seguir apresenta a construção de uma pequena unidade, mas as baias podem ser dimensionadas para compostagem de dezenas de toneladas, operando-se com equipamento mecânico de carga nas maiores instalações.

Figura 45: Compostagem em baias em municípios colombianos



Um aspecto essencial no processo é o seu desenvolvimento sob cobertura, mesmo que executada em material leve como lona plástica. As dimensões da cobertura e seu piso são definidas pela quantidade de resíduos a tratar, conforme orientação do item 6.8.2.

Para a construção das baias modulares com madeira são necessários esteios, como descritos ao lado:

- **pontaletes** 10 x 10cm ou peça similar;
- **tábuas** de 25cm;
- (ambos tratados com óleo queimado)
- **tela** "mosquiteira";
- **tubos** de PVC;
- **conexões e bomba** que deverão ser dimensionados de acordo com a quantidade de resíduos que será compostada.

O piso deve ser plano, preparado para dar suporte à atividade; se a quantidade a processar implicar em manejo dos resíduos com equipamento de carga, o piso deverá ser em concreto armado dimensionado para este tipo de operação.

A área da operação deve ser preparada para que ocorra o desvio de águas pluviais do espaço coberto onde acontecerão as atividades.

Não há necessidade de construir sistema de captação de efluentes; a compostagem coberta da mistura, na forma orientada neste guia, permite evaporação e absorção dos excessos de umidade e de todos os líquidos formados.

Passo 1

Fixação dos esteios no piso

Os esteios, com 1m de altura devem ser firmemente fixados ao piso, distanciados entre 1 e 1,5m. O melhor procedimento é fixá-los após a execução de um painel inteiro da baia.



Figura 46: Montagem de baias piloto em Rio Branco/AC.

Passo 2

Fixação das tábuas nos esteios

As tábuas devem ser fixadas em três linhas, entre os esteios, distribuindo-se o espaçamento entre elas.

Em uma das laterais deve ser previsto o acesso ao espaço interior da baia, para disposição dos resíduos.



Figura 47: Montagem das baias



Figura 48: Montagem das baias

Passo 3

Colocação da tela

Colocação da tela e preparação da porta

As laterais da baia devem ser revestidas do lado interno com a tela plástica “mosquiteira”, para prover a área de ventilação necessária e evitar a saída dos resíduos do dispositivo. Para aumentar a durabilidade do sistema, as extremidades da tela podem ser reforçadas com a colocação de sarrafos para acabamento.

Uma porta deve ser preparada para o perfeito confinamento dos resíduos e sua remoção no momento adequado. O melhor procedimento é executar dois trilhos para que a porta funcione correndo verticalmente. Este mesmo sistema pode ser aplicado a eventuais divisórias internas.



Figura 49:
Colocação de tela



Passo 4

Preparação da tubulação

Preparação da tubulação e montagem do sistema de aeração forçada

Esta é uma etapa delicada da construção do sistema.

Deverá ser montada uma tubulação interior e outra exterior, que ligará a primeira à bomba sopradora de ar.

Cada baia ou módulo de compostagem deverá possuir um ramal independente, com as tubulações externas instaladas na região traseira da baia, de forma a não conflitar com o processo de colocação dos resíduos na região frontal.

Os ramais serão comandados por registros individuais que só permitirão passagem do ar quando a baia estiver em uso.

A tubulação interior pode ter formato quadrangular em baias pequenas e outros formatos em baias maiores, sempre em circuito fechado e buscando-se uma boa distribuição do ar na massa de resíduos.

Os tubos devem receber furos espaçados para a saída do ar.

A dimensão da baia é que determinará o diâmetro dos tubos, o espaço entre os furos e a potência da bomba sopradora.

Em baias pequenas:

- **tubos internos de 1½” com furos a cada 5cm;**
- **tubos externos de 2” e;**
- **bomba com potência de ½ HP.**

São suficientes para um sistema que trate até 15 toneladas diárias.

Para sistemas com maior capacidade, uma assessoria especializada deverá ser consultada para o dimensionamento da tubulação, do distanciamento dos furos e especificação da bomba sopradora, com o critério geral de se prover 500m³ diários de ar para cada tonelada de resíduo misturado.

Os furos podem ser abertos com furadeira simples e a montagem do circuito pode ser feita sem colagem dos tubos às conexões, permitindo assim a remodelação dos circuitos conforme as necessidades de momento.

Passo 4 (continuação)

Preparação da tubulação

O sistema de aeração forçada pode ser executado de forma a ficar embutido no piso do galpão de compostagem, não impedindo a movimentação dos equipamentos mecânicos de carga.



Figura 50: Preparação do sistema de aeração forçada

Passo 5

Mistura e homogeneização

Mistura e homogeneização dos resíduos

A mistura deve ser realizada na proporção 3 por 1 em volume. Para cada 3 volumes de resíduos domésticos (resíduos orgânicos das cozinhas) deverá ser adicionado 1 volume de resíduo estruturante seco (folhas e podas picotadas, serragem, cavacos finos, maravalha etc.). Caso algum resíduo se apresente mais úmido, a proporção de material seco pode variar, de forma a não permitir a fuga de líquidos.



Figura 51: Preparo da mistura

Passo 6

Preenchimento das baias

Antes de realizar o preenchimento das baias, deve ser disposta uma camada do material estruturante seco, de forma a prevenir a fuga de alguma umidade e também auxiliar a distribuição da aeração forçada. A última camada deve ser exclusivamente do material seco, de forma a proteger os resíduos do contato com moscas e também prevenir o mau odor. As baias devem ser preenchidas com uma altura mínima de 1m, para garantir plenas condições de elevação da temperatura interna da mistura.

Após o enchimento da baia, a bomba sopradora deve ser ligada, liberando-se a passagem de ar pelo ramal específico que atenda a baia. A bomba deve ser acionada durante 15 minutos a cada hora, podendo-se providenciar um dispositivo temporizador para uma automação do processo.

Num sistema como este, de média escala, deve ser construído o número de baias modulares necessárias para estabelecer um ciclo de compostagem de 30 dias. Por exemplo, 3 baias idênticas, cada uma com capacidade de recepção dos resíduos recebidos durante 15

dias. Com este procedimento se garante que, ao término do preenchimento da terceira baia, os resíduos alojados no topo da primeira já tenham sofrido decomposição por 30 dias.

Haverá então segurança para o desmonte da primeira pilha e retomada do ciclo contínuo. Da mesma forma, podem ser construídas 4 baias para preenchimento de cada uma delas a cada 10 dias, ou 5 baias para preenchimento a cada semana.

Há a possibilidade ainda do uso de divisórias internas às baias, definindo-se módulos adequados às quantidades de resíduos que serão processadas.



Figura 52: Preenchimento das baias

Passo 7

Maturação do composto

O material retirado das baias deve ser organizado em pilhas, sempre sob a cobertura e sendo em quantidade considerável, deve ser revirado a cada 3 dias, até que se complete um período entre 15 e 60 dias, após o que deve estar com menor teor de umidade e com o processo de estabilização encerrado. Comumente, em instalações de média escala, 30 dias serão suficientes, mas o tempo de maturação dependerá da quantidade e do tipo de resíduo em processamento, e também da forma de controle adotada.

Passo 8

Peneiramento e armazenamento

Sempre que possível o composto gerado deve ser peneirado e o material mais grosso retirado e reincorporado ao processo, como material estruturante, podendo também ser triturado e agregado ao composto restante.

O composto, depois de todas estas etapas, armazenado sempre sob cobertura, estará pronto para uso no solo.

6.8. Organização dos espaços para o aproveitamento dos resíduos orgânicos

Em pequena ou média escala é importante o planejamento prévio de como serão desenvolvidas as atividades, prevendo-se os espaços necessários, de forma a prevenir dificuldades posteriores.

6.8.1. Organização do ambiente para a compostagem em pequena escala

Os espaços serão diferenciados conforme a compostagem se desenvolva em uma residência, um prédio, uma instituição ou condomínio.

Devem ser previstos sempre os espaços para o preparo dos resíduos, para as composteiras, para o preparo e estoque do material de mistura, para a maturação e armazenamento do que for produzido.

As atividades podem ser organizadas em terraços, varandas, áreas de serviço, vagas de garagem em subsolos e outros locais, mas, quando ao ar livre, têm que ser cobertas.



Figura 53: Espaço para a compostagem, interno e externo, em condomínios colombianos (Medellín)

O diagrama a seguir indica como podem ser organizadas as atividades em uma “sala de compostagem” estabelecida em um condomínio, com piso e cobertura adequadas.

Zona 1 - armazenamento de resíduos e do material de mistura

Nesta área se armazenam os resíduos orgânicos em recipientes com tampas e o material seco de mistura (serragem, cavacos finos, maravalha, folhas, podas ou outros), preferencialmente sobre paletes.

Zona 2 - seleção e mistura

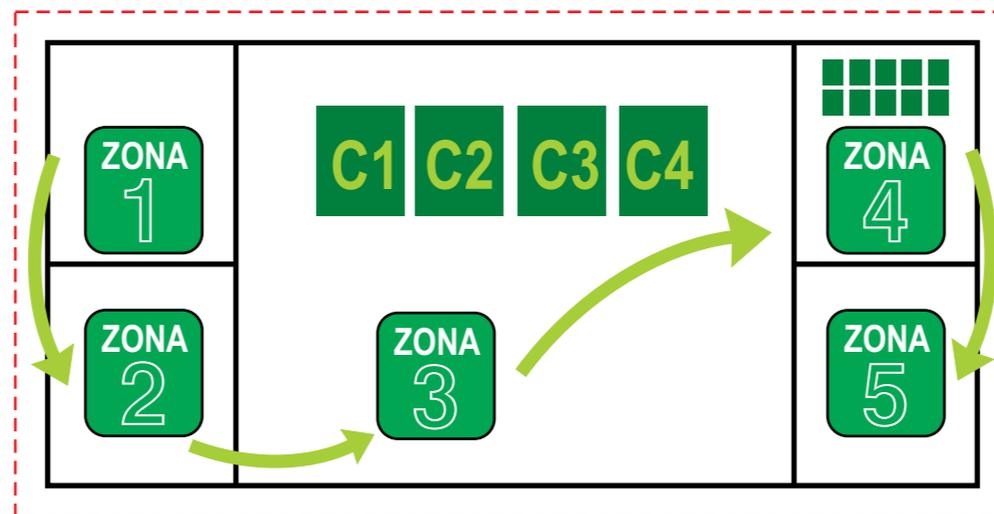
Nesta área realiza-se a remoção dos resíduos impróprios encontrados nos orgânicos (eventuais pedaços de vidro, plástico, metais, borraça, pedras entre outros materiais).

É nela que se realiza a mistura e homogeneização dos materiais para o processo, garantindo a proporção adequada.

Zona 3 - compostagem

Nesta área estarão organizadas as composteiras ou módulos de compostagem. As quatro ou cinco unidades devem ser preenchidas de forma sucessiva, estabelecendo-se o ciclo contínuo em período que não deve ser inferior a 30 dias, quando se esvazia a primeira composteira e se retorna ao processo.

Figura 54: Áreas típicas do processo de compostagem.



É fundamental evitar a geração de lixiviados (líquidos originados na decomposição dos resíduos orgânicos). Para isso, deve-se:

- garantir que a composteira não seja atingida pela chuva, mesmo que lateral;
- misturar intensamente os resíduos demasiadamente úmidos com o material seco de mistura;
- eliminar líquidos eventualmente presentes nos vasilhames com orgânicos, misturando-os com materiais secos;
- aplicar uma camada de material seco na base de cada módulo ou composteira, para retenção de algum líquido que ainda se forme.

Para acelerar o início do processo de decomposição, a mistura da primeira carga de orgânicos pode incluir a adição de composto produzido em outro ciclo; por exemplo, adicionar o material grosso retido na peneiração, para que contamine o material novo.

Após a colocação de todas as cargas previstas para o módulo, deve-se agregar uma capa final só de material seco misturado com o composto grosso retido na peneiração; isto permitirá o controle de moscas e odores, e com isso o processo de enchimento se encerra, providenciando-se uma tampa para a composteira.

Deve-se cuidar para que o local onde estejam colocados os módulos não receba ventos for-

tes que rebaixem as temperaturas atingidas no processo. É conveniente garantir que, na fase termófila, a temperatura possa atingir os 60°C.

Zona 4 - maturação e peneiramento

É nesta zona que o material retirado após o término do período de compostagem será colocado para secagem e maturação. É importante a colocação do composto em caixas vazadas, aí permanecendo por aproximadamente 15 dias.

Ao final deste período, o composto estará pronto para peneiração, removendo-se as partículas maiores, que ficarão disponíveis para retorno ao processo.

Zona 5 - armazenamento e embalagem do produto terminado

Nesta última área, o material fino passado na peneira pode ser armazenado, embalado na forma mais conveniente para o uso a ser dado. Seu volume será em torno de 30% do volume inicial.

Será sempre interessante promover um controle do peso do material nas diversas fases: o peso dos resíduos recebidos na “sala de composto” e do material de mistura, o peso do composto após o esvaziamento de cada módulo e, por fim, o peso do produto fino e grosso após a peneiração. Estes dados permitirão uma revisão do processo, sua melhoria e uma confiança dos operadores com os resultados.

6.8.2. Organização da área de manejo para a compostagem em média escala

O primeiro passo para o sucesso do processo de compostagem em média escala, como parte do serviço público de manejo de resíduos sólidos, é o planejamento da coleta seletiva dos resíduos orgânicos. A segregação dos resíduos na fonte geradora é um fator de sucesso reconhecido em todos os países que já praticam a compostagem em larga escala.

A implantação desta coleta diferenciada pode se iniciar naqueles geradores de maior porte, como feiras e mercados, avançando depois para a coleta estruturada porta a porta, recomendando-se um planejamento do avanço bairro por bairro. Logicamente haverá a necessidade de equacionar localmente a forma de coleta dos resíduos secos e dos rejeitos também presentes nos resíduos domiciliares. Estas decisões são inevitáveis diante das exigências da Política Nacional de Resíduos Sólidos. Em vários municípios brasileiros vem tomando a forma de um Plano de Coletas Seletivas e de Redução de Resíduos em Aterro, incorporado no PGIRS que os municípios obrigatoriamente têm que desenvolver.

O segundo passo refere-se ao preparo da área de manejo municipal ou regional que

passará a ser o destino dos resíduos orgânicos que não mais irão para o aterro sanitário.

O "Galpão de Compostagem" poderá ser implantado em conjunto com outras atividades, constituindo um centro de tratamento de resíduos que concentre os impactos decorrentes e que possibilite o compartilhamento de equipamentos e pessoal. A área deve ser cercada de maneira eficiente, impedindo a entrada de estranhos e de grandes animais.

O Galpão de Compostagem deve receber os cuidados já descritos para o preparo do piso e da cobertura, e que são imprescindíveis. Diferentemente dos antigos processos de compostagem com leiras a céu aberto, nesta nova estratégia todas as atividades são desenvolvidas longe de intempéries e em pilhas estáticas organizadas nas baias que serão construídas. O piso deverá ser projetado e executado considerando a presença ou não de equipamentos mecânicos de carga, e com os cuidados necessários para que não ocorra a penetração de águas de chuva.

A cobertura do galpão poderá ser executada de diversas formas, conforme a decisão da equipe técnica local. Podem ser executadas, como apresentadas na Figura 55, coberturas leves, em lona plástica sobre estrutura de bambu, madeira ou metálica, estruturas

pré-fabricadas com cobertura têxtil ou coberturas com maior vida útil, com estruturas metálicas ou em concreto e telhas em fibrocimento, todas facilmente encontráveis nas diversas regiões brasileiras.



Galpão cobertura têxtil



Galpão em estrutura metálica



Galpão leve em lona plástica

Figura 54: Diversos tipos de cobertura podem ser definidos para o Galpão de Compostagem

A organização interna do galpão poderá seguir basicamente a descrita no item anterior, definindo-se:

Zona de armazenamento dos resíduos recebidos e do material estruturante

Nesta zona também poderá ocorrer o picotamento de resíduos verdes recolhidos em atividades públicas de limpeza urbana e manutenção de áreas ajardinadas. O armazenamento deverá ocorrer prevendo-se material de mistura com folga para diversos dias de

produção, principalmente na época de chuvas intensas.

Zona de seleção e mistura

A descontaminação dos resíduos orgânicos é necessária – quanto mais homogêneo estiver o material, maior será a facilidade de colocação do composto produzido no mercado local. A mistura poderá ser feita de forma manual ou mecânica, a depender da quantidade de resíduos que serão tratados. Há a possibilidade de uma melhor qualificação do composto final agregando-se à mistura gesso e outros

minerais, ureia, esterco diversos e outros produtos, que deverão ser definidos por um técnico local.

Zona de compostagem

É o espaço onde estarão instaladas as baias, a tubulação e bombas para a aeração forçada. O projeto deverá decidir a disposição das baias, definir o número delas para que se complete com segurança o ciclo com duração mínima de 30 dias, decidir se as baias receberão divisórias internas, reservar os espaços necessários para a movimentação dos materiais por via manual ou mecânica etc.

Todos os cuidados já descritos para afastamento da operação em relação às chuvas têm que ser tomados. Quaisquer resíduos líquidos que surjam devem ser transformados em material sólido com uma mistura intensa de material estruturante seco – o resultado será colocado na baia em operação.

As bases das baias devem receber a camada protetora de material estruturante, já descrita; da mesma forma se procede em relação às capas finais. Também na compostagem de média escala será importante a junção de composto pronto na mistura da primeira camada, para provocar-se aceleração do processo.

Em instalações para compostagem em média escala, o controle de temperaturas du-

rante o processo é ainda mais desejável, providenciando-se a cobertura da baia com lona caso a temperatura não atinja as faixas recomendadas.

Zona de maturação e peneiramento

A maturação nesta escala deverá se dar em pilhas e, para o rebaixamento da temperatura e perfeita estabilização do material, a pilha deverá ser revirada a cada 3 dias até completar-se um período entre 5 e 30 dias para esta escala de projeto, podendo se estender até 60 dias a depender do tipo de resíduo e do volume total.

Após este período, o composto poderá ser conduzido à peneiração, preferencialmente mecânica, em equipamento que, em função da quantidade que será processada, pode ser mais ou menos sofisticado. O material grosso oriundo da peneira deverá ser reservado para uso nas atividades já descritas.

Zona de armazenamento

A forma de armazenamento menos difícil é a colocação do composto em pilhas altas, em local ventilado e preferencialmente coberto. Os usuários do composto já devem estar previamente estabelecidos, para que rapidamente se dê vazão ao material, liberando espaço de trabalho no Galpão de Compostagem.

Em todas estas etapas do processo será sempre importante estabelecer um controle das quantidades processadas, se possível

pelo peso, principalmente dos resíduos orgânicos e secos entrantes, e do composto retirado da instalação.

Forma de operação		População urbana de referência (1)	Quantidade de orgânicos recuperada (2) (3)	Massa total em 15 dias	Volume resultante em 15 dias (4)	Área para pilha de 15 dias (5)	Área para 3 pilhas em 45 dias
		hab	t/dia	t	m ³	m ²	m ²
Operação manual (serventes)	até 2 serventes	2500	1,2	18,0	36	20	60
		5000	2,4	36,0	72	40	119
		7500	3,6	54,1	108	60	179
	até 4 serventes	10000	4,8	72,1	144	80	239
		12500	6,0	90,1	180	99	298
		15000	7,2	108,1	216	119	358
	até 6 serventes	17500	8,4	126,2	252	139	418
		20000	9,6	144,2	288	159	477
		22500	10,8	162,2	324	179	537
Operação mecanizada	prever pessoal de apoio	25000	12,0	180,2	360	199	597
		30000	14,4	216,3	433	239	716
		40000	19,2	288,4	577	318	955
		50000	24,0	360,4	721	398	1193
		60000	28,8	432,5	865	477	1432
		70000	33,6	504,6	1009	557	1670

Tabela 6: Dados gerais para dimensionamento das áreas de manejo municipais ou regionais.

(1) taxa de geração de resíduos domiciliares adotada – 1,1kg diários per capita (IPEA, PNRS 2012);
 (2) % de orgânicos presente – 51,4% (IPEA, PNRS 2012);
 (3) % de orgânicos recuperada – 85%;
 (4) massa específica aparente do resíduo orgânico – 0,5t/m³;
 (5) área da base considerando pilha trapezoidal com largura em torno de 4,5m, altura total de 2,4m;
 Obs.: Redução estimada do volume até final da maturação = 70%.

Deve ainda ser considerada a inclusão, a partir das informações da Tabela 6, das áreas descritas nas zonas de trabalho já apresentadas, com as operações prévias e posteriores ao processo em si de compostagem (armazenamento, mistura, maturação etc.); esta inclusão pode dobrar a área total de galpão demandada pelo processo.

Além deste conjunto de áreas, precisam ser providenciados os espaços para as atividades de apoio, caso elas ainda não existam

no local utilizado:

- Escritório – mínimo de 12m²;
- Refeitório – prever no mínimo 1,0m² por usuário, com instalação de pia, bebedouro, aquecedor de marmitas e fogão;
- Sanitário e Vestiário: deve ser consultada a NR 24/78 do Ministério do Trabalho e Emprego e observar-se os parâmetros da Tabela 7.

Tabela 7: Parâmetros para dimensionamento de sanitários e vestiários.

Equipamento	Parâmetro	Referência
vaso sanitário	1 para cada 20 usuários	box mínimo 1,0m ²
lavatório	1 para cada 20 usuários	largura mínima 0,60m
chuveiro	1 para cada 10 usuários	-
vestiário	armários individuais	1,50m ² por usuário
armário	compartimento duplo	h = 0,90m, l = 0,30m, p = 0,40m

Caso o porte da instalação determine o uso de equipamentos mecânicos para o manejo dos materiais (pá carregadeira, por exemplo), será necessário prever-se também um espaço coberto para a guarda deste equipamento e execução de pequenas tarefas de

manutenção. Deverão ser consideradas ainda as áreas de manobra e de trânsito de veículos e equipamentos.

Além dos cuidados para o dimensionamento e execução adequados do Galpão de Compostagem, outros devem ser tomados

para o sucesso desta nova estratégia de aproveitamento dos resíduos orgânicos:

Cuidado 1

Sinalização das áreas do processo

Como parte do planejamento das atividades, as diversas áreas de trabalho devem ser identificadas de maneira bastante visível no Galpão, para que se dê ordem e controle ao processo. As áreas podem ser sinalizadas como segue:

- Área 1 – armazenamento do material estruturante seco;
- Área 2 – de misturação;
- Área 3 – de compostagem;
- Área 4 – de maturação;
- Área 5 – de peneiração e empacotamento;
- Área 6 – de estoque do produto terminado;
- Área 7 – de ferramentas;
- Área 8 – oficinas;
- Área 9 – circulação interna;
- Área 10 – circulação externa e estacionamento.

Cuidado 2

Orientação aos funcionários

Os funcionários devem compreender os motivos da organização e o objetivo de

cada etapa. Devem ser orientados também para:

- manter continuamente limpos o local de trabalho e os equipamentos;
- operar os equipamentos adequadamente e cumprir as exigências de segurança no trabalho (óculos de proteção, avental, luvas e máscara);
- realizar a manutenção preventiva e corretiva da composteira ou baia, equipamentos e demais dispositivos;
- informar sobre anomalias apresentadas na operação;
- registrar a informação de entrada de resíduos e de saída de composto nos formulários recebidos.

Cuidado 3

Monitoramento do processo

O monitoramento do processo de compostagem deve ser realizado de forma contínua, controlando-se:

- os processos de separação de resíduos na fonte, retornando informação aos geradores para correção de procedimentos;
- o armazenamento adequado e a captação interna dos resíduos orgânicos

eventualmente caídos para que se evite atração de animais e maus odores;

- o estoque adequado de material estruturante para apoio ao processo;
- a penetração de chuvas ou a formação de quaisquer líquidos;
- o funcionamento das baias de compostagem com a medição de parâmetros como temperatura e umidade.

Toda informação deve ser registrada em formulários específicos a serem preparados pela gerência do processo.

Cuidado 4

Verificação do produto final

O produto final deve estar completamente estabilizado. As características físicas do material variam durante as fases do processo, adquirindo aspectos diferentes. Se reconhece quando o produto está maduro pelos seguintes aspectos:

- sua temperatura é a mesma do ambiente e seu volume reduziu-se a um terço do volume original;
- sua cor será marrom escuro ou preta e terá um odor agradável, parecido com terra;

- seu aspecto é homogêneo e não serão identificados os restos orgânicos que foram incorporados;
- o produto é leve e fofo;
- o produto esfarela facilmente nas mãos e não se compacta ao ser pressionado.

Assim que se obtenha o composto maduro, é recomendável enviar amostras do produto obtido a um laboratório, com a finalidade de garantir, aos usuários, um produto descontaminado e de boa qualidade, que possa ser utilizado com segurança. Qualquer anormalidade indicada por esta análise deverá implicar em uma mudança de procedimentos para melhoria do processo.

Cuidado 5

Procedimentos para obtenção de um produto de boa qualidade

Deve haver uma preocupação contínua e disciplinada com os seguintes procedimentos:

- limpar os recipientes utilizados para o transporte de material não tratado em uma área especificamente designada para isto;
- a área de mistura dos materiais (resíduos e estruturante) deve estar afas-

tada da área de peneiramento e preparo do produto final, e deve incorporar soluções para prevenir o risco de contaminação do produto final;

- tomar medidas preventivas sistemáticas contra roedores, insetos e outros parasitas; para isto, deve-se desenvolver e aplicar um programa de controle de pragas;
- garantir a presença de equipamentos e produtos de limpeza adequados; o controle da higiene deve incluir inspeções periódicas do entorno e diária do Galpão de Compostagem;
- a manipulação e armazenamento do composto pronto devem ser realizadas de forma a evitar sua contaminação;
- os processos devem ser organizados de tal forma que todo os resíduos recebidos na instalação alcancem os parâmetros de tempo e temperatura exigidos para alcançar a higienização;
- recomenda-se medições sistemáticas da temperatura em todas as baias;
- os registros devem ser anotados identificando as baias, as datas e ainda os demais dados relativos aos resíduos orgânicos recebidos e ao composto

obtido; deverão estar à disposição da fiscalização;

- as análises de laboratório para controle de patógenos no produto final devem ser realizados em um laboratório certificado e devem ser arquivadas;
- os lotes de composto que não cumpram as condições estabelecidas de higienização devem ser totalmente reprocessados, agregando-os a resíduos recém recebidos na instalação.

6.9. Desafios e considerações finais

Este guia apresentou processos completamente seguros, confiáveis, econômicos e eficientes para o aproveitamento de resíduos orgânicos em residências, condomínios e conjuntos habitacionais, instituições diversas e nas áreas municipais de manejo de resíduos.

No entanto, a possibilidade de soluções simples e eficazes nada significará se não forem estabelecidas as condições de gestão técnica perenizada dos processos, superando aquilo que é uma fragilidade histórica dos municípios. Para isso, um instrumento essencial será a aplicação da

Referências Bibliográficas

Lei Federal de Consórcios Públicos (Lei nº 11.107/2005).

A formação de consórcios públicos ampliará em muito a possibilidade de superação da fragilidade de gestão dos municípios, muito patente quando se analisa o histórico dos esforços pela compostagem no Brasil, e permitirá que aconteça o necessário salto de qualidade na gestão dos serviços públicos.

Este é o maior desafio – dar continuidade segura às iniciativas, extraíndo-se o máximo dos investimentos que possam ser feitos para a superação das carências em saneamento de nossas cidades.

E para este salto certamente colaborarão estratégias simples e eficientes como as demonstradas neste Guia de Orientação.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS NBR 13591/1996. Compostagem – Terminologia. Março, 1996, 4p.

BATISTA FILHO, M. O Brasil e a segurança alimentar. Revista Brasileira de Saúde Materno Infantil, v. 7, n. 2, p. 121-122, 2007.

BELTRAME, K. G. Potencial e desafios para o desenvolvimento de insumos orgânicos no Brasil. Jundiaí: Curso de nivelamento técnico em gestão sustentável de resíduos sólidos urbanos, 2014. 27 slides: color. Slides gerados a partir do software PowerPoint.

BELTRAME, K. G. Compostagem de resíduos sólidos urbanos no Brasil: benefícios x problemas. In: FICKE, K; PEREIRA, C; LEITE, A.; BAGNATI, M. (Coords.). Gestão sustentável de resíduos sólidos urbanos: transferência de experiência entre a Alemanha e o Brasil. Braunschweig: Technische Braunschweig, 2015. p. 499-530.

BEZERRA, M. C. L.; VEIGA, J. E. (coord.) Agricultura Sustentável. Brasília: Ministério do Meio Ambiente; Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis; Consórcio Museu Emílio Goeldi, 2000. [apostila]. Disponível em < <http://www.smeduquedecaxias.rj.gov.br/nead/Biblioteca/Forma%C3%A7%C3%A3o%20Continuada/>

Educa%C3%A7%C3%A3o%20Ambiental/Agenda%2021/agricultura.pdf>. Acesso em: 26 ago 2015.

BRASIL. Norma Regulamentadora nº 24. Condições Sanitárias e de Conforto nos Locais de Trabalho. Diário Oficial República Federativa do Brasil, Poder Legislativo, Brasília, DF, 06 set. 1978.

BRASIL. Constituição (1988). Constituição da República Federativa do Brasil. Brasília, DF, Senado, 1998.

BRASIL. Estatuto das Cidades. Brasília, DF, Senado, 2004, 77p.

BRASIL. Lei n.º 11.107, de 06 de Abril de 2005. Dispõe sobre normas gerais de contratação de consórcios públicos e dá outras providências. Diário Oficial República Federativa do Brasil, Poder Legislativo, Brasília, DF, 07 abr. 2005.

BRASIL. Lei nº 11.445, de 05 de Janeiro de 2007. Estabelece diretrizes nacionais para o saneamento. Diário Oficial República Federativa do Brasil, Poder Legislativo, Brasília, DF, 08 jan. 2007. p 3.

BRASIL. Comitê Interministerial sobre Mudança do Clima. Plano Nacional sobre Mudança do Clima – PNMC. Brasília: MMA, 2008. Disponível em: < <http://www.mma.gov.br/>

gov.br/estruturas/smcq_climatिकास/_arquivos/plano_nacional_mudanca_clima.pdf>. Acesso em 20 de Jun. de 2015.

BRASIL. Lei n.º 12.187, de 29 de Dezembro de 2009. Institui a Política Nacional sobre Mudança do Clima. Diário Oficial República Federativa do Brasil, Poder Legislativo, Brasília, DF, 30 dez. 2009.

BRASIL. Lei n.º 12.305, de 02 de Agosto de 2010. Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos. Diário Oficial República Federativa do Brasil, Poder Legislativo, Brasília, DF, 03 ago. 2010. Seção 1 p 3.

BRASIL. Ministério do Desenvolvimento, Indústria e Comércio Exterior. Dados consolidados da Indústria Brasileira de Mineração. Disponível em <http://www.mdic.gov.br/sitio/interna/interna.php?area=2&menu=208>. Acesso em: 20 de jun. 2015.

CHIUMENTI, A.; CHIUMENTI, R.; DIAZ, L. F.; SAVAGE, G. M.; EGGERTH, L. L.; GOLDS-TEIN, N. Modern Composting Technologies. USA: The JG Press. Inc, 2005.

DIAS, V. P.; FERNANDES, E. Fertilizantes: uma visão global. BNDES Setorial, Rio de Janeiro, n. 24, p. 97-138, set. 2006. Disponível em: <http://www.bndes.gov.br/SiteBNDES/export/sites/de-

fault/bndes_pt/Galerias/Arquivos/conhecimen-to/bnset/set2404.pdf>. Acesso em: 29 jul. 2015

DÍAZ, L. F. Reciclaje y tratamiento biológico de los residuos sólidos municipales. Quito, Ecuador: Editorial Ecuador, 2010.

DOMÍNGHUEZ, J.; ELVIRA, C.; SAM-PEDRO, L. A. “Effects of bulking agents in composting of pig slurries.” The science of composting , 1146-1149, 1996.

EPSTEIN, E. The science of composting. 1st ed. Lancaster: Technomic Publishing Company Inc. 1997. 225p.

FINSTEIN, M. A. “Principles of composting leading to maximization of decomposition rate, odor control, and cost effectiveness”. Composting of Agricultural and Other Was-tes , 13-26, 1985.

GLOBALFERT. Fertilizante foi o principal produto químico importado em 2014. Agência IN: 16 janeiro 2015. Disponível em <http://globalfert.com.br/Noticia.php?n=fertilizante-foi-o-principal-produto-quimico-importado-em-2014>. Acesso em: 29 jul. 2015.

INÁCIO, C. T.; MILLER, P. R. M. Compostagem: ciência e prática para a gestão de resíduos orgânicos. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2009. 156p.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. Coordenação de população e indicadores sociais. Pesquisa nacional de saneamento básico (PNSB): 1989. Rio de Janeiro, 1992.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. Coordenação de população e indicadores sociais. Pesquisa nacional de saneamento básico (PNSB): 2000. Rio de Janeiro, 2002, 397 p.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. Coordenação de população e indicadores sociais. Pesquisa nacional de saneamento básico (PNSB): 2008. Rio de Janeiro, 2010, 222 p.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. Censo demográfico – 2010. Rio de Janeiro: IBGE, 2011.

INSTITUTO DE PESQUISA ECONÔMICA APLICADA – Diagnóstico dos Resíduos Urbanos. Brasília: IPEA, 2012, 82p.

YU S.; CLARK O.G.; LEONARD J.J.. Estimation of vertical air flow in passively aerated compost in a cylindrical bioreactor. Canadian Biosystems Engineering. Vol 50. 2008.

SÃO PAULO. Prefeitura Municipal de São Paulo. Plano de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos da Cidade de São Paulo. São Paulo:

Secretaria Municipal de Serviços, 2014, 456p.

SZTERN Daniel; MGA y PRAVIA Miguel A. Manual para la elaboración de compost, bases conceptuales y procedimientos. Organización Panamericana de la Salud, Organización Mundial de la Salud, 1999.

RICHARD T.; TRAUTMANN N.; KRASNY M., FREDENBURG S.; STUART C. Universidad de Cornell, 2005. Disponível em <http://compost.css.cornell.edu/science.html>. Acesso em: 25 jan 2014.

RIO GRANDE DO NORTE (Estado). Secretaria de Estado do Meio Ambiente e dos Recursos Hídricos. Estudos de Regionalização da Gestão Integrada de Resíduos Sólidos do Estado do Rio Grande do Norte e Elaboração do Plano Regional de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos Estadual. Natal - RN, 2012.

TRAUTMANN N.; KRASNY M. Compost in the Classroom, Cornell Waste Management Institute, 1997.

Anexo

*Nesta sequência é apresentada uma síntese das normas para gestão e aproveitamento de resíduos sólidos orgânicos no **Âmbito Federal**.*

Tabela 1
Âmbito Federal

Normativo para a gestão e o aproveitamento dos resíduos sólidos orgânicos no Brasil.

Leis	Descrição
Lei Federal nº 11.445, de 5 de janeiro de 2007	Estabelece Diretrizes Nacionais para o Saneamento Básico, incluso o manejo de resíduos sólidos e a limpeza urbana.
Lei Federal nº 12.187, de 29 de dezembro de 2009	Institui a Política Nacional sobre Mudança do Clima - PNMC e dá outras providências.
Lei Federal nº 12.305, de 2 de agosto de 2010	Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos e dá outras providências.
Lei Federal nº 6.894, de 16 de dezembro de 1980	Dispõe sobre a inspeção e a fiscalização da produção e do comércio de fertilizantes, corretivos, inoculantes, estimulantes ou biofertilizantes, remineralizadores e substratos para plantas, destinados à agricultura, e dá outras providências. (Redação dada pela Lei nº 12.890, de 2013)
Decreto Federal nº 4.954 de 14 de janeiro de 2004	Regulamenta a Lei nº 6.894, de 16 de dezembro de 1980, que dispõe sobre inspeção e fiscalização para fertilizantes, corretivos e outros.
Decreto Federal nº 7.217, de 21 de junho de 2010	Regulamenta a Lei nº 11.445, de 5 de janeiro de 2007, que estabelece diretrizes nacionais para o saneamento básico.
Decreto Federal nº 7.390, de 9 de dezembro de 2010	Regulamenta os artigos. 6º, 11 e 12 da Lei nº 12.187, de 29 de dezembro de 2009, que institui a Política Nacional sobre Mudança do Clima – PNMC.

Tabela 1 (continuação)
Âmbito Federal

Normativo para a gestão e o aproveitamento dos resíduos sólidos orgânicos no Brasil.

Leis	Descrição
Decreto Federal nº 7.404, de 23 de dezembro de 2010	Regulamenta a Lei nº 12.305, de 2 de agosto de 2010, que institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos, cria o Comitê Interministerial da Política Nacional de Resíduos Sólidos e o Comitê Orientador para a Implantação dos Sistemas de Logística Reversa.
Decreto Federal nº 8.059, de 26 de julho de 2013	Altera o Anexo ao Decreto nº 4.954, de 14 de janeiro de 2004, que aprova o Regulamento da Lei nº 6.894, de 16 de dezembro de 1980.
Decreto Federal nº 8.384, de 29 de dezembro de 2014	Também altera o Anexo ao Decreto nº 4.954, de 14 de janeiro de 2004, que aprova o Regulamento da Lei nº 6.894, de 16 de dezembro de 1980.
Resolução Conama nº 404, de 11 de novembro de 2008	Estabelece critérios e diretrizes para o licenciamento ambiental de aterro sanitário de pequeno porte de resíduos sólidos urbanos.
ABNT NBR 13.591:1996	Objetivo: esta norma define os termos empregados exclusivamente em relação à compostagem de resíduos sólidos domiciliares.
ABNT NBR 10.004: 2004	Objetivo: esta norma classifica os resíduos sólidos quanto aos seus riscos potenciais ao meio ambiente e à saúde pública, para que possam ser gerenciados adequadamente.
Instrução Normativa SARC nº 14, de 16 de outubro de 2003	Dispõe sobre importações de fertilizantes, corretivos, inoculantes e biofertilizantes, e suas respectivas matérias-primas.
Instrução Normativa SDA nº 23, de 31 de agosto de 2005	Aprova definições, especificações e as garantias dos fertilizantes orgânicos.
Instrução Normativa SDA nº 27, de 05 de Junho de 2006	Dispõe sobre a importação ou comercialização, para produção, de fertilizantes, corretivos, inoculantes e biofertilizantes.

Tabela 1 (continuação)
Âmbito Federal

Normativo para a gestão e o aproveitamento dos resíduos sólidos orgânicos no Brasil.

Leis	Descrição
Instrução Normativa MAPA nº 35, de 4 de julho de 2006	Aprova as normas sobre especificações e garantias, tolerâncias, registro, embalagem e rotulagem dos corretivos de acidez, de alcalinidade e de sodicidade e dos condicionadores de solo, destinados à agricultura, na forma do Anexo a esta Instrução Normativa.
Instrução Normativa MAPA nº 5, de 23 de fevereiro de 2007	Aprova as definições e normas sobre as especificações e as garantias, as tolerâncias, o registro, a embalagem e a rotulagem dos fertilizantes minerais, destinados à agricultura.
Instrução Normativa SDA nº 17, de 21 de maio de 2007	Aprova os Métodos Analíticos Oficiais para Análise de Substratos e Condicionadores de Solos.
Instrução Normativa SDA nº 24, de 20 de junho de 2007	Reconhece os métodos analíticos constantes do anexo desta Instrução Normativa, conforme o art. 71 do anexo do Decreto nº 4.954, de 14 de janeiro de 2004.
Instrução Normativa SDA nº 28, de 27 de julho de 2007	Aprova os métodos analíticos oficiais para fertilizantes minerais, orgânicos, organominerais e corretivos, disponíveis na Coordenação-Geral de Apoio Laboratorial – Cgal/SDA/MAPA, na Biblioteca Nacional de Agricultura – Binagri e no site do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento, como Manual de métodos analíticos oficiais para fertilizantes minerais, orgânicos, organominerais e corretivos.
Instrução Normativa SDA nº 25, de 23 de julho de 2009	Aprova normas sobre as especificações e as garantias, as tolerâncias, o registro, a embalagem e a rotulagem dos fertilizantes orgânicos simples, mistos, compostos, organominerais e biofertilizantes destinados à agricultura.
Instrução Normativa MAPA nº 30, de 10 de novembro de 2010	Regulamenta o controle de qualidade do produto comercial, prevendo para tanto, metodologias específicas a serem realizadas pelos laboratórios certificados pelo MAPA.

Tabela 1 (continuação)
Âmbito Federal

Normativo para a gestão e o aproveitamento dos resíduos sólidos orgânicos no Brasil.

Leis	Descrição
Instrução Normativa SDA nº 13, de 24 de março de 2011	Aprova as normas sobre especificações, garantias, registro, embalagem e rotulagem dos inoculantes destinados à agricultura, bem como as relações dos micro-organismos autorizados e recomendados para produção de inoculantes no Brasil, na forma dos Anexos I, II e III, desta Instrução Normativa.
Instrução Normativa MAPA nº 53, de 23 de agosto de 2013	Estabelece as disposições e critérios para: I - definições, classificação, registros, cadastros, procedimentos e outros; II - o credenciamento de instituições privadas de pesquisa; e III - requisitos mínimos para avaliação da viabilidade e eficiência agronômica e elaboração do relatório técnico-científico para fins de registro de fertilizante, corretivo e biofertilizante na condição de produto novo.
Resolução Anvisa RDC nº 306, de 7 de dezembro de 2004	Dispõe sobre o Regulamento Técnico para o gerenciamento de resíduos de serviços de saúde, inclusive a possibilidade de destinação por compostagem.

Atualmente o Brasil conta com um arcabouço legal consistente, com destaque para quatro leis:

- Lei Federal de Saneamento Básico*
- Política Nacional sobre Mudanças do Clima*
- Política Nacional de Resíduos Sólidos*
- Lei Federal dos Consórcios Públicos*

Nesta sequência é apresentada uma síntese das normas para o aproveitamento de resíduos em geral e dos orgânicos no **Âmbito Estadual**.

Tabela 2
Âmbito Estadual

Normativo para a gestão e o aproveitamento dos resíduos sólidos orgânicos.

UF	Normativo	Origem	Descrição
AM	Lei Estadual nº 3.219, de 28 de dezembro de 2007	Governo do Estado do Amazonas	Dispõe sobre o licenciamento ambiental no Estado do Amazonas e dá outras providências
ES	Instrução Normativa nº 10, de 28 de dezembro de 2010	Instituto Estadual de Meio Ambiente e Recursos Naturais do Espírito Santo	Dispõe sobre a exigência ou dispensa do RAP para aterros e usinas de reciclagem e compostagem.
MG	Lei Estadual nº 13.766, de 30 de novembro de 2000	Assembleia Legislativa de Minas Gerais	Dispõe sobre a política estadual de apoio e incentivo à coleta seletiva de lixo.
MG	Deliberação Normativa Copam nº118, 27 de junho de 2008	Conselho de Política Ambiental de Minas Gerais	Altera os artigos 2º, 3º e 4º da Deliberação Normativa 52/2001, estabelece novas diretrizes para adequação da disposição final de resíduos sólidos urbanos no Estado, e dá outras providências.
MG	Deliberação Normativa Copam nº 428, de 28 de junho de 2010	Conselho de Política Ambiental de Minas Gerais	Fixa os custos médios "per capita" para estimativa de investimentos em sistemas de saneamento ambiental previstos no Art. 4º da Lei nº 18.030, de 12 de janeiro de 2009.
MG	Deliberação Normativa Copam nº 172, de 22 de dezembro de 2011	Conselho de Política Ambiental de Minas Gerais	Institui o Plano Estadual de Coleta Seletiva de Minas Gerais.

Tabela 2 (continuação)
Âmbito Estadual

Normativo para a gestão e o aproveitamento dos resíduos sólidos orgânicos.

UF	Normativo	Origem	Descrição
MS	Resolução Semac nº 008, de 31 de maio de 2011	Secretaria de Estado de Meio Ambiente, do Planejamento, da Ciência e da Tecnologia do Mato Grosso do Sul	Estabelece normas e procedimentos para o licenciamento ambiental estadual, e dá outras providências.
MS	Lei Estadual nº 4.106, de 27 de outubro de 2011	Governo do Estado do Mato Grosso do Sul	Dispõe sobre a agroecologia e a agricultura orgânica na agricultura familiar no Estado de Mato Grosso do Sul, dá outras providências.
PA	Lei Estadual nº 6.918, 10 de outubro de 2006	Governo do Estado do Pará	Dispõe sobre a Política Estadual de Reciclagem de Materiais e dá outras providências.
PA	Resolução Coema nº 110, de 10 de outubro de 2013	Conselho Estadual de Meio Ambiente do Pará	Estabelece a alteração da tabela de enquadramento das atividades sujeitas à cobrança de taxas pelo exercício regular do poder de polícia administrativa ambiental.
PA	Resolução Coema nº 116, de 3 de julho de 2014	Conselho Estadual de Meio Ambiente do Pará	Dispõe sobre as atividades de impacto ambiental local de competência dos municípios, e dá outras providências.
PI	Lei Estadual nº 6.140, de 06 de dezembro de 2011	Governo do Estado do Piauí	Institui a Política Estadual sobre Mudança do Clima e Combate à Pobreza - PEMCP e dá outras providências.
PR	Lei Estadual nº 9.056, de 02 de agosto de 1989	Governo do Estado do Paraná	Dispõe sobre o prévio cadastramento de produtores, distribuidores e a comerciantes de fertilizantes, corretivos, inoculantes, ou biofertilizantes, na Secretaria de Estado da Agricultura e do Abastecimento e adota outras providências.

Tabela 2 (continuação)
Âmbito Estadual

Normativo para a gestão e o aproveitamento dos resíduos sólidos orgânicos.

UF	Normativo	Origem	Descrição
PR	Decreto Estadual nº 6.710, de 04 de abril de 1990	Governo do Estado do Paraná	Aprova o Regulamento da Lei Estadual nº 9.056, de 02 de agosto de 1989.
PR	Resolução Sema nº 31, de 24 de agosto de 1998	Secretaria do Meio Ambiente e Recursos Hídricos do Paraná	Dispõe sobre o licenciamento ambiental, autorização ambiental, autorização florestal e anuência prévia para desmembramento e parcelamento de gleba rural.
PR	Resolução nº 060, de 2 de setembro de 2003	Secretaria da Agricultura e do Abastecimento do Estado do Paraná	Dispõe sobre análises periciais em fertilizantes, corretivos, inoculantes e biofertilizantes
PR	Resolução nº 008, de 6 de fevereiro de 2006	Secretaria da Agricultura e do Abastecimento do Estado do Paraná	Dispõe sobre as informações inscritas em notas fiscais de venda e em rótulos ou etiquetas de embalagens fertilizantes, inoculantes e biofertilizantes.
PR	Instrução Normativa nº 25, de 23 de julho de 2009	Secretaria da Agricultura e do Abastecimento do Estado do Paraná	Normas sobre as especificações e as garantias, as tolerâncias, o registro, a embalagem e a rotulagem dos fertilizantes orgânicos simples, mistos, compostos, organominerais e biofertilizantes destinados à agricultura
PR	Lei Estadual nº 17.441, de 26 de dezembro de 2012	Governo do Estado do Paraná	Estabelece diretrizes para o desenvolvimento de agricultura com baixa emissão de carbono no Estado do Paraná.
PR	Resolução Cema nº 090, de 03 de dezembro de 2013	Conselho Estadual de Meio Ambiente do Paraná	Estabelece condições, critérios e dá outras providências, para empreendimentos de compostagem de resíduos sólidos de origem urbana e de grandes geradores e para o uso do composto gerado.

Tabela 2 (continuação)
Âmbito Estadual

Normativo para a gestão e o aproveitamento dos resíduos sólidos orgânicos.

UF	Normativo	Origem	Descrição
PR	Resolução Cema nº 0094 - 04 de Novembro de 2014	Conselho Estadual de Meio Ambiente do Paraná - CEMA	Estabelece diretrizes e critérios para o licenciamento e outorga, projeto, implantação, operação e encerramento de aterros sanitários, e dá outras providências.
RJ	Instrução Técnica IT-1318.R-2	Fundação Estadual de Engenharia do Meio Ambiente do Rio de Janeiro	Instrução Técnica para requerimento de licenças para unidades de reciclagem e compostagem.
RJ	Resolução INEA nº 52, de 19 de março de 2012	Instituto Estadual do Ambiente - INEA	Estabelece os novos códigos para o enquadramento de empreendimentos e atividades poluidoras ou utilizadores de recursos ambientais.
SC	Portaria nº 002, de 09 de janeiro de 2003	Fundação do Meio Ambiente - FATMA	Disciplina o ordenamento e a tramitação dos processos de licenciamento ambiental e dá outras providências.
SP	Resolução SMA nº 51, de 26 de julho de 1997	Secretaria do Meio Ambiente do Estado de São Paulo.	Dispõe sobre a exigência ou dispensa de Relatório Ambiental Preliminar - RAP para os aterros sanitários e usinas de reciclagem e compostagem de resíduos sólidos domésticos operados por municípios.
SP	Resolução SMA nº 075, de 31 de outubro de 2008	Secretaria do Meio Ambiente do Estado de São Paulo.	Dispõe sobre licenciamento das unidades de armazenamento, transferência, triagem, reciclagem, tratamento e disposição final de resíduos sólidos e dá outras providências.
SP	Resolução SMA nº 102, 20 de dezembro de 2012	Secretaria do Meio Ambiente do Estado de São Paulo.	Dispõe sobre dispensa de licenciamento ambiental para as atividades de compostagem e vermicompostagem em instalações de pequeno porte, sob condições determinadas.

Nesta sequência são apresentados programas de incentivo à compostagem no **Âmbito Federal**.

Tabela 3
Âmbito Federal

Programas de incentivo à compostagem

Programas	Instituição	Descrição
Programa Saneamento Ambiental Urbano	Secretaria Nacional de Saneamento Ambiental SNSA	Ampliar a cobertura e melhorar a qualidade dos serviços de saneamento ambiental urbano.
Programa Resíduos Sólidos Urbanos	Secretaria Nacional de Saneamento Ambiental SNSA	Incentivar a gestão adequada de resíduos sólidos urbanos, aumentar a eficiência e a eficácia dos serviços de limpeza pública, promover a inserção social de catadores, a eliminação dos lixões e do trabalho infantil no lixo.
Programa Desenvolvimento Integrado e Sustentável do Semi-Árido-Conviver	Secretaria Nacional de Saneamento Ambiental SNSA	Reduzir as vulnerabilidades socioeconômicas da população das áreas do semiárido com incidência de seca.
Pronaf Agroecologia	Secretaria de Agricultura Familiar	Apoiar agricultores familiares no desenvolvimento de sistemas de produção agroecológicos ou orgânicos.
Conservação, Manejo e Uso Sustentável da Agrobiodiversidade	Ministério do Meio Ambiente	Apoiar produtores rurais, povos indígenas, comunidades tradicionais e locais, agricultores familiares e assentados de reforma agrária na conservação e uso sustentável dos componentes da agro biodiversidade, visando a segurança alimentar, a geração de trabalho e renda e a retribuição por serviços ambientais.

Tabela 3 (continuação)
Âmbito Federal

Programas de incentivo à compostagem

Programas	Instituição	Descrição
Unidades Familiares de Produção Agroecológica Sustentável	Fundação Banco do Brasil	Ação em parceria com o Ministério da Integração Nacional em nove estados do semiárido - AL, BA, CE, MG, PB, PE, PI, SE e RN - e com o Sebrae, em todos anteriores e mais ES, GO e MS. As UFPAS buscam otimização do uso sustentável de recursos naturais e socioeconômicos, respeitando a integridade cultural local.
Ação de Aplicação de Mecanismos de Garantia da Qualidade Orgânica	Ministério de Agricultura, Pecuária e Abastecimento	Busca garantir ao consumidor a identidade e a qualidade dos produtos orgânicos com certificação de produtos de origem animal ou vegetal.
Desenvolvimento da Agricultura Orgânica Pró-orgânico	Ministério de Agricultura, Pecuária e Abastecimento	Objetiva ampliar a oferta de insumos e de tecnologias aos sistemas orgânicos de produção; viabilizar a socialização de conhecimentos e a capacitação de técnicos e produtores rurais; articular e aproximar os agentes da rede de produção orgânica.

Nesta sequência são apresentados normas e programas de incentivo à compostagem no **Âmbito Estadual**.

Tabela 4
Âmbito Estadual

Normativos e programas de incentivo à compostagem.

UF	Normativo/Programas	Origem	Descrição
ES	Lei Estadual nº 6.617, 06 de fevereiro de 2001	Governo do Estado do Espírito Santo	Cria o Programa Estadual de Incentivo à utilização de fertilizantes naturais, e dá outras providências.
DF	Programa Abastecer	Secretaria de Agricultura e Desenvolvimento Rural - SEAGRI	Implanta a Política de Integração e Regulamentação dos Mercados de Orgânicos, Flores e Pescado.
DF	Programa Produzir	Secretaria de Agricultura e Desenvolvimento Rural - SEAGRI	Implanta Programa de Desenvolvimento da Agricultura Orgânica.
ES	Programa Vida no Campo	Secretaria de Estado da Agricultura, Abastecimento, Aquicultura e Pesca - SEAG	Programa de Desenvolvimento da Agricultura Familiar Capixaba
GO	Lei Estadual nº 14.385, de 09 de janeiro de 2003	Governo do Estado de Goiás	Dispõe sobre a política estadual para a promoção do uso de sistemas orgânicos de produção vegetal e animal.
GO	Decreto Estadual nº 5.873, de 09 de dezembro de 2003	Governo do Estado de Goiás	Regulamenta a política estadual para a promoção do uso de sistemas orgânicos de produção vegetal e animal.

Tabela 4 (continuação)
Âmbito Estadual

Normativos e programas de incentivo à

UF	Normativo/Programas	Origem	Descrição
MG	Lei nº 13.803, de 27 de dezembro de 2000	Assembleia Legislativa Minas Gerais	Dispõe sobre a distribuição da parcela da receita do produto da arrecadação do ICMS pertencente aos municípios.
MG	Lei Estadual nº 18.030, de 12 de Janeiro de 2009	Assembleia Legislativa Minas Gerais	Também dispõe sobre a distribuição da parcela da receita do produto da arrecadação do ICMS pertencente aos municípios.
MG	Programa Estruturador Qualidade Ambiental	Fundação Estadual do Meio Ambiente - FEAM	Voltado à redução e valorização de resíduos, e à implantação e gestão do pagamento dos serviços ambientais - Bolsa Reciclagem
PE	Lei Estadual nº 12.432, de 29 de setembro de 2003	Assembleia Legislativa Pernambuco	Ajusta os critérios de distribuição de parte do ICMS que cabe aos municípios.
PI	Lei Estadual nº 5.813, de 03 de março de 2008	Governo do Estado do Piauí	Cria o ICMS ecológico para beneficiar municípios que se destaquem na proteção ao meio ambiente e dá outras providências.
PR	Decreto Estadual nº 5.631, de 30 de Abril de 2002	Governo do Estado do Paraná	Institui o Sistema de Financiamento de Ações nos Municípios do Estado do Paraná-SFM.

Tabela 4 (continuação)**Âmbito Estadual**

Normativos e programas de incentivo à compostagem

UF	Normativo/Programas	Origem	Descrição
PR	Decreto Estadual nº 6.622, de 29 de novembro de 2012	Governo do Estado do Paraná	Institui o Programa de Modernização da Infraestrutura do Paraná – PROINFRA.
PR	Decreto Estadual nº 12.431, de 23 de outubro de 2014	Governo do Estado do Paraná	Institui o Programa Paraná Agroecológico para promover e apoiar ações integradas referenciadas nos princípios da agroecologia.
PR	Programa Agroecologia – PAG	Governo do Estado do Paraná	Apoia ações fundamentadas nos princípios da agroecologia, visando ao desenvolvimento de políticas públicas, socioambientais, econômicas e tecnológicas para a agricultura.
RJ	Programa Cultivar Orgânico	Governo do Estado do Rio de Janeiro	Objetiva estimular a conversão de práticas agrícolas convencionais para a agricultura orgânica e apoiar produtores rurais que já trabalhem nesta atividade.
RS	Projeto de Unidades Produtivas de Base Ecológica	Secretaria do Desenvolvimento Rural, Pesca e Cooperativismo do Governo do Estado do Rio Grande do Sul	Apoia Unidades Produtivas de Agricultura de Base Ecológica (UPB's) na produção e agregação de valor à produção, inclusas melhorias ambientais da propriedade visando a transição ou o redesenho de sistemas de produção ecológicos.