



**UNIVERSIDADE DE CAXIAS DO SUL – UCS
CENTRO DE CIÊNCIAS EXATAS E TECNOLOGIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA E CIÊNCIAS
AMBIENTAIS – PPGECAM**

PATRÍCIA TOMEDI CAPRARA

**UTILIZAÇÃO DA COMPOSTAGEM DE RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS NO
BRASIL: AVALIAÇÃO DOS PROBLEMAS OCORRIDOS NO PASSADO E
CONSIDERAÇÕES PARA PROJETOS FUTUROS**

Caxias do Sul

2016



PATRÍCIA TOMEDI CAPRARA

**UTILIZAÇÃO DA COMPOSTAGEM DE RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS NO
BRASIL: AVALIAÇÃO DOS PROBLEMAS OCORRIDOS NO PASSADO E
CONSIDERAÇÕES PARA PROJETOS FUTUROS**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia e Ciências Ambientais da Universidade de Caxias do Sul, como requisito parcial para a obtenção de grau de Mestre em Engenharia e Ciências Ambientais, orientada pelo Professor Dr. Geraldo Antônio Reichert.

Caxias do Sul

2016

T656u Tomedi Caprara, Patricia

Utilização da compostagem de resíduos sólidos urbanos no Brasil: avaliação dos problemas ocorridos no passado e considerações para projetos futuros / Patricia Tomedi Caprara. – 2016.
121 f.: il.

Dissertação (Mestrado) - Universidade de Caxias do Sul, Programa de Pós-Graduação em Engenharia e Ciências Ambientais, 2016.
Orientação: Prof. Dr. Geraldo Antônio Reichert.

1. Compostagem. 2. Unidades de triagem e compostagem. I. Antônio Reichert, Prof. Dr. Geraldo, orient. II. Título.



UNIVERSIDADE DE CAXIAS DO SUL

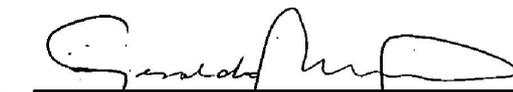
**“UTILIZAÇÃO DA COMPOSTAGEM DE RESÍDUOS SÓLIDOS
URBANOS NO BRASIL: AVALIAÇÃO DOS PROBLEMAS
OCORRIDOS NO PASSADO E CONSIDERAÇÕES PARA O
PROJETOS FUTUROS”**

Patricia Tomedi Caprara

Dissertação de Mestrado submetida à Banca Examinadora designada pelo Colegiado do Programa de Pós-Graduação em Engenharia e Ciências Ambientais da Universidade de Caxias do Sul, como parte dos requisitos necessários para a obtenção do título de Mestra em Engenharia e Ciências Ambientais, Área de Concentração: Gestão e Tecnologia Ambiental.

Caxias do Sul, 04 de agosto de 2016.

Banca Examinadora:



Dr. Geraldo Antonio Reichert
Orientador
Universidade de Caxias do Sul (UCS)



Dra. Vânia Elisabete Schneider
Universidade de Caxias do Sul (UCS)



Dra. Suzana Maria De Conto
Universidade de Caxias do Sul (UCS)



Dra. Mariza Fernanda Power Reis
Prefeitura de Porto Alegre (DMLU)

CIDADE UNIVERSITÁRIA
Rua Francisco Getúlio Vargas, 1130 - B. Petrópolis - CEP 95070-560 - Caxias do Sul - RS - Brasil
Ou: Caixa Postal 1352 - CEP 9502-000 - Caxias do Sul - RS - Brasil
Telefone / Telefax (54) 3218 2100 - www.ucs.br
Entidade Mantenedora: Fundação Universidade de Caxias do Sul - CNPJ 88 648 761/0001-03 - CGCTE 029/0089530

À minha filha
Luísa, aos meus
pais e esposo.

AGRADECIMENTOS

A Deus por ter me dado saúde e força para superar as dificuldades.

À Instituição pelo ambiente criativo e amigável que proporciona.

Em especial, ao professor Dr. Geraldo Antônio Reichert, pela orientação, paciência, dedicação e principalmente incentivo para sempre continuar em busca do conhecimento.

À minha família, por sua capacidade de acreditar em mim e investir em mim.

A todos que direta ou indiretamente fizeram parte da minha formação, o meu muito obrigado.

"Quem caminha sozinho pode até chegar mais rápido, mas aquele que vai acompanhado, com certeza vai mais longe."

Clarice Lispector

RESUMO

O Brasil está entre os 10 países no mundo que mais desperdiça alimentos. Esta situação aliada ao crescimento econômico e a falta de iniciativas dos gestores em buscar soluções para a gestão dos serviços públicos municipais de limpeza urbana e manejo de resíduos sólidos, faz com que o sistema de tratamento de resíduos fique esquecido. No Brasil mais de 50% da composição dos resíduos sólidos urbanos gerados é de resíduo orgânico biodegradável suscetível a compostagem. As unidades de triagem e compostagem no Brasil deveriam apresentar um processo de tratamento eficaz aos resíduos, especialmente ao resíduo orgânico, transformando-o em composto e reduzindo a quantidade de resíduos que é enviada a aterros sanitários. Mas o que se observa é o oposto disso, material reciclável sendo erroneamente disposto em aterros sanitários sem uma prévia separação e tratamento. Observa-se que no Brasil a compostagem ainda é pouco utilizada, e busca-se saber porque esse sistema de tratamento ainda tem pouca credibilidade, não só por parte dos gestores, mas também da população. Há a hipótese de que devido a erros de projetos e concepções sofridas no passado o descrédito em relação a estas unidades ainda esteja presente, e por essa razão os gestores acreditem que o sistema é falho. Em outro momento sabe-se que as tecnologias e estudos avançaram muito ao longo dos anos, e há de certa forma a ocorrência de outros motivos que façam com que as unidades de triagem e compostagem no Brasil não tenham o sucesso esperado. Busca-se através dessa pesquisa descobrir o porquê estas unidades não conseguem alcançar seus objetivos completamente ou até mesmo manter-se em atividade. Foi feito o levantamento da situação atual das unidades de triagem e compostagem em diversas regiões do Brasil. Análises críticas a partir da avaliação de dados estruturais e operacionais obtidos por meio da opinião de diversos especialistas, técnicos e operadores da área de resíduos sólidos, constatando as medidas cabíveis para propor melhores alternativas e melhorias para unidades de compostagem e para a implantação de novas unidades no futuro.

Palavras-Chave: Resíduos-sólidos. Compostagem. Tratamento de Resíduos Sólidos. Unidades de Triagem e Compostagem.

ABSTRACT

Brazil is among the 10 countries in the world that more waste food. This coupled with the economic growth and the lack of initiatives by managers in seeking solutions for the management of municipal public services of urban cleaning and solid waste management, makes the waste treatment system is overlooked. In Brazil more than 50% of the composition of municipal solid waste is biodegradable organic matter, which could be treated by composting. The sorting and composting plants in Brazil should present an effective treatment process waste, especially organic waste, turning it into compost and reducing the amount of material that is sent to landfills. But what we see is the opposite, recyclables mistakenly being disposed in landfills without prior separation and treatment. It is observed that in Brazil composting is still little used, and seek to know why this treatment system still has little credibility, not only by managers, but also the population. There is the assumption that because of projects errors and conceptions suffered last discredit for these units is still present, and therefore the managers believe the system is flawed. Another time it is known that the technologies and studies progressed a lot over the years, and there is a certain way the occurrence of other reasons that make the sorting and composting units in Brazil does not have the expected success. Through this research, we seek to find out why these units fail to achieve their goals completely or even to stay in business. It has made the lifting of the current situation of the sorting and composting plants in several regions of Brazil. Critical analyzes from the assessment of structural and operational data obtained through the opinion of many experts, technicians and solid waste area operators, finding the necessary steps to propose better alternatives and improvements to composting plants and the construction of new units in the future.

Keywords: Solid-waste. Composting. Solid Waste Treatment. Sorting and Composting Units.

LISTA DE SIGLAS E ABREVIATURAS

ABNT: Associação Brasileira de Normas Técnicas

ABRELPE: Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais

BNDES: Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social

C/N: Relação carbono e nitrogênio

CEMPRE: Compromisso Empresarial para Reciclagem

CO₂: Dióxido de carbono

CONAMA: Conselho Nacional do Meio Ambiente

Cu: Cobre

EMATER: Associação Rio Grandense Empresa Técnica Extensão Rural

EPA: Environmental Protection Agency

Fe: Ferro

IBGE: Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística

IN: Instrução Normativa

INSEA: Instituto Nenuca de Desenvolvimento Sustentável

IPEA: Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada

K: Potássio

MMA: Ministério do Meio Ambiente

Mn: Manganês

N: Nitrogênio

P: Fósforo

pH: potencial hidrogeniônico

PNRS: Política Nacional dos Resíduos Sólidos

RSD: Resíduo sólido domiciliar

RSU: Resíduo sólido urbano

SLU: Serviço de limpeza urbana

SNIS: Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento

TCE-RS: Tribunal de Contas do Estado do Rio Grande do Sul

UTC: Unidade de triagem e compostagem

Zn: Zinco

TABELAS

TABELA 1: PARTICIPAÇÃO DOS MATERIAIS NO TOTAL DE RSU COLETADOS NO BRASIL.....	21
TABELA 2: QUANTIDADE DE UNIDADES DE TRIAGEM E COMPOSTAGEM POR REGIÃO DO BRASIL	29
TABELA 3: TEMPERATURAS MÍNIMAS, ÓTIMAS E MÁXIMAS PARA AS BACTÉRIAS, EM °C.....	38
TABELA 4: PRINCIPAIS VANTAGENS E DESVANTAGENS DOS DIFERENTES SISTEMAS DE COMPOSTAGEM	44
TABELA 5: MATERIAIS A COMPOSTAR E A NÃO COMPOSTAR NA COMPOSTAGEM CASEIRA	48
TABELA 6: GARANTIAS MÍNIMAS EXIGIDAS PARA QUE UM COMPOSTO SEJA COMERCIALIZADO DE ACORDO COM A IN Nº 25/2009	51
TABELA 7: PROCEDÊNCIA DOS CONTATOS PARA A REALIZAÇÃO DA PESQUISA	55

FIGURAS

FIGURA 1: ESQUEMA DE UMA UNIDADE COM SISTEMA DANO DE COMPOSTAGEM.....	27
FIGURA 2: DESTINAÇÃO DOS RESÍDUOS NOS PAÍSES DA EUROPA EM 2010 (EM % DE MASSA)...	30
FIGURA 3: EVOLUÇÃO AO LONGO DOS ANOS DAS UNIDADES DE TRIAGEM DE RECICLÁVEIS E UNIDADES DE COMPOSTAGEM.....	31
FIGURA 4: ESQUEMA SIMPLIFICADO DO PROCESSO DE COMPOSTAGEM	34
FIGURA 5: EQUIPAMENTO AUTOPROPELIDO PARA REVOLVIMENTO DE LEIRAS	41
FIGURA 6: EXEMPLO DE SISTEMA DE COMPOSTAGEM COM LEIRAS ESTÁTICAS AERADAS	42
FIGURA 7: FLUXOGRAMA TÍPICO DE UM PROCESSO DE COMPOSTAGEM.....	43
FIGURA 8: SISTEMA DE COMPOSTAGEM EM TÚNEL	45
FIGURA 9: VISTA DO INTERIOR DO SISTEMA DE COMPOSTAGEM EM TÚNEL.....	45

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	14
2	OBJETIVOS.....	17
2.1	OBJETIVO GERAL	17
2.2	OBJETIVOS ESPECÍFICOS	17
3	REFERENCIAL TEÓRICO	18
3.1	RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS.....	18
3.2	RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS NO BRASIL.....	19
3.3	COLETA SELETIVA.....	23
3.4	UNIDADES DE TRIAGEM E COMPOSTAGEM	25
3.4.1	Breve histórico	25
3.5	UNIDADES DE TRIAGEM E COMPOSTAGEM NO BRASIL	27
3.6	PROCESSO DE COMPOSTAGEM	32
3.6.1	Definições.....	32
3.7	FATORES QUE INFLUENCIAM NO PROCESSO DA COMPOSTAGEM	35
3.7.1	Umidade.....	36
3.7.2	Aeração	37
3.7.3	Temperatura	37
3.7.4	Relação Carbono/Nitrogênio	38
3.7.5	pH.....	39
3.7.6	Tamanho das partículas.....	40
3.8	SISTEMAS DE COMPOSTAGEM	41
3.8.1	Vantagens e desvantagens dos sistemas.....	43
3.8.2	Compostagem em túnel ou garagem.....	44
3.8.3	Vermicompostagem	46
3.8.4	Compostagem caseira.....	47

3.9	IMPACTOS CAUSADOS PELO PROCESSO DA COMPOSTAGEM.....	48
3.10	LEGISLAÇÃO E QUALIDADE DO COMPOSTO.....	49
3.11	MERCADO PARA O COMPOSTO	51
4	METODOLOGIA.....	54
5	RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	58
5.1	Artigo 1	59
5.2	Artigo 2.....	78
6	CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES.....	96
	REFERÊNCIAS	98
	ANEXO A - Questionário aplicado para o desenvolvimento da pesquisa.	106
	ANEXO B – (Resposta de submissão de trabalho SIQA 2016).....	120
	ANEXO C – (Certificado de apresentação de Artigo Científico no VI Congresso Brasileiro de Gestão Ambiental)	121

1 INTRODUÇÃO

Os municípios brasileiros apresentam uma elevada geração de resíduos sólidos orgânicos, sendo não só um reflexo da situação econômica do país, mas também do desperdício excessivo, o que acarreta sérios problemas sociais e ambientais. O descarte inconsciente acaba gerando prejuízos ao meio ambiente, que aliado a falta de conscientização da população torna a questão difícil de ser solucionada pelos gestores dos municípios.

Mais de 50% da massa de resíduos sólidos gerado no Brasil é de origem orgânica biodegradável, ou seja, esta poderia ser enviada para tratamento via compostagem, o que não ocorre. Das aproximadamente 29.072.794 toneladas de resíduos orgânicos potencialmente recicláveis gerados em 2012 (ABRELPE, 2012) nos municípios brasileiros, pouco mais de 2% foi recuperado via compostagem, e em 2013 esse número teve um decréscimo para 0,04% (SNIS, 2013).

A destinação incorreta dos resíduos gera despesas aos municípios que poderiam ser evitadas caso a matéria orgânica fosse separada na fonte geradora e encaminhada para um tratamento específico, por exemplo, via compostagem (MASSUKADO, 2008).

O resíduo orgânico biodegradável, quando não separado na origem, acaba por muitas vezes sendo encaminhado para tratamento juntamente com resíduos perigosos, o que acaba prejudicando o processo da compostagem e a qualidade do composto. Ou então, se misturado com algum material que poderia ser reciclável, faz com que ele perca o seu potencial de reciclabilidade, diminuindo o seu valor.

Do ponto de vista ambiental, só o fato de permitir o uso útil da fração orgânica dos resíduos sólidos domésticos e, portanto, diminuir a geração e o potencial poluidor do lixiviado dos aterros sanitários, já seria um ganho considerável (FERNANDES et al., 2006), já que os lixiviados são de difícil tratamento e responsáveis em grande parte pelo impacto ambiental causado pelos resíduos sólidos domésticos.

Lelis e Pereira Neto (2001) citam que uma das principais e mais eficientes alternativas para o tratamento dos resíduos sólidos no Brasil seriam as unidades de triagem e compostagem. Atualmente, observa-se que as unidades de triagem e compostagem no Brasil, encontram-se em estado precário e mal administradas, gerando assim uma imagem negativa perante a população e os gestores municipais por não estarem realizando suas atividades adequadamente ou por já terem encerrado suas atividades. As unidades de triagem e compostagem têm um papel característico no tratamento dos resíduos, pois nestas unidades

realiza-se a triagem dos materiais reaproveitáveis o que garante que os mesmos tenham uma destinação adequada, seja para fins lucrativos com a venda dos recicláveis, ou para a destinação final dos rejeitos em aterros sanitários, entre outros.

A NBR 13591 da ABNT (1996) define usina ou unidade de compostagem como uma instalação dotada de pátio de compostagem e conjunto de equipamento eletromecânico destinado a promover e/ou auxiliar o tratamento das frações orgânicas dos resíduos sólidos domiciliares.

As primeiras usinas instaladas no país datam da década de 1970 (Vasconcelos, 2003). Nestas unidades os resíduos provenientes da coleta eram triados e selecionados por tipologia, sendo que os potencialmente recicláveis eram comercializados ou doados, os resíduos orgânicos biodegradáveis eram encaminhados para o processo da compostagem, e os rejeitos encaminhados para aterros sanitários.

O que vem ocorrendo nos municípios brasileiros, é que as unidades de triagem e compostagem vem apresentando ao longo dos anos uma imagem negativa perante os gestores e a população, imagem esta de um processo que pouco funciona ou que segue ao fracasso. Isto se deve a inúmeros fatores como problemas de gestão das unidades, inviabilidade dos sistemas de compostagem por erros de projeto e execução, entre outros, visão esta que já deveria ter sido superada se o sistema de tratamento de resíduos fosse levado a sério, e a lei fosse cumprida em todo o território nacional.

Lelis e Pereira Neto (2001), citaram que no país havia muita desinformação acerca do sistema de compostagem como alternativa para o tratamento dos resíduos sólidos urbanos, o que aliado aos erros cometidos no passado como falhas em projetos e operacionais, contribuíram para a formação de um conceito negativo sobre o sistema, o qual permanece ainda hoje muitas vezes não refletindo a realidade.

O descrédito em relação ao processo de compostagem é também consequência da pouca divulgação sobre sua importância e dos poucos investimentos feitos no setor. De acordo com Schueler e Mahler (2003), algumas cidades instalaram unidades de compostagem sem ter a noção de seu custo para a manutenção, aliada ao fato que algumas destas unidades foram construídas ou inauguradas pouco antes das eleições governamentais sendo abandonadas logo depois, observando, no entanto, poucos casos de sucesso.

Em relação a qualidade do composto, embora a legislação brasileira apresente alguns padrões máximos e mínimos de qualidade em alguns parâmetros (pH, relação C/N, umidade, metais pesados, entre outros), outros padrões de importância como a influência da aplicação

do composto orgânico sobre a biota presente no solo não são apresentados (MASSUKADO; SCHALCH, 2010), o que demonstra que ainda ocorrem pequenas falhas que necessitam ser corrigidas para a melhoria do processo sem que esse apresente danos ao meio ambiente. Formas de estudos simples e eficientes devem ser levados em consideração, evitando assim custos elevados para tratamentos ambientalmente corretos e seguros.

A Política Nacional dos Resíduos Sólidos, instituída em agosto de 2010, define entre outros temas, a responsabilidade dos diferentes setores da sociedade, e mesmo dos indivíduos, quanto à geração de resíduos com a aplicação de programas que visem estimular a redução, reutilização, e reciclagem dos resíduos (BRASIL, 2010b).

Cita em seu parágrafo 3º que a compostagem pode e deve ser utilizada como uma forma de destinação final ambientalmente correta dos resíduos sólidos urbanos, fazendo com que a PNRS seja atendida, enviando assim somente os rejeitos a aterros sanitários.

A pesquisa foi realizada partindo-se da hipótese de que o descrédito em relação ao bom funcionamento das unidades de triagem e compostagem, em especial o processo de compostagem no Brasil, onde relaciona seu funcionamento insatisfatório atual com os resultados negativos que já apresentou no passado.

As unidades de triagem e compostagem implantadas no Brasil ao longo dos anos tiveram como objetivo principal participar na gestão dos resíduos, valorizando não só os resíduos secos, mas também, destinando os orgânicos a um tratamento adequado, transformando-o em composto.

Para avaliar se há contribuição de fatores do passado que prejudiquem o processo ainda hoje, o estudo baseou-se na experiência de profissionais na área de resíduos sólidos, com a finalidade de reconhecer as fragilidades encontradas nos municípios brasileiros em relação a gestão dos resíduos sólidos elencando as dificuldades encontradas e buscar por soluções para que o processo passe a ser utilizado pelos gestores.

A pesquisa aborda fatores importantes, como a relevância de se segregar os resíduos na fonte geradora, inclusive, apontando os principais motivos pelos quais as unidades de triagem e compostagem sofrem para se manterem em atividade, e algumas propostas para solucionar estes empecilhos.

2 OBJETIVOS

2.1 OBJETIVO GERAL

Identificar e analisar o funcionamento das unidades de triagem e compostagem do Brasil, com a finalidade de verificar o estado da arte dos sistemas implantados.

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Analisar a visão que os profissionais da área de resíduos sólidos possuem juntamente com sua experiência profissional nos processos realizados desde a coleta dos resíduos sólidos urbanos, até a triagem e o envio para o processo da compostagem;
- Analisar a opinião dos profissionais da área de resíduos sólidos sobre o processo de compostagem no Brasil ao longo dos anos;
- Verificar se os erros e fracassos do passado influenciam ainda hoje a não utilização da compostagem nos dias atuais.

3 REFERENCIAL TEÓRICO

3.1 RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS

Os resíduos sólidos podem ser descritos conforme a Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT), por meio da norma NBR 10.004: 2004, como resíduos nos estados sólido e semi-sólido, que resultam de atividades de origem industrial, doméstica, hospitalar, comercial, agrícola, de serviços e de varrição. Ficam incluídos nesta definição os lodos provenientes de sistemas de tratamento de água, aqueles gerados em equipamentos e instalações de controle de poluição, bem como determinados líquidos cujas particularidades tornem inviável o seu lançamento na rede pública de esgotos ou corpos de água, ou exijam para isso soluções técnica e economicamente inviáveis em face à melhor tecnologia disponível.

Segundo D’Almeida e Vilhena (2000), denomina-se resíduo sólido urbano o conjunto de detritos gerados em decorrência das atividades humanas nos aglomerados urbanos, incluindo resíduos domiciliares, os originados nos estabelecimentos comerciais, industriais e de prestação de serviços, os decorrentes dos serviços de limpeza pública urbana, aqueles oriundos dos estabelecimentos de saúde (sépticos e assépticos), os entulhos de construção civil e os gerados nos terminais rodoviários, ferroviários, portos e aeroportos.

Os resíduos domiciliares são definidos pela Política Nacional dos Resíduos Sólidos, como os originários de atividades domésticas em residências urbanas; podendo-se citar restos de alimentos, produtos deteriorados, jornais e revistas, garrafas, embalagens em geral, papel higiênico, fraldas descartáveis e uma grande diversidade de outros itens (BRASIL, 2010b). Contêm ainda, alguns resíduos que podem ser tóxicos, como pilhas e baterias, lâmpadas fluorescentes, medicamentos vencidos, entre outros.

A indústria vem disponibilizando a sociedade uma maior oferta de artigos que associado aos apelos econômicos e de marketing geram uma “sociedade do consumo”, o que eleva expressivamente o volume dos resíduos gerados e seus impactos no meio ambiente (SANTOS, 2005).

A classificação de resíduos envolve a identificação do processo ou atividade que lhes deu origem e de seus constituintes e características e a comparação destes constituintes com listagens de resíduos e substâncias cujo impacto à saúde e ao meio ambiente é conhecido NBR 10004 (ABNT, 2004), sendo classificados em:

- a) resíduos classe I - Perigosos;
- b) resíduos classe II – Não perigosos;
 - resíduos classe II A – Não inertes;
 - resíduos classe II B – Inertes.

Os rejeitos são definidos pela política nacional dos resíduos sólidos (BRASIL, 2010b), em seu Artigo 3º, como resíduos sólidos que, depois de esgotadas todas as possibilidades de tratamento e recuperação por processos tecnológicos disponíveis e economicamente viáveis, não apresentem outra possibilidade que não a disposição final ambientalmente adequada; ou seja, qualquer resíduo que não possa ser reciclado ou reaproveitado de alguma forma, pode ser considerado rejeito.

Os sistemas de gestão de resíduos sólidos urbanos estão cada vez mais complexos em muitos países, com a definição de metas para desviar os resíduos dos aterros e aumentar as taxas de reciclagem e recuperação de recursos, aumentando a exigência para que seus gestores municipais alcancem resultados positivos.

Por possuírem origem e composição variada, dependendo de sua natureza a gestão dos vários tipos de resíduos tem responsabilidades definidas em legislações específicas e implica em sistemas diferenciados de coleta, tratamento e disposição final (JACOBI; BESEN, 2006).

3.2 RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS NO BRASIL

Não só pelo consumo excessivo, mas também pelo desperdício abusivo e melhora da situação financeira da população, o aumento na geração de resíduos sólidos urbanos no Brasil vem ocorrendo de forma desregrada.

A Lei nº 12.305/10, instituída no dia 2 de agosto de 2010, que estabelece a Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS), determinou o prazo de quatro anos para todas as cidades brasileiras se adequarem a lei e darem a destinação correta para seus resíduos.

O que se observou no ano de 2013, um ano antes do encerramento do prazo dado pela PNRS, é que de 5.570 municípios, apenas 33,5% (representando 1.868 municípios) declararam possuir planos de gestão integrada de resíduos sólidos nos termos da PNRS (IBGE, 2013).

Para o ano de 2015 o IBGE buscou por novas informações, e apesar de obter uma grande adesão, alguns municípios da lista encaminhada vieram sem informação, e para evitar lacunas, consideraram a resposta do ano anterior, ou seja, 2014.

O Ministério do Meio Ambiente consolidou tais declarações e o resultado foi que, dos 5.569 municípios existentes mais o Distrito Federal, 2.325 já elaboraram seus respectivos PGIRS, correspondendo a 52,4% da população total estimada pelo IBGE para o ano de 2015 (IBGE, 2015).

Desse modo, outras medidas precisaram ser encaminhadas para que todos os municípios pudessem se adequar a PNRS. O Senado aprovou o projeto de lei (PL) 425/2014, que prorroga, de forma escalonada, o prazo para as cidades se adaptarem à PNRS.

Assim, as capitais e municípios de regiões metropolitanas teriam até 31 de julho de 2018 para se adequarem a Política Nacional dos Resíduos Sólidos. Os municípios de fronteira e os que contam com mais de 100 mil habitantes, com base no Censo de 2010, teriam um ano a mais para implementar os aterros sanitários. As cidades que têm entre 50 e 100 mil habitantes teriam prazo até 31 de julho de 2020. Já o prazo para os municípios com menos de 50 mil habitantes seria até 31 de julho de 2021 (SENADO FEDERAL, 2015).

Os estados com maior percentual de municípios com Planos de Gestão Integrada foram Amazonas (80,6%) e Paraná (63,4%). Os Estados do Acre (4,5%, com apenas um município em 22) e Piauí (6,7%, com apenas 15 municípios em 224) registraram os menores percentuais de municípios com esse tipo de instrumento (IBGE, 2013). Dos 27 estados brasileiros, apenas quatro apresentaram Plano de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos em mais da metade dos municípios, sendo eles, Santa Catarina, Rio de Janeiro, Maranhão e Rio Grande do Norte.

Em um relatório emitido pelo Tribunal de Contas do Estado do Rio Grande do Sul - TCE-RS - em junho de 2014, quase metade dos municípios do Rio Grande do Sul ainda não possuíam planejamento de políticas públicas para limpeza urbana e manejo de resíduos, das 442 cidades gaúchas pesquisadas representando (88,9%), 209 municípios (47,3% do total) afirmaram que não concluíram o Plano Municipal de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos, apesar de o prazo ter sido encerrado em agosto de 2014 (TCE-RS, 2014).

Segundo dados do IPEA (2012), existem ainda 2.810 lixões ativos no Brasil, sendo que 60% dos municípios brasileiros ainda não cumprem a lei, ou seja, mais de 3.000 municípios dispõem seus resíduos de forma incorreta, alegando falta de verba e prazo muito

curto para as adequações. Conforme os dados da ABRELPE (2014), os municípios brasileiros geram cerca de 209.280 toneladas de resíduos por dia.

Os dados do Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento (2014), demonstram que da massa total coletada estimada em 64,4 milhões de toneladas e desprezando-se, para efeito de segurança, a parcela que é recuperada, apurou-se que 52,4% são dispostas em aterros sanitários, 13,1% em aterros controlados, 12,3% em lixões e 3,9% encaminhados para unidades de triagem e de compostagem, restando então a parcela de 18,3% sem informação, a qual se refere sobretudo aos pequenos municípios até 30 mil habitantes. Embora ciente das restrições impostas por tal lacuna, o SNIS-RS julga pertinente, a título de exercício, se admitir que dois terços desta “massa sem informação” seja encaminhada para a lixões (SNIS, 2014).

Nesta hipótese pode-se dizer que 58,5% da massa total coletada no País é disposta de forma adequada, sendo o restante distribuído por destinações em lixões, aterros controlados e, em menor escala, a unidades de triagem e unidades de compostagem (SNIS, 2014).

De acordo com a ABRELPE (2012), da composição gravimétrica total dos RSU no Brasil, 51,4% é constituído de matéria orgânica, conforme exposto na Tabela 1.

Tabela 1: Participação dos materiais no total de RSU coletados no Brasil

Material	Participação (%)	Quantidade (t/ano)
Metais	2,9	1.640.294
Papel, Papelão e multicamada	13,1	7.409.603
Plástico	13,5	7.635.851
Vidro	2,4	1.357.484
Matéria Orgânica	51,4	29.072.794
Outros	16,7	9.445.830
Total	100	56.561.856

Fonte: Pesquisa Abrelpe (2012).

Os municípios brasileiros enfrentam muitos problemas em decorrência das dificuldades financeiras que impedem a aquisição de equipamentos necessários para a coleta, compactação, transporte e destinação dos resíduos sólidos (FERREIRA, 2006).

A reutilização e tratamento dos resíduos sólidos é em parte responsabilidade da sociedade, a constante geração de resíduos sem manejo adequado e conscientização traz a necessidade de um preparo dos gestores para lidar com esta situação. É necessário pensar em questões menos impactantes ao meio ambiente, deixando claro o conceito do que realmente é rejeito, evitando assim o desperdício de matéria.

Os resíduos sólidos domiciliares apresentam um potencial poluidor significativo podendo ser classificados em alguns casos como perigosos. Isto se deve ao fato da introdução de novos produtos de composição variada no mercado de forma crescente, misturados aos resíduos comuns contaminando-os, tais como; tintas, solventes, pesticidas, pilhas, lâmpadas fluorescentes, entre outros (BARREIRA, 2005).

A administração pública municipal é quem tem o dever de dar a destinação correta dos resíduos sólidos urbanos, desde a coleta até a sua disposição final por meios ambientalmente corretos e seguros, devendo assim desenvolver meios eficazes de promover a educação ambiental e conscientização através da população.

Para executar uma boa gestão os administradores devem investir utilizando todos os recursos necessários, incluindo a capacitação do corpo técnico contratado para o exercício da função. Os gestores devem ter a real intenção de colocar em funcionamento o empreendimento, incentivando assim todos os envolvidos no processo, e ainda há a vontade política, pois até os municípios que possuem estruturação e estão bem financeiramente precisam de incentivo para realizar suas atividades de forma correta, sendo que descontinuidade política após as eleições é um fator que tem se tornado comum atualmente.

Por ser dever dos municípios, a gestão dos resíduos sólidos acaba por muitas vezes prejudicada, pois conforme cita Brandão (2006), os sistemas de limpeza urbana são constituídos essencialmente de serviços que necessitam do pleno engajamento da administração municipal para sua operação, garantindo um fluxo de recursos permanente para sua realização. Essa situação gera certa fragilidade do setor, especialmente em época de mudanças de administração e renovações contratuais. Um aterro sanitário pode se transformar em lixão em questão de dias, bastando que os equipamentos ali alocados não estejam mais disponíveis (IBGE, 2002).

A falta de comprometimento ambiental por parte dos gestores municipais acarreta em graves consequências para os municípios, pois conforme cita a Lei 12.305/2010, em seu Art. 18, a elaboração de plano municipal de gestão integrada de resíduos sólidos é pré-requisito para os municípios terem acesso aos recursos do governo federal, a incentivos ou a financiamentos de entidades federais de crédito ou fomento na área de limpeza urbana e resíduos sólidos (BRASIL, 2010b), sendo que se não cumpridos os municípios perdem todos os subsídios para ajudar na estruturação de uma gestão de resíduos correta, de qualidade e duradoura.

3.3 COLETA SELETIVA

De acordo com a Política Nacional dos Resíduos Sólidos (Brasil, 2010), a coleta seletiva é a coleta de resíduos sólidos previamente segregados conforme sua constituição ou composição. Para Fonseca (2001), os primeiros passos para a coleta seletiva são a separação dos resíduos na fonte geradora, ou seja, nos domicílios, fábricas, comércios, escolas dentre outros e a conscientização da comunidade.

Segundo dados do IBGE (2010), os primeiros programas de coleta seletiva e reciclagem dos resíduos sólidos no Brasil começaram em meados da década de 1980, servindo de estímulo a reciclagem. Destacam-se, a partir de 1990, unidades nas quais as administrações municipais estabeleceram parcerias com catadores organizados em associações e cooperativas para a gestão e execução dos programas, parcerias estas que além de reduzir o custo dos programas se tornaram um modelo de política pública de resíduos sólidos, com inclusão social e geração de renda apoiada por entidades da sociedade civil (RIBEIRO; BESEN, 2006).

A coleta seletiva foi definida na Lei Federal nº 12.305/2010, que institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos, como a coleta de resíduos sólidos previamente separados de acordo com a sua constituição e composição, devendo ser implementada por municípios como forma de encaminhar as ações destinadas ao atendimento do princípio da hierarquia na gestão de resíduos (BRASIL, 2010b).

No Brasil, a coleta de resíduos sólidos domésticos é de responsabilidade do governo municipal, podendo ter várias características, conforme cita Bartholomeu (2011):

- Coleta regular: sistema de coleta mais comum e ocorre porta a porta, junto aos domicílios;
- Coleta extraordinária: é o sistema de coleta com caráter esporádico, ocorrendo apenas quando solicitado pelo poder público;
- Coleta especial: é o sistema de coleta de resíduos especiais, tais como resíduos do serviço de saúde, entre outros;
- Coleta seletiva: é o sistema de coleta dos resíduos que apresentam potencial de reciclagem, tais como papel, vidro, plástico e metais.

O Decreto 7.404/2010 de 23 de dezembro de 2010 cita que a implantação do sistema de coleta seletiva é instrumento essencial para se atingir a meta de disposição final ambientalmente adequada dos rejeitos, conforme disposto no Art. 54 da Lei nº 12.305, de 2010 (BRASIL, 2010a).

A coleta seletiva no Brasil vem aumentando significativamente, segundo a (CEMPRE, 2013), em 1994, 81 municípios desenvolviam programas de coleta seletiva; em 1999 esse número subiu para 135 municípios; em 2002 foi para 192 municípios; em 2004 tinha 237 municípios, em 2010 havia 443 municípios, em 2012 esse número subiu para 766 municípios. A ABRELPE (2014), apresenta um índice com 3.608 municípios com iniciativas de coleta seletiva no ano de 2014.

O custo médio da coleta seletiva no Brasil gira em torno de R\$ 9.420.000,00, por ano, o que equivale a mais ou menos R\$ 3,87 por mês por habitante (ABRELPE, 2014).

Segundo a Constituição Federal (artigo 145, II), a taxa cobrada exclusivamente em razão dos serviços públicos de coleta, remoção e tratamento ou destinação dos resíduos sólidos urbanos ou resíduos provenientes de imóveis, deveria ser cobrada a fim de manter o processo, mas observa-se que de 3.572 municípios participantes do SNIS (2013), 60,5% ainda não geram cobrança pelos serviços regulares de coleta, transporte e destinação final de resíduos domiciliares, cobrança esta que ajudaria na melhor gestão dos resíduos nos municípios.

Instrumentos políticos podem ser utilizados na coleta seletiva dos RSU, como uma "taxa de volume", o que pode levar a redução da geração de resíduos sólidos urbanos, isto é, fazer um levantamento da geração de resíduos e com base nesta análise se for constatado que aumentou a geração de resíduos, aplicar uma taxa a população, com o objetivo de custear os serviços de coleta, transporte, tratamento e destinação final de resíduos sólidos a fim também de causar uma conscientização a menor geração nos meses seguintes.

Cidades da Europa, como exemplo Capannori, localizada ao norte da Itália, conseguiu reduzir a geração de resíduos aplicando uma “tarifa de desperdício”, nestes locais onde a tarifa foi aplicada incentivou a população a melhores medidas de segregação, obtendo taxas de 90% de separação (VLIET, 2013).

A utilização de indicadores objetivos com medições quantificáveis para observar o desempenho das cidades que se esforçam em relação ao gerenciamento dos resíduos sólidos é recomendável para uma boa gestão. Comparando-os com metas, e avaliando se o recurso utilizado gerou sucesso e em que grau, como exemplo de indicadores pode-se citar a

eficiência dos recursos, as taxas de reciclagem e de quantidade de resíduos depositados em aterro.

Para que a coleta seletiva tenha sucesso e contribua com o desenvolvimento sustentável, é preciso que a população saiba descartar corretamente seus resíduos, não precisando de recipientes com cor, mas sim de uma separação adequada. A grande questão que fica é saber como desenvolver ações educativas eficientes capazes de conscientizar e alertar a sociedade sobre a importância de adotarem práticas ambientalmente corretas no cotidiano (NORÕES, 2011).

A experiência de alguns países, no equacionamento deste problema, mostra que a redução na fonte, a reutilização e a reciclagem dos materiais são alternativas para se maximizar a vida útil de aterros sanitários, além de reduzir a extração de recursos naturais para sua transformação em novos produtos. Entretanto, deve -se levar em consideração que a coleta seletiva envolve aspectos de ordem disciplinar e cultural, sendo que sua aplicação efetiva depende de um nível de conscientização da população, razão pela qual não se pode esperar mudanças substanciais a curto prazo (GONÇALVES, 2007).

3.4 UNIDADES DE TRIAGEM E COMPOSTAGEM

3.4.1 Breve histórico

Nos anos 1980 muitos países europeus, incluindo Alemanha, Holanda, França, Itália, Dinamarca, Bélgica, Espanha e Portugal, construíram suas usinas de compostagem baseadas nos procedimentos citados acima, com o objetivo de compostar cerca de 35% de resíduos sólidos urbanos. Muitas dessas usinas fecharam, devido a diversos fatores, mas o principal foi a péssima qualidade dos compostos e dos materiais recicláveis, o que dificultou o mercado para esses produtos (DE BERTOLDI, 1998 *apud* BARREIRA, 2005).

Outros fatores mencionados por De Bertoldi (1998 *apud* Barreira, 2005) que contribuíram para o fechamento das usinas, foi o alto teor de metais pesados, a presença de materiais inertes nos compostos e problemas na maturação do composto, que eram realizados em curtos espaços de tempo (1 a 2 semanas), resultando em material não estabilizado biologicamente.

Contudo em 1985, após o fechamento da maioria das unidades, houve o surgimento de “novas unidades”, onde a separação dos resíduos começou a ocorrer de forma mais “limpa”, a fim de produzir produtos aceitáveis e negociáveis. O aumento da legislação e das

normas ambientais parecem ter sido responsáveis por incentivar o desenvolvimento de uma nova geração de compostagem nas instalações em toda a Europa (DE BERTOLDI, 1998 *apud* BARREIRA, 2005).

O desenvolvimento do processo da compostagem pode ser sistematizado conforme descreve Alves (1996 *apud* JUNKES 2002):

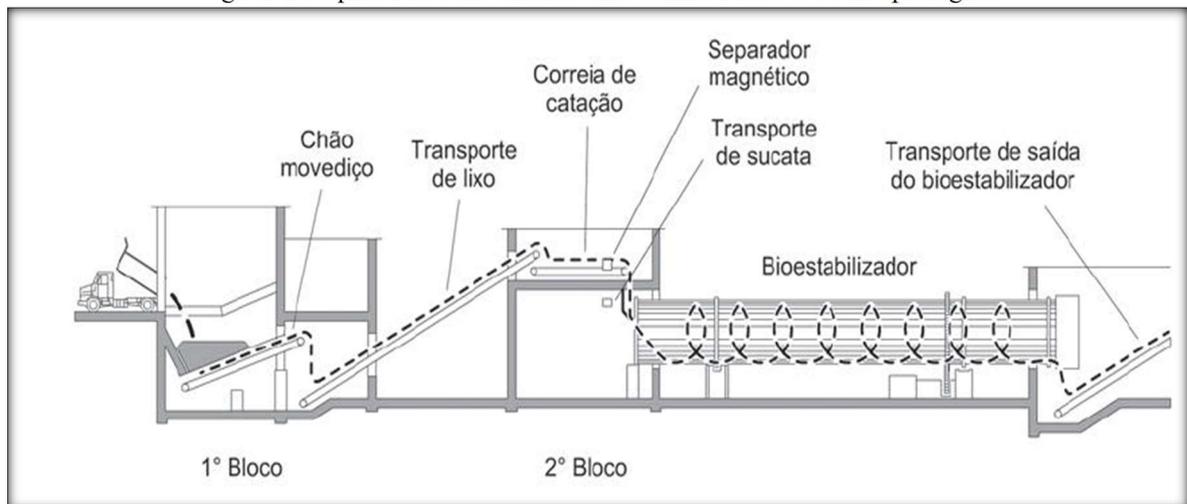
- 1843: AMÉRICA - George Bommer desenvolveu um processo para decomposição de resíduos agrícolas que fazia a recirculação de chorume e ficou conhecido como *Bommer method of making manure* (método Bommer de fazer adubo);
- 1888: BRASIL - Dafert, o primeiro diretor do IAC8 incentivou pela primeira vez os agricultores a produzirem adubos classificados como “estrumes nacionais”, uma vez que os adubos minerais eram importados;
- 1920: INDIA - Albert Howard, na cidade de INDORE criou o método que levou esse nome, o qual se utilizava de estrumes animais e resíduos vegetais em pilhas que atingiam elevadas temperaturas. O processo durava seis meses e eram feitos apenas dois revolvimentos;
- 1953: E.U.A. - Universidade da Califórnia. Experimentos com compostagem de resíduos confirmaram a influência de fatores como microrganismos, umidade, aeração e temperatura no processo;
- 1954: DINAMARCA - Dano Corporation desenvolveu o primeiro processo Dano;
- 1955: Processo DANO evoluiu para um digestor mecânico conhecido como bioestabilizador, constituindo-se em um dos processos mais utilizados no mundo todo;
- 1970: E.U.A. - Em Beltsville, desenvolveu-se o sistema de compostagem por aeração forçada “pilhas estáticas aeradas” especificamente para o tratamento de lodo de esgoto doméstico. Inicialmente utilizava-se um sistema de sucção do ar e a partir de 1981 passou-se a utilizar a injeção de ar. Posteriormente, este método foi adaptado para a compostagem de resíduos urbanos.

Até o final da década de 1960, a compostagem foi considerada como um processo atrativo para estabilizar a fração orgânica dos resíduos sólidos urbanos. O interesse na compostagem resultava na esperança de vender o produto acabado, como corretivo orgânico do solo, com algum lucro. Na década de 1970 e 1980, a compostagem, nos países desenvolvidos, perdeu a sua popularidade como método de gestão dos resíduos urbanos, principalmente porque a qualidade dos resíduos se tornou cada vez mais inadequada para o processo de compostagem e, também, devido à inexistência de mercado para o produto acabado (BRITO, 2003).

3.5 UNIDADES DE TRIAGEM E COMPOSTAGEM NO BRASIL

A utilização de unidades de triagem e compostagem no Brasil teve início no final da década de 1960, com a instalação das primeiras unidades. Estas unidades eram baseadas na tecnologia Dano, que consistia na seleção dos materiais recicláveis em esteiras e no envio da matéria orgânica para bioestabilizadores, acelerando a estabilização biológica e a homogeneização física, resultando em um composto orgânico semicurado (CATAPRETA, 2007).

Figura 1: Esquema de uma unidade com Sistema DANO de compostagem



Fonte: D'Almeida e Vilhena (2000).

Segundo Monteiro Filha e Modenesi (2002), unidades de triagem e compostagem como alternativa para a solução da questão do RSU foi lançada no âmbito federal entre os anos de 1985 e 1989 em estudo realizado pelo Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social – BNDES.

Na década de 1990 no Brasil, iniciou-se um processo de popularização e instalação de unidades simplificadas de triagem e compostagem, para onde os resíduos sólidos urbanos eram encaminhados para segregação dos materiais inertes (recicláveis e rejeitos) e compostagem dos orgânicos (VIMIEIRO; PEREIRA; LANGE, 2009). Segundo Lopes e Lima (2008), muitos municípios brasileiros receberam recursos para implantação dessas unidades, que tinham por objetivo a melhoria ambiental e também integravam programas de combate à dengue instituído pela Fundação Nacional de Saúde - FUNASA. Essa técnica foi experimentada pelos municípios como uma solução para os problemas ambientais e sanitários decorrentes da crescente geração de resíduos.

O que se observou em um estudo feito por Iacono (2007), sobre algumas dessas unidades financiadas pelo FUNASA, foi o total descaso após o fornecimento da verba para a construção. Cita-se como exemplo a cidade de São Fidélis - RJ, que em 1999 firmou um convênio com a FUNASA, que teve como finalidade a construção de uma usina de triagem e compostagem de resíduos domiciliares, com capacidade de tratar cerca de 17 t/dia de resíduos. A obra teve início em meados de 2001, sendo que a sua conclusão aconteceu apenas em 2005, e segundo o relatório do SNIS (2013) atualmente a unidade encontra-se desativada.

A unidade foi construída sem ter sido feito um estudo de viabilidade do empreendimento, sendo que o governo municipal não sabia como operar a unidade e não fazia ideia de quanto custaria a sua operação e manutenção mensal (IACONO, 2007).

Pode-se também citar outro caso que ocorreu em Santa Maria Madalena - RJ, cidade esta que também em 1999 firmou convênio com a FUNASA e que segundo Iacono (2007), os problemas começaram ainda na construção da unidade, onde houve atrasos no início de sua operação que se deu em 2006 mesmo sem licença para operar por pressão do Ministério Público, e mesmo após entrar em operação houve a necessidade de passar por adequações para melhorar as condições do processo de reciclagem e compostagem. Segundo os dados do SNIS (2013) esta unidade se encontra em operação atualmente.

Estes relatos demonstram claramente que se desconhecia o real objetivo das unidades de triagem e compostagem, aliado ao fato que conforme descreve Phillippi *et al.* (2004) as fontes de financiamento foram adquiridas muito facilmente sendo associado à falta de conhecimento técnico sobre problemas e custos que as unidades podem gerar, levando estas unidades a operar de forma precária, ou a serem desativadas.

Observa-se também que a falta de conhecimento técnico e falhas operacionais levou a produção de um composto de má qualidade, e é o que se observa ainda hoje em diversas

unidades de compostagem do Brasil. O composto contém materiais inertes que o transformam em um material não atrativo para agricultores, mesmo sendo doado não há interesse por parte dos donatários, pois apresenta muitas impurezas visíveis.

Segundo dados do SNIS (2014), as unidades de triagem e compostagem estão presentes pelo país e ainda recebem parte do resíduo a ser disposto. No Brasil há 468 unidades de triagem e 72 unidades de compostagem, conforme apresentado na Tabela 2.

Apesar de buscar em várias referências não foram encontradas especificadamente quais unidades são somente de triagem, somente de compostagem, ou quais trabalham com ambas as funções.

Tabela 2: Quantidade de unidades de triagem e compostagem por região do Brasil

TIPO DE UNIDADE	REGIÃO DO BRASIL					Total
	Norte	Nordeste	Sudeste	Sul	Centro - Oeste	
Unidade de triagem	2	27	268	153	22	472
Unidade de compostagem	1	2	56	9	4	72
					TOTAL	544

Fonte: Adaptado do diagnóstico de manejo de resíduos sólidos urbanos, SNIS (2014).

Para a quantidade de municípios que o Brasil apresenta, e pela quantidade de resíduos que é gerado, observa-se que são poucas as unidades presentes, e com certeza se faz necessária a implantação de muitas outras unidades para o auxílio da gestão dos resíduos no país.

Os dados apresentados pelo SNIS (2014) revelam que existem 72 unidades de compostagem cadastradas no Brasil, sendo que não há dados atuais da situação em que elas se encontram atualmente.

O processo de tratamento da fração orgânica via compostagem é ainda pouco utilizado em programas municipais de gerenciamento dos resíduos sólidos urbanos no Brasil, os motivos são a dificuldade em se obter o resíduo orgânico já separado na fonte geradora; a ineficácia de manutenção do processo, o preconceito com o produto; e a carência de investimentos e de tecnologia adequada para a coleta deste tipo de material (MASSUKADO, 2008).

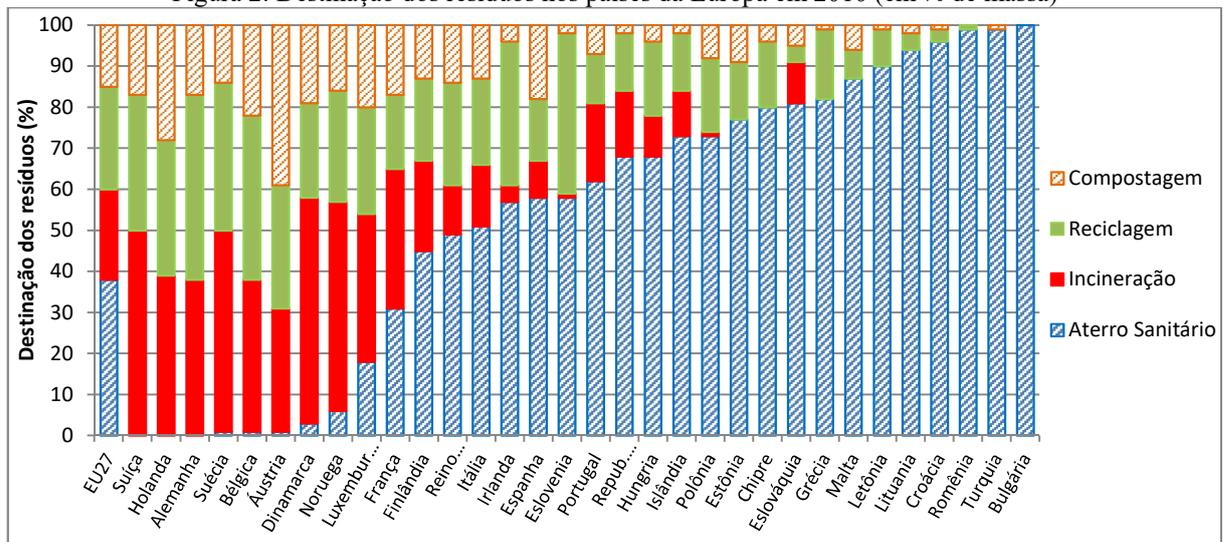
Slater e Frederickson (2001), citam que os cinco países com políticas de segregação de origem e de infra-estrutura no local, Áustria, Bélgica, Dinamarca, Alemanha e Holanda, coletam e compostam em torno de 85% de todo o resíduo orgânico coletado e compostado na

Europa, o que nos mostra que uma política quando é levada a sério e envolve os gestores e a população apresenta resultados positivos.

Ao analisar o destino final dos resíduos em outros países, como no caso da Holanda, Japão e ainda a Cingapura, percebe-se que estes usam como método preferencial a incineração, sendo encaminhado para os aterros apenas as cinzas geradas pelo processo. Já em outros países que se encontram em desenvolvimento, como Quênia, Índia, México, Botsuana e até mesmo o Brasil, constata-se a disposição de resíduos sólidos a céu aberto, fato esse que acarreta no mal para o próprio homem (CABRAL, 2007).

Na Figura 2, pode-se observar os países da Europa que não utilizam aterro sanitário para dispor seus resíduos, ou seja, utilizam métodos ambientalmente corretos como a reciclagem e a compostagem. Isso demonstra também que, independente de utilizarem a incineração como tratamento de certos tipos de resíduos, não deixam de utilizar outros meios como a compostagem e a reciclagem.

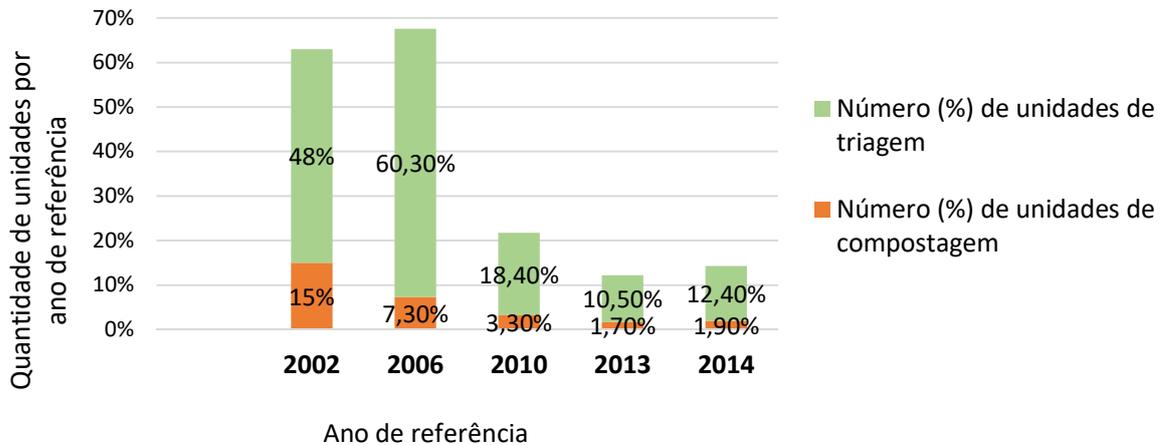
Figura 2: Destinação dos resíduos nos países da Europa em 2010 (em % de massa)



Fonte: Eurostat (2014).

Em uma análise feita entre nos anos de 2002, 2006, 2010, 2013 e 2014, por meio do diagnóstico de manejo de resíduos sólidos pelo Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento – SNIS, observa-se na Figura 3 a quantidade de unidades de triagem de recicláveis e compostagem que foram construídas ao longo dos anos no Brasil.

Figura 3: Evolução ao longo dos anos das unidades de triagem de recicláveis e unidades de compostagem



Fonte: Elaborado pelo autor a partir do SNIS 2014 (2016)

Para uma unidade de triagem e compostagem ter sucesso, primeiramente o município necessita da coleta seletiva, bem como de um eficiente corpo técnico preparado para orientar todos os envolvidos no processo, pois não adianta ter toda uma estrutura preparada, se o pessoal que vai desenvolver o projeto não tem a mínima noção do objetivo a ser alcançado.

Vilhena (1999) cita que, antes de iniciar qualquer projeto que envolva tratamento de resíduos sólidos, é importante avaliar qualitativamente e quantitativamente o perfil dos resíduos sólidos gerados no município em estudo permitindo assim estruturar melhor todas as etapas do projeto.

As unidades de triagem e compostagem muitas vezes chamadas de galpões de triagem podem variar bastante seu *lay-out* de acordo com o esquema de recebimento e separação dos recicláveis. As etapas clássicas para uma unidade de triagem segundo Reichert (1999) são: recebimento e estocagem, a separação em esteiras, silos ou mesas e bancadas e por final a prensagem e o enfardamento.

Para Junkes (2002), as instalações de usinas de triagem e compostagem podem ser agrupadas em setores, conforme descrito a seguir:

- 1º Setor: Recepção e expedição: compreende as instalações e equipamentos de controle dos fluxos de entrada e saída;
- 2º Setor: Triagem Propriamente dita: onde se faz a separação manual dos diversos componentes dos resíduos, que são divididos em grupos, de acordo com a sua natureza: matéria orgânica, materiais recicláveis, rejeitos e resíduos sólidos específicos;

- 3º Setor: Pátio de Compostagem: área onde a fração orgânica dos resíduos sofre decomposição microbiológica transformando-se em composto. Resíduos são dispostos em pilhas ou leiras de compostagem e são monitorados periodicamente para efetivo controle das variáveis necessárias a biodegradação do composto;
- 4º Setor: Beneficiamento e armazenagem de composto: consiste em peneiramento e remoção de materiais indesejáveis, dando ao produto final menor granulometria, além de torná-lo manuseável para o agricultor. A análise e estocagem do composto também integram os procedimentos deste setor;
- 5º Setor: aterro de rejeitos: os materiais volumosos e os rejeitos da seleção dos resíduos e do beneficiamento do composto devem ser encaminhados a um aterro de rejeitos;
- 6º Setor: sistema de tratamento de efluentes: recebe e trata as águas com resíduos da lavagem dos equipamentos da usina e dos veículos e os líquidos provenientes do pátio de compostagem. Os efluentes de usinas de compostagem têm características similares ao lixiviado originado em aterros sanitários, porém mais diluídos.

3.6 PROCESSO DE COMPOSTAGEM

3.6.1 Definições

O resíduo orgânico, por não ser coletado separadamente, acaba sendo encaminhado para disposição final junto com os resíduos perigosos e com aqueles que deixaram de ser coletados de maneira seletiva. Esta forma de destinação gera, para a maioria dos municípios, despesas que poderiam ser evitadas caso a matéria orgânica fosse separada na fonte e encaminhada para um tratamento específico, por exemplo, via compostagem (MASSUKADO, 2008).

De acordo com Kiehl (1998), a compostagem é uma técnica que vem sendo praticada desde a antiguidade, como forma de fertilizar o solo, pois antes mesmo da era Cristã, os chineses, gregos e romanos já devolviam a seus solos os restos de plantas e resíduos animais.

A compostagem é um processo de decomposição oxidativo biológico aeróbio controlado de transformação de resíduos orgânicos em um produto estabilizado, com propriedades e características muito diferentes daquele material que lhe deu origem, sendo este denominado de composto. É normalmente realizada em pátios nos quais o material é

disposto em montes de forma cônica, conhecidos como pilhas de compostagem, ou montes de forma prismática com seção similar triangular, denominadas de leiras de compostagem (BIDONE e POVINELLI, 1999).

Segundo Lima (2004), a compostagem é definida como o ato ou a ação de transformar os resíduos orgânicos, através de processos físicos, químicos e biológicos, em uma matéria biogênica mais estável, e resistente a ação das espécies consumidoras.

Para Fernandes e Silva (1999), a compostagem pode ser definida como uma biooxidação aeróbia exotérmica de um substrato orgânico heterogêneo, no estado sólido, caracterizado pela produção de CO₂, água, liberação de substâncias minerais e formação de matéria orgânica estável.

Fonseca (2001) acredita que a compostagem seja a transformação da fração orgânica dos resíduos sólidos, ou seja, a fração da matéria orgânica, que depois de processada biologicamente, se transforma em novo produto, que se utilizada adequadamente, concorrerá para a preservação ambiental.

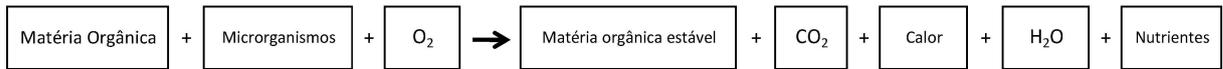
Já Mota (2002) descreve as vantagens da produção de composto: funciona como adubo orgânico, aumenta o teor de micronutrientes do solo, proporciona um maior aproveitamento dos fertilizantes naturais, resulta em maior produção agrícola, proporciona a redução do volume de lixo destinado aos aterros sanitários.

A compostagem é essencialmente um fenômeno microbiológico que depende muito da variação de temperatura dentro das leiras. A temperatura dentro da massa de compostagem determina a taxa em que muitos dos processos biológicos ocorrem e desempenha um papel seletivo sobre a evolução e a sucessão das comunidades microbiológicas (HASSEN *et al.*, 2002).

A compostagem pode ser brevemente descrita como um processo de degradação da matéria orgânica por microrganismos, resultando na formação de uma matéria bioestabilizada denominada composto.

A produção de um composto orgânico de boa qualidade requer matéria orgânica não contaminada e que não seja compostada juntamente com substâncias tóxicas. O grau de qualidade do composto orgânico irá indicar seu uso mais apropriado. Por pior que seja o produto, sempre estará inerte, não produzirá gases nem chorume, e propiciará o crescimento de vegetais em áreas contaminadas, solos estéreis, voçorocas e aterros (PEREIRA NETO, 1999). Os produtos finais da compostagem podem ser apresentados conforme a Figura 4.

Figura 4: Esquema simplificado do processo de compostagem



Fonte: Fernandes e Silva (1999)

A rapidez com que a matéria orgânica se decompõe depende muito de sua estrutura molecular, resíduos de poda e palha, são materiais ricos em carbono por isso demoram mais para serem degradados, já os resíduos domésticos, degradam mais rapidamente. Por isso é importante suprir a necessidade de nitrogênio no processo, pois ele pode se tornar muito lento, ou ser interrompido. Em organismos ricos em proteínas, o caso ocorre ao contrário, aonde a concentração de nitrogênio é maior, faz-se necessário realizar o equilíbrio.

O processo da compostagem é representado por três etapas, sendo a primeira etapa correspondente a decomposição dos componentes facilmente biodegradáveis, a segunda etapa, termofílica, onde a celulose e materiais similares são degradados pela atividade fortemente oxidativa dos microrganismos e a terceira etapa de maturação/estabilização (KIEHL, 1998).

A utilização da compostagem, como qualquer outro recurso apresenta vantagens e desvantagens (BNDES, 2014).

Vantagens que esta tecnologia apresenta:

- Aumenta a vida útil do local de disposição final dos resíduos;
- Promove o aproveitamento agrícola da matéria orgânica pelo uso de composto orgânico no solo;
- Os rejeitos podem ser dispostos nos aterros sanitários, reduzindo os problemas relativos à formação de gases e lixiviados, visto que são materiais biologicamente estabilizados;
- Quando bem operadas, as unidades de compostagem não causam poluição atmosférica ou hídrica;
- Geração de renda com a comercialização do composto, caso exista mercado.

Desvantagens apresentadas pela técnica:

- Requer uma separação eficiente dos resíduos e um tempo de processamento que pode chegar a seis meses;
- Necessita de mercado para vender o composto;
- Quando mal operada, os líquidos e gases gerados podem contaminar o meio ambiente e comprometer a qualidade de vida;
- Requer área relativamente grande para operação das leiras em comparação a aterro sanitário.

3.7 FATORES QUE INFLUENCIAM NO PROCESSO DA COMPOSTAGEM

A compostagem por ser um processo biológico, necessita de acompanhamento frequente no processo, pois ela requer condições especiais para ocorrer de forma correta. Fatores como temperatura, pH, temperatura, umidade, aeração e a relação C/N, devem ser observados em todos os estágios do processo.

Na medida em que o processo de compostagem se inicia, há proliferação de populações complexas de diversos grupos de microrganismos (bactérias, fungos, actinomicetos), que vão se sucedendo de acordo com as características do meio.

Para o seu crescimento, todas as formas de vida necessitam de substâncias químicas para o seu crescimento, as bactérias absorvem P, N, Fe, Zn, Cu e outros elementos de substâncias orgânicas, podendo ainda o N ser retirado da atmosfera (PELCZAR *et al.*, 1980 *apud* DEVENS, 1995).

Conforme Miller (1992), o processo de compostagem é marcado por uma contínua mudança das espécies de microrganismos envolvidos, devido às modificações nas condições do meio, sendo praticamente impossível identificar todos os presentes.

Quanto às exigências atmosféricas, o oxigênio e o dióxido de carbono são os principais gases que afetam o crescimento bacteriano.

- Bactérias aeróbias: são aquelas bactérias que crescem na presença de oxigênio livre;
- Bactérias anaeróbias: são aquelas bactérias que crescem na ausência de oxigênio livre;

- Bactérias anaeróbias facultativas: são aquelas bactérias que crescem tanto na presença como na ausência de oxigênio livre;
- Bactérias microaerófilas: são aquelas bactérias que crescem na presença de pequenas quantidades de oxigênio livre.

Segundo Miller (1992), a predominância de determinadas espécies de microrganismos e a sua atividade metabólica determina a fase em que se encontra o processo de compostagem.

3.7.1 Umidade

A umidade é indispensável para a atividade metabólica e fisiológica dos microrganismos, sendo que a umidade considerada ideal para que o processo da compostagem ocorra é em torno de 55% (BIDONE ; POVINELLI, 1999), mas pode variar entre 40% e 60% (LIMA, 1991).

Richard *et al.* (2002) afirmam que materiais com 30% de umidade inibem a atividade microbiana, sendo que um meio com umidade acima de 65% proporciona uma decomposição lenta, condições de anaerobiose e lixiviação de nutrientes. Lima (1991) afirma que em ambientes encharcados, a compactação do material e a água expulsam o ar dos espaços vazios.

Os resíduos orgânicos domésticos ou domiciliares apresentam naturalmente uma umidade em torno de 55%, razão pela qual a compostagem representa uma interessante alternativa para a sua transformação em húmus (HASSEN *et al.*, 2002). Materiais fibrosos podem exigir inicialmente, umidade de 60%. Agentes estruturantes poderão ser agregados aos mesmos, visando reduzir sua densidade e evitando a compactação excessiva da leira.

A umidade tem, portanto, juntamente com a aeração, o pH, a relação C/N, a granulometria do material e as dimensões das leiras, um efeito direto sobre o desenvolvimento de microrganismos e indireto sobre a temperatura do processo de compostagem, sendo que a considerada ótima varia em função do tipo de material a ser compostado e do material celulósico utilizado.

3.7.2 Aeração

A aeração é o fator mais importante a ser considerado no processo de decomposição da matéria orgânica, sendo classificado como o principal mecanismo capaz de evitar altos índices de temperatura durante o processo de compostagem, de aumentar a velocidade de oxidação, de diminuir a liberação de odores e reduzir o excesso de umidade de um material em decomposição (PEREIRA NETO, 1999). Kiehl (2004) descreve também que a matéria orgânica proveniente de resíduos sólidos urbanos ou de qualquer outra fonte, por já possuir microrganismos em quantidades suficientes para decompor a fração orgânica da matéria necessita apenas do fornecimento de um ambiente adequado para tal.

Para tratamento de resíduos orgânicos através da compostagem, procura-se manter o ambiente aeróbio a fim de evitar a emissão de odores e de gases que causam o efeito estufa como o metano e o óxido nítrico, assim como a proliferação de insetos.

A presença de oxigênio faz com que a decomposição da matéria orgânica ocorra de forma mais rápida, sendo que Costa (2005), afirma que quanto mais revolvimentos forem feitos nas leiras, menor será seu tempo de compostagem, o revolvimento pode ser feito de forma mecânica, com injeção de ar ou manual.

3.7.3 Temperatura

Uma das características que os microrganismos decompositores têm ao realizar a decomposição da matéria orgânica é a elevação da temperatura na leira durante o processo da compostagem através de reações exotérmicas.

A compostagem aeróbia pode ocorrer em regiões tanto de temperatura termofílica (45°C a 85°C) como mesofílica (25°C a 43 °C) (FERNANDES ; SILVA, 1996). Para Modesto Filho (1999) e Kiehl (1998), a compostagem pode ser bem definida em três etapas sendo a primeira mesofílica, a segunda termofílica e a terceira etapa mesofílica, sendo que nas duas primeiras etapas ocorre a estabilização da matéria orgânica e na última a umidificação e maturação.

Bidone e Povinelli (1999) dividem a compostagem em quatro etapas, aonde a primeira é a elevação da temperatura até um limite definido como ótimo, podendo levar horas (12 a 24) ou dias, dependendo das condições ambientais em que se encontra o pátio de compostagem. Ao atingir uma temperatura que varia entre 55°C e 60°C, o revolvimento é

introduzido afim de bioestabilizar a matéria em uma faixa de aquecimento adequada. A etapa 2 considerada de degradação ativa da matéria orgânica pode demorar de 60 a 90 dias, utilizando o método convencional “windrow”, podendo ser reduzido a 30 dias se as leiras forem operadas na forma “estática aerada”. A terceira etapa consiste no resfriamento do material, levando até cinco dias em condições normais. A última etapa é descrita como de maturação ou cura do material compostado com a formação de ácidos húmicos, levando de 30 a 60 dias.

Considerando que a elevação ou diminuição da temperatura durante a compostagem é afetada por fatores como a umidade do substrato, a disponibilidade de nutrientes e o tamanho das leiras, entre outros, não se pode afirmar que o composto estará maduro, quando a temperatura da biomassa atingir valores próximos a temperatura ambiente (VALENTE *et al*, 2009). Todos esses fatores quando não controlados, segundo Pereira Neto (2007), proporcionam uma maior perda de calor para o ambiente. Sendo assim a temperatura pode e deve ser um indicador de equilíbrio microbiológico no interior da biomassa, proporcionado pela inter-relação de fatores como umidade, tamanho da leira e partículas, disponibilidade de nutrientes, relação C/N e aeração.

Tabela 3: Temperaturas mínimas, ótimas e máximas para as bactérias, em °C

Bactérias	Temperatura Mínima	Temperatura Ótima	Temperatura Máxima
Psicrófilas	0°C	-	20°C
Mesófilas	15 a 25°C	25 a 40°C	43°C
Termófilas	25 a 45°C	50 a 55°C	85°C

Fonte: Adaptado de Fernandes e Silva (1999).

3.7.4 Relação Carbono/Nitrogênio

Os microrganismos necessitam de carbono, como fonte de energia, e de nitrogênio para síntese de proteínas, sendo a relação C/N que caracteriza o equilíbrio dos substratos (FERNANDES, 1999).

Kiehl (2004), afirma que a relação C/N ideal para iniciar o processo de compostagem está entre 25/1 e 35/1, uma vez que durante a decomposição os microrganismos absorvem C e N da matéria orgânica na relação 30/1, sendo que das 30 partes de C assimiladas, 20 são eliminadas na atmosfera na forma de gás carbônico e 10 são imobilizadas e incorporadas ao protoplasma celular.

Tanto a falta de nitrogênio como a falta de carbono limitam a atividade microbiológica do processo, para Fernandes (1999), se a relação for muito baixa, há uma perda muito grande de nitrogênio pela volatilização da amônia, se elevadas os microrganismos não encontrarão N suficiente para a síntese de proteínas e terão o seu desenvolvimento limitado, tornando o processo de compostagem mais lento.

Para Peixoto (1988), a quantidade de N exigida por unidade de C varia com os tipos de microrganismos envolvidos no processo. Independentemente da relação C/N inicial, no final da compostagem a relação C/N converge para um mesmo valor, entre 10 e 20, devido a perdas maiores de carbono que de nitrogênio, no desenvolvimento do processo.

Lelis (2007) descreve que o tempo necessário para que se processe a decomposição e a mineralização é, em grande parte determinado pela concentração de N da matéria orgânica.

Andreoli (2001) cita que a relação C/N pode variar de 20/1 a 70/1 em resíduos orgânicos, de acordo com maior ou menor degradabilidade do substrato, já Kiehl (1998), afirma que a relação C/N de resíduos orgânicos pode variar de 8/1 até 80/1, Valente *et al* (2009) sugerem que a relação C/N não deve ter um valor absoluto apesar de ter valores sugeridos por vários pesquisadores, pois esta deve variar com as características do material que vai ser compostado.

É importante o acompanhamento da relação C/N durante a compostagem, pois permite conhecer o andamento do processo, indicando se o composto atingiu a semicura ou a bioestabilização (relação C/N em torno de 18/1), e se ele se transformou no produto acabado ou humificado (relação C/N em torno de 10/1) (KIEHL, 1998).

3.7.5 pH

Num primeiro momento, a decomposição da matéria orgânica em uma pilha de compostagem apresenta a fermentação dos resíduos com produção de ácidos orgânicos, gerando uma redução do pH do material, o que ajuda a evitar a perda de nitrogênio na forma de amônia. Nas fases seguintes de decomposição, os ácidos são também consumidos e observa-se uma elevação do pH. Ao final do processo, um bom composto deve apresentar entre outras características, um pH entre 7,0 e 8,0 (D'ALMEIDA ; VILHENA, 2000).

A faixa de pH considerada ótima para o desenvolvimento dos microrganismos responsáveis pela compostagem situa-se entre 5,5 e 8,5, uma vez que a maioria das enzimas se encontram ativas nesta faixa de pH (RODRIGUES *et al.*, 2006). Para Pereira Neto (2007) a compostagem pode ser desenvolvida em uma faixa de pH entre 4,5 e 9,5, sendo que os valores extremos são automaticamente regulados pelos microrganismos, por meio da degradação dos compostos, que produzem subprodutos ácidos ou básicos, conforme a necessidade do meio.

Apesar dos autores terem opiniões diferentes sobre o valor correto do pH para um ótimo desenvolvimento dos microrganismos, Valente *et al* (1999) afirmam que não há problemas em utilizar substratos com pH baixo, pois como ocorre muitas reações químicas durante o processo, estas irão regular a acidez gerando um pH final entre 7,0 e 8,5.

Quando são utilizadas misturas com pH próximo da neutralidade, o início da compostagem (fase mesófila) é marcado por uma queda sensível de pH, e no início do processo o material torna-se mais ácido devido à produção de ácidos orgânicos. Após o processo de biodegradação ocorre a elevação do pH da massa, passando pela fase termófila, que se explica pela hidrólise das proteínas e liberação de amônia. Assim, normalmente o pH se mantém alcalino (7,5-9,0).

3.7.6 Tamanho das partículas

A decomposição da matéria orgânica é um fenômeno microbiológico cuja intensidade está relacionada à superfície específica do material a ser compostado, sendo que quanto menor a granulometria das partículas, maior será a área que poderá ser atacada e digerida pelos microrganismos, acelerando o processo de decomposição (KIEHL, 1985; FERNANDES ; SILVA, 1999).

Segundo Russo (2003), o tamanho das partículas tem importância na oxigenação da massa em compostagem. Para Fernandes e Silva (1999), as partículas destinadas a compostagem de resíduos sólidos orgânicos devem apresentar dimensões entre 25 e 75 milímetros. Pereira Neto (1999) afirmou que o tamanho ideal das partículas se encontra entre 20 e 80 milímetros, e anos mais tarde, Pereira Neto (2007) conclui que as partículas da massa em compostagem devem situar-se entre 10 e 50 milímetros.

Russo (2003), cita que partículas menores que 2 milímetros são muito finas prejudicando a aeração, ocasionam compactação excessiva do material, sendo necessário agregar material sólido a massa para melhorar a sustentação e a aeração. O mesmo autor

sugere partículas acima de 16 milímetros o que facilita o arejamento natural, sem a necessidade de arejamento constante.

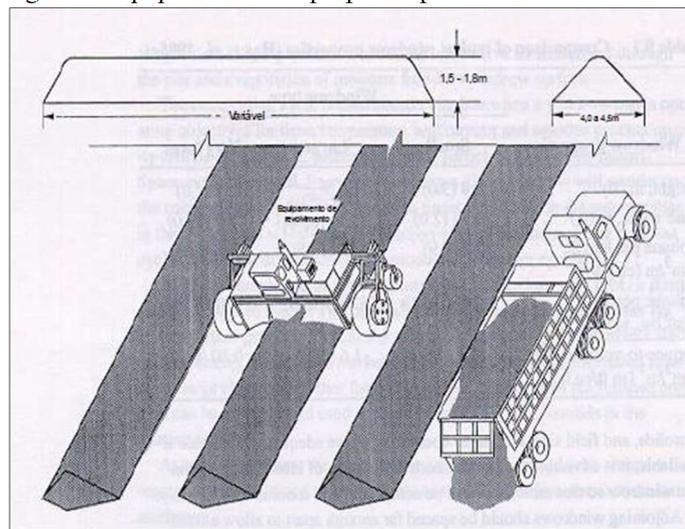
Cada material a ser compostado apresenta uma particularidade, então é difícil estabelecer um padrão para a granulometria, a mistura de vários resíduos orgânicos é uma alternativa para corrigir o tamanho das partículas, o que favorece a homogeneização da massa em compostagem, ocorrendo menor compactação e maior capacidade de aeração. As características físicas da mistura inicial são importantes para o bom desenvolvimento do processo de compostagem, conforme cita Ruggieri *et al.* (2008).

3.8 SISTEMAS DE COMPOSTAGEM

O Ministério do Meio Ambiente (2010), cita em seu manual para implantação de compostagem e de coleta seletiva no âmbito de consórcios públicos, três tipos básicos de compostagem: compostagem por aeração natural, por aeração forçada e, por fim, a obtida por meio de reator biológico (BRASIL, 2010c).

Na primeira, denominada de aeração natural os resíduos são dispostos em leiras, com reviras periódicas para que haja a convecção do ar na massa do composto, acrescida de umidificação até o término do processo. Este método também é conhecido como método das leiras revolvidas (Windrow).

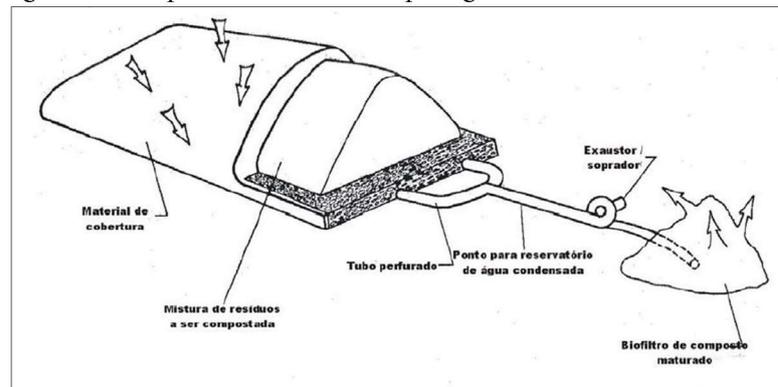
Figura 5: Equipamento auto propelido para revolvimento de leiras



Fonte: Fernandes e Silva (1999)

No segundo método, denominado de aeração forçada, o material orgânico é disposto sob tubos perfurados por onde circula ar forçadamente, através de bombeamento mecânico. Neste método não há revira. Outra denominação para este método é leiras estáticas aeradas (*static pile*). Os aceleradores melhoram significativamente a condição da fermentação, mas trazem uma desvantagem no aumento do custo com turbinas, tubos, grades inerentes ao processo de aeração forçada.

Figura 6: Exemplo de sistema de compostagem com leiras estáticas aeradas



Fonte: Fernandes e Silva (1999)

O terceiro método, o composto é disposto em reator biológico, também conhecido como sistemas fechados ou reatores biológicos (*in-vessel*), onde os parâmetros de oxigenação são aplicados sem interferência externa.

Os vários tipos de reatores se enquadram em três grandes categorias (FERNANDES;SILVA 1999):

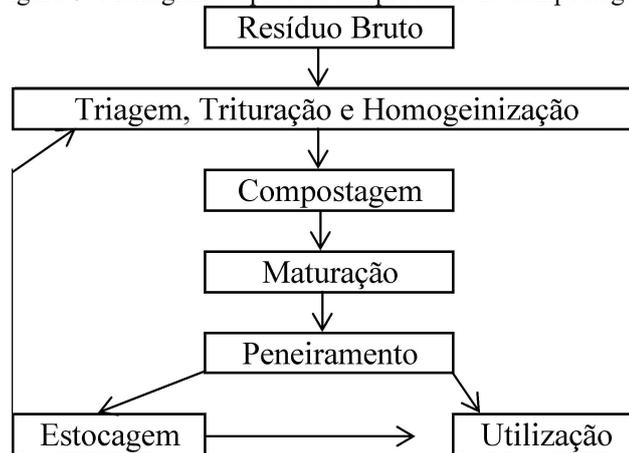
- Reatores de fluxo vertical: possuem sistemas parecidos com silos verticais onde os resíduos entram pela parte superior e percorrem o reator no sentido descendente, o ar pode ser injetado em vários níveis ou apenas na parte inferior do reator;
- Reatores de fluxo horizontal: geralmente são de forma cilíndrica e dispostos horizontalmente, por estas características às vezes são conhecidos como túneis. Os resíduos entram por uma extremidade do reator e saem pela outra, com tempo de detenção suficiente para a realização da fase termófila. O ar é injetado sob pressão ao longo do trajeto;
- Reatores de batelada: Difere dos anteriores pelo fato do composto ficar confinado no mesmo local, sem se deslocar. O reator geralmente é dotado de um sistema de agitação da massa de resíduos, que pode ser por rotação lenta do reator em torno de seu

próprio eixo, ou por um sistema misturador interno. O revolvimento é necessário para limitar os caminhos preferenciais de passagem do ar, porém alguns modelos de reatores, por batelada, não são dotados deste dispositivo.

Kiehl (1985) classificou os sistemas de compostagem também quanto ao tempo: processos lentos ou acelerados. A escolha do método dá-se basicamente por duas razões, a quantidade a ser compostada e a disponibilidade financeira. O método natural é recomendado para compostar cerca de 100 t/dia.

O fluxograma apresentado na Figura 7 pode ser aplicado a qualquer processo de compostagem de RSU, sendo o peneiramento nem sempre necessário, citando que a diferença maior está na forma como a aeração é realizada.

Figura 7: Fluxograma típico de um processo de compostagem



Fonte: Vimieiro (2012)

Vimieiro (2012) cita que a seleção do método a ser utilizado depende primeiramente da natureza do resíduo e da localização da unidade de processamento e dos recursos financeiros. Um sistema com melhores tecnologias requer maiores investimentos, mas como resultado tem condições de controle melhores.

3.8.1 Vantagens e desvantagens dos sistemas

Um composto de qualidade para ser produzido não necessita de tecnologias sofisticadas, contanto que seja feito um monitoramento na qualidade dos resíduos que serão processados e um monitoramento adequado do processo. Com relação a tecnologia a ser utilizada, a escolha deve ser feita considerando-se critérios técnicos e econômicos

(FERNANDES; SILVA, 1999). As principais vantagens e desvantagens dos três sistemas são apresentadas na tabela a seguir.

Tabela 4: Principais vantagens e desvantagens dos diferentes sistemas de compostagem

Sistema de compostagem	Vantagens	Desvantagens
Leiras Revolvidas	<ol style="list-style-type: none"> 1. Baixo investimentos inicial 2. Flexibilidade de processar volumes variáveis de resíduos 3. Simplicidade de operação 4. Uso de equipamentos simples 5. Produção de composto homogêneo e de boa qualidade 6. Possibilidade de rápida diminuição de teor de umidade das misturas devido ao revolvimento 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Maior necessidade de área, pois as leiras tem que ter pequenas dimensões e há necessidade de espaço livre entre elas; 2. Problema de odor mais fácil de ser controlado, principalmente no momento do revolvimento; 3. Muito dependente do clima. Em períodos de chuva o revolvimento não pode ser feito; 4. O monitoramento da aeração deve ser mais cuidadoso para garantir a elevação da temperatura
Leira convencional aerada	<ol style="list-style-type: none"> 1. Baixo investimentos inicial 2. Melhor controle de odores 3. Etapa de estabilização mais rápida que o sistema anterior 4. Possibilidade de controle da temperatura e da aeração 5. Melhor uso da área disponível que o sistema anterior 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Necessidade de bom dimensionamento do sistema de aeração e controle dos aeradores durante a compostagem 2. Operação também influenciada pelo clima
Compostagem em reator biológico	<ol style="list-style-type: none"> 1. Menor demanda de área 2. Melhor controle do processo de compostagem 3. Independência de agentes climáticos 4. Facilidade para controlar odores 5. Potencial para recuperação de energia térmica (dependendo do tipo de sistema) 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Maior investimento inicial 2. Dependência de sistemas mecânicos especializados, o que torna mais delicada e cara a manutenção 3. Menor flexibilidade operacional para tratar volumes variáveis de resíduos 4. Risco de erro difícil de ser reparado se o sistema for mal dimensionado ou a tecnologia proposta for inadequada

Fonte: Fernandes e Silva (1999)

3.8.2 Compostagem em túnel ou garagem

Por definição, a compostagem em túnel refere-se a um processo biológico estático com arejamento forçado em contraste com sistemas dinâmicos, que ou por lotes ou continuamente agitam ou rodam o material para processamento. Ambos os sistemas têm por objetivo acelerar o processo biológico, assegurando simultaneamente um máximo de controle.

A planta de compostagem em túnel compreende uma série de túneis paralelos totalmente fechados em estruturas “tipo garagem” de concreto com aproximadamente 20 - 35 m de comprimento, 5 -8 m de largura e 5-6 m de altura, como observa-se nas Figura 8 e 9.

Figura 8: Sistema de compostagem em túnel



Fonte: APBTC (2016)

O sistema é altamente modular, e pode ser estendido em estágios para acomodar um aumento na quantidade de resíduos ao longo da vida da planta. Um tempo de residência entre 7 e 30 dias podem ser selecionados dependendo dos requisitos do material de alimentação e desejado grau de maturidade do produto.

O objetivo do processo em túnel é controlar o processo de decomposição. No entanto, a fim de estimular ativamente a atividade biológica e manipular a umidade do material e a progressão do volume de ar (isto é, altas taxas de aeração), juntamente com uma gestão de ar “inteligente” requeridas. Esta característica distingue o sistema de compostagem de túnel APBTC de outras tecnologias “in-vessel”, os quais também utilizam ar para o processo em uma ou outra forma.

Os sistemas de reciclagem de água do processo e de ar internas reduzem a descarga total do ar para a unidade de eliminação de odores, bem como o volume de água do processo que, na maioria dos casos pode ser totalmente reciclada de volta no processo. O processo geralmente mostra uma demanda líquida de água ao longo do ano.

Figura 9: Vista do interior do sistema de compostagem em túnel



Fonte: APBTC (2016)

O processo não utiliza máquinas ou equipamentos no ambiente corrosivo da compostagem reduzindo significativamente os custos de manutenção e de reparação e estende a vida da planta (em contraste a, por exemplo, sistemas que empregam agitadores).

3.8.3 Vermicompostagem

A vermicompostagem é um método alternativo de compostagem, o qual utiliza minhocas para converter substâncias biodegradáveis em compostos orgânicos usados com fins agrícolas, também denominado de *vermicomposting* ou composto de vermes (LIMA, 2004).

O primeiro sistema desta natureza instalado em escala industrial foi desenvolvido no Canadá em 1970, processando cerca de 75t de resíduos biodegradáveis por semana. Em 1975, na Califórnia, EUA, foi instalado um sistema similar, a nível experimental, usando resíduos residenciais e lodo de esgoto, apresentando bons resultados, e sua ampliação um ano mais tarde (LIMA, 2004).

A vermicompostagem pode ser descrita como um processo de dois estágios; sendo o primeiro onde a matéria orgânica é compostada de acordo com os padrões normais, em função da variante de processo utilizada, com redução de microrganismos patogênicos e retorno a condição de temperatura ambiente, após a estabilização da temperatura, o material compostado é transferido para leitos rasos, para não se aquecer demasiadamente e não compactar, pois materiais de granulometria fina correm esse risco. Inocula-se as minhocas por 60 a 90, e após obtém-se o vermicomposto pronto (BIDONE, 1996). A *Eisenia foetida*, verme normalmente utilizado em processos de vermicompostagem, pela sua fácil adaptação em cativeiro, fornece na idade adulta um casulo a cada 5 dias (BIDONE ; POVINELLI, 1999).

As minhocas exercem uma função mecânica, pois após a ingestão de um determinado material ela os excreta em uma forma especial, são os chamados coprólitos, produtos da biotransformação, naturalmente existentes nos intestinos das minhocas. A humificação é influenciada por todos os fatores que afetam a atividade dos mesmos.

Para evitar a morte ou a fuga das minhocas a temperatura do material a ser vermicompostado deve ser mantida entre 20° e 28°C.

Como nos sistemas de compostagem já descritos acima na vermicompostagem a influência de alguns fatores também limitam o processo, sendo eles: a umidade, aeração, esta

que estabelece o nível de oxigenação, relação C/N relacionada a concentração de nutrientes, a temperatura, o tamanho das partículas e o pH (BIDONE ; POVINELLI, 1999).

É importante a inclusão da minhocultura na reciclagem domiciliar dos resíduos orgânicos pela possibilidade de produção de húmus de boa qualidade para ser utilizado em jardins e nas hortas residenciais a baixíssimo custo financeiro e enorme ganho ecológico. Essa consciência promove a diminuição do envio de resíduos orgânicos para os lixões onde geram doenças, favorecem o aparecimento de moscas, ratos e baratas, além de poluírem o solo e água (DOS ANJOS; ANDRADE, 2008).

3.8.4 Compostagem caseira

A compostagem caseira também pode ser descrita como uma forma alternativa de tratamento de resíduos domiciliares, sendo que a utilização deste método pode reduzir em até 50% o volume dos resíduos orgânicos domiciliares, contribuindo para questões como a coleta seletiva e para o envio de resíduos para os aterros sanitários.

A compostagem caseira é um método que não requer conhecimentos técnicos complexos, por isso se torna prática e fácil de utilizar. A valorização da matéria orgânica é de grande importância atualmente, pois visando reduzir a quantidade de resíduos que depositamos para a coleta, podemos utilizar o composto que sai no final do processo como adubo, além disso, o composto possui fungicidas naturais e organismos benéficos que ajudam a eliminar os organismos patogênicos que perturbam o solo e as plantas.

Para realização da compostagem caseira é necessário uma composteira, podendo ser adaptado ao local que irá ser utilizado, ou então um quintal para amontoar o material a compostar, com aproximadamente 2 m de diâmetro na base e pelo menos 1 m de altura.

Pilhas com dimensões mais reduzidas não aquecem o suficiente para que o processo de decomposição ocorra de forma adequada. Outra forma de decompor os materiais orgânicos sem usar uma composteira consiste em abrir um buraco na terra com cerca de 60 cm de diâmetro e 35 cm de profundidade e aí colocar os resíduos orgânicos, cobrindo-os de seguida com uma camada de terra ou folhas secas.

Em ambientes urbanos aonde há espaço limitado a composteira apresenta vantagens práticas, eles podem ser construídos com poucos materiais e com preços acessíveis ou serem adquiridos comercialmente.

Para que a compostagem caseira ocorra de forma eficiente e para evitar complicações como odores desagradáveis, a geração de vetores como insetos e até a contaminação do composto que será utilizado futuramente, devem-se observar os tipos de resíduos que podem ser compostados, pois alguns alimentos são de degradação mais complexa. Na tabela 5 descreve-se resíduos indicados a compostagem caseira.

Tabela 5: Materiais a compostar e a não compostar na compostagem caseira

Resíduos a compostar		Resíduos a não compostar
Verdes	Castanhos	
Restos de vegetais crus restos de cascas de frutas borras de café, incluindo filtros casca de ovos folhas verdes folhas e sacos de chá cereais Ervas Daninhas restos de relva cortada e flores	Feno Palha Aparas de madeira Erva seca Folhas Secas Ramos Pequenos	Carne, peixe, laticínios e gorduras Excrementos de animais Têxteis, tintas ou pilhas Vidro, metal, plástico medicamentos e outros produtos químicos Resíduos de jardim tratados com pesticidas

Fonte: Rosas (2005)

O tempo para a obtenção de composto pronto varia de acordo com os cuidados e preparo, se os resíduos forem adicionados em pequenas dimensões, alternando camadas de resíduos verdes com resíduos castanhos, mantendo o nível ótimo de humidade e remexendo a pilha 3 vezes por semana, o composto poderá estar pronto em 2 a 3 meses.

Quando o composto estiver pronto deve ser retirado da pilha de compostagem. O ideal seria deixá-lo repousar de 2 a 4 semanas, para maturação. Se tiver apenas uma pequena quantidade de composto, espalhe-o por cima da terra na vala onde pretende semear. Se tiver composto em grande quantidade, pode espalhá-lo em camadas de 1 a 2 cm de espessura misturado com o solo, mas sem enterrar. Pode também usar o composto nas caldeiras das árvores.

3.9 IMPACTOS CAUSADOS PELO PROCESSO DA COMPOSTAGEM

A compostagem de qualquer resíduo orgânico, independentemente de sua procedência poderá causar impactos ambientais, sendo que os mais preocupantes são a atração de vetores pelo mau cheiro e a produção de lixiviado ocasionando a contaminação do solo.

Em unidades de processamento mal operadas e com capacidade de produção superior ao específico, esses impactos podem ser observados com mais frequência e necessitam de um controle maior.

Do ponto de vista fisiográfico, devem ser evitadas as áreas próximas a mananciais, pois o local pode estar sujeito à erosão e transporte de resíduos pela chuva. Áreas com o lençol freático pouco profundo também devem ser evitadas por uma questão de segurança ao risco de contaminação das águas do subsolo (FERNANDES; SILVA, 1999).

O controle da geração de odores na compostagem pode ser feita pela seleção de resíduos a serem compostados, ajustando a relação C/N, adicionando agentes estruturantes como serragem (USEPA, 1994). Já Carmo Júnior (2007), cita que para o controle de odores durante os primeiros 10 dias de processo devem-se cobrir as leiras com uma camada de composto maturado, com 45% de umidade e 25 cm de espessura, que atuará como filtro eliminando o odor.

Para o controle da proliferação de vetores, é necessário desenvolver um programa de limpeza da unidade, inclusive lavagem de equipamentos e ferramentas, estabelecendo um criterioso controle no sistema de compostagem.

3.10 LEGISLAÇÃO E QUALIDADE DO COMPOSTO

A legislação ambiental é um poderoso instrumento colocado à disposição da sociedade, a fim de que se faça valer o direito constitucionalmente assegurado a todo cidadão brasileiro de viver em condições dignas de sobrevivência, num ambiente saudável e ecologicamente equilibrado (BARROS, 2002).

Composto, segundo a NBR 13591 (ABNT, 1996), é o produto final da compostagem. Termo genérico usado para designação do produto maturado (bioestabilizado, curado ou estabilizado), proveniente da biodigestão da fração orgânica biodegradável.

Grau de maturação de um composto não deve ser confundido com qualidade do composto, já que maturação é o resultado de uma correta decomposição microbiológica da matéria orgânica, originando nutrientes e húmus e, um composto de qualidade, além de ter elevado grau de maturação, deve apresentar características e propriedades que não torne o produto inadequado para o uso agrícola (BRASIL, 2012).

A normatização sobre a qualidade sanitária de um composto depende de legislação específica, que é variável em cada país. Pela legislação brasileira, o composto produzido de resíduos urbanos pode ser considerado fertilizante orgânico e até 1982 não havia nenhuma regulamentação quanto à sua produção, comércio e fiscalização (KIEHL, 1985).

A regulamentação sobre especificações, garantias e tolerância dos insumos agrícolas é dada pelas Instruções Normativas nº 25/2009 e 35/2006 do MAPA, estas preveem a possibilidade de incorporação de resíduos domiciliares na composição dos produtos.

A IN 25/2009, Anexo I, artigo 1º, inciso II, define o composto de resíduos como o produto através da separação da fração orgânica dos RSU e sua compostagem, resultando em um produto seguro para utilização na agricultura.

De acordo com a IN (Instrução Normativa) n.º 25, de 23 de julho de 2009, tendo em vista as disposições contidas no Decreto nº 4.954, de 14 de janeiro de 2004, que regulamenta a Lei n.º 6.894, de 16 de dezembro de 1980, os compostos orgânicos para serem considerados de qualidade devem ter as garantias mostradas na Tabela 7 (BRASIL, 2009).

As classes de compostos segundo a IN (Instrução Normativa) n.º 25, de 23 de julho de 2009, podem ser definidas como:

- Classe “A”: fertilizante orgânico que, em sua produção, utiliza matéria-prima de origem vegetal, animal ou de processamentos da agroindústria, onde não seja utilizado no processo o sódio (Na⁺), metais pesados, elementos ou compostos orgânicos sintéticos potencialmente tóxicos;
- Classe “B”: fertilizante orgânico que, em sua produção, utiliza matéria-prima oriunda de processamento da atividade industrial ou da agroindústria, onde o sódio (Na⁺), metais pesados, elementos ou compostos orgânicos sintéticos potencialmente tóxicos são utilizados no processo;
- Classe “C”: fertilizante orgânico que, em sua produção, utiliza qualquer quantidade de matéria-prima oriunda de resíduo domiciliar, resultando em produto de utilização segura na agricultura;
- Classe “D”: fertilizante orgânico que, em sua produção, utiliza qualquer quantidade de matéria-prima oriunda do tratamento de despejos sanitários, resultando em produto de utilização segura na agricultura.

Tabela 6: Garantias mínimas exigidas para que um composto seja comercializado de acordo com a IN nº 25/2009

Garantia	Misto/Composto				Vermicomposto
	Classe A	Classe B	Classe C	Classe D	Classe A,B,C,D
Umidade (máx.)	50	50	50	70	50
N Total (máx.)	0,5				
* Carbono orgânico (mín)	15				10
*CTC ⁽¹⁾	Conforme Declarado				
pH (mín.)	6,0	6,0	6,5	6,0	6,0
Relação C/N (máx.)	20				14
*Relação CTC/C ⁽¹⁾	Conforme Declarado				
Outros nutrientes	Conforme Declarado				

Fonte: Brasil (2009)

Há também a Instrução normativa 53/2013, que estabelece entre outros fins, requisitos mínimos para avaliação da viabilidade e eficiência agrônômica e elaboração do relatório técnico-científico para fins de registro de fertilizante, corretivo e biofertilizante na condição de produto novo, de conformidade com o disposto no art. 15 do Anexo do Decreto nº 4.954, de 2004, alterado pelo Decreto nº 8.059, de 26 de julho de 2013 (BRASIL, 2013).

Portanto, quando se discute uso do composto, é preciso evitar o erro simplório de fixar seu valor apenas no seu teor de nutrientes. Evidentemente, os nutrientes, principalmente o nitrogênio e fósforo, estão bem representados no composto produzido a partir de lodo e tem valor econômico importante, porém, o valor agrônômico do composto vai além dos nutrientes minerais (FERNANDES; SILVA, 1999).

Os RSU se não segregados na origem, podem originar um composto de péssima qualidade. Segundo Reis (2005), projetando-se o crescimento populacional e, conseqüentemente, o aumento de rejeitos de origens variadas, bem como a necessidade de preservação dos recursos naturais como solo e água, as práticas de reciclagem ou descarte de resíduos orgânicos em solos devem ser conscientemente trabalhadas, ou seja, a má segregação pode ocasionar contaminações severas do composto, e este sendo utilizado como fertilizante para a agricultura pode acarretar em conseqüências ruins para a saúde humana.

3.11 MERCADO PARA O COMPOSTO

O valor comercial está relacionado ao teor de nutrientes e de matéria orgânica que contém. Os resultados poderão variar de acordo com o valor regional dos insumos utilizados para o cálculo. Como regra geral, quanto mais “rico” for o composto em teor de nutrientes e de matéria orgânica, melhor será a qualidade e, portanto, maior será o seu valor comercial.

Ressalta-se que o valor do composto também está relacionado ao teor de inertes, presença de metais pesados e granulometria. Quanto mais grosseiro e contaminado, menor será seu valor comercial (BRASIL, 2012).

Para efeitos de comparação foi adotado a fórmula, NPK 12 -6- 6, que representa uma fórmula comercial que indica a proporcionalidade com os valores médios observados para os teores correspondentes nas amostras de composto orgânico.

Barreira (2005) descreve que quanto ao composto produzido no Brasil não é necessário apenas o país possuir uma legislação específica, mas sim, obter um maior controle sobre sua produção e comercialização. Devem ser levados em conta os benefícios socioambientais da prática da compostagem com maiores investimentos no setor e considerar as melhorias nas produtividades agrícolas colaborando com maior poder de marketing do produto.

Destaca-se que o desconhecimento do processo de compostagem é, em alguns casos, motivo pelo qual não se obtêm compostos de qualidade, estabilizados e descontaminados. Desta maneira, ressalta-se ainda a importância dada aos seguintes itens (BRASIL, 2012):

- Verificar a eficiência do processo de pré-tratamento (triagem e trituração) da matéria orgânica, de modo que não gere contaminação da massa de compostagem;
- Avaliar o dimensionamento do pátio de compostagem para comportar a produção do composto, de modo que sejam vendidos compostos estabilizados;
- Gerenciar o composto no sentido de processá-lo aerobiamente;
- Desenvolver processo com controle de temperatura, oxigenação e umidade, fatores que governam a eficiência do sistema;
- Desenvolver processo com definição técnica do ciclo de reviramento, responsável pela oxigenação e controle da temperatura da massa de compostagem;
- Definir configuração geométrica adequada da leira, fator de grande importância na compostagem;
- Avaliar e incluir no processo a fase de maturação do composto;
- Controlar possíveis impactos ambientais associados aos processos: emissão de odores, chorume e atração de vetores (os quais são perfeitamente controláveis).

Um aspecto negativo é a falta de análises periódicas nos compostos e de controle sobre sua qualidade, o que dificulta o mercado não assegurando que o composto produzido seja de bom nível (BARREIRA, 2005).

Os valores atuais de mercado de produção de composto variam de acordo com a região, locais onde há uma maior proximidade entre os centros consumidores e produtores, os valores são mais baixos, o que fortalece o setor (BNDES, 2014).

Na Região Centro-Oeste, segundo o Serviço de limpeza Urbana SLU- DF, o composto é comercializado a um preço de R\$ 18,00/t para o produtor rural cadastrado na EMATER e no SLU e R\$ 50,00/t, para demais interessados (BNDES, 2014). Na região Sudeste, São Paulo apresenta um preço de mercado superior a outras regiões produtoras, o composto é comercializado, em média, pelo valor de R\$ 100,00/t. no Rio de Janeiro, o composto produzido na Usina do Cajú, sendo este não utilizado no setor público, é comercializado a R\$ 30,00/t (BNDES, 2014).

Na região Sul, os preços de comercialização do composto variam de acordo com a demanda da região e não há tabelas de referência de valores para a venda, variando entre R\$ 50,00/t, no Rio Grande do Sul, a R\$ 300,00/t, em Santa Catarina (BNDES, 2014).

4 METODOLOGIA

A pesquisa foi desenvolvida utilizando um questionário (Anexo A) elaborado através de um aplicativo virtual denominado *Google Docs*, contendo perguntas fechadas de escolha simples e questões abertas, onde os respondentes puderam incluir suas opiniões pessoais.

O questionário passou por um pré-teste antes de ser enviado aos participantes da pesquisa, sendo enviado para profissionais da área de resíduos sólidos para validação e verificação de dificuldades de interpretação. As respostas obtidas no pré-teste, não foram consideradas no resultado final da pesquisa.

A pesquisa iniciou-se em abril de 2015, onde o envio foi constituído em dois momentos: o primeiro ocorreu com o envio de 540 e-mails, onde constava uma pequena introdução falando sobre a pesquisa e contendo o endereço de acesso ao questionário.

No final do questionário enviado foram solicitadas sugestões para cada destinatário de contatos de profissionais que atuassem na área de resíduos sólidos e com experiência em compostagem, a fim de ampliar a abrangência da pesquisa.

No segundo momento, foram acrescentados os novos contatos fornecidos nas respostas, os e-mails foram reenviados aos contatos que não haviam retornado as respostas no primeiro momento, resultando em 584 e-mails enviados.

Fundamenta-se o grande número de questionários enviados pois, a proposta da pesquisa era buscar um número significativo e uma maior representatividade das respostas.

O levantamento dos contatos dos profissionais deu-se através de uma lista de e-mails de diversas instituições que atuam na área de resíduos sólidos. Outros e-mails foram retirados de sites oficiais de municípios que possuem unidades de triagem e compostagem listados pelo Diagnóstico do Manejo de Resíduos Sólidos (SNIS, 2013), além da inclusão de contatos solicitados através do questionário, conforme Tabela 7.

Tabela 7: Procedência dos contatos para a realização da pesquisa

ORIGEM	DESCRIÇÃO	Nº DE CONTATOS
SNIS 2013	Municípios que continham e-mails cadastrados em sites das respectivas prefeituras, e que informaram ter unidade de compostagem, em 2013, segundo o Sistema de Informações em Saneamento do Ministério da Cidades	34
Prosab	Lista de participantes do Prosab – Programa de Pesquisas em Saneamento Básico, da Finep	88
CTRS ABES	Membros da Câmara Técnica de Resíduos da Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental	139
Projeto BNDES	Participantes de estudos sobre rotas tecnológicas de RSU para o Brasil, patrocinado pelo BNDES em 2013	41
GT1 – PNRS/MMA	Lista de participantes do GT1 (Grupo Técnico 1) que trata da implantação da PNRS, no MMA	39
Curso DA	Lista de participantes em curso sobre viabilidade da digestão anaeróbia de RSU realizado em São Paulo em 2014	42
Curso Aterros	Lista de participantes em cursos sobre aterros sanitários proferido por um dos autores	30
Compostagem MMA	Lista de participantes sobre normalização da compostagem realizada em Brasília, no MMA, em 2014	39
Outros contatos	Contatos pessoais dos autores não presentes em nenhuma das outras listas	88
Novos contatos	Novos contatos fornecidos pelos respondentes no primeiro envio do questionário	44
TOTAL		584

Fonte: Elaborado pelo autor (2015)

O questionário foi dividido em 5 temas principais que abordavam: experiência no tema, conhecimento técnico e/ou operacional, contribuições para projetos futuros, legislação e qualidade do composto.

Para a verificação do grau de conhecimento dos respondentes em relação ao assunto pesquisado foram elaboradas questões em que os mesmos pudessem relatar suas experiências no tema em questão, conforme descrito a seguir: “Você já implantou ou operou uma unidade de compostagem?”, e “Em quantas unidades de compostagem você tem experiência?”.

Na sequência, o respondente deveria informar o seu conhecimento sobre plantas de triagem e compostagem, onde constavam as opções: conhecimento acadêmico ou teórico, pesquisador, projetista, operador público, operador privado, órgão financiador e gestor ou administrador, as quais eram possíveis marcar mais de uma opção, o que levou o resultado final a um somatório maior de 100%. A seguir a questão envolvia os tipos de plantas de compostagem em que o respondente tinha experiência, onde constavam as opções: leiras

convencionais aeradas, leiras estáticas aeradas, compostagem em túnel ou garagem e “in vessel” ou reatores aeróbios.

Também seguindo o critério de averiguação de conhecimento, foi solicitado aos respondentes, se eles possuíam o conhecimento da existência de alguma unidade de triagem e compostagem em sua cidade: “Há em sua cidade ou cidade próxima uma unidade de compostagem de RSU?”. Se a resposta fosse sim o questionário seguia solicitando informações sobre a unidade em questão, tais como: tipo de unidade (triagem/compostagem), forma que ocorre a triagem, capacidade de instalação, sistema de compostagem utilizado, ano de início, ano de fechamento, motivação para o fechamento, destino do composto, capacitação de funcionários, entre outros.

Quando uma unidade de triagem e compostagem precisa ser reestruturada ou fechada, é muito importante avaliar o motivo que ocasionou a reforma ou o fechamento, para evitar que esse erro se repita em próximas execuções, com isso solicitou-se aos respondentes que informassem (se possível) o motivo do fechamento da unidade que relataram na questão anterior.

Foi solicitado aos respondentes se eles concordavam com a seguinte afirmação: “A pouca utilização da técnica da compostagem de resíduos sólidos urbanos nos dias atuais deve-se ao fato dos problemas e fracassos verificados no passado.”, e que justificassem a sua resposta.

Seguindo a pesquisa solicitou-se sobre quais seriam as principais etapas da implantação de uma unidade de triagem e compostagem, que, segundo BRASIL, podem ser divididas em duas fases principais, o planejamento e a implantação para a operação (BRASIL, 2010c).

Primeiro avaliou-se a fase de planejamento, após foi feita a avaliação da fase de implantação para operação, as quais ocorreram da seguinte maneira: foi solicitado aos respondentes que atribuíssem notas de 0 a 5, considerando o grau de importância de forma ascendente, para cada etapa do processo. Foram propostos dez itens descrevendo as etapas de Planejamento e seis itens descrevendo a etapa de Implantação para a operação onde os respondentes deveriam realizar suas avaliações pessoais de quais seriam as etapas mais importantes

Para ampliar a abrangência dos dados obtidos, foi solicitado aos respondentes que os mesmos escolhessem qual seria o melhor método de compostagem por faixa populacional pré-estabelecida no questionário e a seguir justificasse a sua escolha.

Para classificar a importância das características que um composto de qualidade deve apresentar, foi solicitado aos respondentes que atribuíssem notas de 1 a 5, para cada característica pré-estabelecida no questionário, a seguir que mencionasse outra característica que considerasse importante e que não se localizava na mesma.

Duas questões foram levantadas para avaliar a qualidade do composto e a legislação: na primeira foi solicitada aos respondentes que ordenassem pelo grau de importância fatores que de alguma forma influenciam ou prejudicam a demanda do composto no Brasil e, foi solicitada a opinião dos respondentes sobre a existência de uma normatização específica para comercialização do composto no mercado brasileiro.

Após o retorno dos questionários, foi feito o levantamento de informações, a organização, a interpretação e avaliação dos dados.

Para qualificação e avaliação das respostas do questionário em que se exigiu uma pontuação, foi utilizado o método da frequência absoluta das variáveis. Define-se frequência absoluta de um valor da variável como sendo o número de vezes que esse valor ocorre na amostra (MORAIS, 2005). Analisou-se a quantidade de vezes que as notas máximas 4 e 5 foram submetidas a cada fator.

Para as questões não pontuadas, como a questão 21 (Ver anexo A), a quantificação e relevância dos fatores se deu pelo número de vezes em que apareceu nas respostas, ou seja, somou-se quantas vezes cada fator mencionado apareceu igualmente.

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

De acordo com o regulamento do Programa de Pós-Graduação em Engenharia e Ciências Ambientais da Universidade de Caxias do Sul, a estrutura final da Dissertação deve apresentar os resultados da pesquisa na forma de pelo menos dois artigos científicos.

O primeiro artigo, intitulado “Unidades de triagem e compostagem de RSU no BRASIL: Uma avaliação da relação entre os problemas e fracassos do passado e a baixa utilização dessa técnica atualmente”, foi submetido e aprovado para o 10º Simpósio Internacional de Qualidade Ambiental – SIQA –, organizado pela Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental (ABES), e ocorrerá de 19 a 21 de outubro de 2016.

No anexo B, encontra-se a resposta de submissão de trabalho aceito para o 10º SIQA.

O segundo artigo intitulado “A compostagem como alternativa de tratamento de resíduos sólidos urbanos orgânicos – Considerações para projetos futuros de unidades de triagem e compostagem” foi submetido ao VI Congresso Brasileiro de Gestão Ambiental que ocorreu no período de 23 a 26 de novembro de 2015, o qual foi aprovado para apresentação oral e publicado nos anais do congresso, onde pode ser localizado através do endereço eletrônico: <http://www.ibeas.org.br/congresso/Trabalhos2015/III-028.pdf>. No anexo C, encontra-se o certificado de aprovação do Artigo 2.

5.1 Artigo 1

UNIDADES DE TRIAGEM E COMPOSTAGEM DE RSU NO BRASIL: UMA AVALIAÇÃO DA RELAÇÃO ENTRE OS PROBLEMAS E FRACASSOS DO PASSADO E A BAIXA UTILIZAÇÃO DESSA TÉCNICA ATUALMENTE

Patricia Tomedi Caprara ⁽¹⁾

Bióloga. Mestranda do Programa de Pós-Graduação em Engenharia e Ciências Ambientais da Universidade de Caxias do Sul (UCS).

Geraldo Antônio Reichert

Engenheiro Civil. Doutor em Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS). Engenheiro do DMLU de Porto Alegre e Professor Adjunto da Universidade de Caxias do Sul (UCS).

Endereço⁽¹⁾: Rua General Vitorino, 371. Bairro São Francisco. Bento Gonçalves, RS. CEP: 95703-074. E-mail: pattytomedi@yahoo.com.br

Resumo: O Brasil está entre os 10 países no mundo que mais desperdiça alimentos. Esta situação, aliada ao crescimento econômico e a falta de iniciativas que tragam soluções para a gestão dos serviços públicos municipais de limpeza urbana e manejo de resíduos sólidos urbanos (RSU), deveria fazer com que os gestores procurassem por melhores soluções de tratamento. No Brasil mais de 50% da composição dos resíduos sólidos urbanos gerados é matéria orgânica biodegradável suscetível a compostagem. As unidades de triagem e compostagem poderiam constituir-se de um processo de tratamento eficaz dos resíduos, especialmente do resíduo orgânico biodegradável, transformando-o em composto aproveitável e reduzindo a massa de materiais enviados aos aterros sanitários. Observa-se que no Brasil este sistema ainda é pouco utilizado, e busca-se neste trabalho saber por que o sistema apresenta resistência na sua adoção, não só por parte dos gestores e profissionais da área, mas também por parte da população em geral. Há a hipótese de que devido a erros de projetos e concepções ocorridas no passado, e a presença de alguns fatores limitantes que impediram o correto funcionamento destas unidades, os gestores sintam-se apreensivos para a utilização desta técnica. Os resultados encontrados de certa forma, apontaram para diferentes fatores que ocasionaram o funcionamento irregular e inclusive o fechamento de muitas unidades, e influenciam ainda hoje na pouca utilização da técnica no país. A presente pesquisa constatou através da opinião de diversos especialistas no assunto melhores alternativas e medidas cabíveis para implantação da compostagem em projetos futuros.

Palavras-chave: sistema, compostagem, iniciativas, projetos.

SORTING AND COMPOSTING UNITS OF MSW IN BRAZIL: AN EVALUATION OF THE RELATIONSHIP BETWEEN PROBLEMS AND FAILURES COMMITTED IN THE PAST AND THE LOW USE OF THIS METHOD NOWADAYS

Abstract: *Brazil is among the 10 countries in the world that more waste food. This fact, coupled with the economic growth and the lack of initiatives for the solutions for the management of urban cleaning services and municipal solid waste (MSW) management, should make that managers seek for better waste treatment solutions. In Brazil more than 50% of the composition of municipal solid waste is biodegradable organic matter susceptible to composting. The sorting and composting units would constitute an effective treatment process of waste, especially biodegradable organic waste, turning it into usable material and reducing the mass of material sent to landfills. It is observed that in Brazil this composting system is still little used, and the objective of this work is to know why the system has resistance in its adoption not only by managers and professionals but also by the general population. There is the assumption that because of projects errors and conceptions occurred in the past, and the presence of some limiting factors that prevent the proper operation of these units, managers feel apprehensive for the use of this technique. The results found pointed to different factors that caused error and even the closure of many units, and influence today on little technical use in the country. This survey found through the opinion of some experts in the field better alternative and appropriate action for the implementation of composting in future projects.*

Keywords: *system, composting, initiatives, projects.*

1. INTRODUÇÃO

Mais de 50% da massa do resíduo gerado nos municípios brasileiros é de origem orgânica biodegradável, ou seja, poderia ser enviada para tratamento via compostagem, o que não ocorre. Das aproximadamente 29 milhões de toneladas de resíduos orgânicos potencialmente recicláveis gerados em 2012 nos municípios brasileiros, apenas 0,39% destes resíduos foram enviados para tratamento em unidades de compostagem. Em 2013 esse número teve um decréscimo para 0,02% e em 2014 a quantidade de resíduos orgânicos enviados para tratamento em unidades de compostagem foi de 0,4% (SNIS, 2012, 2013 e 2014).

A destinação incorreta dos resíduos gera aos municípios despesas que poderiam ser minimizadas, ou ao menos diminuídas, caso a matéria orgânica fosse separada na fonte geradora e encaminhada para um tratamento específico, por exemplo, via compostagem (MASSUKADO, 2008).

O resíduo orgânico biodegradável, quando não separado na origem, acaba sendo contaminado com resíduos perigosos ou inertes, o que acaba prejudicando a compostagem e a

qualidade do composto. Ou então, se misturado com algum material que poderia ser reciclado, faz com que este perca o seu potencial de reciclabilidade, diminuindo o seu valor.

Do ponto de vista ambiental, só o fato de permitir o uso útil da fração orgânica dos resíduos sólidos domésticos e, portanto, diminuir a geração e o potencial poluidor do lixiviado dos aterros sanitários, já seria um ganho considerável (FERNANDES *et al.*, 2006), já que os lixiviados são de difícil tratamento e responsáveis em grande parte pelo impacto ambiental causado pelos resíduos sólidos domésticos quando dispostos em aterros.

No Brasil, a partir da década de 1970, várias usinas de compostagem simplificadas ou aceleradas (em reatores) foram implantadas. Nestas unidades os resíduos provenientes da coleta mista eram triados e selecionados por tipologia, sendo que os potencialmente recicláveis eram comercializados ou doados, os resíduos orgânicos biodegradáveis eram encaminhados para o processo da compostagem, e os rejeitos pós triagem eram encaminhados para aterros sanitários (VASCONCELOS, 2003).

Devido a uma imagem negativa que as unidades de triagem e compostagem vêm apresentando ao longo dos anos perante gestores e a população, o processo de compostagem carrega a imagem de ser uma técnica que pouco funciona ou que estaria fadada ao fracasso. Isto se deve a inúmeros fatores como problemas de gestão das unidades, inviabilidade dos sistemas de compostagem por erros de projeto e execução, entre outros (LELIS; PEREIRA NETO, 2001).

Lelis e Pereira Neto (2001) ainda apontam que havia muita desinformação acerca do sistema de compostagem como alternativa para o tratamento dos resíduos sólidos urbanos. Atualmente o processo é conhecido, mas ainda pouco aplicado, mesmo sendo obrigatório por lei, conforme estabelecido na Política Nacional dos Resíduos sólidos (BRASIL, 2010).

O descrédito em relação ao processo de compostagem é também consequência da pouca divulgação sobre sua importância e dos poucos investimentos feitos no setor. De acordo com Schueler e Mahler (2003), algumas cidades instalaram unidades de compostagem sem ter a noção de seu custo para a manutenção, acrescentando o fato que algumas destas unidades foram construídas ou inauguradas pouco antes das eleições governamentais e foram abandonadas logo depois, observando-se poucos casos de sucesso.

De acordo com Lua (1999 *apud* SCHUELER; MAHLER 2003), durante as décadas de 1980 e 1990 o estado do Rio de Janeiro investiu pelo menos US\$ 50 milhões para a construção de 15 unidades de compostagem e reciclagem de resíduos sólidos urbanos, sendo que destas, 11 foram fechadas ou tiveram suas construções interrompidas antes de serem

finalizadas. Apenas quatro delas se mantiveram em operação, sendo que destas apenas duas se encontram operando apropriadamente.

A questão da qualidade do composto é outro fator determinante para o desenvolvimento das unidades de compostagem. Daí a importância da legislação brasileira sobre qualidade do composto ainda necessitar ser reestruturada e revista a fim de proporcionar aos gestores uma maior facilidade em sua utilização.

Ressalta-se que está em fase de análise e discussão uma proposta de Resolução do Conama que define critérios e procedimentos para a produção de composto proveniente de resíduos sólidos orgânicos, incluindo normas para o licenciamento ambiental de unidades de compostagem, onde se espera obter uma normatização mais completa que auxilie os gestores na execução e andamento de projetos em compostagem (CONAMA, 20016).

Fernandes *et al.* (2007) já citavam que não havia na literatura a indicação de um número exato de unidades operantes no país, principalmente pela falta de estudos e pesquisas nessa área e a inexistência de um órgão centralizador de dados, dificultando o acesso a esse tipo de informação. Atualmente continua-se com a mesma situação, mas os dados existentes demonstram que há um número quase inexpressivo de unidades em operação no país.

O objetivo desta pesquisa é buscar através da opinião de especialistas, técnicos e operadores da área de resíduos sólidos, se há ou não concordância dos mesmos de que a razão da pouca utilização da técnica da compostagem de resíduos sólidos urbanos nos dias atuais deve-se ao fato de problemas e fracassos verificados no passado, e se ainda hoje há a interferência destes fatores influenciando a não utilização da técnica no país.

2. METODOLOGIA

A pesquisa foi desenvolvida utilizando um questionário elaborado através de um aplicativo virtual denominado *Google Docs*, contendo perguntas fechadas de escolha simples e questões abertas, onde os respondentes puderam incluir suas opiniões pessoais.

O questionário passou por um pré-teste antes de ser enviado aos participantes da pesquisa, sendo enviado para profissionais da área de resíduos sólidos para validação e verificação de dificuldades de interpretação. As respostas obtidas no pré-teste, não foram consideradas no resultado final da pesquisa.

A pesquisa iniciou-se em abril de 2015, onde o envio foi constituído em dois momentos: o primeiro ocorreu com o envio de 540 e-mails, onde constava uma pequena introdução falando sobre a pesquisa e contendo o endereço de acesso ao questionário.

Ao final do questionário foram solicitadas sugestões para cada destinatário de contatos de profissionais que atuassem na área de resíduos sólidos e com experiência em compostagem, a fim de ampliar a abrangência da pesquisa.

No segundo momento, juntamente com os novos contatos fornecidos nas respostas, os e-mails foram reenviados aos contatos que não haviam retornado as respostas no primeiro momento, resultando em 584 e-mails enviados. Fundamenta-se o grande número de questionários enviados pois, a proposta da pesquisa era buscar um número significativo e uma maior representatividade das respostas.

A procedência dos contatos dos profissionais deu-se através de uma lista de e-mails de diversas instituições que trabalham com resíduos sólidos. Outros e-mails foram retirados de sites oficiais de municípios que possuem unidades de triagem e compostagem listados pelo Diagnóstico do Manejo de Resíduos Sólidos (SNIS, 2013), além da inclusão de contatos solicitados através do questionário, conforme Tabela 1.

Tabela 1: Público alvo para a realização da pesquisa

ORIGEM	DESCRIÇÃO	Nº DE CONTATOS
SNIS 2013	Municípios que continham e-mails cadastrados em sites das respectivas prefeituras, e que informaram ter unidade de compostagem, em 2013, segundo o Sistema de Informações em Saneamento do Ministério da Cidades	34
Prosab	Lista de participantes do Prosab – Programa de Pesquisas em Saneamento Básico, da Finep	88
CTRS ABES	Membros da Câmara Técnica de Resíduos da Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental	139
Projeto BNDES	Participantes de estudos sobre rotas tecnológicas de RSU para o Brasil, patrocinado pelo BNDES em 2013	41
GT1 – PNRS/MMA	Lista de participantes do GT1 (Grupo Técnico 1) que trata da implantação da PNRS, no MMA	39
Curso DA	Lista de participantes em curso sobre viabilidade da digestão anaeróbia de RSU realizado em São Paulo em 2014	42
Curso Aterros	Lista de participantes em cursos sobre aterros sanitários proferido por um dos autores	30
Compostagem MMA	Lista de participantes sobre normalização da compostagem realizada em Brasília, no MMA, em 2014	39
Outros contatos	Contatos pessoais dos autores não presentes em nenhuma das outras listas	88
Novos contatos	Novos contatos fornecidos pelos respondentes no primeiro envio do questionário	44
TOTAL		584

Fonte: Elaborado pelo autor (2016).

Para a verificação do grau de conhecimento dos respondentes em relação ao assunto pesquisado foram elaboradas questões em que os mesmos pudessem relatar suas

experiências no tema em questão, conforme descrito a seguir: “*Você já implantou ou operou uma unidade de compostagem?*”, e “*Em quantas unidades de compostagem você tem experiência?*”.

Na sequência, o respondente deveria informar o seu conhecimento sobre plantas de triagem e compostagem, onde constavam as opções: *conhecimento acadêmico ou teórico, pesquisador, projetista, operador público, operador privado, órgão financiador e gestor ou administrador*, as quais eram possíveis marcar mais de uma opção, o que levou o resultado final a um somatório maior de 100%. A seguir a questão pedia com quais tipos de plantas de compostagem tinha experiência, onde constavam as opções: *leiras convencionais aeradas, leiras estáticas aeradas, compostagem em túnel ou garagem e “in vessel” ou reatores aeróbios*.

Também seguindo o critério de averiguação de grau de conhecimento, foi solicitado aos respondentes, se eles possuíam o conhecimento da existência de alguma unidade de triagem e compostagem em sua cidade: “*Há em sua cidade ou cidade próxima uma unidade de compostagem de RSU?*”. Se a resposta fosse *sim* o questionário seguia solicitando informações sobre a unidade em questão, tais como: *tipo de unidade (triagem/compostagem), forma que ocorre a triagem, capacidade de instalação, sistema de compostagem utilizado, ano de início, ano de fechamento, motivação para o fechamento, destino do composto, capacitação de funcionários*, entre outros.

Quando uma unidade de triagem e compostagem precisa ser reestruturada ou fechada, é muito importante avaliar o motivo que ocasionou a reforma ou o fechamento, para evitar que esse erro se repita em próximas execuções, com isso solicitou-se aos respondentes que informassem (se possível) o motivo do fechamento da unidade que relataram na questão anterior.

Para finalizar a pesquisa, foi solicitado aos respondentes se eles concordavam com a seguinte afirmação: “*A pouca utilização da técnica da compostagem de resíduos sólidos urbanos nos dias atuais deve-se ao fato dos problemas e fracassos verificados no passado.*”, e por fim que justificassem sua resposta.

Além do questionário, fez-se uma consulta pelo Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento (SNIS, 2014) a fim de analisar o número de municípios brasileiros que declararam ter unidades de triagem e compostagem, e observar durante os anos de 2002, 2006, 2010, 2013 e 2014 a variação percentual das unidades em funcionamento e as que encerraram suas atividades.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Dos 584 e-mails que foram enviados obtiveram-se 94 retornos válidos. Foram considerados válidos apenas os retornos em que os respondentes responderam todas as questões. Obteve-se respostas de profissionais de todas as regiões do Brasil, como observa-se na Tabela 2.

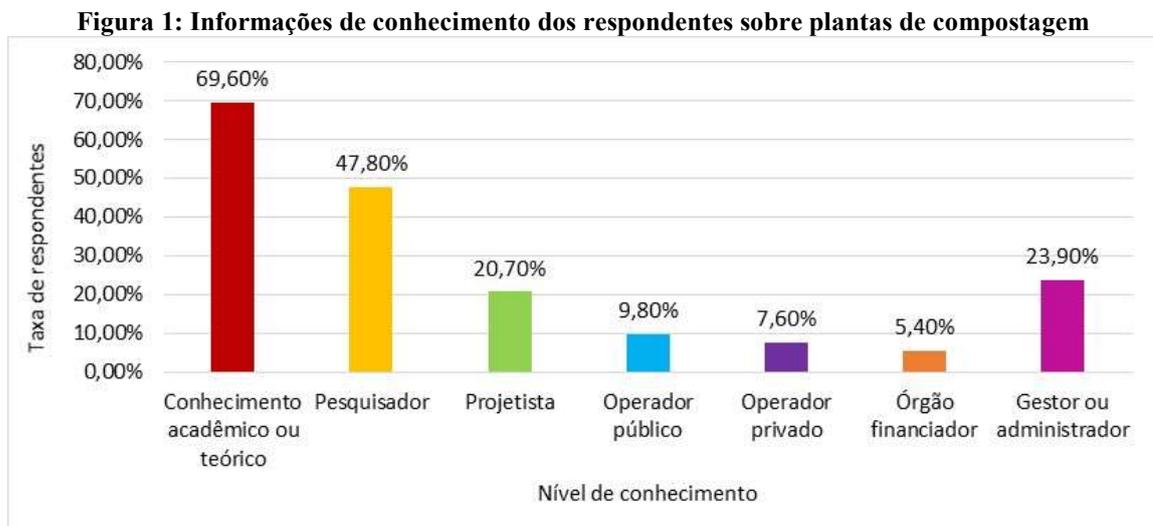
Tabela 2. Quantidade de respondentes por região do país.

Região do país	Número de respondentes
NORTE	3
NORDESTE	11
CENTRO OESTE	14
SUDESTE	33
SUL	33
TOTAL	94

Fonte: Elaborado pelo autor (2016).

Dentre os 94 respondentes, observa-se que 29,8% já implantaram ou operaram unidades de compostagem, sendo que o tempo de experiência profissional relatada pelos profissionais respondentes varia de dois a 45 anos.

Observa-se que em sua maioria, o conhecimento dos respondentes sobre plantas de triagem e compostagem é acadêmico e ou teórico (69,6%), ou como pesquisador (47,8%) (Figura 1). Em sua minoria aparecem os projetistas e operadores.



Fonte: Elaborado pelo autor (2016).

Ao fazer a análise dos profissionais que responderam aos questionários por área de conhecimento conclui-se que, apesar de os profissionais serem de distintas áreas e terem tempo de experiência profissional diferenciados, não se verificou a formação de grupos por tendência de respostas. Não há como vincular suas opiniões diretamente com o nível de conhecimento a fim de criar um grupo único de opiniões. Cada respondente tem uma opinião distinta sobre o que deveria ser feito ou caracterizado para uma unidade de triagem e compostagem funcionar adequadamente no futuro.

Dos 94 respondentes do questionário, 74 informaram ter conhecimento da existência de unidades de triagem e compostagem em sua cidade ou cidade próxima. Destas, 52 seriam unidades de triagem e compostagem e 22 seriam somente unidades de compostagem. Em seis das 74 unidades citadas o processo de triagem ocorre de forma mecanizada e em 32 delas o processo de triagem ocorre de forma semimecanizada. No restante, ou seja, em 27 destas unidades, o processo ocorre de forma manual. O sistema de compostagem mais utilizado relatado pelos respondentes foi o de leiras convencionais reviradas, e em segundo lugar o de leiras estáticas aeradas.

Em resposta a questão sobre o que é feito com o composto produzido nas unidades relatadas pelos respondentes, observa-se o seguinte: utilização na própria prefeitura (64,8% dos respondentes), doação (46,5% dos respondentes) e venda do composto (39,4% dos respondentes). Os valores totais ultrapassam 100%, pois nesta questão era possível assinalar mais de uma possibilidade.

Dos 74 respondentes que afirmaram ter unidades de triagem e compostagem em sua cidade ou cidade próxima, 58,5% afirmaram que é realizada a capacitação dos funcionários. Quando ela ocorre é feita por técnicos, engenheiros ou por meio de serviço terceirizado, sendo mensal ou semestral, alguns salientaram que quando o método de compostagem utilizado é alterado ou quando muda funcionário no setor ocorre nova capacitação.

Questionados sobre o ano de início e fechamento das unidades informadas, os respondentes puderam descrever alguns dos principais motivos que levaram as unidades a serem fechadas. Dos 74 respondentes que afirmaram ter unidades de triagem e compostagem em sua cidade ou cidade próxima, 22 não souberam informar ano de início e fechamento da unidade, 41 afirmaram que a unidade que mencionaram continuam em funcionamento e 11 respondentes afirmaram que as unidades que citaram fecharam. Na Tabela 3 observa-se a descrição das respostas quanto aos motivos do fechamento daquelas unidades.

Tabela 3: Ano de início, fechamento e motivação do fechamento das unidades de compostagem mencionadas pelos respondentes no questionário

NO DE INÍCIO	ANO DE FECHAMENTO	MOTIVO
1999	2002	motivação política, motivação técnico-operacional, motivação econômica
2001	2006	motivação política
2011	2013	motivação política
1980	2000	motivação política, motivação técnico-operacional, motivação econômica
1984	1995	motivação técnico-operacional, motivação econômica
2002	2008	motivação política
2003	2010	motivação política
2007	2014	motivação política
1970/1980	2002	motivação política, motivação ambiental, motivação econômica
1990	1997	motivação política, motivação ambiental, motivação técnico-operacional, motivação econômica
2003	2010	motivação política, motivação ambiental, motivação técnico-operacional, motivação econômica

Fonte: Elaborado pelo autor (2016).

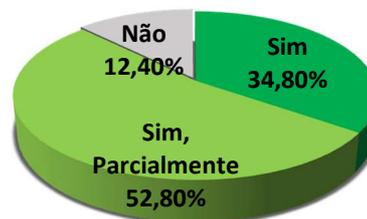
Analisando os dados da Tabela 3 e explorando os motivos pelos quais as unidades citadas pelos respondentes encerraram suas atividades, apresenta-se como fundamento principal “motivação política”. Isso parece corroborar com a ideia de que a descontinuidade política e o descomprometimento dos gestores responsáveis são fatores que contribuem diretamente para que as unidades não consigam dar seguimento ao seu processo. Verifica-se ser fundamental o apoio dos gestores, não só na questão de aporte de recursos financeiros, mas também no incentivo à promoção da conscientização constante da população na área de educação ambiental.

Pode-se observar também que “motivação técnico-operacional” aparece como um fator responsável pelo fechamento das unidades, visto que se não houver mudança cultural por parte dos gestores e esses se convencerem de que mão de obra qualificada é essencial para levar qualquer projeto adiante; dificilmente projetos como unidades de triagem e compostagem terão sucesso no Brasil. Deve-se buscar por profissionais qualificados e investir em qualificação e treinamento permanente, sem mencionar que a qualificação deve começar pelos gestores e profissionais encarregados de cada setor. Vale ressaltar a importância da permanência dos profissionais envolvidos na atividade, pois, muitos profissionais são contratados temporariamente e quando há mudança na gestão do município estes profissionais são substituídos, sendo que os novos profissionais contratados por muitas vezes deixam de lado o projeto em que o profissional anterior estava envolvido.

Analisando a questão onde foi solicitado aos respondentes que mencionassem se a unidade que tinham conhecimento já precisou de algum tipo de reforma ou reestruturação, pode-se destacar que 29 respondentes afirmaram que sim. Entre as modificações feitas destacaram-se: *melhora no processo (eficiência), alteração de sistema de compostagem de leira estática para leira convencional, necessidade de ampliação da unidade, retirada de reator, construções de galpões e ampliação da mesa de triagem, manutenção de esteira, manutenção de vigas de sustentação.*

Explorando as respostas sobre a questão que fala sobre a concordância dos respondentes em relação ao que influencia a pouca utilização da compostagem de RSU em nosso país, dos 94 respondentes do questionário, 87,6% concordam que os problemas e fracassos verificados no passado influenciam na pouca utilização da compostagem atualmente, sendo que destes 34,8% concordam plenamente, 52,8% concordam parcialmente com a afirmação e apenas 12,4% não concordam que a utilização da técnica da compostagem seja influenciada aos problemas ocorridos no passado, como se observa na Figura 2.

Figura 2: Quantidade de respondentes que concordam que os erros do passado influenciam na pouca utilização da compostagem de RSU atualmente



Fonte: Elaborado pelo autor (2016).

Analisando os dados no item da pesquisa em que foram avaliados os respondentes que **concordaram** que os erros e problemas do passado influenciam ainda hoje na má fama e pouca utilização da técnica da compostagem de RSU os respondentes citam que: *“A falta de apoio político e técnico, bem como sustentação financeira são causas reais do insucesso desses empreendimentos”*.

A falta de apoio político envolve fatores que prejudicam a gestão dos resíduos no Brasil, pois muitos só demonstram interesse em época de eleição visando benefício próprio, e logo após vê-se abandono das unidades após as eleições. O corpo técnico envolvido deve ser conscientizado desde o primeiro momento em que entra no projeto do real objetivo da unidade, pois esta precisa de manutenção e fiscalização contínua.

Os respondentes citam também, que no passado os resíduos não eram previamente separados, o que contribuiu em grande escala para o insucesso de muitas daquelas unidades. O que se observa a partir do relato dos especialistas analisados no questionário, é que muitos dos erros descritos que ocorriam no passado, ainda hoje são observados.

A compostagem de resíduos urbanos previamente separados não ocorria no passado, o que inviabilizava o processo, pois gerava odor desagradável, produção exagerada de lixiviado, processo ineficaz devido à grande quantidade de materiais inertes no processo, e o composto produzido não era de qualidade. Atualmente, mesmo sendo exigido por lei que o resíduo seja separado na fonte geradora isso ainda não acontece, e observa-se que mesmo sendo impositiva a legislação por si só não é o suficiente para mudar essa realidade.

Sem a participação efetiva da população o processo tende ao fracasso. Os gestores devem incentivar a separação prévia dos resíduos, na origem, o que seria um grande passo no processo de reciclagem.

No item em que foram avaliados os respondentes que **concordaram parcialmente**, um dos respondentes cita que de fato alguns erros ainda persistem e ainda menciona que: *“A não inclusão de um instrumento econômico de incentivo a compostagem na Lei 12.305/2010 manteve o quadro na mesma situação”*.

Outro fator mencionado por um dos respondentes é que além do preconceito já existente, a falta de conhecimento técnico e a implantação de tecnologias não adaptadas às nossas condições deixa o processo da compostagem a desejar, ou seja, deve-se investigar e avaliar diversos fatores antes de planejar uma UTC, como por exemplo, o clima da região.

O clima tem grande influência sobre o processo da compostagem, principalmente em regiões onde ocorrem mudanças bruscas de temperatura e índices elevados de chuva. Se não houver conhecimento sobre a tecnologia a ser adotada e não for feito um estudo sobre todo o processo, em caso de necessidade de alterar o método ou algum tipo de sistema para melhora da técnica (como a cobertura do pátio de compostagem), esta falta de conhecimento ocasionará prejuízos, por isso considera-se que não só os erros do passado influenciam o processo, mas sim a falta de conhecimento dos gestores atualmente. Além disso, considera-se também dizer que há desinteresse por parte de alguns gestores em buscar o conhecimento necessário.

Um dos respondentes cita que vê como problema maior que: *“o Brasil possui grandes áreas para a implantação de aterros, o que acaba tornando o tratamento da fração orgânica inviável economicamente se os custos não forem externalizados”*.

Ou seja, os gestores sempre buscaram fazer o “economicamente viável”, e não o correto ou o mais sustentável, diminuindo os custos com a gestão dos resíduos sem se preocupar com os danos que isto pode causar ao meio ambiente e ignorando a lei dos resíduos. Não há punições previstas na lei para quem não a cumpre, em especial à priorização pelo tratamento, sendo esta talvez uma das razões pelas quais os aterros sanitários ainda têm sido o destino escolhido para os resíduos sólidos urbanos.

Uma alternativa a esta situação seria a instituição de uma taxa ambiental a ser cobrada para aterrar resíduos, levando a uma valorização maior na venda dos recicláveis, fazendo com que os gestores mudem sua forma de ver a gestão dos resíduos e por fim acabem por incentivar a reciclagem.

Muitos países da Europa conseguiram diminuir significativamente o envio de resíduos a aterros sanitários com grandes iniciativas e projetos sustentados com a ajuda do governo e da população, com a implementação da logística reversa aliada ao subsídio financeiro. Com isso conseguiram fazer com que se tornassem modelos na gestão dos resíduos.

Esta maneira de incentivar a sociedade já é observada em alguns países da Europa como Capannori, localizada ao norte da Itália, onde conseguiu-se reduzir a geração de resíduos aplicando uma “tarifa de desperdício”. A coleta dos resíduos é feita porta a porta, e os resíduos gerados quando recolhidos já são pesados na hora da coleta e emitido o recibo para pagamento proporcional ao que se está descartando. Esta tarifa incentivou a população a melhores medidas de segregação onde observou-se taxas de 90% de separação (VLIET, 2013).

A má gestão, em partes, deve ser também caracterizada pela má qualificação de profissionais, conforme já citado por um dos respondentes, a falta de conhecimento técnico, ou noções básicas referentes a tratamento de resíduos acaba implicando em formas de destinação incorretas e que acarretam prejuízos não só ao meio ambiente, mas também a população.

Um dos respondentes cita que os fracassos do passado dificultam a aceitação da compostagem de RSU, mas não é somente por isso que se composta pouco no Brasil.

“Falta conhecimento do ciclo de gestão dos resíduos como um todo (o manejo ainda é visto como coleta e disposição final) por parte dos gestores e faltam também incentivos para que possam

ver na compostagem uma técnica eficiente e vantajosa, pela qual vale a pena implementar”.

O respondente citado no parágrafo acima descreve que os gestores têm pouco conhecimento sobre o ciclo da gestão dos resíduos, ou seja, pulam etapas do processo para torná-lo um processo de baixo custo, e acabam deixando de lado formas de reutilização e reciclagem de materiais que poderiam deixar de ser enviados a aterros sanitários, o que prolongaria a sua vida útil e poderia gerar renda para quem trabalha com os recicláveis.

Outro fator citado pelos respondentes é que o principal problema na compostagem está na origem, onde em uma separação mais “fina” do orgânico pode-se encontrar resíduos perigosos como medicamentos, agulhas, pilhas, entre outros, o que acaba influenciando na qualidade do composto.

Há também relato de outros fatores que tornaram a triagem dos resíduos orgânicos economicamente e humanamente inviável, pelo fato do surgimento de fragmentos de plástico e vidro nos resíduos. Fragmentos estes que durante o processo de triagem eram difíceis de ser removidos.

Para outro respondente o que realmente está faltando é:

“Que seja cumprida a legislação, isto é, está claro que somente pode ser encaminhado para aterro sanitário o que for rejeito, e isto só irá mudar com educação ambiental e sanitária, associado a multas e taxas de coleta de resíduos diferenciadas”.

Sabe-se que hoje muitos gestores não veem a necessidade de enviar seus resíduos para outro local que não seja aterro sanitário por questões econômicas. Apesar de manterem a ideia em não reciclar e não incentivar esta prática acabam fazendo com que a população não se eduque de forma adequada.

Analisando o item em que foram avaliados os respondentes que **não concordam** que a influência dos erros do passado ainda interfere nas decisões do presente, um dos respondentes cita que: *“O potencial da compostagem não é bem utilizado pela gestão pública, pois considera-se mais fácil aterrar os resíduos, sendo esta uma mudança cultural”*, em outro momento outro respondente cita que *“na verdade é necessário incentivar a prática, o processo precisa ser visto como uma alternativa de tratamento”*.

Os respondentes também justificam a pouca utilização da compostagem pela “*necessidade de investimentos para implantação e operação*”, e mencionam que “*os municípios brasileiros ainda nem conseguiram encerrar em sua totalidade os lixões, o que prejudica o processo*”. Em outro momento um dos respondentes relata que: “*creditar todo o fracasso para o passado não é real, pois esta tecnologia para funcionar passa por muitos problemas*”.

Isto é, deve-se levar em consideração que atualmente ainda se enfrenta problemas como triagem incorreta, falta de mercado para recicláveis em municípios menores, qualidade e mercado para o composto em municípios maiores.

Contata-se também que muitas unidades no passado não se mantiveram operando por falta de incentivos financeiros, ficando comprovado que por si só uma unidade de triagem e compostagem não se mantém com a venda de recicláveis e composto, e por fim acabam tornando-se inviáveis, sem auxílio e incentivo do município acabam por encerrando suas atividades. É também o que ocorre nos dias atuais, observa-se que muitas das unidades que encerraram suas atividades, fecharam por falta de recursos para continuar e manter o processo.

Vale ressaltar que apesar de nos anos 1990 ter ocorrido uma quantidade expressiva de liberação de financiamentos para a construção de unidades de triagem e compostagem pela FUNASA (IACONO, 2007), observou-se que a maioria dos gestores da época não tinha o conhecimento técnico e operacional necessário para operar as unidades e mantê-las em funcionamento, observando-se o fracasso, a má eficiência, e o fechamento da maioria destas unidades.

Com o objetivo de demonstrar que a compostagem de RSU ainda é realizada em baixa escala no Brasil, fez-se a análise das unidades cadastradas como em operação informadas ao SNIS pelos municípios brasileiros. Observa-se na Tabela 4 a quantidade de unidades de triagem de recicláveis e compostagem que foram construídas ao longo dos anos no Brasil. Ressalta-se que deve ser observado que para cada ano correspondente houve um número diferente de municípios participantes da pesquisa.

Tabela 4: Relação de unidades de triagem de recicláveis e compostagem construídas ao longo dos anos.

Ano de Referência	Número / porcentagem de Municípios Participantes	Número / porcentagem de Unidades de compostagem	Número / porcentagem de unidades de triagem
2002	108 / 2%	17 / 15%	52 / 48%
2006	247 / 4,4%	18 / 7,3%	149 / 60,3%
2010	2070 / 37,2%	68 / 3,3%	381 / 18,4%
2013	3572 / 64%	62 / 1,7%	375 / 10,5%
2014	3765 / 67,6%	72 / 1,9%	468 / 12,4%

Fonte: Elaborado pelo autor a partir do SNIS 2002, 2006, 2010, 2013 e 2014 (2016)

Como pode ser visto na Tabela 4, dos 108 (2%) municípios que participaram da pesquisa em 2002, 17 municípios informaram ter unidades de compostagem, e 52 municípios informaram ter unidades de triagem de recicláveis.

Em 2006 o diagnóstico contou com a participação de 247 (4,4%) municípios brasileiros, sendo que, 18 municípios informaram ter unidades de compostagem e 149 municípios informaram ter unidades de triagem de recicláveis. Observa-se que apesar de mais municípios participarem do diagnóstico naquele ano o número de unidades de compostagem permaneceu o mesmo em relação a 2002. O número de unidades de triagem de recicláveis aumentou, sendo um reflexo também do número de municípios a mais que participaram do diagnóstico.

No ano de 2010, observa-se que dos 37,2% dos municípios que participaram do SNIS, 3,3% informaram ter unidades de compostagem, mas deve-se observar o fato de que, mesmo sendo mencionadas no diagnóstico nacional sabe-se que estas unidades não atendem a 100% dos orgânicos do município (esse número apenas apresenta os municípios que tem alguma experiência implantada de compostagem, sem considerar a sua cobertura), e que muitas delas apresentam problemas de gestão em suas unidades.

Em 2013, mais de 64% dos municípios brasileiros participaram do diagnóstico, totalizando 3.572 municípios, sendo que destes, 62 municípios informaram ter unidades de compostagem, totalizando apenas 1,7% do total de municípios participantes e 375 municípios informaram ter unidades de triagem de recicláveis, o que totaliza 10,5% dos municípios participantes.

Como pode ser visto na Tabela 4, em 2014 os valores de referência não obtiveram mudança significativa em relação ao número de unidades informadas, visto que no mesmo ano participaram do SNIS 3.765 (67,6%) municípios brasileiros e destes 72 informaram ter unidades de compostagem, o que representa apenas 1,9% dos municípios participantes. Em

relação às unidades de triagem de recicláveis foram informados ao SNIS que 12,4% dos municípios participantes as possuíam.

Observa-se também que os municípios participantes representam, em 2014, 82,8% da população total, ou seja, pode-se dizer que, embora representem cerca de 2/3 dos municípios, representam 82,8% da massa de resíduos gerados.

Apesar de o número de municípios participantes ter aumentado, percebe-se que o tratamento da fração orgânica via compostagem ainda deve ser incentivada em diversos municípios, pois o número de unidades informadas ainda é inexpressivo se comparado à quantidade de resíduos gerados todos os dias, e sabe-se também que muitas destas unidades não operam adequadamente.

Durante a pesquisa, buscou-se no SNIS pelas unidades de compostagem do Rio Grande do Sul, informadas como em atividade pelos municípios no ano de 2013, a fim de fazer visitas e poder observar *in loco* como uma unidade funciona, seu sistema de operação entre outros fatores.

No respectivo ano, haviam 11 unidades cadastradas no SNIS, foram feitas ligações para estas unidades onde se constatou que apenas duas ainda se mantinham em funcionamento, mas apenas uma delas operando efetivamente. Foram mencionadas outras seis unidades no RS que poderiam também estar operando e realizando a compostagem, mas ao entrar em contato com os municípios constatou-se que também haviam deixado de realizar o processo de compostagem.

Cabe salientar que nos municípios brasileiros, ainda há pouco incentivo em relação a separação dos resíduos na fonte geradora, onde constata-se que há uma grande necessidade de campanhas que incentivem e eduquem as pessoas, observa-se que uma grande causa disso é a inserção de profissionais despreparados ou sem o conhecimento técnico necessário para a realização do processo.

4. CONCLUSÕES

Pode-se concluir que a compostagem no Brasil ainda é pouco utilizada, visto que, com base nos dados encontrados na presente pesquisa observou-se que a taxa de resíduos que são enviados a tratamento via compostagem é relativamente muito baixa, tanto em porcentagem de massa (cerca de 0,4% dos RSU) quanto ao percentual de municípios (1,9% dos municípios tem alguma experiência de compostagem em andamento).

Salienta-se também o fato de que ainda existe um número pouco significativo de unidades de triagem e principalmente de compostagem no Brasil, pois se sabe que a maioria delas ainda opera de forma incorreta, não atendendo a demanda dos resíduos gerados.

Pela pesquisa realizada fica evidente que os erros do passado, durante o projeto e na fase de planejamento, tiveram como consequência tornar a compostagem um processo pouco utilizado atualmente.

Quando as primeiras unidades de compostagem foram construídas, observou-se que a falta de profissionais capacitados para realizar o processo e continuar com sua manutenção acabou tornando-o um processo sem valor, pois a falta de experiência dos profissionais envolvidos na época fez com que se acreditasse que a compostagem não traria retorno algum, seja financeiro ou até mesmo ambiental.

Constatou-se também que os problemas e erros enfrentados no passado durante a concepção das unidades de compostagem ainda influenciam hoje a não realização do processo, pois muitos profissionais carecem de informações e estudos a respeito dos sistemas de compostagem e se baseiam em antigos processos que vieram a fracassar, deixando para trás o tratamento da fração orgânica dos resíduos. Observa-se também a incidência de poucos profissionais com experiência no processo.

Pode-se dizer que ocorre uma relação muito forte entre os problemas e fracassos que ocorreram no passado durante a utilização da compostagem e a sua baixa utilização atualmente, pois o que se conhece da compostagem e o que se tem como referência ainda são os processos antigos.

Observa-se também que a informação a respeito das unidades de compostagem operantes no país de certa forma é vaga, como já mencionado por Fernandes *et al.* (2007), ocorre a necessidade de um órgão centralizador de dados, e uma necessidade muito grande de estudos e pesquisas nesta área.

A falta de profissionais qualificados em contato direto com a gestão dos resíduos demonstra claramente que o setor está necessitando urgentemente de avaliações de profissionais que consigam orientar seus colaboradores a trabalhar de forma correta, sem prejudicar ou causar danos ao meio ambiente, incentivando-os a diminuir o aterramento de resíduos recicláveis, e promovendo a compostagem de orgânicos.

A conscientização direta a população deve ser feita através de campanhas e palestras, onde se deve explicar os benefícios da coleta seletiva, inclusive os benefícios que a

compostagem pode trazer a comunidade se for feita com o resíduo orgânico previamente separado.

Conclui-se então que os fatores limitantes e determinantes que levaram as unidades de triagem e compostagem a não realizar suas atividades de forma adequada foram, falta de diagnóstico e planejamento, ausência de coleta seletiva, falta de conhecimento técnico, baixo controle operacional do processo, falta de comprometimento dos gestores e má qualidade do composto.

Para pesquisas e projetos futuros, recomenda-se que seja feita uma pesquisa *in loco* nas unidades de triagem e compostagem, para avaliar o processo na forma em que ele realmente ocorre, avaliando-o desde o planejamento, a concepção, passando pela operação e a gestão.

5. REFERÊNCIAS

ABRELPE. *Panorama dos Resíduos Sólidos no Brasil 2012*. São Paulo: ABRELPE, 2014.

_____. *Panorama dos Resíduos Sólidos no Brasil 2014*. São Paulo: ABRELPE, 2015.

BRASIL. Ministério das Cidades. Secretaria Nacional de Saneamento Ambiental. *Diagnóstico do manejo de resíduos sólidos urbanos - 2002*. Brasília: Ministério das Cidades, 2004. 221p.

_____. Ministério das Cidades. Secretaria Nacional de Saneamento Ambiental. *Diagnóstico do manejo de resíduos sólidos urbanos - 2006*. Brasília: Ministério das Cidades, 2008. 250p.

_____. Ministério das Cidades. Secretaria Nacional de Saneamento Ambiental. *Diagnóstico do manejo de resíduos sólidos urbanos - 2010*. Brasília: Ministério das Cidades, 2012. 2090p.

_____. Ministério das Cidades. Secretaria Nacional de Saneamento Ambiental. *Diagnóstico do manejo de resíduos sólidos urbanos - 2013*. Brasília: Ministério das Cidades, 2015. 154p.

_____. Ministério das Cidades. Secretaria Nacional de Saneamento Ambiental. *Diagnóstico do manejo de resíduos sólidos urbanos - 2014*. Brasília: Ministério das Cidades, 2016. 154p.

BRASIL: Ministério do Meio Ambiente. Conselho Nacional de Meio Ambiente. CONAMA. *Proposta de Resolução CONAMA que define critérios para a produção de*

composto de resíduos sólidos orgânicos. Disponível em: <http://www.mma.gov.br/port/conama/reunalt.cfm?cod_reuniao=1765>. Acesso em 05 de abril de 2016.

BRASIL. **Política Nacional de Resíduos Sólidos**, Lei nº 12.305 de 02 de agosto de 2010. Diário oficial. Brasília, DF, 23 de dezembro de 2010.

FERNANDES, Fernando *et al.* *Tratamento biológico de lixiviados de resíduos sólidos urbanos*. In: _____. CASTILHOS JR., Armando Borges. Gerenciamento de resíduos sólidos urbanos com ênfase na proteção de corpos d'água: prevenção, geração e tratamento de lixiviados de aterros sanitários. FINEP – PROSAB, 2006, p. 224-229.

IACONO, M. A. Usinas de triagem e compostagem financiadas pela FUNASA no estado do rio de janeiro uma análise crítica. - Universidade do Estado do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro, 2007. 106p.

LELIS, M. P. N.; PEREIRA NETO, J. T. *Usinas de reciclagem de lixo: porque não funcionam?*. In: CONGRESSO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL, 21., João Pessoa, 2001. Anais ... João Pessoa: Paraíba, 2001.

MASSUKADO, L.M. *Desenvolvimento do processo de compostagem em unidade descentralizada e proposta de software livre para o gerenciamento municipal dos resíduos sólidos domiciliares*. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo, USP. São Carlos – SP, 2008.

MASSUKADO, L.M.; SCHALCH, V. *Avaliação da qualidade do composto proveniente da compostagem da fração orgânica dos resíduos sólidos domiciliares*. Revista DAE. São Paulo, n. 183, p. 9-15. 2010.

SCHUELER, A. S.; MAHLER, C. F. *Composting in Brazil*. 2003. Disponível em: <[http://www.getres.ufrj.br/artigos/Schueler%20e%20Mahler%20\(2003\).pdf](http://www.getres.ufrj.br/artigos/Schueler%20e%20Mahler%20(2003).pdf)>. Acesso em: 04 de novembro de 2015.

VASCONCELOS, Y. *O Melhor do Lixo*. PESQUISA FAPESP 2003; set: 78-81. 2003.

VLIET, Aimee Van. **Zero Waste Best Practices**. The story of Capannori. Agosto, 2013. Disponível em: < <https://www.zerowasteurope.eu/downloads/case-study-1-the-story-of-capannori/>>. Acesso em: 15 de janeiro de 2016.

5.2 Artigo 2

A COMPOSTAGEM COMO ALTERNATIVA DE TRATAMENTO DE RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS ORGÂNICOS – CONSIDERAÇÕES PARA PROJETOS FUTUROS DE UNIDADES DE TRIAGEM E COMPOSTAGEM

Patrícia Tomedi Caprara (*)

Geraldo Antônio Reichert

* Universidade de Caxias do Sul – pattytomedi@yahoo.com.br

RESUMO: Com o aumento crescente da geração de resíduos sólidos urbanos, aliado à necessidade de dispor somente os rejeitos em aterros sanitários, faz-se necessário avaliar técnicas que contribuam para a destinação correta dos resíduos gerados no país. Os municípios brasileiros enfrentam atualmente um quadro deficiente em relação ao tratamento e a disposição final de seus resíduos. No Brasil, mais de 50% da composição dos resíduos urbanos é matéria orgânica suscetível a compostagem. Considerada por vários pesquisadores como uma das melhores alternativas, ou a melhor delas para o tratamento de resíduos orgânicos, a compostagem apresenta baixo custo e relativa simplicidade de operação. Ainda, unidades de triagem e compostagem dão ênfase a valorização dos resíduos, ou seja, a venda do composto obtido através da compostagem e a venda dos recicláveis obtidos nos processos de triagem. Dados recentes apontam que menos de 2% dos resíduos sólidos urbanos (RSU) tem tratamento por compostagem no Brasil. Nesta pesquisa buscou-se a opinião de diversos especialistas, técnicos e operadores da área de resíduos sólidos, a respeito de elementos e princípios que devessem estar presentes em projetos futuros de unidades de compostagem para a realidade brasileira, buscando a não repetição dos erros do passado na utilização dessa tecnologia. Dentre os fatores que devem ser levados em consideração para projetos futuros de unidades de triagem e compostagem deve-se destacar a existência de coleta seletiva, da educação ambiental, da segregação na origem e de fontes de financiamento, que se inexistirem aumentam a probabilidade do insucesso não só do projeto, mas também da operação e manutenção dessas unidades.

PALAVRAS-CHAVE: *opinião de especialistas, questionário, compostagem, projetos.*

INTRODUÇÃO

O aumento crescente da geração de resíduos sólidos urbanos nos municípios brasileiros vem ocasionando consequências graves ao meio ambiente. Uma das causas desta geração excessiva, deve-se a alguns fatores, os quais podemos citar: o desenvolvimento econômico do país e o aumento das taxas de venda e consumo, o que acarreta um agravamento nos problemas sanitários dos municípios devido a destinação incorreta dos resíduos sólidos ali gerados.

Mesmo após ser sancionada a Lei 12.305/2010 (BRASIL, 2010), que instituiu a Política Nacional dos Resíduos Sólidos no Brasil, muitos municípios brasileiros ainda não apresentam um sistema de tratamento e destinação final adequados. Uma das principais diretrizes estabelecidas por essa lei, o estabelecimento de uma ordem de prioridade em gestão e gerenciamento, que caracteriza a não geração, redução, reutilização, reciclagem, tratamento e disposição final ambientalmente adequada dos rejeitos.

A destinação final ambientalmente adequada é descrita pela Política Nacional dos Resíduos sólidos, como a destinação de resíduos que inclui a reutilização, a reciclagem, a compostagem, a recuperação e o aproveitamento energético, bem como a disposição final, observando normas operacionais específicas de modo a evitar danos ou riscos à saúde pública e à segurança e a minimizar os impactos ambientais adversos (BRASIL, 2010).

O problema maior no que se refere ao tratamento dos resíduos é falta de relação entre a comunicação e a percepção do poder público, isto é, o Brasil possui uma lei muito boa que descreve formas de tratamento e disposição final aos resíduos, mas essa não é aplicada, pois em muitos casos os gestores utilizam a forma mais barata de destinação (aterros sanitários) e não a maneira correta, uma vez que ainda há sistemas frágeis de controle.

De acordo com Kiehl (2004), a compostagem é um processo controlado de decomposição microbiana, de oxidação e de oxigenação de uma massa heterogênea de matéria orgânica no estado sólido e úmido. Mais de 50% da massa de resíduos gerados pelos municípios brasileiros, disposto em aterros sanitários é de origem orgânica biodegradável, resíduo este que poderia ser compostado, aumentando assim a vida útil dos aterros sanitários e também gerando renda com a venda do composto produzido (ABRELPE, 2013).

Nas unidades de triagem e compostagem, os resíduos provenientes da coleta são triados e selecionados por tipologia, sendo que os potencialmente recicláveis são

comercializados ou doados, os resíduos orgânicos biodegradáveis são encaminhados para o processo da compostagem, e os rejeitos são encaminhados para aterros sanitários.

Segundo os dados fornecidos pela ABRELPE, os municípios brasileiros geraram, em 2012, aproximadamente 29.072.794 toneladas de resíduos orgânicos potencialmente recicláveis, sendo que 0,4%, ou seja, apenas 116.291,2 toneladas foram enviadas para unidades de compostagem para tratamento (ABRELPE, 2012). Observa-se que em 2013, o número fornecido pelo Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento, (SNIS) em relação a tratamento é bem menor, apenas 0,02% do resíduo orgânico biodegradável foi encaminhado para tratamento via compostagem, ou seja, apenas 10.676 toneladas.

Sabe-se que no Brasil as unidades de compostagem enfrentam problemas operacionais e de gestão, sendo que a maioria das plantas apresentam problemas de operação, ineficiências e baixa qualidade do composto, o que prejudica sua comercialização.

Lelis e Pereira Neto (2001) já apontavam que havia muita desinformação acerca deste sistema como alternativa para o tratamento dos resíduos sólidos urbanos no país que, aliado aos erros cometidos no passado e às falhas ainda presentes em projetos atuais, tem contribuído para que haja a formação de um pré-conceito sobre estes sistemas, o qual muitas vezes acaba não refletindo a realidade.

Maribondo *et al.* (1999) descrevem que no passado foram adquiridos projetos de países industrializados e com características de resíduos diferentes das nossas. Mais tarde, observou-se, ainda segundo os autores, que a maioria desses projetos estavam parados, desativados ou funcionando com baixa eficiência, chegando-se a conclusão que estes projetos não foram escolhidos para a realidade das condições técnicas, sociais e econômicas do país. Menciona também, que além destes fatores, a falta de recursos técnicos e financeiros, juntamente com a falta de compromisso político causou um efeito negativo não só com relação a novos projetos, mas também em relação com a política de reciclagem e compostagem no país.

Barreira (2005) concluiu em sua pesquisa que além das limitações impostas pela falta de coleta seletiva, o problema com a qualidade do composto produzido na unidade avaliada, também estavam associados às condições inadequadas do processo no pátio de compostagem, não à estrutura da unidade; problemas que facilmente se resolveriam com a introdução de maquinários simples para retirada de rejeitos, contaminantes e outras impurezas. O monitoramento da compostagem através de análises físicas, químicas e biológicas são

extremamente importantes como forma de classifica-lo segundo a legislação para sua adequada utilização (REIS, 2005).

Observa-se que poucas são as referências e informações existentes em relação ao processo e o estado em que se encontram as unidades de triagem e compostagem no Brasil, por isso, a realização de estudos para identificação de novas diretrizes operacionais e novos critérios de projeto, que são fundamentais para que o uso da compostagem se consolide como uma técnica de tratamento de RSU no Brasil.

OBJETIVO

Nesta pesquisa buscou-se conhecer, os elementos e os fatores que devem estar presentes em projetos futuros de unidades de compostagem para a realidade brasileira, sem que sejam repetidos os erros do passado na utilização dessa tecnologia, por meio da opinião de diversos especialistas, técnicos e operadores da área de resíduos sólidos.

METODOLOGIA

Para o desenvolvimento desta pesquisa buscou-se na literatura dados sobre as unidades de triagem e compostagem no Brasil, e com os resultados obtidos, foi elaborado um questionário através do aplicativo virtual denominado Google Docs, contendo perguntas fechadas de escolha simples e questões abertas, onde os respondentes puderam contribuir com suas opiniões pessoais em relação ao tema abordado.

O objetivo principal desta pesquisa foi coletar o maior número possível de opiniões e críticas dos profissionais sobre aspectos por eles considerados importantes para a construção de projetos futuros de unidades de triagem e compostagem, visando o sucesso de tal empreendimento.

Antes de realizar o envio dos questionários, pré-testes foram realizados para validação do mesmo, sendo este enviado para profissionais da área de resíduos sólidos. As respostas obtidas nos questionários pré-testes não foram consideradas nos resultados da pesquisa. Após revisão originada no pré-teste o questionário ficou em condições de ser aplicado eficazmente na pesquisa (CHAGAS, 2000).

O questionário foi enviado em dois momentos, no primeiro momento o envio foi em 1º de abril de 2015, com o envio de 468 e-mails, onde constava uma pequena introdução

falando sobre a pesquisa e contendo o link de acesso ao questionário, com um prazo estabelecido de 20 dias para o retorno dos mesmos, este prazo não foi mencionado no e-mail, mas sim foi estipulado pelo próprio pesquisador.

No segundo momento, o envio foi feito após os 20 dias, sendo enviado novamente aos destinatários contidos no primeiro envio, sendo excluídos os que já haviam respondido o questionário no primeiro momento da pesquisa. Ressalta-se também que, para cada destinatário foi solicitado sugestões de contatos de profissionais que atuassem na área de resíduos sólidos e que possuíssem experiência com compostagem, ampliando a abrangência da pesquisa, somando-se então, juntamente com os novos contatos fornecidos, foram enviados no total 584 e-mails. Fundamenta-se o grande número de questionários enviados, pois, a proposta da pesquisa era buscar um número significativo e uma representatividade das respostas.

Os contatos dos profissionais foram retirados em lista e e-mail de diversas instituições que trabalham com resíduos sólidos, outros e-mails foram retirados de sites oficiais de municípios que possuem unidades de triagem e compostagem listados pelo Diagnóstico do Manejo de Resíduos Sólidos (SNIS, 2013), dando continuidade com a sugestão de contatos solicitada através do questionário, conforme **Tabela 1**.

Tabela 1: Procedência dos contatos para a realização da pesquisa – Fonte: Elaborado pelo autor.

ORIGEM	DESCRIÇÃO	Nº DE CONTATOS
SNIS 2013	Municípios que informaram ter unidade de compostagem, em 2013, segundo o Sistema de Informações em Saneamento do Ministério das Cidades	34
Prosab	Lista de participantes do Prosab – Programa de Pesquisas em Saneamento Básico, da Finep	88
CTRS ABES	Membros da Câmara Técnica de Resíduos da Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental	139
Projeto BNDES	Participantes de estudos sobre rotas tecnológicas de RSU para o Brasil, patrocinado pelo BNDES em 2013	41
GT1 – PNRS/MMA	Lista de participantes do GT1 (Grupo Técnico 1) que trata da implantação da PNRS, no MMA	39
Curso DA	Lista de participantes em curso sobre viabilidade da digestão anaeróbia de RSU realizado em São Paulo em 2014	42
Curso Aterros	Lista de participantes em cursos sobre aterros sanitários proferido por um dos autores	30
Compostagem MMA	Lista de participantes sobre normalização da compostagem realizada em Brasília, no MMA, em 2014	39
Outros contatos	Contatos pessoais dos autores não presentes em nenhuma das outras listas	88
Novos contatos	Novos contatos fornecidos pelos respondentes no primeiro envio do questionário	44
TOTAL		584

Após a definição dos contatos ou entrevistados, deu-se continuidade à pesquisa, onde se partiu para a primeira avaliação sobre quais seriam as principais etapas da implantação de uma unidade de triagem e compostagem, que, segundo BRASIL (2010), podem ser divididas em duas fases principais, o planejamento e a implantação para a operação. Primeiro avaliou-se a fase de planejamento, após foi feita a avaliação da fase de implantação para operação, as quais ocorreram da seguinte maneira: foi solicitado aos respondentes que atribuísem notas de 0 a 5, considerando o grau de importância de forma ascendente, para cada etapa do processo. Foram propostos dez itens descrevendo as etapas de Planejamento e seis itens descrevendo a etapa de Implantação para a operação onde os respondentes deveriam realizar suas avaliações pessoais de quais seriam as etapas mais importantes (**Figuras 1 e 2**).

20. A implantação de uma unidade de compostagem pode ser dividida em duas etapas principais: o planejamento e a implantação para a operação, atribua uma nota levando em consideração o grau de importância das etapas do processo citadas abaixo:

a) Planejamento
Marcar apenas uma oval por linha.

	0	1	2	3	4	5
diagnóstico da situação dos RSU	<input type="radio"/>					
definição de objetivos e metas (curto e longo prazo)	<input type="radio"/>					
definição de projetos e ações para alcançar o objetivo	<input type="radio"/>					
definição de estrutura física e gerencial	<input type="radio"/>					
programas de capacitação técnica	<input type="radio"/>					
programas de educação ambiental	<input type="radio"/>					
sistema de cálculo de custos e forma de cobrança	<input type="radio"/>					
ações para emergência	<input type="radio"/>					
sistema de avaliação da eficácia através de indicadores	<input type="radio"/>					
elaboração de projeto	<input type="radio"/>					

Figura 1: Modelo de questão aplicada para a fase de *Planejamento*
Fonte: Elaborado pelo autor

b) Implantação para operação
Marcar apenas uma oval por linha.

	0	1	2	3	4	5
realização de obra	<input type="radio"/>					
capacitação da equipe envolvida	<input type="radio"/>					
articulação de parcerias	<input type="radio"/>					
negociação para venda do composto	<input type="radio"/>					
operação da coleta diferenciada	<input type="radio"/>					
operação das unidades	<input type="radio"/>					

20.1 Justifique:

Figura 2: Modelo de questão aplicada para a fase de *Implantação para operação*
Fonte: Elaborado pelo autor

Objetivando-se buscar a opinião pessoal dos respondentes, realizou-se a seguinte pergunta: “*Considerando o novo cenário nacional, onde a compostagem atenda a PNRS, que fatores você considera importantes para projetos futuros de unidades de triagem e compostagem?*”.

Na próxima questão a ser respondida, os respondentes deveria fazer a escolha de método de compostagem por quantidade de habitantes que o município possui, observa-se que o número de habitantes que constituem uma cidade pode ser um fator significativo na hora do planejamento de uma unidade de triagem e compostagem, pois é através dela que será possível identificar a quantidade de resíduos que será gerada no município, juntamente com uma investigação social e econômica que levará ao gestor e ao projetista adotar uma técnica, e

optar pelo melhor sistema disponível de acordo com a necessidade e os recursos da comunidade, sendo assim foi solicitado aos respondentes que descrevessem de modo geral, qual método de compostagem utilizariam para cada faixa populacional descrita, e a seguir justificasse a sua escolha, (**Figura 3**).

22. Que método de compostagem você indicaria para cada faixa de população atendida descrita abaixo: <i>Marcar apenas uma oval por linha.</i>				
	1. Leira convencional aerada	2. Leira estática aerada	3. Compostagem em túnel ou garagem	4. "in vessel" ou reatores biológicos
< 5.000 hab.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
5.000 a 15.000 hab.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
15.000 a 40.000 hab.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
40.000 a 100.000 hab.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
> 100.000 hab.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

Figura 3: Modelo de questão aplicada para método de compostagem por faixa populacional
Fonte: Elaborado pelo autor

A utilização da técnica da compostagem resulta em um material caracterizado como composto, a produção de um composto orgânico de boa qualidade requer matéria orgânica não contaminada e que não seja compostada juntamente com substâncias tóxicas. O grau de qualidade do composto orgânico irá indicar seu uso mais apropriado (PEREIRA NETO, 1999). Para classificar a importância das características que um composto de qualidade deve apresentar, foi solicitado aos respondentes que atribuíssem notas de 1 a 5, para cada característica fornecida na tabela, a seguir menciona-se outra característica que considerasse importante e que não se localizava na mesma **Figura 4**.

23. Considerando o grau de importância, atribua uma nota de 1 a 5 para as características que um composto de qualidade deva apresentar: <i>Marcar apenas uma oval por linha.</i>					
	1	2	3	4	5
umidade	<input type="radio"/>				
concentração de NPK	<input type="radio"/>				
coloração	<input type="radio"/>				
tamanho das partículas	<input type="radio"/>				
teor de matéria orgânica	<input type="radio"/>				
quantidade de contaminantes (vidro, plásticos)	<input type="radio"/>				
inexistência de odor	<input type="radio"/>				

Figura 4. Modelo de questão aplicada para método de compostagem por faixa populacional
Fonte: Elaborado pelo autor

A normatização sobre a qualidade sanitária de um composto depende de legislação específica, que é variável em cada país. Pereira Neto (1999) descreveu que, no Brasil, o composto orgânico dificilmente teria problemas de mercado, pois as opções de uso seriam

variadas, destacando a importância da prefeitura no caso de sistemas municipais, como primeiro usuário do composto. Mas não é o que se observa atualmente, pois constata-se que um dos fatores para o abandono do processo é a falta de mercado para o composto.

Duas questões foram levantadas para finalizar a pesquisa, na primeira foi solicitada aos respondentes que ordenassem pelo grau de importância fatores que de alguma forma influenciam ou prejudicam a demanda do composto no Brasil e, foi solicitada a opinião dos respondentes sobre a existência de uma normatização específica para comercialização do composto no mercado brasileiro, seguindo com sua justificativa para tal.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

O período de envio dos questionários e recebimento de respostas durou 20 dias em sua primeira fase. A segunda fase também teve a duração 20 dias entre envio e recebimento de respostas. Dos 468 e-mails enviados para a participação na pesquisa, 53 respondentes retornaram suas opiniões na primeira fase, sendo que na segunda fase onde foram enviados 584 e-mails, obteve-se o retorno de 44 respondentes.

Ao final somaram-se 94 retornos, salientando que o número elevado de questionários foi com o objetivo de se obter o maior número de respostas para melhor avaliação do tema proposto. Obteve-se respostas de profissionais de todas as regiões do Brasil, como observa-se na **Figura 5**.

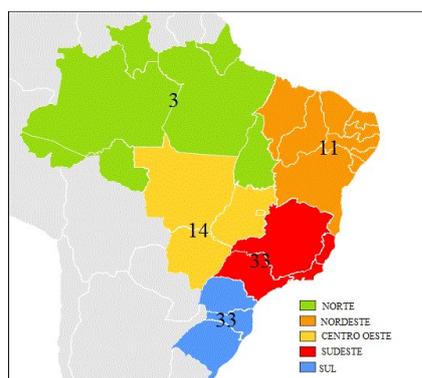


Figura 5. Quantidade de respondentes por região do país
Fonte: Elaborado pelo autor

Observa-se que a predominância de respondentes é das regiões sul e sudeste, que são também as regiões que apresentam as melhores práticas de gerenciamento de RSU do país, com índices de iniciativas de coleta seletiva que ficam em 81,9% e 82,6%, respectivamente

(ABRELPE,2013). Independentemente do número de respondentes por região nota-se que um dos objetivos da pesquisa pode ser observado, pois houve pelo menos um respondente de cada região do país. Constatou-se na pesquisa que o tempo de experiência profissional dos respondentes varia de 2 a 40 anos, conforme apresentado na **Figura 6**.

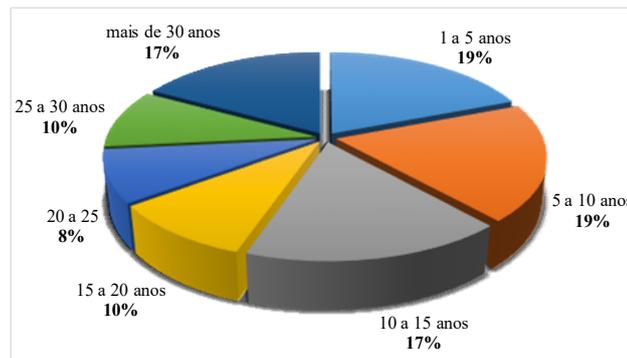


Figura 6. Tempo de experiência profissional relatada pelos respondentes
Fonte: Elaborado pelo autor

Para qualificação e avaliação das respostas do questionário foi utilizado o método da frequência absoluta das variáveis. Define-se frequência absoluta de um valor da variável como sendo o número de vezes que esse valor ocorre na amostra (MORAIS, 2005). Analisou-se a quantidade de vezes que as notas máximas 4 e 5 foram submetidas a cada fator, ou seja, para Planejamento (**Figura 7**) e para implantação para operação (**Figura 8**).

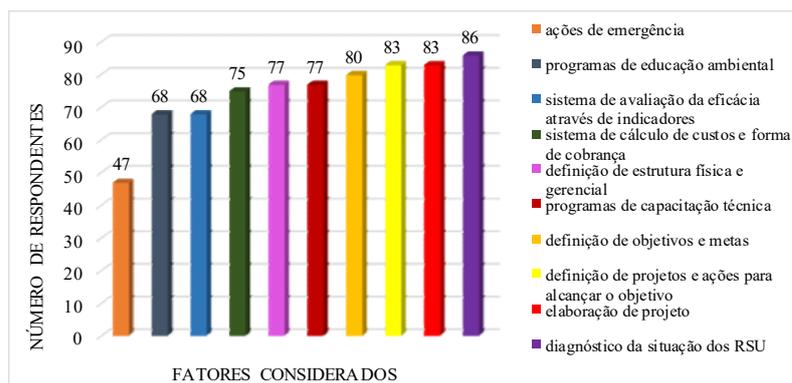


Figura 7. Etapas do processo de planejamento qualificadas pelos respondentes
Fonte: Elaborado pelo autor

Ao realizar a análise pela frequência absoluta das variáveis, percebe-se que os fatores que obtiveram menor nota na avaliação foram: *ações de emergência*, *programas de educação*

ambiental, sistema de avaliação da eficácia através de indicadores e sistema de cálculo de custos e forma de cobrança.

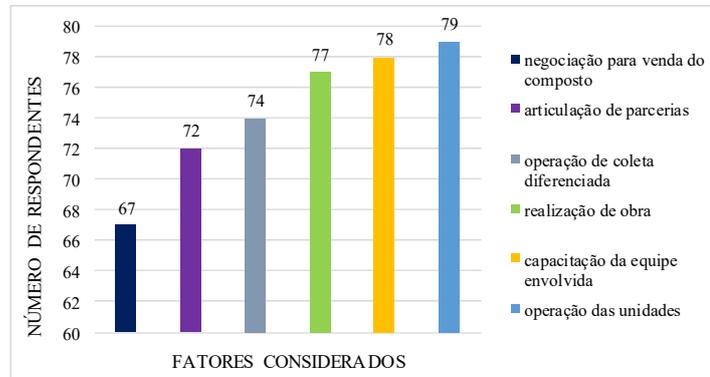


Figura 8. Etapas do processo de implantação para operação qualificadas pelos respondentes
Fonte: Elaborado pelo autor

Ao realizar a análise dos dados das respostas sobre a etapa do processo de implantação, por meio da frequência absoluta das variáveis, percebe-se que os fatores que obtiveram menor avaliação foram: *negociação para venda do composto, articulação de parcerias e operação da coleta diferenciada.*

Em justificativa pela avaliação considerada, os respondentes descrevem em geral que “*não veem sentido em ranqueá-las, pois nenhuma das etapas é menos importante que a outra*” e, citam que, para que opere eficazmente, é essencial a implementação da coleta seletiva, juntamente com a educação ambiental, reforçado com a garantia permanente de recursos financeiros a fim de sustentar a implementação e operação da unidade.

Observa-se na questão sobre os elementos considerados importantes pelos respondentes para projetos futuros de unidades de triagem e compostagem, que diversos fatores mencionados por eles aparecem repetidamente, foram listados como observa-se na Tabela 2, os 141 elementos. Para melhor apresentação foram classificados pela frequência em que ocorreram nas respostas, e definidos como os de maior importância.

Tabela 2: Fatores descritos pelos respondentes como importantes para projetos futuros, considerando o novo cenário nacional. Fonte: Elaborado pelo autor.

FATORES IMPORTANTES PARA PROJETOS DE UTC	FREQUÊNCIA
Planejamento Consistente e Projeto Adequado	20
Capacitação de Operadores e Gestores	16
Segregação na Origem	15
Educação Ambiental	13
Diagnóstico	11
Mercado para composto e recicláveis	10
Coleta Seletiva	9
Comprometimento da Gestão Pública	8
Eficiência Operacional	8
Fontes de Financiamento/Incentivos Governamentais	8
Comunicação Social	7
Aplicação da Legislação	4
Articulação com outros setores	4
Qualidade do composto	4
Aproveitamento de energia	2
Metas Claras	2
TOTAL	141

Outros fatores como: “cobrança de tarifas que sustentem a operação e manutenção das unidades, credibilidade do projeto junto à população, existência de aterro de rejeitos, colaboração da população, demonstração das vantagens da compostagem em relação aos aterros sanitários”, foram citados pelos respondentes, não repetitivamente, mas devem ser levados em consideração na tomada de decisão sobre os fatores que devem ser incluídos na hora de projetar uma UTC, pois de acordo com Lelis e Pereira Neto (2001), locais onde se encontram unidades desativadas ou paralisadas foram locais onde não ocorreu trabalho de conscientização da população. Deve-se desenvolver programas de educação ambiental e estimular a participação da comunidade.

A caracterização prévia sobre a quantidade de resíduos gerados nos municípios antes do projeto e operação de uma unidade de triagem e compostagem é de fundamental importância, pois pode acarretar sérios problemas, como unidades que não atendam a capacidade projetada, ou então investir em uma unidade maior do que o necessário, onde estes recursos poderiam ser voltados a equipamentos e manutenção. É interessante observar a faixa

populacional dos municípios a fim de caracterizar também qual método se adaptaria melhor as condições de cada local. Observa-se nas Figuras 9 a 13 a escolha dos respondentes para cada faixa populacional atendida.

Maribondo *et al.* (1999) citam que em locais onde não há existência de máquinas e equipamentos mecânicos para o processamento dos resíduos, necessitando de uso intensivo da força humana, o melhor método a ser utilizado é o de leiras convencionais aeradas, onde observa-se o emprego deste tipo de projeto em municípios de até 40.000 habitantes.

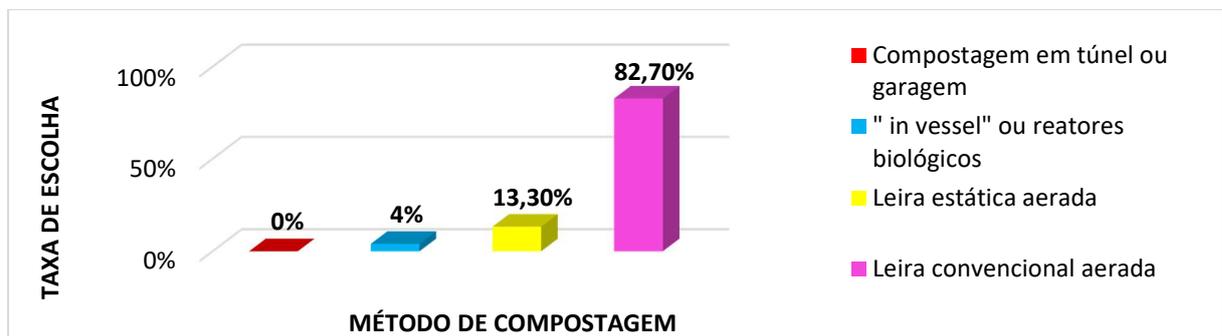


Figura 9. Métodos de compostagem indicados pelos respondentes, por faixa populacional (< 5.000 hab.)
Fonte: Elaborado pelo autor

Observa-se que, a medida em que a população aumenta, o método de compostagem escolhido também muda. Nota-se que para faixas populacionais menores o método sugerido é “leira convencional aerada e leira estática aerada” (Figuras 9 e 10).

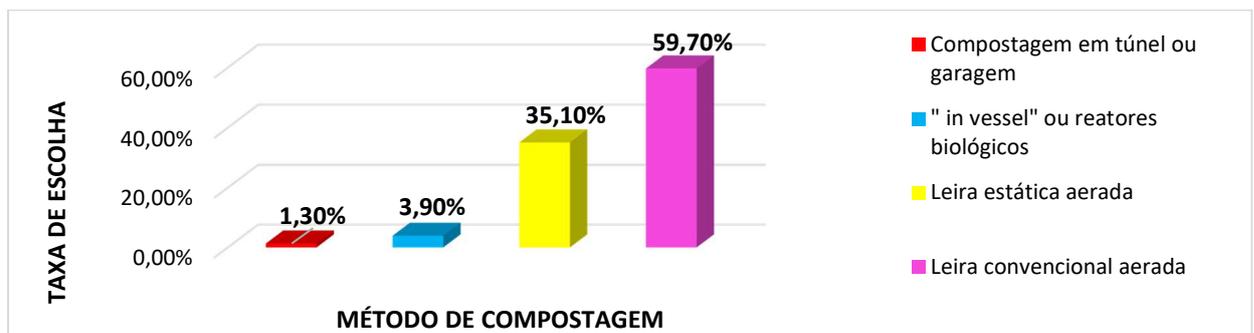


Figura 10. Métodos de compostagem indicados pelos respondentes por faixa populacional (5.000 a 15.000 hab.)
Fonte: Elaborado pelo autor

Como justificativa tem-se que os métodos: leira convencional aerada e leira estática aerada são mais economicamente viáveis e mais fáceis de serem operados, tendo em vista que em municípios menores as condições financeiras e os recursos para implantação e manutenção também são menores. Sugere-se á municípios menores, segundo os respondentes que “estes não devem investir isoladamente, e sim, agir em conjunto, e se possível amparados por municípios maiores através de consórcios intermunicipais”.

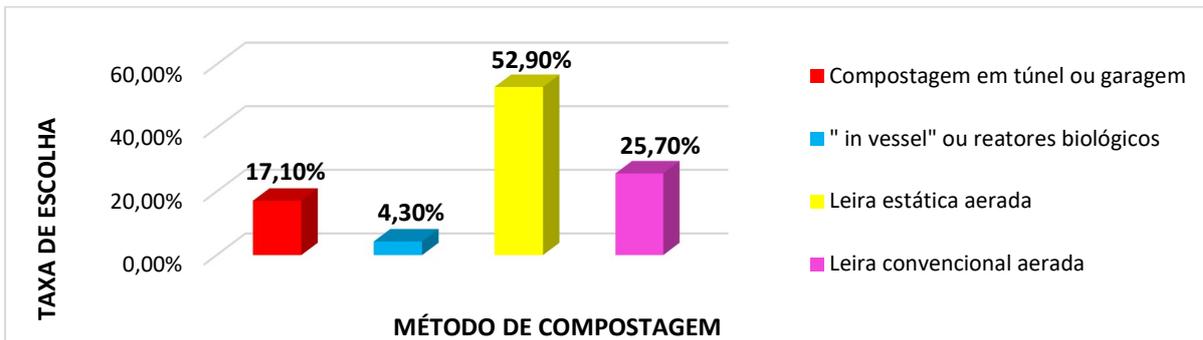


Figura 11. Métodos de compostagem indicados pelos respondentes por faixa populacional (15.000 a 40.000 hab.)

Fonte: Elaborado pelo autor

Em outro momento um dos respondentes cita que “*deve-se previamente considerar mais de uma opção, inclusive fazer análise técnica de viabilidade*”, e que “*é melhor começar com métodos simples e aprimorar à medida que a situação melhore como um todo, ou seja, ocorra a participação da população...*”.

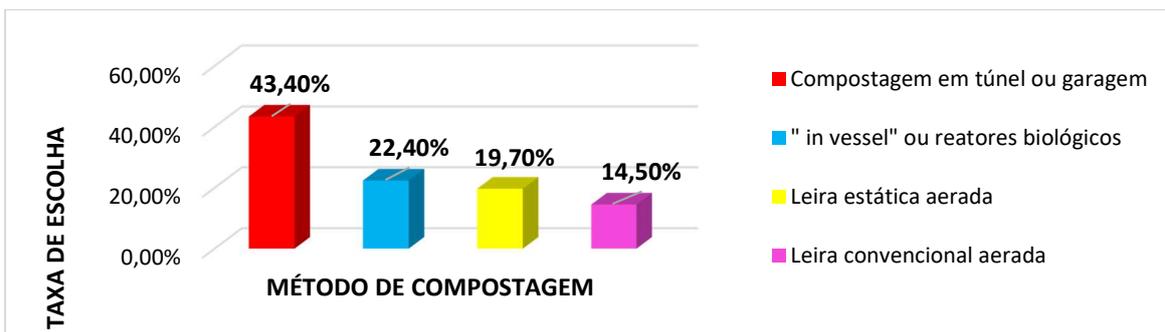


Figura 12. Métodos de compostagem indicados pelos respondentes por faixa populacional (40.000 a 100.000 hab.)

Fonte: Elaborado pelo autor

Observa-se que para a população compreendida entre 40.000 hab. a 100.000 hab. sugere-se preferencialmente o método de compostagem em “*túnel ou garagem ou “in vessel” ou reatores biológicos*” (Figura 12), como justificativa pode-se ressaltar que através deste método pode-se realizar o aproveitamento do biogás, e em locais onde há ocorrência de muita chuva um sistema coberto tem grande vantagem operacional, inclusive na minimização do chorume, em contrapartida são sistemas com tecnologia mais cara.

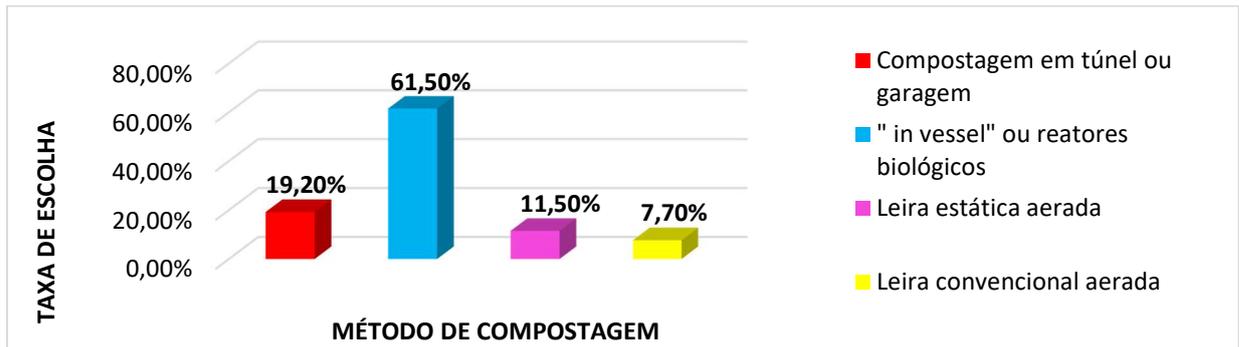


Figura 13. Métodos de compostagem indicados pelos respondentes por faixa populacional (100.000 hab.)
Fonte: Elaborado pelo autor

Para a faixa populacional acima de 100.000 hab., sugere-se sistemas de reatores biológicos “in vessel” (Figura 13), em justificativa um dos respondentes cita que “*a princípio os reatores biológicos para RSU se viabilizam apenas para municípios de médio a grandes portes (acima de 400 mil hab.)*” e que “*quando aumenta a quantidade da população, aumenta a demanda de orgânicos, e a compostagem precisa ser mecanizada*”.

Para ser considerado um produto de qualidade, o composto deve apresentar características adequadas tais como, o teor de matéria orgânica, umidade, concentração de nutrientes, tamanho das partículas, coloração, quantidade de contaminantes até a inexistência de odor do produto final.

Os respondentes citam que “*atender a legislação faz com que se tenha uma garantia sanitária do produto, fazendo com que melhore a sua qualidade e conseqüentemente o seu preço de venda e assim passa mais segurança para quem vai utilizá-lo*”.

Em resposta a questão sobre a importância da existência de normatização específica para comercialização do composto no mercado brasileiro, 92% dos respondentes responderam que sim, que é importante que haja uma lei específica. Em justificativa descrevem que “*é necessário normatização para padronização e comercialização do produto*”, “*para valorizar e garantir a sua qualidade*”, em outro momento um dos respondentes julga necessário “*simplificar as classificações do MAPA*” e “*acho a normatização existente insuficiente para garantir a produção em larga escala e com qualidade do composto de RSU, por tratar de forma indistinta a coleta seletiva de orgânicos da coleta mista (ou coleta seletiva de secos, apenas)*”.

Em contrapartida os 8% que responderam que não consideram a existência da normatização importante, justificam que “*deve se estabelecer sim um padrão de qualidade para o composto, mas se esta exigir alto investimento como tecnologia para controle dos*

parâmetros, taxas de registro e se cobrado impostos sobre a venda, a prática será desestimulada”, e que “já existem muitas normas sem seu cumprimento, é preciso simplificar”.

Na sequência descreve-se a opinião dos respondentes sobre os fatores que afetam a demanda do composto no Brasil, os quais podemos citar, por ordem de importância definida pelos respondentes:

- Qualidade do produto;
- Falta de conhecimento sobre a utilização do produto;
- Transporte/Distância;
- Falta de regulamentação e política;
- Competição/Produtos complementares.

Nota-se que todos os fatores mencionados podem ser classificados como fatores que afetam a demanda do composto, desde o transporte, que ocorre das unidades até o local que será comercializado, por muitas vezes sendo longas distâncias, seguindo pela falta de regulamentação que exija padrões mínimos para utilização e comercialização, incluindo a falta de conhecimento por parte dos usuários em relação a utilização do produto, e sua competição com produtos complementares.

CONCLUSÕES

O índice de retornos de respostas ficou dentro do esperado, sendo que 94 retornos podem ser considerados um número bom, obtendo-se ainda retornos de todas as cinco regiões geográficas do país. Dentre as sugestões de fatores que devem ser levados em consideração para projetos futuros de unidades de triagem e compostagem deve-se destacar o fato que repetidamente aparecem os fatores *Coleta Seletiva, Educação Ambiental, Segregação na Origem e Fontes de Financiamento*, devendo ser destacados que a inexistências desses fatores possivelmente implicará no insucesso do empreendimento. Sendo assim, como proposta maior a ser destacada para o aperfeiçoamento de projetos futuros de unidades de triagem e compostagem, tem-se a necessidade da implantação de uma coleta seletiva efetiva, havendo a necessidade de os gestores investirem em comunicação social para educação ambiental.

Conscientizar a população sobre a importância da segregação na origem representaria uma mudança significativa em relação aos resíduos que seriam enviados as unidades, conseqüentemente melhorando a qualidade do composto ao final do processo da compostagem, e também contribuindo para materiais recicláveis mais limpos e com menor percentual de perda e contaminação. A coleta seletiva de orgânicos é um processo que deve ser incentivado e melhorado, pois só assim é que se começará a perceber mudanças na qualidade do composto que é produzido nas unidades.

A falta de profissionais qualificados que contribuam para o melhoramento das unidades e monitoramento frequente da qualidade do composto faz com que o processo acabe sendo cada vez mais descreditado. Por isso, é necessário que os gestores busquem por profissionais responsáveis e que contribuam para o melhoramento e aperfeiçoamento da técnica.

A busca por fontes de financiamento para manter as unidades em funcionamento também é caracterizada como essencial, pois elas mesmas comprovadamente, por si só não se sustentam com a venda dos recicláveis e do composto que por muitas vezes não apresenta a qualidade mínima exigida por lei, esta que após relatos dos respondentes, conclui-se que deve ser melhorada afim de facilitar o mercado, tornando não só a venda, mas a produção do composto mais eficaz.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABRELPE. *Panorama dos Resíduos Sólidos no Brasil 2012*. São Paulo: ABRELPE, 2014.

_____. *Panorama dos Resíduos Sólidos no Brasil 2013*. São Paulo: ABRELPE, 2015.

BARREIRA, L. P. *Avaliação das usinas de compostagem do estado de São Paulo em função da qualidade dos compostos e processos de produção*. USP, 187f, 2005. Tese de Doutorado – Universidade de São Paulo, 2005.

BRASIL. Ministério das Cidades. Secretaria Nacional de Saneamento Ambiental. *Diagnóstico do manejo de resíduos sólidos urbanos - 2013*. Brasília: Ministério das Cidades, 2013. 154p.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. Secretaria de Recursos Hídricos e Meio Ambiente Urbano. *Manual para implantação de compostagem e de coleta seletiva no âmbito de consórcios públicos*. Brasília: MMA, 2010. 69p.

BRASIL. *Política Nacional de Resíduos Sólidos*, Lei nº 12.305 de 02 de agosto de 2010. Diário oficial. Brasília, DF, 23 de dezembro de 2010.

CHAGAS, A.T.R. *O questionário na pesquisa científica*. **Administração On Line**, São Paulo, v.1, n.1, jan. /fev. /mar. 2000. Disponível em: <http://www.fecap.br/adm_online/art11/anival.htm>. Acesso em: 07 de outubro de 2014.

KIEHL, E. J. Manual de compostagem: maturação e qualidade do composto. 4.ed. Piracicaba: E. J. Kiehl, 2004, 173p.

LELIS, M. P. N, PEREIRA NETO, J. T. *Usinas de reciclagem de lixo: porque não funcionam*. In: 21º CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL, Anais. João Pessoa: ABES; p. 1-9, 2001.

MARIBONDO, J.F. et al. Concepção de um projeto de unidade de processamento de resíduos sólidos domiciliares, destinado a pequenos municípios. In: 15º CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA MECÂNICA. Águas de Lindóia, São Paulo. Disponível em: <<http://www.abcm.org.br/app/webroot/anais/cobem/1999/pdf/AAAEFD.pdf>>. Acesso em 03/09/2015.

MORAIS, C.M. *Escalas de Medida, Estatística Descritiva e Inferência Estatística*.2005. Escola Superior de Educação. Instituto Politécnico de Bragança. Bragança. 2005.

PEREIRA NETO, J. T. *Gerenciamento de Resíduos Sólidos em Municípios de Pequeno Porte*. Revista Ciência e Ambiente, número 18, Santa Maria – RS, 1999. 42-52p.

REIS, M.F.P. *Avaliação do processo de compostagem de resíduos sólidos urbanos*, p. 239. Tese submetida ao Programa de Pós-Graduação em Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental. UFRGS, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre - RS, 2005.

6 CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

Com a pesquisa, chega-se à conclusão que conscientizar a população sobre a importância da segregação na origem representaria uma mudança significativa na qualidade dos resíduos enviados as unidades de tratamento, conseqüentemente melhorando a qualidade do composto ao final do processo da compostagem. Podemos mencionar também que a segregação contribui para materiais recicláveis mais limpos e com menor percentual de perda e contaminação.

A coleta seletiva de orgânicos é um processo que deve ser incentivado e reestruturado, a falta de profissionais qualificados que contribuam para o melhoramento do processo, foi um fator mencionado repetidamente durante a pesquisa.

Por isso, é necessário que os gestores busquem por profissionais responsáveis e que contribuam para o melhoramento e aperfeiçoamento da técnica e busquem também por otimizar seus conhecimentos.

A busca por fontes de financiamento para manter as unidades em funcionamento também foi inúmeras vezes caracterizada como essencial, pois elas mesmas por si só não se sustentam com a venda dos recicláveis e do composto, este que por muitas vezes não apresenta a qualidade mínima exigida por lei, acaba não sendo atrativo para os futuros utilizadores do produto.

Pode-se concluir que a compostagem no Brasil ainda é pouco utilizada, visto que, com base nos dados encontrados a ineficiência do processo deixa de ser trabalhada sobre uma hipótese e passa a ser um dado real, uma vez que a taxa de resíduos que são enviados a tratamento via compostagem é relativamente muito baixa (cerca de 0,04%).

Como projeto relevante para a gestão integrada de resíduos deve-se incentivar a compostagem através da realização da compostagem comunitária/caseira.

Salienta-se também o fato de que ainda existe um número pouco significativo de unidades de triagem e principalmente de compostagem no Brasil, pois se sabe que a maioria delas ainda opera de forma incorreta, não atendendo a 100% dos resíduos gerados.

A pesquisa corroborou com a ideia de que os erros do passado, seja durante o projeto ou na fase de planejamento, teve como consequência tornar a compostagem um processo pouco utilizado atualmente.

Outro aspecto de grande importância e que não foi observado pelos respondentes foi a questão do licenciamento ambiental, para atender a legislação e operar regularmente, as

unidades devem encaminhar o licenciamento ao órgão competente a fim de operar de forma correta desde o início das atividades.

Observou-se a falta de profissionais capacitados ainda nas primeiras unidades de compostagem construídas, despreparo técnico para realizar o processo e continuar com sua manutenção, o que acabou tornando-o um processo sem valor.

Muitos profissionais carecem de informações e estudos a respeito dos sistemas de compostagem e se baseiam em antigos processos que vieram a fracassar, deixando para trás o tratamento da fração orgânica dos resíduos.

A relação existente entre os problemas e fracassos que ocorreram no passado durante a utilização da compostagem e a sua baixa utilização atualmente é muito forte, pois observa-se que a referência básica utilizada em sistemas de compostagem ainda são os processos antigos.

A falta de profissionais qualificados em contato direto com a gestão dos resíduos demonstra claramente que o setor está necessitando urgentemente de profissionais qualificados que consigam orientar seus colaboradores a trabalhar de forma correta, sem prejudicar ou causar danos ao meio ambiente, incentivando-os a diminuir o aterramento de resíduos recicláveis, e promovendo a compostagem de orgânicos.

Conclui-se que os principais fatores que foram determinantes e influenciaram significativamente no fechamento das unidades de triagem e compostagem foram: a falta de diagnóstico e planejamento consistente, ausência da coleta seletiva, falta de conhecimento técnico dos profissionais, baixo controle operacional durante o processo, erros de projeto, não comprometimento da gestão pública municipal, e a má qualidade do composto.

Para pesquisas e projetos futuros, recomenda-se pesquisa *in loco* das unidades de triagem e compostagem, onde deve-se avaliar todo processo na forma em que ele realmente ocorre, desde o planejamento até sua operação.

REFERÊNCIAS

ABNT. Associação Brasileira de Normas técnicas. **Resíduos sólidos – Classificação: NBR 10.004**. São Paulo: ABNT, 1987. 63p.

APBTC. **Tunnel Composting – The Thecnollogy**. Disponível em: <<http://www.apbtc.com.au/tunnel-composting-the-technology>>. Acesso em 15/04/2016.

ABRELPE. Panorama dos Resíduos Sólidos no Brasil 2012. São Paulo: ABRELPE, 2014.

_____. Panorama dos Resíduos Sólidos no Brasil 2014. São Paulo: ABRELPE, 2015.

ANDREOLI, Cleverson Vitório. **Resíduos sólidos do saneamento: processamento, reciclagem e disposição final**. Rio de Janeiro: ABES, 2001.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT. **Compostagem; NBR 13591**. São Paulo: ABNT, 1996. p.2.

BARREIRA, L.P. **Avaliação das usinas de compostagem do estado de São Paulo em função da qualidade dos compostos e processos de produção**. USP, 187f, 2005. Tese de Doutorado – Universidade de São Paulo, 2005.

BARROS, C.J. **Os resíduos sólidos urbanos na cidade de Maringá – Um modelo de gestão**. Departamento de Engenharia Química/UEM, Maringá, PR, Brasil, 2002.

BESEN, G. R. **Programa de Coleta Seletiva de Londrina: Caminhos Inovadores rumo à Sustentabilidade** In: Gestão Compartilhada dos Resíduos Sólidos no Brasil: Inovação com Inclusão Social. p. 110, cap IV. Organização de Pedro Jacobi. – São Paulo: Annablume, 2006.

BIDONE, F. R. A. **Tratamento e Disposição Final de Resíduos Sólidos Domésticos**. Apostila. Porto Alegre: UFRGS, 1996.

BIDONE, F. R. A.; POVINELLI, J. 1999. **Conceitos básicos de resíduos sólidos**. São Carlos, São Paulo: EESC – USP.

BARTHOLOMEU, D., CAIXETA FILHO, J. V. (Orgs.). **Logística ambiental de resíduos sólidos**. São Paulo: Atlas, 2011.

BNDES. Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social. **Análise das diversas tecnologias de tratamento e disposição final de resíduos sólidos urbanos no Brasil, Europa, Estados Unidos e Japão**. FADE – UFPE. 2014.

BRANDÃO, José Ricardo. **Análise de Sistema de Valorização de Resíduos Via Compostagem e sua aplicabilidade nos Municípios Mineiros de Pequeno Porte**, 2006, f. 90. Dissertação (Mestrado em Saneamento, Meio Ambiente e Recursos Hídricos). UFMG, Universidade Federal de Minas Gerais, Minas Gerais, 2006.

BRASIL. Constituição Federal. **Constituição da República Federativa do Brasil**. Brasília, DF: Senado, 1988.

BRASIL. **Decreto 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, e dá outras providências. Diário Oficial da União. Brasília, 2010a.

BRASIL. **Decreto 4.954**, de 14 de janeiro de 2004. Aprova o Regulamento da Lei no 6.894, de 16 de dezembro de 1980, que dispõe sobre a inspeção e fiscalização da produção e do comércio de fertilizantes, corretivos, inoculantes ou biofertilizantes destinados à agricultura, e dá outras providências. Diário Oficial da União. Brasília, 2004.

BRASIL. **Lei 6.894**, de 16 de dezembro de 1980. Dispõe sobre a inspeção e fiscalização da produção e do comércio de fertilizantes, corretivos, inoculantes, estimulantes ou biofertilizantes, destinados à agricultura, e dá outras providências. Diário Oficial de União. Brasília, 1980.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento – MAPA. Secretaria de Defesa Agropecuária. **Instrução Normativa n. 25, de 23 de julho de 2009**.

_____. Ministério das Cidades. Secretaria Nacional de Saneamento Ambiental. Diagnóstico do manejo de resíduos sólidos urbanos - 2002. Brasília: Ministério das Cidades, 2004. 221p.

_____. Ministério das Cidades. Secretaria Nacional de Saneamento Ambiental. Diagnóstico do manejo de resíduos sólidos urbanos - 2006. Brasília: Ministério das Cidades, 2008. 250p.

_____. Ministério das Cidades. Secretaria Nacional de Saneamento Ambiental. Diagnóstico do manejo de resíduos sólidos urbanos - 2010. Brasília: Ministério das Cidades, 2012. 2090p.

_____. Ministério das Cidades. Secretaria Nacional de Saneamento Ambiental. Diagnóstico do manejo de resíduos sólidos urbanos - 2013. Brasília: Ministério das Cidades, 2015. 154p.

_____. Ministério das Cidades. Secretaria Nacional de Saneamento Ambiental. Diagnóstico do manejo de resíduos sólidos urbanos - 2014. Brasília: Ministério das Cidades, 2016. 154p.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. Secretaria de Recursos Hídricos e Meio Ambiente Urbano. **Manual para implantação de compostagem e de coleta seletiva no âmbito de consórcios públicos**. Brasília: MMA, 2010c. 69p.

BRASIL. Ministério Público do estado do Paraná. **Unidades de Triagem e Compostagem de Resíduos Sólidos Urbanos**. Apostila para a gestão municipal de resíduos sólidos urbanos. Curitiba, 2012.

BRASIL. **Política Nacional de Resíduos Sólidos**, Lei nº 12.305 de 02 de agosto de 2010. Diário oficial. Brasília, DF, 23 de dezembro de 2010b.

BRITO, Miguel. **Manual de Compostagem**. Escola Superior Agrária de Ponte de Lima. 2003. Disponível em: http://www.ci.esapl.pt/mbrito/compostagem/Manual_Compostagem.htm. Acesso em: 10 set 2014.

CABRAL, A. E. B. **Modelagem de propriedades mecânicas e de durabilidade de concretos produzidos com agregados reciclados, considerando-se a variabilidade da composição do RCD**. EESC/USP. Tese (Doutorado). 2007

CARMO JÚNIOR, G.N.R. Controle dos impactos ambientais associados ao processo da compostagem. 2005. Disponível em: http://www.engenhariaambiental.unir.br/admin/prof/arq/Res%20Solidos%20_Aula%207.ppt. Acesso em 23 de maio de 2015.

CATAPRETA, C. A. A. **Manual para operação de unidades de triagem e compostagem de resíduos sólidos urbanos**. Belo Horizonte: Companhia de Saneamento de Minas Gerais, 2007.

CEMPRE. Compromisso Empresarial para Reciclagem. **Pesquisa edição anteriores** (2007). Disponível em: <http://www.cempre.org.br/>. Acesso em: 25 de setembro de 2014.

COSTA, M.S.S. de M. Caracterização dos dejetos de novilhos super precoces: reciclagem energética e de nutrientes. Tese (Doutorado em Agronomia). Faculdade de Ciências Agrônomicas. Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho". Botucatu, 2005. 98 p.

D'ALMEIDA, M. L. O. e VILHENA, A. **Lixo Municipal: Manual de Gerenciamento Integrado**. São Paulo-SP. 2a ed. IPT/CEMPRE, 2000.

DE BERTOLDI, M. **Composting in the European Union**. BioCycle; 1998.

DEVENS, D.C. **Aplicação do processo de compostagem com aeração forçada positiva aos resíduos sólidos na indústria de café solúvel**. Dissertação de mestrado do programa de pós-graduação em engenharia ambiental na Universidade Federal do Espírito Santo. p.169.1995.

DOS ANJOS, J. .L.; ANDRADE, L.N.T. Produção de Húmus de Minhoca com Resíduos Orgânicos Domiciliares. EMBRAPA. Aracaju, 2008. Disponível em: http://www.cpatc.embrapa.br/publicacoes_2008/Doc-126.pdf. Acesso em: 15 de agosto de 2014.

EUROSTAT. **Energy Statistics Database**. 2014. Disponível em: <http://epp.eurostat.ec.europa.eu/portal/page/portal/eurostat/home/>. Acesso em Agosto de 2014.

FERNANDES, F., HOSSAKA, A. L., SILVA, S. M. C. P. **Avaliação do processo de triagem e do composto produzido com resíduos sólidos urbanos em uma cidade de porte médio**. In:XXIV CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA SANITARIA E AMBIENTAL. Anais... Belo Horizonte: Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental, 2007.

FERNANDES, Fernando; SILVA, Sandra Márcia Cesário Pereira. 1999. **Manual Prático para Compostagem de Biossólidos**. Rio de Janeiro: ABES

FERNANDES, Fernando *et al.* **Tratamento biológico de lixiviados de resíduos sólidos urbanos**. In: _____. CASTILHOS JR., Armando Borges. Gerenciamento de resíduos sólidos urbanos com ênfase na proteção de corpos d'água: prevenção, geração e tratamento de lixiviados de aterros sanitários. FINEP – PROSAB, 2006, p. 224-229.

FERREIRA, E. G. **Elementos para implementação do sistema de gestão integrada em saúde, segurança e meio ambiente na usina de triagem e compostagem de lixo de Carmo da Cachoeira**. Dissertação (Mestrado em Gestão Integrada em Saúde do Trabalho e Meio Ambiente) – Centro Universitário SENAC, Campus Santo Amaro, São Paulo, 2006.

FONSECA, E. **Iniciação ao estudo dos resíduos sólidos e da limpeza urbana**. 2. ed., João Pessoa-PB, 2001.

GONÇALVES, R. **Proposta de um instrumento de avaliação para subsidiar processos de licenciamento ambiental de centrais de triagem e compostagem de resíduos sólidos domiciliares**. 2007. Dissertação do Curso de Pós-Graduação em Engenharia de Edificações e Saneamento da Universidade Estadual de Londrina. Londrina, 2007.

HASSEN, Abdennaceur., BELGUITH, Kaouala., JEDIDI, Naceur., CHERIF, Mohamed., BOUDABOUS, Abdellatif. **Microbial characterization during composting of municipal solid waste**. Proceedings of International Symposium on Environmental Pollution Control and Waste Management 7-10 January 2002, Tunisia (EPCOWM'2002), p.357-368.

IACONO, M. A. **Usinas de triagem e compostagem financiadas pela FUNASA no estado do Rio de Janeiro uma análise crítica**. Trabalho Final do Programa de Pós-graduação em Engenharia Ambiental da Universidade do Estado do Rio de Janeiro – UERJ, - Universidade do Estado do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro, 2007. 106p.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Pesquisa Nacional de Saneamento Básico – PNSB 2000. Rio de Janeiro, 2002.

IBGE. **Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística**. Perfil dos municípios brasileiros.2010. Rio de Janeiro, 2011.

_____. **Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística**. Perfil dos municípios brasileiros. 2013. Rio de Janeiro, 2014.

_____. **Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística**. Perfil dos municípios brasileiros. 2015. Rio de Janeiro, 2016.

IPEA. **Diagnóstico dos Resíduos Sólidos Urbanos**. Brasília: IPEA, 2012.

JACOBI, P. R.; BESEN, G. R. **Gestão de resíduos sólidos na Região Metropolitana de São Paulo - avanços e desafios**. São Paulo em Perspectiva, São Paulo, v.20, n.2, 2006.

JUNKES, M. B. **Procedimentos para aproveitamento de Resíduos Sólidos Urbanos em Municípios de Pequeno Porte**. Dissertação Mestrado em Engenharia de Produção da Universidade Federal de Santa Catarina – Florianópolis – SC, 2002.

KIEHL, E. J. **Manual de Compostagem: Maturação e Qualidade do Composto**. 4ª ed. Piracicaba, SP. 173 p., 2004.

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

KIEHL, E. J. Manual de compostagem: maturação e qualidade do composto. Piracicaba: O autor, 1998. 171p.

LELIS, M. P. N. **Compostagem de Resíduos Orgânicos**. In: Curso de Capacitação e Treinamento para Implantação e Gerenciamento de Coleta Seletiva e Centrais de Triagem e Compostagem de Resíduos Sólidos Urbanos. Bituruna, 2007.

LELIS, M. P. N, PEREIRA NETO, J. T. **Usinas de reciclagem de lixo: porque não funcionam**. In: 21º CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL, Anais. João Pessoa: ABES; p. 1-9, 2001.

LIMA, L.M.Q. **Tratamento de lixo**. 2. ed. São Paulo: Hemus, 1991. 242p.

LIMA, Mário Queiroz Luiz. **Lixo tratamento e biorremediação**. 3. ed. Hemus, São Paulo: 2004

LOPES, R. L., LIMA, M. A. G. A. **Estudo de caso: análise das unidades de compostagem implantadas em três estados do nordeste brasileiro**. In: XXXI CONGRESSO INTERAMERICANO DE ENGENHARIA SANITARIA E AMBIENTAL. Anais. Santiago: Associação Interamericana de Engenharia Sanitaria e Ambiental, 2008.

MANZATO, Antonio José e SANTOS, Adriana Barbosa. **A elaboração de questionários na pesquisa quantitativa**. Disponível em: <http://www.inf.ufsc.br/~verav/Ensino_2012_1/ELABORACAO_QUESTIONARIOS_PESQUISA_QUANTITATIVA.pdf>. Acesso em: 12 de setembro de 2014.

MASSUKADO, L.M. Desenvolvimento do processo de compostagem em unidade descentralizada e proposta de software livre para o gerenciamento municipal dos resíduos sólidos domiciliares. **Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo, USP. São Carlos – SP, 2008.**

MASSUKADO, L.M.; SCHALCH, V. **Avaliação da qualidade do composto proveniente da compostagem da fração orgânica dos resíduos sólidos domiciliares**. Revista DAE. São Paulo, n. 183, p. 9-15. 2010.

MILLER, F.C. **Composting as a process based on the control of ecologically selective factors**. 1992. In: Meeting, F.B. Soil Microb. Ecol., 18: 515-543.

MODESTO FILHO, P. 1999. **Reciclagem da matéria orgânica através da vermicompostagem**. In: TEIXEIRA, B.A N.; TEIXEIRA, E.N; BIDONE, F. R.; GOMES, L.P.; ZANIN, M.; SAT, M.; MODESTO, P. F.; ZEILHOFER, P.; SCHALCH, V.

Metodologias e técnicas de minimização, reciclagem e reutilização de resíduos sólidos urbanos. Rio de Janeiro, RJ: ABES. 65p.

MONTEIRO FILHA, D. C., MODENESI, R. L. (Org.) BNDES, um banco de idéias – 50 anos refletindo o Brasil. Rio de Janeiro: BNDES, 2002.

MORAIS, C. M. **Escalas de medida, estatística e descritiva e inferência descritiva**. Escola Superior de Educação. Instituto Politécnico de Bragança. Bragança, 2005.

MOTA, S. **Introdução à Engenharia Ambiental**. 3. ed. Rio de Janeiro: ABES, 2002.

NORÕES, Marcos Gomes de, et.al. **Lixo e Coleta Seletiva: Algumas Questões a Serem Lembradas**. Marcos Gomes de Norões. VIII Simpósio de Excelência de Gestão e Tecnologia, 2011.

PEIXOTO, R. T. G. 1988. **Compostagem: opção para o manejo orgânico do solo**. IAPAR. Londrina. 46 p.

PELCZAR, M. J.; REID, R.; CHAN, E. C. S.1980. **Microbiologia**. São Paulo. Mcgraw-Hill. V. 1. 577p.1980.

PEREIRA NETO, J. T. 2007. **Manual de compostagem processo de baixo custo**. UFV. Viçosa. p.81.

PEREIRA NETO, J. T. **Gerenciamento de Resíduos Sólidos em Municípios de Pequeno Porte**. Revista Ciência e Ambiente, número 18, Santa Maria – RS, 1999. 42-52p.

PHILIPPI, A.J. et al. Curso de Gestão Ambiental. São Paulo: Manole, 2004.

REICHERT, G. A. Gerenciamento Integrado de Resíduos Sólidos: uma proposta inovadora. **Revista Ciência & Ambiente**, número 18, Santa Maria- RS, 1999. 53-68p.

REIS, M.F.P. **Avaliação do processo de compostagem de resíduos sólidos urbanos**, 2005. Tese Doutorado em Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental. UFRGS, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre - RS, 2005.

RIBEIRO, H., BESEN, G.R. **Panorama da coleta seletiva no Brasil: Desafios e perspectivas a partir de três estudos de caso**. 2006. Disponível em: <<http://www3.sp.senac.br/hotsites/blogs/InterfacEHS/wp-content/uploads/2013/07/2007-art-7.pdf>>. Acesso em: 21 de setembro de 2014.

RICHARD, T., TRAUTMANN, N., KRASNY, M., FREDENBURG, S., e STUART, C. 2002. **The science and engineering of composting**. The Cornell composting website, Cornell University. Disponível em: <<http://http://cwmi.css.cornell.edu/composting.html>>. Acesso em: 01 de setembro de 2014.

RODRIGUES, M.S., F.C. da Silva, L.P. Barreira e A. Kovacs.. Compostagem: reciclagem de resíduos sólidos orgânicos. In: Spadotto, C.A.; Ribeiro, W. Gestão de Resíduos na agricultura e agroindústria. FEPAF. Botucatu, 2006. p. 63-94.

ROSAS, Cátia. **Compostagem Doméstica** – Oportunidade de Cidadania, 2005. Disponível em:<<http://www.confagri.pt/Ambiente/AreasTematicas/Solo/Documents/Pages/doc68.aspx>> . Acesso em: 15 de agosto de 2014.

RUGGIERI, L. T. Gea, A. Artola and A. Sanchez. 2008. A study on air filled porosity evolution in sludge composting. *Int. J. Environ. Waste Manage.* <http://www.sciencedirect.com> Acessado em: 04 de março de 2015.

RUSSO, M.A.T. Tratamento de Resíduos Sólidos Urbanos. Universidade de Coimbra, Faculdade de Ciências e Tecnologia, Coimbra, 2003.

SANTOS, C. L. **Prevenção a Poluição Industrial: Identificação de Oportunidades, Análise de Benefícios e Barreiras.** Tese de Doutorado. São Carlos: USP, 2005.

SENADO FEDERAL. **PL 2289/2015.** - Subcomissão Temporária de Resíduos Sólidos. Prorroga o prazo para a disposição final ambientalmente adequada dos rejeitos de que trata o art. 54 da Lei nº 12.305, de 2 de agosto de 2010. Brasília, 2015.

SCHUELER, A. S.; MAHLER, C. F. *Composting in Brazil.* 2003. Disponível em: <[http://www.getres.ufri.br/artigos/Schueler%20e%20Mahler%20\(2003\).pdf](http://www.getres.ufri.br/artigos/Schueler%20e%20Mahler%20(2003).pdf)>. Acesso em: 04 nov 2015.

SLATER, R.A.; FREDERICKSON, J. **Composting Municipal Waste in UK: some lessons from Europe, Resources, Conservation and Recycling.** Reino Unido, 2001. v.32, p. 359-374.

TRIBUNAL DE CONTAS DO ESTADO DO RIO GRANDE DO SUL. **Relatório sobre Planos Municipais de Saneamento Básico e Planos Municipais de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos, (Leis Federais nºs 11.445/2007 e 12.305/2010, respectivamente).** 30 de junho de 2014. Acesso em: 08/09/2014. Disponível em: <http://www.tce.rs.gov.br/docs/RelPlanoSaneamentoResSolidos.pdf>

UNITED STATES ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY (USEPA). **Composting of yard trimmings and municipal solid waste,** EPA/530/R91-003, 1994.151p.

VALENTE, B. S.; XAVIER, E. G.; MORSELLI, T. B. G. A.; JAHNKE, D. S.; BRUM Jr., B. S.; CABRERA, B. R.; MORAES, P. O.; LOPES, D. C. N. (2009), **Fatores que afetam o desenvolvimento da compostagem de resíduos orgânicos.** *Arch. Zootec.* 58, 59-85.

VASCONCELOS, Y. *O Melhor do Lixo.* PESQUISA FAPESP 2003; set: 78-81. 2003.

VILHENA, André. **Guia da Coleta Seletiva de Lixo.** São Paulo, CEMPRE Compromisso Empresarial para Reciclagem, 1999 – 84 p.

VIMIEIRO, G.D. **Usinas de triagem e compostagem: Valorização de resíduos e de pessoas- Um estudo sobre a operação e os funcionários de unidades de Minas Gerais.** Tese apresentada ao Programa de Pós-graduação em Saneamento, Meio Ambiente e Recursos Hídricos da Universidade Federal de Minas Gerais. Belo Horizonte, 2012.

VIMIEIRO, G.D.; PEREIRA, L.Z.; LANGE, L.C. Trabalho e qualidade de vida em usinas de triagem e compostagem de resíduos urbanos. **Revista de Administração FACES**. Belo Horizonte, 2009.

VLIET, Aimee Van. **Zero Waste Best Practices**. The story of Capannori. Agosto, 2013. Disponível em: < <https://www.zerowasteurope.eu/downloads/case-study-1-the-story-of-capannori/>>. Acesso em: 15 de janeiro de 2016.

ANEXO A - Questionário aplicado para o desenvolvimento da pesquisa.

05/05/2016

PESQUISA DE MESTRADO - UNIVERSIDADE DE CAXIAS DO SUL

PESQUISA DE MESTRADO - UNIVERSIDADE DE CAXIAS DO SUL



PROGRAMA DE PÓS GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA E CIÊNCIAS AMBIENTAIS

TÍTULO DO PROJETO: A COMPOSTAGEM COMO ALTERNATIVA DE TRATAMENTO DE RESÍDUOS SÓLIDOS ORGÂNICOS - UMA AVALIAÇÃO GERAL DO PROCESSO NO BRASIL

MESTRANDA: PATRÍCIA TOMEDI CAPRARA
ORIENTADOR: PROFESSOR DR. GERALDO ANTONIO REICHERT

1. Nome:

.....

2. Escolaridade:

.....

3. Profissão:

.....

4. Atividade profissional atual:

.....

5. Tempo de experiência na área:

.....

6. Cidade:

.....

7. Estado:

.....

EXPERIÊNCIA NO TEMA

05/05/2016

PESQUISA DE MESTRADO - UNIVERSIDADE DE CAXIAS DO SUL

8. 2. Você já implantou ou operou uma unidade de compostagem?*Marcar apenas uma oval.* Sim Não**9. 3. Seu conhecimento sobre plantas de unidades de triagem e compostagem é como:***Marque todas que se aplicam.* Conhecimento acadêmico ou teórico Pesquisador Projetista Operador público Operador privado Órgão financiador Gestor ou administrador**10. 4. Quais os tipos de substratos utilizados nas plantas de compostagem com as quais você tem experiência?***Marque todas que se aplicam.* RSU sem coleta seletiva com triagem prévia manual RSU sem coleta seletiva com triagem mecanizada ou semi-mecanizada podas e resíduos arbóreos resíduos industriais resíduos agrícolas e silvipastoris lodo de ETE Outro:**11. 5. Com quais tipos de plantas de compostagem você tem experiência?***Marque todas que se aplicam.* leiras convencionais reviradas leiras estáticas aeradas compostagem em túnel ou garagem "in vessel" ou reatores aeróbios**CONHECIMENTO TÉCNICO E/OU OPERACIONAL****OBSERVAÇÃO: Para a questão de número 6 utilizar a tabela abaixo:**

05/05/2016

PESQUISA DE MESTRADO - UNIVERSIDADE DE CAXIAS DO SUL

0 --> sem importância
1 --> pouco importante
2 --> importância média fraca
3 --> importância média forte
4 --> importante
5 --> muito importante

05/05/2016

PESQUISA DE MESTRADO - UNIVERSIDADE DE CAXIAS DO SUL

12. **6. Atribua uma nota de 0 a 5, considerando o grau de importância de cada condição técnica e operacional que deve ser levada em consideração em unidades de compostagem:**

Marcar apenas uma oval por linha.

	sem importância	pouco importante	importância média fraca	importância média forte	importante	muito importante
separação na origem	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
existência da separação na triagem	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
existência da separação na triagem	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
eficiência da separação na triagem	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
número de trabalhadores na triagem	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
comprimento da esteira	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
velocidade da esteira	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
largura e altura da esteira	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
- número total de operadores em toda a planta de compostagem	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
- treinamento dos funcionários	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
manutenção e limpeza da mesa ou esteira de triagem	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
- conservação e limpeza geral	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
- manutenção do pátio de compostagem	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
- média de RSU processados (t/dia)	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
- mistura de resíduos de diferentes substratos	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
- controle de reviramento das leiras	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
- controle de aeração	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
- tipo de aeração	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
- controle de umidade	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
- controle de temperatura	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
- controle de odores	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
- controle de	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

05/05/2016

PESQUISA DE MESTRADO - UNIVERSIDADE DE CAXIAS DO SUL

vetores

13. 7. Em quantas unidades de compostagem você tem experiência?*Marcar apenas uma oval.*

- 1
- 2
- 3
- Outro:

Entre as unidades de triagem e compostagem que você conhece, considerando a de maior relevância, responda as questões 8 a 11.

14. 8. Há em sua cidade ou cidade próxima uma unidade de compostagem de RSU?*Marcar apenas uma oval.*

- Sim
- Não

15. 8a. Esta unidade é:*Marcar apenas uma oval.*

- Unidade de Compostagem
- Unidade de triagem e Compostagem

16. 8b. Se unidade de triagem e compostagem, em relação a triagem, ela ocorre de forma:*Marcar apenas uma oval.*

- Manual
- semi-mecanizada
- mecanizada

17. 8c. Capacidade de instalação t/dia:

Triagem:

.....

18. Compostagem:

.....

19. 9. Destino do composto:*Marque todas que se aplicam.*

- venda
- doação
- uso na prefeitura
- Outro:

05/05/2016

PESQUISA DE MESTRADO - UNIVERSIDADE DE CAXIAS DO SUL

20. **10. Ano de início desta planta:**

.....

21. **11. Ano de fechamento:**

.....

22. **12. Motivo de fechamento da unidade: (responda somente se a unidade estiver fechada)**

Marque todas que se aplicam.

- motivação política
- motivação ambiental
- motivação técnico-operacional
- motivação econômica
- Outro:

23. **13. A mão de obra é feita através de:**

Marcar apenas uma oval.

- servidor público
- contratado
- empresa privada
- catadores
- Outro:

24. **14. Qual o sistema de compostagem utilizado?**

Marcar apenas uma oval.

- leiras convencionais reviradas
- leiras estáticas aeradas
- compostagem em túnel ou garagem
- "in vessel" ou reatores biológicos

25. **15. Esta unidade já precisou ser reestruturada? (Alteração no processo operacional, substrato, entre outros)**

Marcar apenas uma oval.

- sim
- não

05/05/2016

PESQUISA DE MESTRADO - UNIVERSIDADE DE CAXIAS DO SUL

26. **15a. Se sim, quais alterações e porque?**

.....

.....

.....

.....

.....

27. **16. Em relação a capacitação dos funcionários e operadores das unidades de triagem e compostagem, ela é realizada?**

Marcar apenas uma oval.

Sim

Não

28. **16a. Sem sim, com que frequência ocorre:**

.....

29. **16b. Profissional responsável pela capacitação:**

.....

30. **17. Assinale os campos em relação aos processos de coleta, tratamento e destino final dos resíduos em experiência relatada**

a) Coleta

Marque todas que se aplicam.

com coleta seletiva de orgânicos

com coleta seletiva de recicláveis

sem coleta seletiva

31. b) Catadores

Marque todas que se aplicam.

com presença de catadores (nas ruas/ ou lixões)

com presença de cooperativa de catadores

32. c) Triagem

Marque todas que se aplicam.

Triagem manual

Triagem mecanizada

Não é feita a triagem

05/05/2016

PESQUISA DE MESTRADO - UNIVERSIDADE DE CAXIAS DO SUL

33. d) Compostagem

Marque todas que se aplicam.

- resíduo orgânico separado do reciclável
- resíduos misturados (triturados orgânico + recicláveis)

34. e) Destino do composto

Marque todas que se aplicam.

- composto é comercializado
- composto não é comercializado
- doado para terceiros
- uso próprio pela prefeitura

35. e) Destino dos recicláveis

Marque todas que se aplicam.

- Venda
- Doação para terceiros
- Parte de pagamento para catadores

36. 18. **Você concorda com essa afirmação? "A pouca utilização da técnica da compostagem de RSU nos dias atuais deve-se ao fato dos problemas e fracassos verificados no passado."***Marcar apenas uma oval.*

- Sim
- Não
- Parcialmente

37. 18a. **Justifique sua resposta**

.....

.....

.....

.....

.....

OBSERVAÇÃO: Para as questões de números 19 e 20 utilizar a tabela abaixo:

0 --> sem importância
1 --> pouco importante
2 --> importância média fraca
3 --> importância média forte
4 --> importante
5 --> muito importante

05/05/2016

PESQUISA DE MESTRADO - UNIVERSIDADE DE CAXIAS DO SUL

38. **19. Atribua uma nota de 0 a 5 aos fatores, que considera mais ou menos importantes, que contribuíram para que as unidades de triagem e compostagem projetadas no passado não dessem certo e ainda hoje sofram resistência dos gestores em relação a sua utilização:**

Marcar apenas uma oval por linha.

	0	1	2	3	4	5
falta de conhecimento técnico	<input type="radio"/>					
falta de diagnóstico e planejamento	<input type="radio"/>					
erro de projeto	<input type="radio"/>					
falta de educação ambiental	<input type="radio"/>					
ausência de coleta seletiva	<input type="radio"/>					
má qualidade do composto	<input type="radio"/>					
utilização de tecnologias importadas	<input type="radio"/>					
local de implantação	<input type="radio"/>					
problemas no dimensionamento	<input type="radio"/>					
mão de obra pouco qualificada	<input type="radio"/>					
não participação da população	<input type="radio"/>					
baixo controle operacional do processo da compostagem	<input type="radio"/>					
não comprometimento dos gestores municipais	<input type="radio"/>					
falta de mercado para composto e recicláveis	<input type="radio"/>					
aquisição de equipamento desnecessários	<input type="radio"/>					

CONTRIBUIÇÃO PARA PROJETOS FUTUROS

39. **20. A implantação de uma unidade de compostagem pode ser dividida em duas etapas principais: o planejamento e a implantação para a operação, atribua uma nota levando em consideração o grau de importância das etapas do processo citadas abaixo:**

a) Planejamento

Marcar apenas uma oval por linha.

	0	1	2	3	4	5
diagnóstico da situação dos RSU	<input type="radio"/>					
definição de objetivos e metas (curto e longo prazo)	<input type="radio"/>					
definição de projetos e ações para alcançar o objetivo	<input type="radio"/>					
definição de estrutura física e gerencial	<input type="radio"/>					
programas de capacitação técnica	<input type="radio"/>					
programas de educação ambiental	<input type="radio"/>					
sistema de cálculo de custos e forma de cobrança	<input type="radio"/>					
ações para emergência	<input type="radio"/>					
sistema de avaliação da eficácia através de indicadores	<input type="radio"/>					
elaboração de projeto	<input type="radio"/>					

05/05/2016

PESQUISA DE MESTRADO - UNIVERSIDADE DE CAXIAS DO SUL

40. b) Implantação para operação
Marcar apenas uma oval por linha.

	0	1	2	3	4	5
realização de obra	<input type="radio"/>					
capacitação da equipe envolvida	<input type="radio"/>					
articulação de parcerias	<input type="radio"/>					
negociação para venda do composto	<input type="radio"/>					
operação da coleta diferenciada	<input type="radio"/>					
operação das unidades	<input type="radio"/>					

41. 20.1 Justifique:

.....

.....

.....

.....

.....

42. **21. Considerando o novo cenário nacional, onde a compostagem surja como processo que atenda a PNRS, que fatores você considera importantes para projetos futuros de uma Unidade de Triagem e Compostagem?**

.....

- 43.

.....

- 44.

.....

- 45.

.....

- 46.

.....

05/05/2016

PESQUISA DE MESTRADO - UNIVERSIDADE DE CAXIAS DO SUL

47. **22. Que método de compostagem você indicaria para cada faixa de população atendida descrita abaixo:**

Marcar apenas uma oval por linha.

	1. Leira convencional aerada	2. Leira estática aerada	3. Compostagem em túnel ou garagem	4. " in vessel" ou reatores biológicos
< 5.000 hab.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
5.000 a 15.000 hab.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
15.000 a 40.000 hab.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
40.000 a 100.000 hab.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
> 100.000 hab.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

48. 22a. Observações:

.....

.....

.....

.....

.....

OBSERVAÇÃO: Para responder as questões de número 23 e 24, utilize a tabela abaixo.

1 --> pouco importante
2 --> importância média fraca
3 --> importância média forte
4 --> importante
5 --> muito importante

49. **23. Considerando o grau de importância, atribua uma nota de 1 a 5 para as características que um composto de qualidade deva apresentar:**

Marcar apenas uma oval por linha.

	1	2	3	4	5
umidade	<input type="radio"/>				
concentração de NPK	<input type="radio"/>				
coloração	<input type="radio"/>				
tamanho das partículas	<input type="radio"/>				
teor de matéria orgânica	<input type="radio"/>				
quantidade de contaminantes (vidro, plásticos)	<input type="radio"/>				
inexistência de odor	<input type="radio"/>				

50. 23a. Outra característica:

.....

05/05/2016

PESQUISA DE MESTRADO - UNIVERSIDADE DE CAXIAS DO SUL

51. *Marcar apenas uma oval por linha.*

	1	2	3	4	5
Grau de importância desta característica	<input type="radio"/>				

52. **24. Das alternativas abaixo, ordene pelo grau de importância os fatores que de alguma forma influenciem ou prejudiquem a demanda do composto no Brasil.***Marcar apenas uma oval por linha.*

	1	2	3	4	5
Qualidade do produto	<input type="radio"/>				
Falta de Regulamentação/Política	<input type="radio"/>				
Competição/Produtos complementares	<input type="radio"/>				
Transporte/Distância	<input type="radio"/>				
Falta de conhecimento sobre a utilização do produto	<input type="radio"/>				

53. **25. Você julga importante a existência de normatização específica para comercialização do composto no mercado brasileiro?***Marcar apenas uma oval.*

- Sim
- Não

54. 25a. Justifique:

.....

.....

.....

.....

.....

55. **26. A compostagem caseira, segundo pesquisas tem potencial de reduzir o volume do resíduo orgânico doméstico gerado nas residências. Que métodos de incentivo na sua opinião deveriam ser utilizados para a população por em prática esta técnica?***Marque todas que se aplicam.*

- elaboração de um programa de compostagem doméstica
- realização de oficinas de compostagem e plantio
- distribuição de composteiras pelas prefeituras municipais
- educação ambiental nos municípios
- elaboração de política pública para incentivar a prática
- Outro:

05/05/2016

PESQUISA DE Mestrado - UNIVERSIDADE DE CAXIAS DO SUL

56. 27. Locais onde a compostagem caseira pode ser realizada:*Marque todas que se aplicam.*

- residência unifamiliar
- apenas em locais com pátios grandes
- apartamentos
- indústrias
- escritórios
- todos os locais acima
- Outro:

57. 28. Há algum assunto, que não foi abordado nesta pesquisa, sobre o qual você gostaria de contribuir e acrescentar a sua opinião?

.....

.....

.....

.....

.....

SOLICITAÇÃO DE CONTATOS

Para concluir, solicito novos nomes de pessoas com experiência em compostagem que possam contribuir com esta pesquisa:

58. Nome:

.....

59. Instituição:

.....

60. e-mail / telefone:

.....

61. Nome:

.....

62. Instituição:

.....

63. e-mail / telefone:

.....

05/05/2016

PESQUISA DE Mestrado - UNIVERSIDADE DE CAXIAS DO SUL

Agradeço a sua participação e me coloco a disposição para tirar eventuais dúvidas.
e-mail: pattytomedi@yahoo.com.br
Fone: 54-96590480

Powered by
 Google Forms

ANEXO B – (Resposta de submissão de trabalho SIQA 2016).

● Resposta submissão trabalho SIQA 2016 (2)

● **Qualidade - Abes** <qualidade@abes-rs.org.br>

Jul 8 em 9:52 AM ★

Para pattytomedi@yahoo.com.br

Prezada Srª Patricia,

Informamos que seu trabalho UNIDADES DE TRIAGEM E COMPOSTAGEM DE RSU NO BRASIL: UMA AVALIAÇÃO DA RELAÇÃO ENTRE OS PROBLEMAS E FRACASSOS DO PASSADO E A BAIXA UTILIZAÇÃO DESSA TÉCNICA ATUALMENTE, foi aceito para inclusão no programa do 10º Simpósio Internacional de Qualidade Ambiental. Portanto, seguem as informações importantes:

- você deve enviar a versão finalizada do trabalho, via sistema, a partir de 30/7 até o dia 12/9/2016;
- para inclusão nos anais e apresentação no evento, deve-se pagar a taxa de inscrição até 19/9/2016;
- caso não se possa realizar a apresentação do trabalho no evento ou tenha alguma alteração no apresentador do mesmo, favor informar junto com o envio da versão finalizada;
- todos trabalhos serão apresentados em formato de pôster, sendo que os melhores terão apresentação oral, com confirmação até 25/9/2016, no site do evento.

ANEXO C – (Certificado de apresentação de Artigo Científico no VI Congresso Brasileiro de Gestão Ambiental)

  Instituto Brasileiro de Estudos Ambientais e de Saneamento
www.ibeas.org.br

CERTIFICADO

Certificamos que

PATRICIA TOMEDI CAPRARA, GERALDO ANTONIO REICHERT

Apresentou(aram) Trabalho Técnico no VI Congresso Brasileiro de Gestão Ambiental, realizado em Porto Alegre/RS, no período de 23 a 26 de novembro de 2015, com carga horária de 28 horas.

Porto Alegre, 26 de novembro de 2015.



Eng. Carlos Alberto Ferreira Rino
Coordenador Técnico do VI CONGEA

Trabalho Apresentado: III-028 - A COMPOSTAGEM COMO ALTERNATIVA DE TRATAMENTO DE RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS ORGÂNICOS – CONSIDERAÇÕES PARA PROJETOS FUTUROS DE UNIDADES DE TRIAGEM E COMPOSTAGEM

168