

UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO

ESCOLA DE ENGENHARIA DE SÃO CARLOS

DEPARTAMENTO DE HIDRÁULICA E SANEAMENTO

Análise das metas para o tratamento da fração orgânica de resíduos sólidos urbanos em
relação aos planos de gestão: estudo de caso de Sorocaba - SP

Aluno: Matheus Ribeiro Couto
Orientador: Prof. Associado Valdir Schalch

Monografia apresentada ao curso
de graduação em Engenharia
Ambiental da Escola de Engenharia
de São Carlos da Universidade de
São Paulo.

São Carlos
2014

AUTORIZO A REPRODUÇÃO TOTAL OU PARCIAL DESTE TRABALHO,
POR QUALQUER MEIO CONVENCIONAL OU ELETRÔNICO, PARA FINS
DE ESTUDO E PESQUISA, DESDE QUE CITADA A FONTE.

C871a Couto, Matheus Ribeiro
Análise das metas para o tratamento da fração orgânica de resíduos sólidos urbanos em relação aos planos de gestão: estudo de caso de Sorocaba - SP / Matheus Ribeiro Couto; orientador Valdir Schalch. São Carlos, 2014.

Monografia (Graduação em Engenharia Ambiental) --
Escola de Engenharia de São Carlos da Universidade de
São Paulo, 2014.

1. Resíduos Sólidos Urbanos. 2. Resíduos Sólidos Orgânicos. 3. Compostagem. 4. Digestão Anaeróbia. 5. Política Nacional de Resíduos Sólidos. I. Título.

FOLHA DE JULGAMENTO

Candidato(a): **Matheus Ribeiro Couto**

Data da Defesa: 16/12/2014

Comissão Julgadora:

Resultado:

Valdir Schalch (Orientador(a))


APROVADO

Amanda Borges Ribeiro

Aprovado

Rodrigo Eduardo Cordoba

APROVADO



Prof. Dr. Marcelo Zaiat

Coordenador da Disciplina 1800091- Trabalho de Graduação

AGRADECIMENTOS

Aos meus pais por todo amor e apoio que me deram durante todos estes anos, e por sempre priorizar a minha educação e a do meu irmão.

Ao meu irmão, por mesmo estando longe, tenho certeza que seu pensamento sempre esteve me apoiando, e vice-versa.

Aos meus familiares.

Aos grandes amigos/irmãos que eu fiz durante estes anos em São Carlos.

À Universidade de São Paulo.

Ao Valdir, Rodrigo e Amanda, por terem perdido um pouco do tempo de vocês para a leitura deste trabalho e pelas contribuições.

“É necessário sempre acreditar que o sonho é possível,
que o céu é o limite, e que você, truta, é imbatível.”

A vida é desafio – Racionais Mc's

RESUMO

COUTO, MATHEUS R. **O tratamento da fração orgânica dos resíduos sólidos urbanos como cumprimento da Política Nacional de Resíduos Sólidos: Análise do Plano Municipal de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos de Sorocaba – SP.** 2014. 50 p. Monografia de Trabalho de Graduação em Engenharia Ambiental. Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, 2014.

O aumento da geração de resíduos sólidos vem se tornando um problema para os municípios brasileiros fazerem a gestão e o gerenciamento dos mesmos. Desta geração, a fração orgânica representa 51,4% dos resíduos sólidos urbanos. Neste trabalho foram apresentadas duas formas de tratamento da matéria orgânica, uma aeróbia, compostagem, e a digestão anaeróbia respectivamente. Na Lei 12.305/2010, foi instituída a Política Nacional de Resíduos Sólidos, na qual os aterros sanitários serão apenas rota tecnológica de disposição final de rejeitos sendo o tratamento da fração orgânica necessário, entretanto os municípios brasileiros vêm tendo como prática a disposição final desta fração em aterros sanitários. Os estados e municípios brasileiros tinham até o dia 02 de agosto de 2012 para a entrega dos seus planos de resíduos sólidos, estes que devem apresentar metas relacionadas à gestão e ao gerenciamento dos resíduos sólidos urbanos. Portanto neste estudo foram analisadas as metas, diretrizes e ações do Plano Nacional de Resíduos Sólidos, do Plano de Resíduos Sólidos do Estado de São Paulo, no que diz respeito, à gestão e ao gerenciamento da matéria orgânica, além do conteúdo mínimo dos mesmos. Feito isso se comparou estas metas com as do Plano Municipal de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos de Sorocaba-SP. Conclui-se que o plano de Sorocaba apresentou os conteúdos mínimos necessários em relação a fração orgânica dos resíduos sólidos, porém ao se analisar as metas, verificou-se a falta de metas quantitativas a respeito desta fração.

Palavras-chave: Resíduos Sólidos Urbanos, Resíduos Orgânicos, Compostagem, Digestão Anaeróbia, Política Nacional de Resíduos Sólidos.

ABSTRACT

COUTO, MATHEUS R. **The treatment of the organic fraction of municipal solid waste as a fulfillment of the National Policy on Solid Waste: Analysis of the Municipal Plan for Integrated Solid Waste Management of Sorocaba – São Paulo, Brazil.** 2014. 50 p. Monografia de Trabalho de Graduação em Engenharia Ambiental. Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, 2014.

In the recent decades the increase in solid waste generation has becoming a problem for municipalities make the administration and the management of them. From this generation, the organic fraction is 51, 4% of municipal solid waste. In this work were present two forms of treatment of organic matter, an aerobic and another anaerobic, composting and anaerobic digestion respectively. In the Law 12.305 / 2010, is established the National Policy on Solid Waste, saying that the landfill will be only technological route for final disposition of waste and the treatment of the organic fraction is needed, but the municipalities, usually have been depositing this fraction in landfills. The states and municipalities had until August 2, 2012 to delivery their plans of solid waste, this ones has to contain their goals related to the administration and management of municipal solid waste. Therefore in this study we analyzed the goals, policies and actions of the National Plan for Solid Waste, Solid Waste Plan of the State of São Paulo, with regard to the management and the management of organic matter, beyond the minimum content thereof. That done comparing these goals with the Municipal Plan of Integrated Solid Waste of Sorocaba, Brazil. It follows that the Sorocaba plan presented the minimum required content for the organic fraction of solid waste, however when analyzing the goals, there was a lack of quantitative targets regarding this fraction.

Keywords: Solid Waste. Organic Waste. Composting. Anaerobic Digestio. National Policy on Solid Waste.

LISTA DE TABELAS

TABELA 1 - ESTIMATIVA DA COMPOSIÇÃO GRAVIMÉTRICA DOS RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS COLETADOS NO BRASIL EM 2008	6
TABELA 2 – QUANTIDADE DIÁRIA DE RESÍDUOS SÓLIDOS DOMICILIARES E/OU PÚBLICOS ENCAMINHADOS PARA DIFERENTES FORMAS DE DESTINAÇÃO FINAL, PARA OS ANOS 2000 E 2008	7
TABELA 3 - PRAZOS PARA A ELABORAÇÃO DOS PLANOS INTERMUNICIPAIS E MUNICIPAIS	29
TABELA 4 - PRAZOS PARA O CUMPRIMENTO DA REDUÇÃO DO PERCENTUAL DE RESÍDUOS ÚMIDOS DISPOSTOS EM ATERROS.....	29
TABELA 5 - AÇÕES E PRAZOS PARA O CUMPRIMENTO DA META APRESENTADA NA TABELA 4....	30

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1 – DESTINAÇÃO FINAL DOS RSU COLETADOS NO BRASIL	8
FIGURA 2 – MUNICÍPIOS COM A INDICAÇÃO DO ENQUADRAMENTO DE ACORDO COM A DESTINAÇÃO FINAL SEGUNDO O IQR	9
FIGURA 3 – MÉTODO NATURAL DE AERAÇÃO QUE UTILIZA REVIRAMENTO MECÂNICO DAS LEIRAS. (A) UNIDADE DE COMPOSTAGEM DE MONTGOMERY E (B) DETALHAMENTO DO EQUIPAMENTO UTILIZADO.	14
FIGURA 4 – ESQUEMA DE MÉTODO ACELERADO DE COMPOSTAGEM.	15
FIGURA 5 - SÍNTESE DA ANÁLISE DE IMPLANTAÇÃO DE UNIDADES DE DIGESTÃO ANAERÓBIA. ..	19
FIGURA 6 – HIERARQUIA DA GESTÃO DOS RESÍDUOS SÓLIDOS	20
FIGURA 7 – REDUÇÃO DO PERCENTUAL DE RESÍDUOS ÚMIDOS DISPOSTOS EM ATERROS (%).	27
FIGURA 8 – PLANOS ESTADUAIS ELABORADOS ATÉ 2013.....	27
FIGURA 9 – PLANOS INTERMUNICIPAIS E MUNICIPAIS ELABORADOS ATÉ 2014	28
FIGURA 10 - COMPOSIÇÃO GRAVIMÉTRICA DOS RESÍDUOS SÓLIDOS DOMICILIARES DE SOROCABA	31

LISTA DE GRÁFICOS

GRÁFICO 1 – CUSTOS DE IMPLANTAÇÃO DE UNIDADES DE COMPOSTAGEM.....	16
GRÁFICO 2 – CUSTOS UNITÁRIOS DE OPERAÇÃO DE UNIDADES DE COMPOSTAGEM.....	16

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
ABRELPE	Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais
AS	Aterro Sanitário
Cetesb	Companhia Ambiental do Estado de São Paulo
CISAB-SMT	Consórcio Intermunicipal de Saneamento Básico da Bacia do Rio Sorocaba e Médio Tiête
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
IQR	Índice de Qualidade de Aterro de Resíduo
MAPA	Ministério de Agricultura, Pecuária e Abastecimento
PERS	Política Estadual de Resíduos Sólidos
pH	Potencial Hidrogeniônico
PIB	Produto Interno Bruto
PMGIRS	Plano Municipal de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos
PNRS	Política Nacional dos Resíduos Sólidos
RS	Resíduos Sólidos
RSU	Resíduos Sólidos Urbanos
SP	São Paulo
UGRHI	Unidade de Gerenciamento de Recursos Hídricos

SUMÁRIO

LISTA DE TABELAS	VII
LISTA DE FIGURAS	VIII
LISTA DE GRÁFICOS	IX
LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS	X
1 INTRODUÇÃO	1
2 OBJETIVOS	3
2.1 OBJETIVO GERAL.....	3
2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	3
3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	4
3.1 RESÍDUOS SÓLIDOS.....	4
3.1.1 <i>Definição e Classificação</i>	4
3.1.2 <i>Caracterização dos Resíduos Sólidos Urbanos no Brasil</i>	5
3.1.3 <i>Disposição Final</i>	6
3.2 COMPOSTAGEM.....	9
3.2.1 <i>Fatores que influenciam a compostagem</i>	10
3.2.2 <i>Métodos de Compostagem</i>	13
3.2.3 <i>Os Custos da Compostagem</i>	15
3.3 DIGESTÃO ANAERÓBIA	17
3.3.1 <i>Fatores que influenciam a digestão anaeróbia</i>	17
3.3.2 <i>Os Custos da Digestão Anaeróbia</i>	18
3.4 POLÍTICA NACIONAL DE RESÍDUOS SÓLIDOS.....	19
3.4.1 <i>Planos de Resíduos Sólidos</i>	20
3.4.1.1 Plano Nacional de Resíduos Sólidos	21
3.4.1.2 Planos Estaduais de Resíduos Sólidos	22
3.4.1.3 Planos Municipais de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos.....	23
4 METODOLOGIA	25
5 RESULTADOS E DISCUSSÕES	26
5.1 PLANO NACIONAL DE RESÍDUOS SÓLIDOS	26
5.2 PLANO DE RESÍDUOS SÓLIDOS DO ESTADO DE SÃO PAULO	28
5.3 ESTUDO DE CASO: PMGIRS DE SOROCABA	30
5.3.1 <i>Plano Municipal de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos de Sorocaba</i>	30
5.4 SÍNTESE COMPARATIVA DAS METAS DOS PLANOS NACIONAL E ESTADUAL DE RESÍDUOS SÓLIDOS COM O PMGIRS DE SOROCABA	34
6 CONCLUSÃO	35
7 REFERÊNCIAS	36

1 INTRODUÇÃO

A quantidade de resíduos gerados em um país tem relação direta com a evolução de sua população, o nível de urbanização, o poder de compra dos habitantes, entre muitos outros fatores. Percebe-se também que o crescimento do PIB (produto interno bruto) acompanha o nível de aumento da geração de resíduos (BNDES, 2013).

Nas últimas décadas o aumento da geração de resíduos sólidos (RS) vem se tornando um problema para a gestão e o gerenciamento nos municípios brasileiros. Por isso a Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS), instituída pela Lei nº12.305 de 2010 e regulamentada pelo Decreto 7404 de 2010, vem em um momento importante, representando um avanço nas políticas públicas brasileiras que tratam deste tema.

No Brasil são gerados aproximadamente 62 milhões de toneladas por ano de resíduos sólidos urbanos (RSU) e deste total 51,4% são resíduos de matéria orgânica (ABRELPE, 2013). Os municípios brasileiros têm como prática realizar a disposição final de seus RSU em aterros sanitários (AS), porém com a instituição da PNRS fica vedada esta disposição para os resíduos que ainda apresentem possibilidade de outra destinação, como reutilização, reciclagem, recuperação energética, ou outro tratamento que viabilize algum uso posterior. Somente a disponibilização dos rejeitos deve ser feita em AS.

A fração orgânica dos RSU pode ser tratada através da digestão anaeróbia ou da compostagem, tecnologias estas que já vêm sendo estudadas há muitos anos, sendo assim, alternativas tecnológicas para a não disposição em aterros sanitários.

Se a compostagem fosse escolhida como forma de tratamento, aumentaria a vida útil do AS e o composto orgânico, proveniente do produto final da compostagem, promoveria o aproveitamento agrícola desta matéria orgânica. No caso da digestão anaeróbia, além do aumento da vida útil do AS e utilização do composto final na agricultura, teria-se o aumento da geração do biogás, devido às condições controladas de umidade e temperatura nos biodigestores, que permite a coleta de todo o biogás gerado, índice que varia de 20 a 40% de recuperação (BNDES, 2013).

A PNRS traz algumas exigências para os estados e municípios brasileiros, como por exemplo, a separação dos resíduos em secos e úmidos, a construção do Plano Nacional e dos Planos Estaduais de Resíduos Sólidos, e dos Planos Municipais de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos, que deveriam ter sido apresentados pelos municípios até a data de 02 de agosto de 2014, como condição para acesso aos recursos da União destinados a gestão e ao gerenciamento dos resíduos sólidos. Nestes planos devem ser apresentados, entre outras

coisas, metas, diretrizes e ações referentes à redução do percentual de resíduos úmidos destinados aos aterros sanitários.

Neste estudo fará se uma análise das metas, diretrizes e ações, referentes à gestão e ao gerenciamento da fração orgânica dos RSU, presentes no Plano Nacional de Resíduos Sólidos, no Plano de Resíduos Sólidos do Estado de São Paulo, para depois compará-las com as metas, diretrizes e ações apresentadas na versão preliminar do Plano Municipal de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos de Sorocaba-SP, pois se entende que há uma necessidade de avaliar estas metas já que fração orgânica é a mais representativa em peso dos resíduos sólidos urbanos.

2 OBJETIVOS

2.1 Objetivo Geral

Análise das metas para o tratamento da fração orgânica de resíduos sólidos urbanos dos planos de gestão de resíduos sólidos.

2.2 Objetivos Específicos

- i. Análise da Política Nacional de Resíduos Sólidos, Lei nº 12.305/2010, ao se tratar de tratamento da fração orgânica dos resíduos sólidos urbanos;
- ii. Analisar o Plano Municipal de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos do Município de Sorocaba no que diz respeito à gestão e ao gerenciamento da fração orgânica dos Resíduos Sólidos Urbanos, e o conteúdo mínimo que este deve apresentar;
- iii. Avaliar se as metas, referentes à gestão e ao gerenciamento da fração orgânica dos resíduos sólidos urbanos, do Plano Municipal de Gerenciamento Integrado de Resíduos Sólidos do Município de Sorocaba - SP estão condizentes com as metas do Plano Nacional de Resíduos Sólidos e do Plano de Resíduos Sólidos do Estado de São Paulo.

3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

3.1 Resíduos Sólidos

3.1.1 Definição e Classificação

A Lei nº 12.305 de agosto de 2010, regulamentada pelo Decreto 7404/2010, institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS), e define resíduos sólidos como:

material, substância, objeto ou bem descartado resultante de atividades humanas em sociedade, a cuja destinação final se procede, se propõe proceder ou se está obrigado a proceder, nos estados sólido ou semissólido, bem como gases contidos em recipientes e líquidos cujas particularidades tornem inviável o seu lançamento na rede pública de esgotos ou em corpos d'água, ou exijam para isso soluções técnica ou economicamente inviáveis em face da melhor tecnologia disponível (BRASIL, 2010a).

No Art. 13º desta mesma lei, os resíduos sólidos são classificados da seguinte forma:

I - quanto à origem:

- a) resíduos domiciliares: os originários de atividades domésticas em residências urbanas;
- b) resíduos de limpeza urbana: os originários da varrição, limpeza de logradouros e vias públicas e outros serviços de limpeza urbana;
- c) resíduos sólidos urbanos: os englobados nas alíneas “a” e “b”;
- d) resíduos de estabelecimentos comerciais e prestadores de serviços: os gerados nessas atividades, excetuados os referidos nas alíneas “b”, “e”, “g”, “h” e “j”;
- e) resíduos dos serviços públicos de saneamento básico: os gerados nessas atividades, excetuados os referidos na alínea “c”;
- f) resíduos industriais: os gerados nos processos produtivos e instalações industriais;
- g) resíduos de serviços de saúde: os gerados nos serviços de saúde, conforme definido em regulamento ou em normas estabelecidas pelos órgãos do Sisnama e do SNVS;

h) resíduos da construção civil: os gerados nas construções, reformas, reparos e demolições de obras de construção civil, incluídos os resultantes da preparação e escavação de terrenos para obras civis;

i) resíduos agrossilvopastoris: os gerados nas atividades agropecuárias e silviculturais, incluídos os relacionados a insumos utilizados nessas atividades;

j) resíduos de serviços de transportes: os originários de portos, aeroportos, terminais alfandegários, rodoviários e ferroviários e passagens de fronteira;

k) resíduos de mineração: os gerados na atividade de pesquisa, extração ou beneficiamento de minérios;

II - quanto à periculosidade:

a) resíduos perigosos: aqueles que, em razão de suas características de inflamabilidade, corrosividade, reatividade, toxicidade, patogenicidade, carcinogenicidade, teratogenicidade e mutagenicidade, apresentam significativo risco à saúde pública ou à qualidade ambiental, de acordo com lei, regulamento ou norma técnica;

b) resíduos não perigosos: aqueles não enquadrados na alínea “a” (BRASIL, 2010a).

3.1.2 Caracterização dos Resíduos Sólidos Urbanos no Brasil

De acordo com a Política Nacional de Resíduos Sólidos, os resíduos sólidos urbanos englobam os resíduos domiciliares, originários de atividades domésticas em residências urbanas, e os resíduos de limpeza urbana, originários da varrição, limpeza de logradouros e vias públicas e outros serviços de limpeza urbana.

Segundo ABRELPE (2013), a geração de resíduos sólidos urbanos é de mais de 62 milhões de toneladas por ano, e a coleta de RSU no Brasil é de mais de 56 milhões de toneladas ano, ou seja, 6,2 milhões de toneladas deixaram de ser coletadas no ano de 2012 e por consequência, tiveram algum tipo de destinação imprópria.

De acordo com o Plano Nacional de Resíduos Sólidos no ano de 2008 a geração de RSU foi de quase 67 milhões de toneladas por ano (183.481,50 t/dia) e sua composição gravimétrica, segundo estimativa, segue os percentuais da Tabela 1.

Tabela 1 - Estimativa da composição gravimétrica dos resíduos sólidos urbanos coletados no Brasil em 2008

Resíduos	Participação (%)	Quantidade (t/dia)
Material reciclável	31,9	58.527,40
Metals	2,9	5.293,50
Aço	2,3	4.213,70
Alumínio	0,6	1.079,90
Papel, papelão e tetrapak	13,1	23.997,40
Plástico total	13,5	24.847,90
Plástico filme	8,9	16.399,60
Plástico rígido	4,6	8.448,30
Vidro	2,4	4.388,60
Matéria orgânica	51,4	94.335,10
Outros	16,7	30.618,90
Total	100,0	183.481,50

Fonte: Brasil, 2012

Nota-se que a maior parcela dos RSU coletados é de matéria orgânica, daí se dá a importância de estudar e propor maneiras de gerenciar esse tipo de resíduo.

3.1.3 Disposição Final

De acordo com Brasil (2012), mais de 90%, em massa, dos resíduos são destinados para aterros controlados, lixões e aterros sanitários. A Tabela 2 mostra esses e outros destinos finais para os resíduos sólidos para os anos de 2000 e 2008.

Tabela 2 – Quantidade diária de resíduos sólidos domiciliares e/ou públicos encaminhados para diferentes formas de destinação final, para os anos 2000 e 2008

Destino Final	2000		2008	
	Quantidade (t/d)	%	Quantidade (t/d)	%
Aterro sanitário	49.614,50	35,4	110.044,40	58,3
Aterro Controlado	33.854,30	24,2	36.673,20	19,4
Vazadouros a céu aberto (Lixão)	45.484,70	32,5	37.360,80	19,8
Unidade de compostagem	6.364,50	4,5	1.519,50	0,8
Unidade de triagem para reciclagem	2.158,10	1,5	2.592,00	1,4
Unidade de incineração	483,10	0,3	64,80	<0,1
Vazadouro em áreas alagáveis	228,10	0,2	35,00	<0,1
Locais não fixos	877,30	0,6	SI	
Outra unidade	1.015,10	0,7	525,20	0,3
Total	140.080,70		188.814,90	

Fonte: Brasil, 2012

Percebe-se que a maior parte dos RSU são dispostas em aterros sanitários, porém ainda existe uma grande preocupação com a parcela que é disposta em vazadouros a céu aberto (lixão) e nos vazadouros em áreas alagáveis

Na Figura 1 é mostrada a destinação final dos resíduos sólidos em 2012.

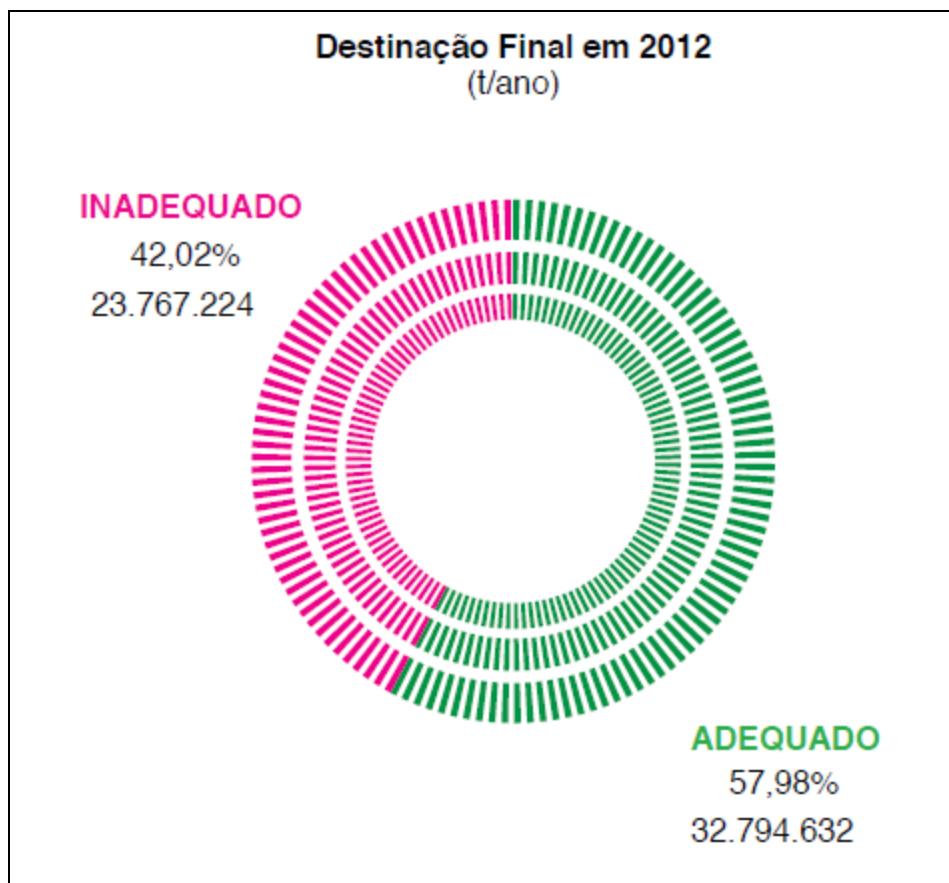


Figura 1 – Destinação final dos RSU coletados no Brasil

Fonte: ABRELPE, 2013

Pode se observar que 58% corresponde a destinação final adequada que entende-se por disposição dos rejeitos em aterros sanitários, porém 23,7 toneladas seguiram para lixões ou aterros controlados, que do ponto de vista ambiental pouco se diferenciam dos lixões (ABRELPE, 2013).

Para o Estado de São Paulo, segundo o Plano Estadual de Resíduos Sólidos de 2014, 590 municípios foram considerados como tendo uma destinação final adequada e 55, como não adequada. Estes dados foram coletados através do Índice de Qualidade de Aterro de Resíduo (IQR), este índice vem sendo apurado pela Cetesb desde 1997. Na Figura 2 é mostrado o mapa do Estado com a distribuição dos municípios de acordo com IQR

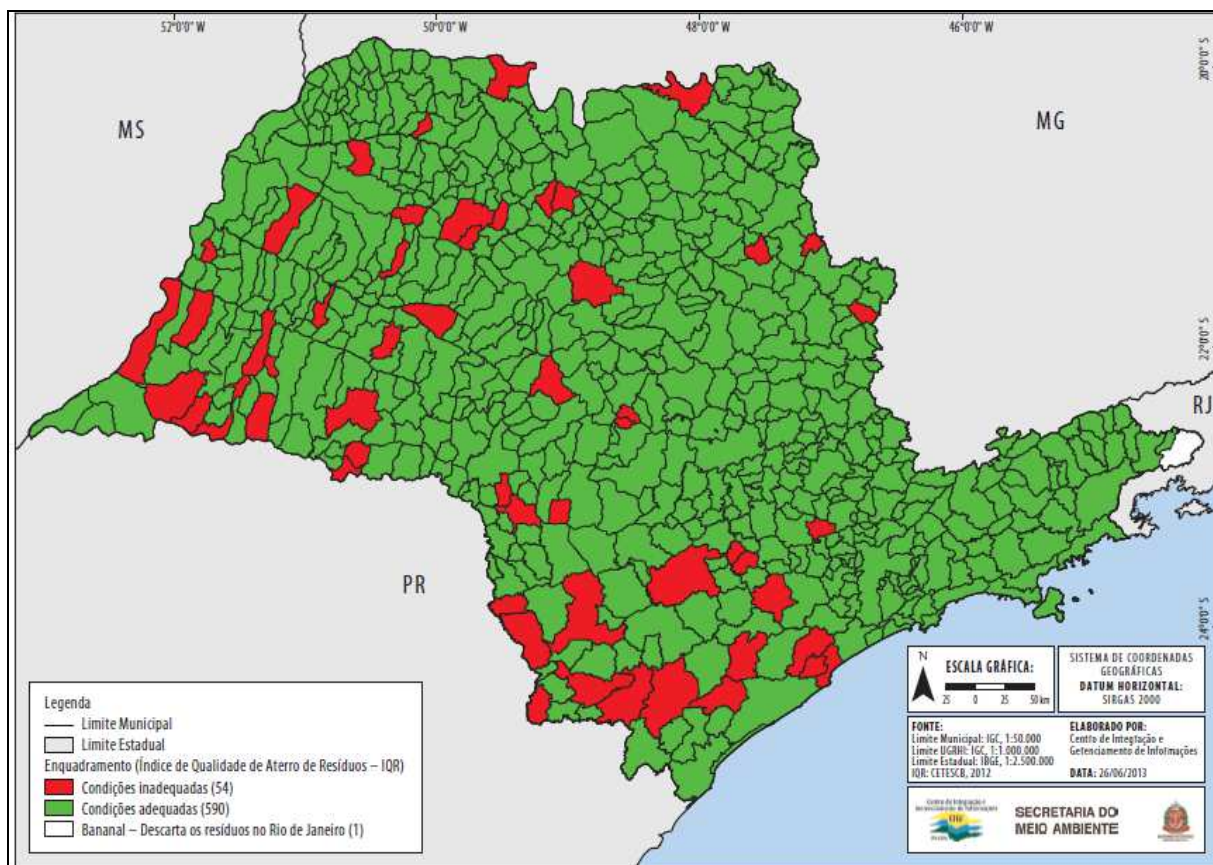


Figura 2 – Municípios com a indicação do enquadramento de acordo com a destinação final segundo o IQR
 Fonte: SMA, 2014

3.2 Compostagem

A NBR 13591/1996 da ABNT define compostagem, como o processo de decomposição biológica da fração orgânica biodegradável dos resíduos, realizado por uma população diversificada de organismos, em condições controladas de aerobiose e outros parâmetros, desenvolvido em duas etapas distintas, a saber: uma de degradação ativa e outra de maturação.

De acordo com BNDES (2013), a compostagem é o processo biológico da matéria orgânica contida em resíduos de origem animal e vegetal e que tem como produto final um composto, que é um condicionador do solo, visto que a matéria orgânica humificada está em maior produção, podendo ser aplicado no solo para melhorar suas características, sem ocasionar riscos ao meio ambiente.

Segundo Nóbrega (1991), a compostagem é definida como sendo um processo controlado, biológico e termofílico dividido em duas fases: sendo a primeira, onde ocorrem as reações bioquímicas mais intensas de oxidação, a fase ativa, e a segunda, onde ocorre a humificação do material anteriormente estabilizado, a fase de maturação. Por ocorrer sobre a

ação de agentes biológicos microbianos, a compostagem precisa de condições físicas e químicas adequadas para levar à formação de um composto de boa qualidade.

Na NBR 13591/1996, também é definido o conceito de Usina ou Unidade de Compostagem como instalação dotada de pátio de compostagem e conjunto de equipamentos eletromecânicos destinados a promover o tratamento das frações orgânicas dos resíduos domiciliares. O processo de compostagem a partir dos resíduos sólidos domiciliares se divide em duas diferentes fases, a saber: na primeira ocorre um tratamento mecânico, com objetivo de retirar da massa de resíduos os produtos recicláveis e indesejáveis, homogeneizando a massa de resíduos, já na segunda, o material é fermentado em leiras, completando o processo (Schalch *et al.*, 2002).

A produção de maus odores e o escoamento do lixiviado são os dois principais impactos ambientais negativos relacionados à compostagem, porém certos cuidados no processo permitem reduzir ou até mesmo, evitar esses impactos (MASSUKADO, 2008).

A compostagem apresenta diversas vantagens ambientais, como o aumento da vida útil do aterro sanitário, redução na geração de lixiviado e na emissão do gás metano, porém só se alcançará essas vantagens com um controle do processo, podendo assim atribuir qualidade ao composto produzido.

3.2.1 Fatores que influenciam a compostagem

a) Temperatura

Segundo Massukado (2008), existe uma preocupação com relação à utilização do composto proveniente da compostagem de resíduos sólidos para a sua aplicação no solo por causa da possibilidade da presença de microrganismos patogênicos, portanto trata-se de um parâmetro importante para assegurar a qualidade do processo. De acordo com Reis (2005), a manutenção da temperatura entre 65 °C e 70 °C, o tempo de exposição a essa temperatura, a extinção do substrato e dos nutrientes, e a competição entre espécies, são os principais fatores que ajudam para a eliminação desses organismos patogênicos.

A decomposição aeróbia da matéria orgânica através de reações exotérmicas é uma característica que os microrganismos decompositores possuem, ocasionando a elevação da temperatura da leira durante o processo de compostagem (PIRES, 2013). Segundo Rodrigues (2004), o tamanho da leira influencia para que as temperaturas ideais sejam alcançadas,

portanto admite-se um volume mínimo de 1m³ como suficiente para impedir a rápida dissipação de calor e umidade.

A temperatura da leira pode alcançar altos valores, superiores a 70 °C, sendo não recomendado, pois altos valores podem insolubilizar proteínas hidrossolúveis, anular a ação de microrganismos termotolerantes e a volatilização de amônia. A temperatura ideal do processo de compostagem é 55 °C, sendo sua faixa ideal entre 45 e 60 °C (HAUG,1993 e KIEHL, 2004).

b) Umidade

O teor de umidade considerado ótimo é o de 55%, e sua faixa ótima fica entre 40 e 60%, sendo que valores acima de 65% levam a anaerobiose do sistema, causando a liberação de maus odores (PIRES,2013 apud HAUG,1993 e KIEHL, 2004).

As condições físicas iniciais do resíduo orgânico e o estágio em que se encontra a decomposição na leira são fatores que influenciam no teor de umidade. A fração orgânica dos resíduos domiciliares apresenta umidade de 55%, geralmente, portanto a compostagem se torna uma alternativa interessante como forma de tratamento desta fração (MASSUKADO, 2008).

c) Aeração

De acordo com Kiehl (2004) a aeração durante o processo de compostagem é o fator mais importante a ser considerado, caso esta não seja eficiente, o tempo de degradação se tornará maior devido a transformação do processo em anaeróbico, o que levará a uma produção de maus odores, gases poluentes, e um composto mais ácido e de baixa qualidade.

Para dar início ao processo de compostagem, ou seja, na primeira etapa, a de rápida degradação, se faz necessário uma grande quantidade de oxigênio, sendo que a quantidade total de oxigênio no processo completo de compostagem depende do tipo de resíduo, do tamanho da partícula, da umidade do substrato e do estágio em que ela se encontra (USEPA, 1994).

A aeração pode ser feita tanto por revolvimento ou injeção de ar, sendo que a primeira pode ser feita de maneira manual ou mecanizada. O revolvimento possui três importantes finalidades: a diminuição da concentração de gás carbônico e vapor d'água; possibilitar que a

camada mais externa tenha um aumento na temperatura com finalidade no controle dos patógenos; mistura da camada mais externa com a camada inferior que é mais úmida tornando homogenia a massa de compostagem (PIRES, 2013).

Segundo Massukado (2008), a escolha do método de aeração dependerá do tamanho das leiras, da disponibilidade de mão de obra e da localização da unidade de compostagem, sendo que o revolvimento manual é indicado para leiras de menor porte, até 500 Kg, e o revolvimento mecânico em leiras de maior porte, onde possa se encontrar mão de obra qualificada para a operação dos equipamentos. Quando não há muito espaço disponível e a unidade de compostagem se encontra próxima a habitações e equipamentos urbanos, o método de revolvimento por injeção de ar se torna uma saída interessante (MASSUKADO, 2008).

d) Relação carbono/nitrogênio (C/N)

A relação ótima C/N para o início do processo de compostagem é de 33/1, sendo que o composto final, humificado a relação deve estar entre 8/1 a 12/1, porém um composto com relação final de 18/1, considerado semicurado ou bioestabilizado já pode ser utilizado como fertilizante orgânico sem poder causar danos as plantas (PIRES, 2013 *apud* KIEHL, 2004).

Essa relação recomendada deve ser atendida, pois o carbono orgânico somente será degradado se houver nitrogênio suficiente para o crescimento dos microrganismos, ocasionando assim um desenvolvimento adequado da compostagem (MASSUKADO, 2008)

e) Tamanho das partículas

Segundo Pires (2013), o tempo e a qualidade da compostagem são influenciados diretamente pelo tamanho das partículas a serem compostadas, pois é ela quem dita o movimento de líquidos e gases na leira. De acordo com o mesmo, o tamanho da partícula é inversamente proporcional ao tempo de compostagem, isso se deve ao fato de quanto menos a partícula, maior a sua superfície de contato, ocasionando assim uma maior degradação da matéria orgânica.

Todavia, é observado na prática que o processo se torna anaeróbico, devido a dificuldade em criar-se um fluxo de oxigênio na leira, quanto menor for as partículas, pois o

composto fica mais compactado e conseqüentemente encharcado (PIRES, 2013 apud KIEHL, 2004).

pH

De acordo com Diaz e Savage (2007), a faixa ótima do pH está entre 5,5 e 8,0, porém essa faixa pode variar de 3 a 11. A primeira fase da degradação aeróbia é caracterizada por um rebaixamento do pH devido a liberação de ácidos orgânicos no meio, porém no final do processo, com a degradação finalizada, a leira pode atingir valores superiores a 8,0 de pH (PIRES, 2013).

3.2.2 Métodos de Compostagem

O processo de compostagem é considerado uma das formas mais antigas de reciclagem de resíduos orgânicos (NÓBREGA, 1991). Segundo BNDES (2013), os principais tipos de compostagem são: compostagem artesanal; compostagem com reviramento mecânico; compostagem em pilhas estáticas com aeração forçada; compostagem em recintos fechados com aeração forçada. Porém, de uma maneira geral, o método natural e o método acelerado são os dois métodos pelos quais o processo de compostagem pode acontecer.

O método natural, por leiras revolvidas (*windrow*), é realizado através de reviramentos periódicos, da fração orgânica dos resíduos, com auxílio de equipamentos apropriados, alcançando assim a aeração necessária para a decomposição biológica, levando um tempo de três a quatro meses para o que o processo se complete (BNDES, 2013). Esse método recebe o nome de compostagem natural, pois o processo é realizado sem a utilização de equipamentos eletromecânicos para seu revolvimento, sendo a aeração realizada apenas naturalmente (NBR 13591, 1996 e KIEHL, 2004). A Figura 3 mostra um exemplo desse método com reviramento mecânico.



Figura 3 – Método natural de aeração que utiliza reviramento mecânico das leiras. (a) Unidade de compostagem de Montgomery e (b) detalhamento do equipamento utilizado.

Fonte: BNDES, 2013 *apud* GRS/UFPE, 2012.

Já o método acelerado, por leiras estáticas aeradas (*static piles*), é realizado através de uma aeração forçada por tubulações perfuradas sobre as quais se colocam as pilhas de resíduos, ou em reatores rotatórios, onde os resíduos são colocados dentro deles e são avançados no sentido contrário da corrente de ar, posteriormente são dispostos em pilhas como no método natural. O processo total leva de dois a três meses para se concluir, sendo que o resíduo gasta cerca de quatro dias no reator (BNDES, 2013). A Figura 4 mostra um esquema do método acelerado de compostagem.

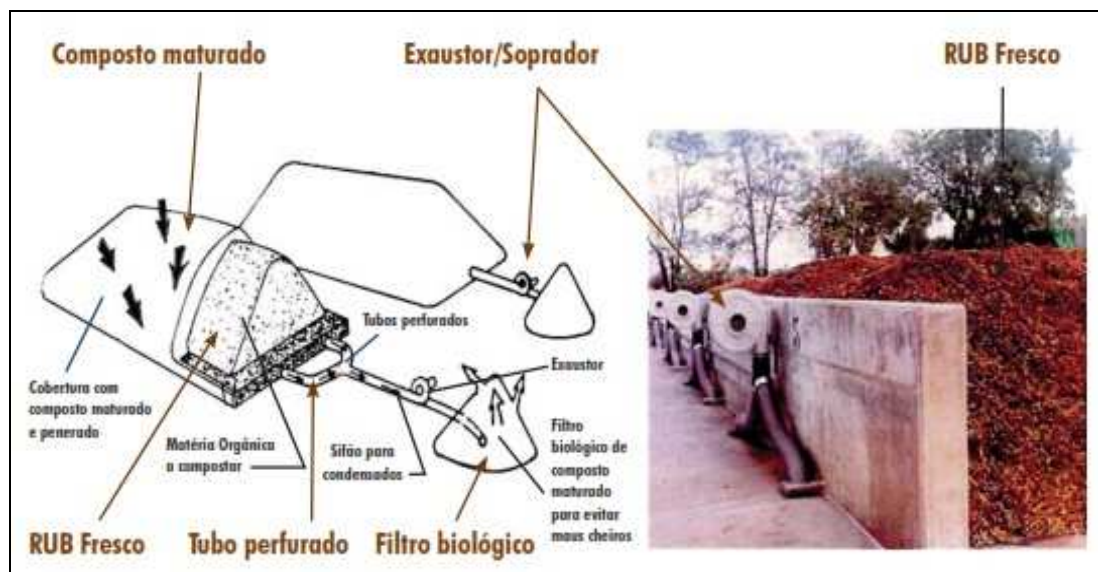


Figura 4 – Esquema de método acelerado de compostagem.

Fonte: BNDES, 2013 *apud* GRS/UFPE, 2012.

3.2.3 Os Custos da Compostagem

Segundo Schalch *et al.* (2002), o método “acelerado” é recomendado para unidades com processamento superior a 200 t/dia. Para tal método se estima um custo médio de investimento por tonelada diária de capacidade instalada de US\$ 25.000, porém nesse valor não está incluso o gasto com a aquisição da área, terraplanagem e preparo do pátio de compostagem. Os dados brasileiros são bastante imprecisos, pois dependem de uma série de fatores, tais como: inclusão dos custos de manutenção, propriedade e comercialização do composto e dos recicláveis (SCHALCH *et al.*, 2002).

O composto proveniente dos resíduos domiciliares só poderá ser comercializado se possuir registro do composto junto ao Ministério de Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA), para isso o composto produzido deverá estar isento de contaminantes e atender aos padrões de qualidades estabelecidos pelo mesmo. De acordo com MAPA (2014), em um processo que demora entorno de um ano, já se consegue obter o registro do composto e o registro profissional.

Segundo Schalch *et al.* (2002) o método natural é recomendado para uma população até 150.000 habitantes e o método acelerado para populações superiores a 300.000 habitantes.

Nas figuras abaixo são apresentados os custos de instalação (Gráfico 1) e os de operação (Gráfico 2).

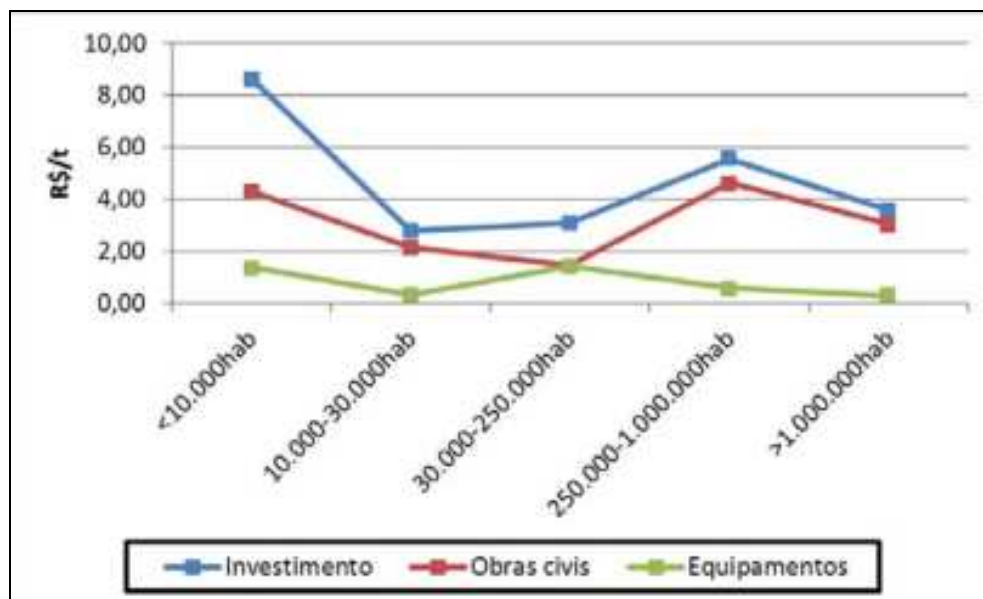


Gráfico 1 – Custos de implantação de unidades de compostagem.
Fonte: BNDES, 2013.

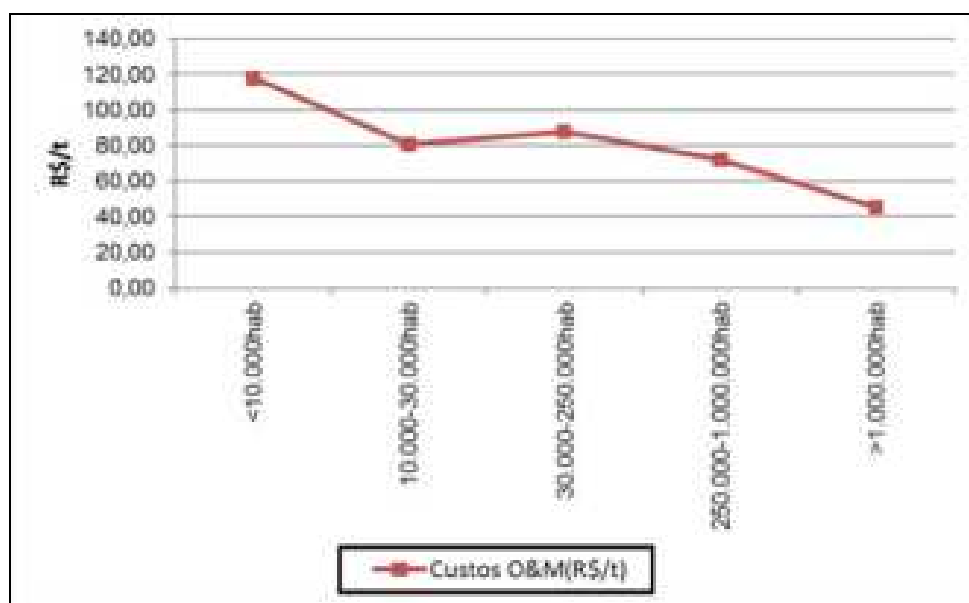


Gráfico 2 – Custos unitários de operação de unidades de compostagem.
Fonte: BNDES, 2013.

Percebe-se que os custos de implantação diminuem com o aumento da população, até a faixa de 30 mil habitantes, posteriormente os custos voltam a crescer, para depois caírem com populações bem mais significativas. A curva do custo unitário de operação tem um padrão parecido com a curva de implantação. No caso de o composto ser totalmente comercializado, a implantação das unidades se mostra viável em todas as faixas populacionais consideradas BNDES (2013).

3.3 Digestão Anaeróbia

A digestão anaeróbia é um processo de conversão da matéria orgânica que ocorre em dois estágios, em condições de ausência de oxigênio livre, sendo que primeiramente, ocorre a conversão de orgânicos complexos em materiais como ácidos voláteis, e posteriormente, a conversão destes ácidos orgânicos, do gás carbônico e hidrogênio em metano e gás carbônico, seus produtos finais gasosos (CHERNICHARO, 1997).

Segundo BNDES (2013), de uma maneira geral, as unidades de digestão anaeróbia podem ser resumidas tecnicamente em quatro estágios, a saber: pré-tratamento, digestão dos resíduos, recuperação do biogás e tratamento dos resíduos digeridos, ocorrendo nesta ordem escrita.

O processo de digestão anaeróbia ocorre em quatro etapas bem distintas, a saber, (PIRES, 2013):

- **Hidrólise** - As proteínas são repartidas em aminoácidos, os carboidratos transformados em açúcares e os lipídeos em ácidos graxos de cadeias longas, ou seja, toda a matéria orgânica é transformada em compostos menores.
- **Acidogênese** - Os compostos, já dissolvidos, são agora transformados em ácidos graxos voláteis, alcoóis, ácido láctico, compostos minerais e substâncias orgânicas simples. Toda a etapa de acidogênese é realizada por bactérias anaeróbias obrigatórias e facultativas simultaneamente.
- **Acetogênese** – É a transformação dos produtos da etapa anterior em compostos como o acetato, hidrogênio e o dióxido de carbono, compostos estes, que servirão para a formação do metano.
- **Metanogênese** – Essa é a etapa para a produção do metano, que pode ocorrer através da redução de ácido acético (metanogênese acetotrófica) ou pela redução de dióxido de carbono (metanogênese hidrogenotrófica).

3.3.1 Fatores que influenciam a digestão anaeróbia

a) Temperatura

A temperatura considerada ótima para a digestão anaeróbia é 35°C, e sua faixa ótima é de 25 a 45 °C, sendo que temperaturas acima de 45 °C acarretam em uma baixa produção de biogás devido a diminuição da atividade metanogênica, e temperaturas abaixo de 25 °C

acarretará numa menor degradação dos resíduos, na diminuição da velocidade de crescimento microbiano e também, numa diminuição da produção de biogás (PIRES, 2013).

b) pH

A faixa ótima de pH é de 6,6 a 7,4, considerando a etapa da metanogênese, pois para cada etapa da digestão anaeróbia existe uma faixa ótima de pH (FORESTI, 1994).

c) Umidade

A degradação da matéria orgânica é um processo que consome muita água, portanto acaba se tornando uma tarefa difícil manter a umidade do processo elevado, porém, sabe-se que uma faixa de umidade entre 60 e 80 %, é a que apresenta uma maior produção de metano (PIRES, 2013).

d) Relação Carbono/Nitrogênio

A relação C/N é um fator limitante no processo de digestão anaeróbia, sendo assim, as vezes se faz necessário realizar misturas de vários tipos de resíduos em favor de se manter a relação C/N ideal, que é considerada ideal entre 20 e 35 (PIRES, 2013 *apud* LEE *et al.*, 2009)

3.3.2 Os Custos da Digestão Anaeróbia

Os custos relacionados aos processos da digestão anaeróbia podem se tornarem economicamente viáveis, a medida que reduzem os custos com a disposição em aterros sanitários, alcance-se receita derivada da produção e comercialização de energia renovável e também a possibilidade de comercialização de créditos de carbono. Sabe-se que até a presente data, não existem que trate resíduos sólidos urbanos no Brasil (BNDES, 2013).

Os estudos do BNDES (2013) comparou dois tipos de unidades, uma com capacidade de processamento de 20.000 t/ano e a outra com capacidade de 72.000 t/ano, considerando-se que seu emprego seria viável apenas em municípios com população superior a 100.000 habitantes, já que é uma tecnologia ainda não utilizada no Brasil (BNDES, 2013). É apresentada na Figura 5, uma síntese da análise dos custos de implantação, operação e manutenção para unidades de digestão anaeróbia.

Síntese da análise de implantação de unidades de digestão anaeróbia.

ITEM	VALORES (R\$)	%	VALORES	%
CAPACIDADE DE TRATAMENTO (t/ano)	20.000,00		72.700,00	
CUSTOS TOTAIS DE INVESTIMENTO				
Custo Unitário de Investimento (R\$/t)	37,12		35,54	
Custos Fixos de Operação (Mão de Obra) (R\$/ano)	439.582,00	22%	439.582,00	12%
Custos de Insumos, Manutenção e seguros (R\$)	1.560.418,00	78%	3.195.418,00	88%
CUSTOS TOTAIS DE OPERAÇÃO E MANUTENÇÃO (R\$/ano)	2.000.000,00		3.635.000,00	
Custo Unitário de operação e manutenção (R\$/t)	100,00		50,00	

Figura 5 - Síntese da análise de implantação de unidades de digestão anaeróbia.
Fonte: BNDES, 2013.

Como no caso para a implantação de unidades de compostagem, os custos de mão de obra são inferiores aos custos de manutenção, os quais aumentam com a capacidade instalada e de acordo com esta capacidade os custos unitários de investimentos variam (BNDES, 2013).

3.4 Política Nacional de Resíduos Sólidos

Com o crescimento econômico e o desenvolvimento de novas tecnologias cada vez mais acelerado, fica claro a necessidade de políticas públicas para manter-se assegurada a qualidade do meio ambiente, sendo assim, surge em 2010 a Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS) instituída pela Lei nº 12.305/2010 e regulamentada pelo Decreto 7404/2010.

Na PNRS tem-se um conjunto de objetivos, diretrizes, metas, dentre outros princípios, para que se possa alcançar uma gestão integrada e um gerenciamento ambientalmente adequado dos resíduos sólidos.

No Art. 9º da PNRS é estabelecida uma ordem de prioridades para se alcançar na gestão e no gerenciamento dos resíduos, a saber: não geração, redução, reutilização, reciclagem, tratamento dos resíduos sólidos e disposição final ambientalmente adequada dos rejeitos (Figura 6).

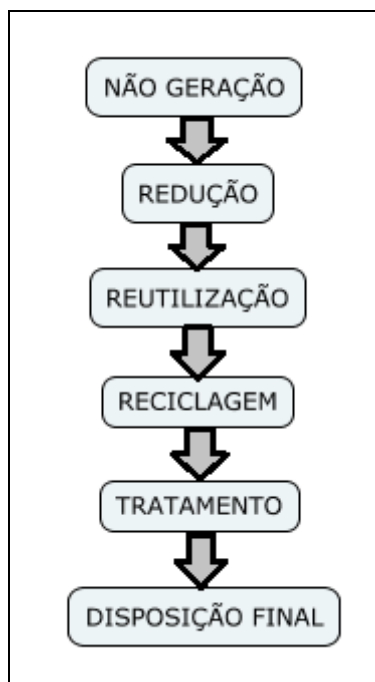


Figura 6 – Hierarquia da gestão dos resíduos sólidos

Também é definido em seu Art. 3º o conceito de rejeito 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” (BRASIL, 2010a).

Portanto entende-se que a fração orgânica dos resíduos sólidos urbanos não pode ser tratada como rejeito e ser disposta em aterros sanitários, como comumente é feita pelos municípios no Brasil, já que existem tecnologias disponíveis e economicamente viáveis.

Isso se torna mais claro quando em seu Art. 36, definindo que o titular dos serviços públicos de limpeza urbana e de manejo de resíduos sólidos, caso observado à existência de plano municipal de gestão integrada de resíduos sólidos, a implantação de sistema de compostagem para resíduos sólidos orgânicos e deverá ser articulado com os agentes econômicos e sociais formas de utilização do composto produzido (BRASIL, 2010a).

Nos tópicos a seguir serão mostrados os conteúdos mínimos que os planos de resíduos sólidos devem apresentar previstos em lei.

3.4.1 Planos de Resíduos Sólidos

Os Planos de Resíduos Sólidos são instrumentos importantes que dispõem de diretrizes, metas, planos e ações de gestão e gerenciamento para o cumprimento da PNRS.

De acordo com o Art. 8º da Política Nacional de Resíduos Sólidos, os planos de resíduos sólidos são considerados como um dos instrumentos da política, e em seu Art. 14º são considerados planos de resíduos sólidos:

- I - o Plano Nacional de Resíduos Sólidos;
- II - os planos estaduais de resíduos sólidos;
- III - os planos microrregionais de resíduos sólidos e os planos de resíduos sólidos de regiões metropolitanas ou aglomerações urbanas;
- IV - os planos intermunicipais de resíduos sólidos;
- V - os planos municipais de gestão integrada de resíduos sólidos;
- VI - os planos de gerenciamento de resíduos sólidos (BRASIL, 2010a).

3.4.1.1 Plano Nacional de Resíduos Sólidos

No Art. 15º, da PNRS, fica intitulado que a União elaborará o Plano Nacional de Resíduos Sólidos, com horizonte para 20 anos, devendo ser atualizado a cada 4 anos, tendo como conteúdo mínimo:

- I - diagnóstico da situação atual dos resíduos sólidos;
- II - proposição de cenários, incluindo tendências internacionais e macroeconômicas;
- III - metas de redução, reutilização, reciclagem, entre outras, com vistas a reduzir a quantidade de resíduos e rejeitos encaminhados para disposição final ambientalmente adequada;
- IV - metas para o aproveitamento energético dos gases gerados nas unidades de disposição final de resíduos sólidos;
- V - metas para a eliminação e recuperação de lixões, associadas à inclusão social e à emancipação econômica de catadores de materiais reutilizáveis e recicláveis;
- VI - programas, projetos e ações para o atendimento das metas previstas;
- VII - normas e condicionantes técnicas para o acesso a recursos da União, para a obtenção de seu aval ou para o acesso a recursos administrados, direta ou indiretamente, por entidade federal, quando destinados a ações e programas de interesse dos resíduos sólidos;
- VIII - medidas para incentivar e viabilizar a gestão regionalizada dos resíduos sólidos;
- IX - diretrizes para o planejamento e demais atividades de gestão de resíduos sólidos das regiões integradas de desenvolvimento instituídas por lei complementar, bem como para as áreas de especial interesse turístico;
- X - normas e diretrizes para a disposição final de rejeitos e, quando couber, de resíduos;

XI - meios a serem utilizados para o controle e a fiscalização, no âmbito nacional, de sua implementação e operacionalização, assegurado o controle social.

Parágrafo único. O Plano Nacional de Resíduos Sólidos será elaborado mediante processo de mobilização e participação social, incluindo a realização de audiências e consultas públicas (BRASIL, 2010a).

3.4.1.2 Planos Estaduais de Resíduos Sólidos

A elaboração de plano estadual de resíduos sólidos fica de condição para que os Estados possam ter acessos a recursos da União, para serem destinados a empreendimentos e serviços relacionados à gestão de resíduos sólidos, segundo o Art. 16º da PNRS, já em seu Art. 17º diz que o plano será elaborado, abrangendo todo o território do Estado, tendo como conteúdo mínimo:

I - diagnóstico, incluída a identificação dos principais fluxos de resíduos no Estado e seus impactos socioeconômicos e ambientais;

II - proposição de cenários;

III - metas de redução, reutilização, reciclagem, entre outras, com vistas a reduzir a quantidade de resíduos e rejeitos encaminhados para disposição final ambientalmente adequada;

IV - meta;

V - metas para a eliminação e recuperação de lixões, associadas à inclusão social e à emancipação econômica de catadores de materiais reutilizáveis e recicláveis;

VI - programas, projetos e ações para o atendimento das metas previstas;

VII - normas e condicionantes técnicas para o acesso a recursos do Estado, para a obtenção de seu aval ou para o acesso de recursos administrados, direta ou indiretamente, por entidade estadual, quando destinados às ações e programas de interesse dos resíduos sólidos;

VIII - medidas para incentivar e viabilizar a gestão consorciada ou compartilhada dos resíduos sólidos;

IX - diretrizes para o planejamento e demais atividades de gestão de resíduos sólidos de regiões metropolitanas, aglomerações urbanas e microrregiões;

X - normas e diretrizes para a disposição final de rejeitos e, quando couber, de resíduos, respeitadas as disposições estabelecidas em âmbito nacional;

XI - previsão, em conformidade com os demais instrumentos de planejamento territorial, especialmente o zoneamento ecológico-econômico e o zoneamento costeiro, de:

a) zonas favoráveis para a localização de unidades de tratamento de resíduos sólidos ou de disposição final de rejeitos;

b) áreas degradadas em razão de disposição inadequada de resíduos sólidos ou rejeitos a serem objeto de recuperação ambiental;

XII - meios a serem utilizados para o controle e a fiscalização, no âmbito estadual, de sua implementação e operacionalização, assegurado o controle social (BRASIL, 2010a).

3.4.1.3 Planos Municipais de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos

A elaboração dos PMGIRS fica de condição para que os municípios possam ter acessos a recursos da União, para serem destinados a empreendimentos e serviços relacionados à gestão de resíduos sólidos, segundo o Art. 18º da PNRS, já em seu Art. 19º diz que o plano tem como conteúdo mínimo:

I - diagnóstico da situação dos resíduos sólidos gerados no respectivo território, contendo a origem, o volume, a caracterização dos resíduos e as formas de destinação e disposição final adotadas;

II - identificação de áreas favoráveis para disposição final ambientalmente adequada de rejeitos, observado o plano diretor de que trata o § 1o do art. 182 da Constituição Federal e o zoneamento ambiental, se houver;

III - identificação das possibilidades de implantação de soluções consorciadas ou compartilhadas com outros Municípios, considerando, nos critérios de economia de escala, a proximidade dos locais estabelecidos e as formas de prevenção dos riscos ambientais;

IV - identificação dos resíduos sólidos e dos geradores sujeitos a plano de gerenciamento específico nos termos do art. 20 ou a sistema de logística reversa na forma do art. 33, observadas as disposições desta Lei e de seu regulamento, bem como as normas estabelecidas pelos órgãos do Sisnama e do SNVS;

V - procedimentos operacionais e especificações mínimas a serem adotados nos serviços públicos de limpeza urbana e de manejo de resíduos sólidos, incluída a disposição final ambientalmente adequada dos rejeitos e observada a Lei nº 11.445, de 2007;

VI - indicadores de desempenho operacional e ambiental dos serviços públicos de limpeza urbana e de manejo de resíduos sólidos;

VII - regras para o transporte e outras etapas do gerenciamento de resíduos sólidos de que trata o art. 20, observadas as normas estabelecidas pelos órgãos do Sisnama e do SNVS e demais disposições pertinentes da legislação federal e estadual;

VIII - definição das responsabilidades quanto à sua implementação e operacionalização, incluídas as etapas do plano de gerenciamento de resíduos sólidos a que se refere o art. 20 a cargo do poder público;

IX - programas e ações de capacitação técnica voltados para sua implementação e operacionalização;

X - programas e ações de educação ambiental que promovam a não geração, a redução, a reutilização e a reciclagem de resíduos sólidos;

- XI - programas e ações para a participação dos grupos interessados, em especial das cooperativas ou outras formas de associação de catadores de materiais reutilizáveis e recicláveis formadas por pessoas físicas de baixa renda, se houver;
- XII - mecanismos para a criação de fontes de negócios, emprego e renda, mediante a valorização dos resíduos sólidos;
- XIII - sistema de cálculo dos custos da prestação dos serviços públicos de limpeza urbana e de manejo de resíduos sólidos, bem como a forma de cobrança desses serviços, observada a Lei nº 11.445, de 2007;
- XIV - metas de redução, reutilização, coleta seletiva e reciclagem, entre outras, com vistas a reduzir a quantidade de rejeitos encaminhados para disposição final ambientalmente adequada;
- XV - descrição das formas e dos limites da participação do poder público local na coleta seletiva e na logística reversa, respeitado o disposto no art. 33, e de outras ações relativas à responsabilidade compartilhada pelo ciclo de vida dos produtos;
- XVI - meios a serem utilizados para o controle e a fiscalização, no âmbito local, da implementação e operacionalização dos planos de gerenciamento de resíduos sólidos de que trata o art. 20 e dos sistemas de logística reversa previstos no art. 33;
- XVII - ações preventivas e corretivas a serem praticadas, incluindo programa de monitoramento;
- XVIII - identificação dos passivos ambientais relacionados aos resíduos sólidos, incluindo áreas contaminadas, e respectivas medidas saneadoras;
- XIX - periodicidade de sua revisão, observado prioritariamente o período de vigência do plano plurianual municipal (BRASIL, 2010a).

4 METODOLOGIA

Este trabalho, primeiramente, apresentou dois diferentes tipos de método para o tratamento da matéria orgânica dos resíduos sólidos urbanos, um aeróbio e o outro anaeróbio, compostagem e digestão anaeróbia respectivamente, utilizando como base bibliográfica dissertações, teses, livros técnicos, sites, entre outros.

Feito isso, foi realizado um estudo da Política Nacional de Resíduos Sólidos para levantar quais eram as obrigações dos municípios com relação aos resíduos gerados em seus municípios, dando-se uma atenção especial para a fração orgânica dos resíduos sólidos urbanos. Foi levantado, através das legislações, o conteúdo mínimo que os planos de resíduos, nacional, estadual e municipal, deveriam possuir.

Foram levantadas as metas apresentadas tanto no Plano Nacional de Resíduos Sólidos, como as do Plano de Resíduos Sólidos do Estado de São Paulo, em relação à gestão e ao gerenciamento da fração orgânica dos resíduos sólidos urbanos, para que assim fosse possível avaliar se as diretrizes, objetivos e metas, apresentadas no Plano Municipal de Gestão Integrada dos Resíduos Sólidos de Sorocaba – SP estão compatíveis com as metas apresentadas no plano nacional e no estadual.

Foi utilizada a versão final do PMGIRS de Sorocaba disponibilizada pela própria prefeitura. Faz-se a ressalva que até a data da publicação deste trabalho o plano ainda não tinha sido aprovado pela câmara dos vereadores de Sorocaba.

5 RESULTADOS E DISCUSSÕES

5.1 Plano Nacional de Resíduos Sólidos

Em Agosto de 2012 foi publicada uma versão preliminar do Plano Nacional de Resíduos Sólidos, e é esta versão que será analisada neste estudo, salve a ressalva de que esta versão preliminar deverá ser substituída pela versão que for publicada em Decreto Municipal.

Neste estudo dá-se ênfase às diretrizes, estratégias e metas referentes à gestão e ao gerenciamento dos resíduos sólidos urbanos, com enfoque na fração orgânica dos RSU.

No capítulo 4, “Diretrizes e Estratégias”, o plano apresenta algumas diretrizes relacionadas à gestão e ao gerenciamento da fração orgânica dos resíduos sólidos urbanos, como por exemplo, desenvolver tecnologias para reduzir a disposição final em aterros sanitários. Em outro tópico, “Redução de Resíduos Sólidos Urbanos Úmidos dispostos em aterros sanitários e Tratamento e Recuperação de Gases em aterros sanitários”, tem como diretriz a indução da compostagem, com produção de composto orgânico para fins agricultáveis, e aproveitamento energético do biogás gerado na biodigestão (digestão anaeróbia) ou em aterros, e desenvolver outras tecnologias visando a geração de energia a partir da parcela úmida de RSU, conforme estratégias, dentre algumas delas:

- Implementar melhorias na segregação da parcela úmida dos RSU, para uma melhor qualidade da fração orgânica;
- Elaborar manuais e cartilhas para a conscientização da população para a importância da segregação na fonte;
- Disponibilizar recursos e incentivos fiscais para implantação de unidades de compostagem e biodigestão;
- Incentivar o setor produtivo para o uso de compostos orgânicos;
- Induzir e incentivar a compostagem domiciliar, quando de baixo volume gerado, e para os grandes geradores, destinar áreas específicas nos seus estabelecimentos para a prática da mesma;

Em outra diretriz fala-se sobre a “Qualificação da Gestão dos Resíduos Sólidos”, e diz que se deve fortalecer a gestão dos serviços públicos de limpeza urbana e de manejo de resíduos sólidos urbanos, através de instrumentos como planos estaduais, microrregionais, intermunicipais e municipais, estudos de regionalização e constituição de consórcios públicos, além de instrumento de cobrança específica para os serviços de limpeza urbana e manejo de

RSU, para isso são citadas no plano varias estratégias. Vale ressaltar que alguns desses instrumentos, como os planos e estudos, são condições para que os Estados, Distrito Federal e Municípios possam ter acesso aos recursos da União a serem usados na gestão e gerenciamento dos RSU.

No capítulo 5, “Metas”, são apresentas as metas para as diretriz e estratégias referentes ao Plano Nacional de Resíduos Sólidos. Na Figura 7 são mostradas as metas relacionadas a redução do percentual de resíduos úmidos dispostos em AS.

Meta	Região	Plano de Metas				
		2015	2019	2023	2027	2031
Redução do percentual de resíduos úmidos disposto em aterros, com base na caracterização nacional realizada em 2013	Brasil	19	28	38	46	53
	Região Norte	10	20	30	40	50
	Região Nordeste	15	20	30	40	50
	Região Sul	30	40	50	55	60
	Região Sudeste	25	35	45	50	55
	Região Centro-oeste	15	25	35	45	50

Figura 7 – Redução do percentual de resíduos úmidos dispostos em aterros (%).

Fonte: Brasil, 2012

Observa-se que a meta para o ano de 2031, que é o horizonte de 20 anos do plano, é reduzir em 53% a quantidade de resíduos úmidos que são dispostos em aterros

Já em relação à diretriz de qualificação da gestão dos resíduos sólidos, a Figura 8 e a Figura 9, mostram as metas para a elaboração dos planos estaduais e dos planos intermunicipais e municipais, respectivamente

Meta	Região	Plano de Metas				
		2015	2019	2023	2027	2031
Planos estaduais elaborados até 2013	Brasil	100	-	-	-	-
	Região Norte	100	-	-	-	-
	Região Nordeste	100	-	-	-	-
	Região Sul	100	-	-	-	-
	Região Sudeste	100	-	-	-	-
	Região Centro-oeste	100	-	-	-	-

Figura 8 – Planos estaduais elaborados até 2013.

Fonte: Brasil, 2012

Meta	Região	Plano de Metas				
		2015	2019	2023	2027	2031
Municípios com planos intermunicipais, microrregionais ou municipais elaborados até 2014	Brasil	100	-	-	-	-
	Região Norte	100	-	-	-	-
	Região Nordeste	100	-	-	-	-
	Região Sul	100	-	-	-	-
	Região Sudeste	100	-	-	-	-
	Região Centro-oeste	100	-	-	-	-

Figura 9 – Planos intermunicipais e municipais elaborados até 2014

Fonte: Brasil, 2012

Percebe-se que a projeção do plano é que no ano de 2015 todos os estados e municípios já tenham seus planos elaborados.

5.2 Plano de Resíduos Sólidos do Estado de São Paulo

A PNRS, em seu Art. 55º, diz que os estados brasileiros tinham até 02 de agosto de 2012 para elaborarem seus respectivos Planos Estaduais de Resíduos Sólidos, porém o Plano de Resíduos Sólidos do Estado de São Paulo só foi finalizado em 2014, atingindo a meta do Plano Nacional de Resíduos Sólidos que em 2015 todos os Estados já tenham seus planos de resíduos sólidos elaborados.

Assim como a PNRS a Política Estadual de Resíduos Sólidos de São Paulo (PERS), Lei 12.300 de 16 de março de 2006, já previa em seu art. 4º a elaboração de Plano Estadual de Resíduos Sólidos como instrumento da política estadual. Como a PERS é anterior a PNRS, existem algumas conceituações diferenciadas, como por exemplo, os resíduos de drenagem e os resíduos de estabelecimentos comerciais também são considerados resíduos sólidos urbanos

Assim como na análise feita sobre o Plano Nacional de Resíduos Sólidos, para o Plano de Resíduos Sólidos do Estado de São Paulo também dará ênfase nas diretrizes, estratégias e metas referentes à gestão e ao gerenciamento dos resíduos sólidos urbanos, dando enfoque na fração orgânica dos RSU.

No capítulo “Diretrizes, Metas e Ações” uma das diretrizes, fala sobre o aprimoramento da gestão dos resíduos no Estado de São Paulo, e traz como uma das metas o prazo para a elaboração dos planos intermunicipais e municipais (Tabela 3).

Tabela 3 - Prazos para a elaboração dos planos intermunicipais e municipais

Meta	Plano de Metas			
	2015	2019	2023	2025
Municípios com planos intermunicipais, microrregionais, ou municipais (%).	100	100	100	100

Fonte: SMA, 2014

Observa-se que para o ano de 2015 todos os planos, sejam eles intermunicipais ou municipais, já deveriam estar elaborados, para alcançar essa meta o plano propõe como ação capacitar os municípios que ainda não possuem plano até o fim do ano de 2015.

Outra meta para essa mesma diretriz, é sobre a redução do percentual de resíduos úmidos dispostos em aterros, com caracterização nacional de 2013. Na Tabela 4 são mostrados estes prazos e as porcentagens de redução

Tabela 4 - Prazos para o cumprimento da redução do percentual de resíduos úmidos dispostos em aterros

Meta	Plano de Metas		
	2019	2023	2025
Redução do percentual de resíduos úmidos dispostos em aterros, com caracterização nacional de 2013	25	45	55

Fonte: SMA, 2014

Para se alcançar os prazos e percentuais dessa meta o plano propõe algumas ações, listadas na Tabela 5.

Tabela 5 - Ações e prazos para o cumprimento da meta apresentada na Tabela 4

Ações	Prazos
Fomentar a implantação de coleta seletiva nos municípios, de forma a atender aos percentuais da meta estabelecida	Ação contínua
Aprimorar mecanismos de acesso às verbas estaduais, quando da existência de sistema de coleta seletiva que atinja os percentuais da meta estabelecida	Ação contínua
Apoiar o aprimoramento dos planos de gestão de resíduos dos municípios e pontuá-los no Programa Município Verde Azul, de acordo com as metas de coleta seletiva.	Ação contínua
Fomentar a busca de recursos e financiamentos que possibilitem a instalação de plantas de tratamento de resíduos úmidos (compostagem, TMB e UREs, entre outros).	Ação contínua
Fomentar a utilização de energia a partir dos resíduos ou de seus derivados	Ação contínua

Fonte: SMA, 2014

5.3 Estudo de caso: PMGIRS de Sorocaba

Sorocaba é um município que se localiza na região sudeste do Estado de São Paulo distando 87 km da capital paulista. Possui uma população de 586.625 habitantes de acordo com os dados do Censo 2010 do IBGE, porém estimativa populacional divulgada pelo IBGE (2014), a população de Sorocaba é de 615.955 habitantes, sendo a quarta cidade mais populosa do interior do Estado. Situa-se na bacia hidrográfica do Sorocaba e Médio Tietê (UGRHI 10).

A Prefeitura de Sorocaba contratou a empresa SHS – CONSULTORIA E PROJETOS DE ENGENHARIA – LTDA para ajudá-la na construção do PMGIRS do município. Os trabalhos iniciaram em 2013 só tendo fim em agosto de 2014.

5.3.1 Plano Municipal de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos de Sorocaba

Assim como nos planos estaduais, a PNRS em seu Art. 55º, diz que os municípios brasileiros tinham até 02 de agosto de 2012 para elaborarem seus respectivos Planos Estaduais de Resíduos Sólidos e o Plano Nacional colocou como meta até o fim de 2014 que todos os municípios teriam que ter seus planos de gestão integrada de resíduos sólidos elaborados, porém até a data deste trabalho o PMGIRS de Sorocaba ainda não tinha sido aprovado na câmara dos vereadores.

Na Figura 10, é apresentado a composição gravimétrica dos resíduos domiciliares de Sorocaba, através de um levantamento realizado em 2011.

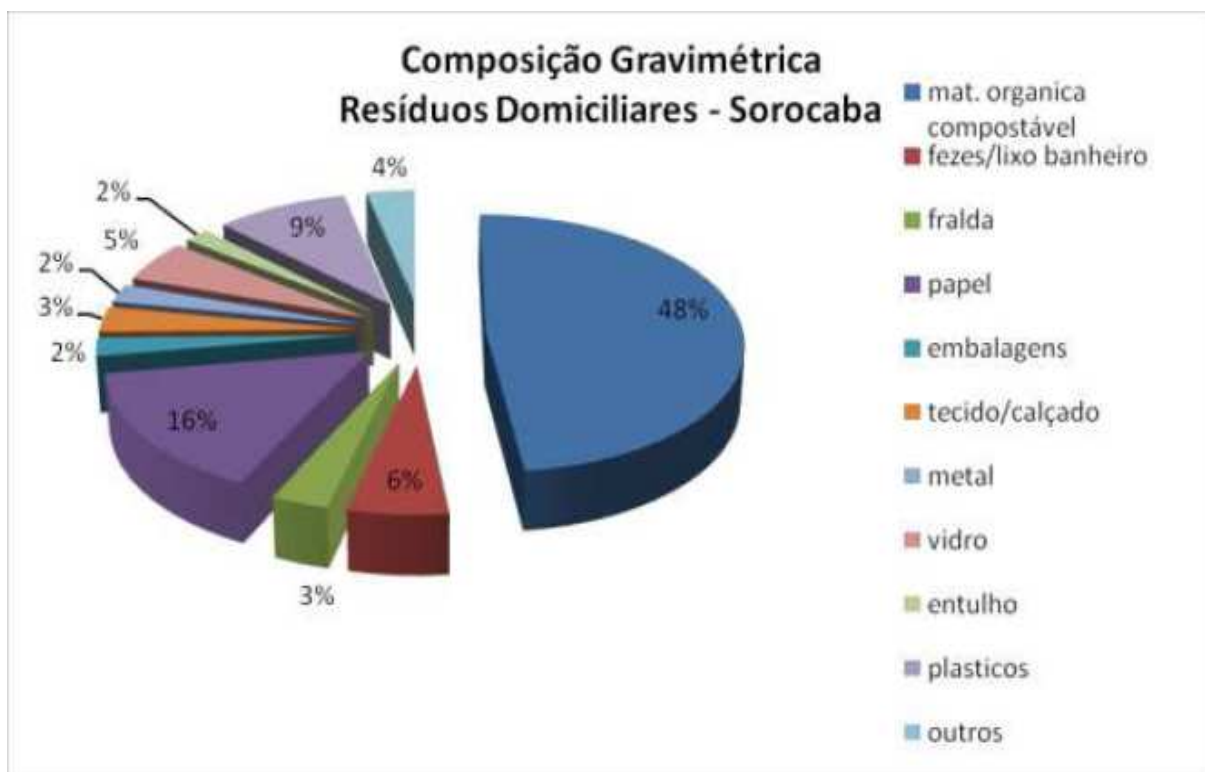


Figura 10 - Composição gravimétrica dos resíduos sólidos domiciliares de Sorocaba
 Fonte : PMGIRS de Sorocaba

Assim como o país, a fração orgânica dos resíduos domiciliares é bem elevada, próxima ao valor nacional (51,4%), portanto sendo necessárias ações específicas para a gestão e o gerenciamento desta. Atualmente esta fração orgânica é disposta em aterro sanitário.

Os resíduos orgânicos de poda, galhada, varrição, entre outros de origem vegetal (à exceção de madeira, que é comercializada pelas cooperativas) são picados no Aterro Municipal de Inertes, e depois são encaminhados ao pátio de compostagem para serem utilizados em praças e jardins, ou acabam sendo levados para o aterro sanitário.

No capítulo “Premissas do Planejamento Estratégico” foi feito um levantamento e indicações das tecnologias de tratamento de resíduos sólidos adequando-as a realidade do município de Sorocaba. Foram levantadas informações sobre compostagem, digestão anaeróbia, incineração e coprocessamento.

No plano é citado que de acordo com estudos realizados anteriormente, constatou-se dificuldades associadas ao aproveitamento da fração orgânica dos resíduos domiciliares em

processos de compostagem devido ao alto teor de umidade nos resíduos orgânicos, além das impurezas misturadas no material devido à deficiência na segregação do material na fonte.

Nestes estudos foram citadas algumas maneiras de se reverter esse quadro, como utilizar o resto dos resíduos de poda e capina junto com a fração orgânica na compostagem, outra possibilidade levantada foi o aumento de escala para o tratamento dos resíduos orgânicos e sua viabilização econômico-financeira por meio do Consórcio Intermunicipal de Saneamento Básico da Bacia do Rio Sorocaba e Médio Tietê (CISAB-SMT).

Existem 6 objetivos principais no PMGIRS de Sorocaba, dentre eles, foram separados dois que tinham alguma ligação com o tratamento, a gestão e o gerenciamento da fração orgânica dos RSU:

- Reduzir o envio de resíduos que ainda têm valor econômico agregado à disposição final no aterro sanitário.
- Implementar um sistema operacional eficiente para a gestão dos resíduos sólidos, que inclua processos e procedimentos adequados a realidade de Sorocaba e respeite os princípios da Política Nacional de Resíduos Sólidos.

Posteriormente são apresentadas as metas e ações do plano, estas foram divididas em imediatas (até 3 anos), curto prazo (4 a 8 anos), médio prazo (9 a 14 anos), longo prazo (15 a 20 anos) e ações contínuas.

Em relação a fração orgânica dos RSU é apresentado a meta de reaproveitar a grande quantidade de resíduos orgânicos diariamente dispostas no aterro sanitário, para isso, foram citadas 3 ações:

- Realizar estudo sobre a viabilidade operacional e econômica para implantação de tecnologias de tratamento de resíduos sólidos orgânicos/úmidos adequadas à realidade local (prazo imediato);
- Implantar tecnologias de tratamento, em escala piloto, para aproveitamento dos resíduos sólidos orgânicos/úmidos (curto prazo);
- Definir e implantar tecnologia de tratamento de resíduos sólidos orgânicos/úmidos adequadas à realidade local (médio prazo).

Outra meta apresentada foi de instituir a operacionalização do aproveitamento de resíduos orgânicos provenientes de serviços de poda, capina e roçagem, para isso foram apresentadas as seguintes ações:

- Realizar estudo de viabilidade operacional e econômica para a implantação de novas tecnologias de tratamento, em escala piloto, para o aproveitamento de

resíduos verdes na manutenção de áreas verdes e produção vegetal (prazo imediato);

- Implantar tecnologia de tratamento, em escala piloto, para aproveitamento dos resíduos verdes na manutenção de áreas verdes e produção vegetal (curto prazo);
- Implantar tecnologia de tratamento escolhida para aproveitamento dos resíduos verdes na manutenção de áreas verdes e produção vegetal (médio prazo).

Algumas metas gerais, de ações contínuas, para os resíduos sólidos urbanos, são apresentadas no plano, a saber: garantir a eficiência operacional dos serviços de limpeza pública e manejo dos resíduos sólidos; possuir indicadores, periodicamente atualizados, que possam ser utilizados como base para a avaliação da implantação das ações do PMGIRS e da eficiência das ações implantadas; manter coleta regular de resíduos e limpeza urbana

A seguir foram separados alguns indicadores, que o plano propõem e que estão relacionados à gestão e ao gerenciamento da fração orgânica dos RSU, para a avaliação do desempenho do sistema de limpeza urbana e manejo dos resíduos sólidos:

- Porcentagem de resíduos compostáveis presentes entre os resíduos sólidos dispostos em aterro sanitário;
- Porcentagem do total de resíduos de poda e capina, roçagem e raspagem que é enviada para tratamento da matéria orgânica;

De acordo com a PNRS, em seu Art. 19º é citado o conteúdo mínimo que os planos municipais de gestão integrada de resíduos sólidos, já abordados neste estudo. Foram destacados alguns destes itens que de uma maneira direta ou indireta referem-se à gestão e ao gerenciamento da fração orgânica dos RSU:

- Diagnóstico da situação dos resíduos sólidos gerados no respectivo território;
- Indicadores de desempenho operacional e ambiental dos serviços públicos de limpeza urbana e de manejo de resíduos sólidos;
- Programas e ações de educação ambiental que promovam a não geração, a redução, a reutilização e a reciclagem de resíduos sólidos;
- Metas de redução, reutilização, coleta seletiva e reciclagem, entre outras, com vistas a reduzir a quantidade de rejeitos encaminhados para disposição final ambientalmente adequada;

Analisando o conteúdo da versão final do PMGIRS de Sorocaba – SP, pode-se verificar que todo este conteúdo, acima relacionado, foi de alguma forma, abrangido no plano.

5.4 Síntese comparativa das metas dos planos nacional e estadual de resíduos sólidos com o PMGIRS de Sorocaba

Depois de apresentadas algumas informações referentes aos três planos, objetos deste estudo, podemos chegar a algumas conclusões.

O PMGIRS de Sorocaba apresenta todo o conteúdo mínimo previsto pela PNRS, porém em relação à meta de redução do percentual de resíduos úmidos dispostos em aterro, mesmo o PMGIRS de Sorocaba apresentando indicador para o controle ao longo dos anos da porcentagem de resíduos compostáveis dispostos em aterro sanitário, não é citado os índices de porcentagem a se almejar ao longo dos anos, como é apresentado no plano nacional e estadual de resíduos sólidos.

Num cenário mais otimista, de acordo com as ações apresentadas no PMGIRS de Sorocaba para o reaproveitamento da matéria orgânica dispostas em aterro sanitário, só depois de 9 anos do início de vigência do plano, que já estaria implantada na cidade tecnologia de tratamento dos resíduos úmidos. Porém no Plano Nacional de Resíduos Sólidos para o ano de 2015, para a região sudeste, já se tem como meta 25% de redução dos resíduos úmido disposto em aterro sanitário, e no Plano de Resíduos Sólidos do Estado de São Paulo, para o ano de 2019 a meta é de 35% de redução.

Outra análise que pode ser feita, é que em nenhum momento as metas do plano nacional foram mais restritivas que as do plano estadual de resíduos sólidos, caso isso acontecesse, o plano estadual poderia ser considerado inconstitucional.

6 CONCLUSÃO

Neste trabalho pode-se concluir que a matéria orgânica ainda representa, num cenário nacional, mais de 50% em massa dos resíduos sólidos urbanos e que estes resíduos vem sendo dispostos em aterros sanitários mesmo com a Política Nacional de Resíduos Sólidos de 2010 determinando que só podem ser dispostos rejeitos em aterro sanitário que são os resíduos que, depois de esgotadas todas as tecnologias, disponíveis e economicamente viáveis, para tratamento e recuperação dos mesmos, não apresentam outra possibilidade se não a disposição final. A pesquisa apresentou dois tipos de tratamento da fração orgânica dos RSU, a compostagem e a digestão anaeróbia, provando, através da análise dos custos de implantação e operação, que podem sim, serem alternativas tecnológicas viáveis economicamente para os municípios brasileiros.

O Plano Nacional de Resíduos Sólidos, que ainda não foi aprovado, contudo na sua prévia disponibilizada em agosto de 2012, e no Plano de Resíduos Sólidos do Estado de São Paulo, aprovado no ano de 2014, apresentam diretrizes, metas e ações relacionadas a fração orgânica dos RSU, porém o PMGIRS de Sorocaba apresentou apenas metas qualitativas em relação a redução da fração orgânica disposta em aterro sanitário, e não apresentou metas quantitativas, como foi apresentado nos planos nacional e estadual de resíduos sólidos.

Conclui-se também a necessidade de existência de entidades e órgãos reguladores, para fiscalizar a coerência dos planos de resíduos sólidos, sejam eles intermunicipais ou municipais, podendo assim, ser avaliados em função de seus objetivos, metas, diretrizes e ações.

7 REFERÊNCIAS

- ABRELPE - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE EMPRESAS DE LIMPEZA PÚBLICA E RESÍDUOS ESPECIAIS. **Panorama dos Resíduos Sólidos no Brasil 2012**. São Paulo, 2013.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA E NORMAS TÉCNICAS. (1996) **NBR 13.591: Compostagem – Terminologia**. Rio de Janeiro, 1996.
- BNDES. Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social. **Análise das Diversas Tecnologias de Tratamento e Disposição Final de Resíduos Sólidos no Brasil, Europa, Estados Unidos e Japão**. Fundação de Apoio ao Desenvolvimento da Universidade Federal de Pernambuco - Grupo de Resíduos Sólidos – UFPE, 2013.
- BRASIL **Decreto nº 7404, 23 de Dezembro de 2010b**. 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.
- BRASIL. **Lei nº 12.305, de 02 de agosto de 2010a**. Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos, altera a Lei nº 9.605, de 12 de fevereiro de 1998, e dá outras providências. Diário Oficial da União, Brasília, DF, 03 ago.2010. Seção 1, p. 3.
- BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. **Plano Nacional de Resíduos Sólidos, 2012**. Disponível em: <<http://www.sinir.gov.br/web/guest/plano-nacional-de-residuos-solidos>>. Acesso em: 20 de novembro, 2014.
- CHERNICHARO C. A. L. **Reatores anaeróbios**. Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental – UFMG. 246 p. (Princípios do tratamento biológico de águas residuárias, 5). Belo Horizonte, 1997.
- DIAZ, L. F.; SAVAGE, G. M. **Factors that affect the process**. In: Diaz, L. F.; De Bertoldi, M.; Bidlingmaier, W. (Org.). *Compost Science and Technology*. 1 ed Stentiford, 2007.

- FORESTI, E. **Fundamentos do Processo de Digestão Anaeróbia**. In: Maria Vinãs; Matilde Soubes; Lliana Borzacconi; Lucia Muxi. (Org.). Tratamento Anaeróbio. Montevideo: Universidad de La Republica, 1994.
- HAUG, R. T. **The Pratical Handbook of Compost Engineering**. Ed. Lewis Publishers. 717 p. 1993
- KIEHL, E. J. **Manual de Compostagem: Manutenção e Qualidade do Composto**. 4ª ed. Piracicaba, SP: Editora Ceres, 2004. 173 p.
- LEE, D. H.; BEHERA, S. K.; KIM, J.; PARK, H. S. **Methane production potencial of leachate generated from Korean food waste recycling facilities: a lab scale study**. In: Waste Manage, 29. 2009.
- MAPA - Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Disponível em: <www.agricultura.gov.br/vegetal/registros-autorizacoes/registro/registro-estabelecimentos-produtos>. Acesso em 20 de junho 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**. 2008. Tese de Doutorado – Programa de Pós-Graduação em Ciências da Engenharia Ambiental, Escola de Engenharia de São Carlos, São Carlos, SP.
- NÓBREGA, C.C. **Estudo e avaliação de um método híbrido de aeração forçada para compostagem em leiras**. 1991. Dissertação (Mestrado em Engenharia Sanitária e Recursos Hídricos) Universidade Federal da Paraíba. Campina Grande, 1991.
- PIRES, C. S. **O tratamento dos resíduos orgânicos como cumprimento da Política Nacional de Resíduos Sólidos: análise dos planos municipais da bacia do Alto Tiête**. 2013. Dissertação de Mestrado – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Hidráulica e Saneamento, Escola de Engenharia de São Carlos, São Carlos, SP.

PREFEITURA MUNICIPAL DE SOROCABA. **Plano Municipal de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos de Sorocaba**. Sorocaba, SP. 2014

REIS, M. P. F. **Aceleração do processo de compostagem de resíduos sólidos urbanos**. Tese (Doutorado). Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental. Universidade Federal da Bahia. Salvador, BA., 2005.

RODRIGUES, M. S. **Resíduos orgânicos como matéria prima para compostagem**. Anais. I SICOM – Simpósio sobre compostagem. Botucatu, SP. 2004 Sanitária e Ambiental – UFMG, 246 p. (Princípios do tratamento biológico de águas

SÃO PAULO (Estado). **Lei Estadual nº12.300, de 16 de março de 2006**. Institui a Política Estadual de Resíduos Sólidos. São Paulo, SP. 2006.

SCHALCH, V., LEITE, W. C. A., FERNANDER JR., J. L., CASTRO, M. C. A. A. **Gestão e gerenciamento de resíduos sólidos**. 91 p., 2002. Escola de Engenharia de São Carlos – Universidade de São Paulo.

SMA – Secretaria do Meio Ambiente do Estado de São Paulo. **Plano de Resíduos Sólidos do Estado de São Paulo**. São Paulo, 2014

USEPA – United States Environmental Protection Agency. **Composting of yard trimmings and municipal solid waste**. 1994