



**UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA**  
**FACULDADE DE TECNOLOGIA**  
**DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL E AMBIENTAL**

**ANÁLISE DE MODELOS E TÉCNICAS DE COMPOSTAGEM PARA O  
GERENCIAMENTO DOS RESÍDUOS SÓLIDOS DOMICILIARES  
ORGÂNICOS.**

**ATMAN COUTINHO SOLINO**

**ORIENTADOR:**

**FRANCISCO JAVIER CONTRERAS PINEDA**

**MONOGRAFIA DE PROJETO FINAL EM ENGENHARIA AMBIENTAL**

**BRASÍLIA / DF: JULHO/ 2018.**

# **ATMAN COUTINHO SOLINO**

**MONOGRAFIA DE PROJETO FINAL SUBMETIDA AO DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL E AMBIENTAL DA UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA COMO PARTE DOS REQUISITOS NECESSÁRIOS PARA A OBTENÇÃO DO GRAU DE BACHAREL EM ENGENHARIA AMBIENTAL.**

**APROVADA POR:**

---

**FRANCISCO JAVIER CONTRERAS PINEDA, Professor Doutor (Universidade de Brasília)**

**(ORIENTADOR)**

---

**FERNANDO PAIVA SCARDUA, Professor Doutor (Universidade de Brasília)**

**(EXAMINADOR INTERNO)**

---

**PAULO CELSO DOS REIS GOMES, Professor Doutor (Universidade de Brasília)**

**(EXAMINADOR EXTERNO)**

**DATA: BRASÍLIA/DF, 04 do JULHO de 2018.**

Provérbio Grego:

Perante a Lei de Deus, três classes de pessoas erram:

Os que não sabem e não perguntam

Os que sabem e não ensinam

Os que ensinam e não praticam.

**Sarah Kilimanjaro**

## FICHA CATALOGRÁFICA

SOLINO, ATMAN COUTINHO

Análise de Modelos e Técnicas de Compostagem para o Gerenciamento dos Resíduos Sólidos Domiciliares Orgânicos. [Distrito Federal] 2018.

xii, 92 p., 297 mm (ENC/FT/UnB, Bacharel, Engenharia Ambiental, 2018)

Monografia de Projeto Final - Universidade de Brasília. Faculdade de Tecnologia.  
Departamento de Engenharia Civil e Ambiental.

1. Saneamento Básico

2. Resíduos Sólidos

3. Resíduos Sólidos Urbanos

4. Compostagem

I. ENC/FT/UnB

II. Título (série)

## REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA

SOLINO, A.C. (2018). Análise de modelos e técnicas de compostagem para o gerenciamento dos resíduos sólidos domiciliares orgânicos. Monografia de Projeto Final, Departamento de Engenharia Civil e Ambiental, Universidade de Brasília, Brasília, DF.

## CESSÃO DE DIREITOS

NOME DO AUTOR: Atman Coutinho Solino

TÍTULO DA MONOGRAFIA DE PROJETO FINAL: Análise se Modelos e Técnicas de Compostagem para o Gerenciamento dos Resíduos Sólidos Domiciliares Orgânicos.

GRAU / ANO: Bacharel em Engenharia Ambiental/ 2018

É concedida à Universidade de Brasília a permissão para reproduzir cópias desta monografia de Projeto Final e para emprestar ou vender tais cópias somente para propósitos acadêmicos e científicos. O autor reserva outros direitos de publicação e nenhuma parte desta monografia de Projeto Final pode ser reproduzida sem a autorização por escrito do autor.

---

Atman Coutinho Solino

SQSW 100 Bloco B

70670-012 - Brasília/DF - Brasil

# SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO</b> .....	<b>1</b>
<b>2</b>	<b>OBJETIVOS</b> .....	<b>3</b>
2.1.	OBJETIVO GERAL .....	3
2.2.	OBJETIVOS ESPECÍFICOS .....	3
<b>3</b>	<b>REVISÃO BIBLIOGRÁFICA E FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA</b> .....	<b>4</b>
3.1.	RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS .....	4
3.1.1	<i>Resíduos Sólidos Domiciliares Orgânicos (RDO)</i> .....	9
3.2.	COMPOSTAGEM.....	12
3.2.1.	<i>Parâmetros e processos de compostagem</i> .....	15
3.3.	COMPOSTAGEM CENTRALIZADA .....	23
3.3.2.	<i>Usinas de Triagem e Compostagem (UTC)</i> .....	23
3.4.	COMPOSTAGEM DESCENTRALIZADA.....	24
3.4.1.	<i>Arranjos e modelos: Compostagem Institucional.</i> .....	25
3.4.2.	<i>Arranjos e modelos: Compostagem Comunitária.</i> .....	26
3.4.3.	<i>Arranjos e modelos: Compostagem Domiciliar.</i> .....	27
3.4.4.	<i>Arranjos e modelos: Compostagem Municipal.</i> .....	29
3.5.	INDICADORES .....	30
3.6.	MODELO CENTRALIZADO X MODELOS DESCENTRALIZADO.....	30
3.7.	LOCAL DE ESTUDO: NOVO GAMA, GO. ....	33
3.6.1	<i>Composição Gravimétrica</i> .....	37
3.6.2	<i>Coleta, Transporte e disposição final</i> .....	40
<b>4</b>	<b>METODOLOGIA</b> .....	<b>45</b>
4.1	FLUXOGRAMA .....	45
4.1.1.	<i>Etapa inicial: identificação de modelos, experiências e técnicas e caracterização do local do estudo de caso.</i> .....	46
4.1.2	<i>Caracterizações das técnicas identificadas, coleta de dados e população potencialmente atendida.</i> .....	49
4.1.3	<i>Avaliações das técnicas e escolha do melhor modelo e técnica</i> .....	55
<b>5</b>	<b>RESULTADOS E DISCUSSÃO</b> .....	<b>59</b>
5.1	GERAÇÃO DE RDO NO NOVO GAMA, GOIÁS.....	59
5.2	TÉCNICAS E EXPERIÊNCIAS: MODELOS DE COMPOSTAGEM CENTRALIZADA.....	60
5.2.1.	<i>Indicadores identificados</i> .....	65
5.3	TÉCNICAS E EXPERIÊNCIAS: MODELOS DE COMPOSTAGEM DESCENTRALIZADA .....	67
5.3.1	<i>Indicadores identificados</i> .....	72
5.4	DISCUSSÃO – IMPLANTAÇÃO DO SISTEMA DE COMPOSTAGEM NO NOVO GAMA, GOIÁS. ....	73
<b>6</b>	<b>CONCLUSÕES</b> .....	<b>78</b>

<b>REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA.....</b>	<b>1</b>
--------------------------------------	----------

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Geração e caracterização dos RSD no Brasil .....	11
Figura 2. Principais rotas tecnológicas do centro oeste.....	13
Figura 3. Hierarquia da gestão dos resíduos sólidos. ....	15
Figura 4. Evolução de um processo de compostagem em função da temperatura .....	18
Figura 5. Distribuição de modelos gestão de compostagem encontrados em SP quanto a sua operação .....	32
Figura 6. Distribuição da população no território do Novo Gama, Goiás.....	34
Figura 7. Gravimetria dos resíduos do Novo Gama.....	38
Figura 8. Fluxograma do projeto final.....	45
Figura 9. Per Capita de resíduos sólidos domiciliares orgânicos (RDO) a depender da composição de matéria orgânica nos RSD e o cenário de geração de RSD por dia ....	60
Figura 10. Distribuição de áreas operacionais na UTC de Santo Antônio do Retiro, MG.	61
Figura 11. Composteira doméstica, de material plástico e reator biológico cilíndrico e perfurado, de material metálico.....	70
Figura 12. Resultados limitantes de modelos para o Novo Gama, Goiás. ....	73
Figura 13. Caracterização do Novo Gama, Goiás, quanto a regiões propícias a diferentes modelos de gestão descentralizados. ....	76

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Estimativa da geração de resíduos orgânicos no Brasil.....	15
Tabela 2. Quantidade a ser coletada no Novo Gama pelo SLU.....	36
Tabela 3. Média nacional de produção de resíduos domiciliares, por faixa de população.....	36
Tabela 4. Modelos de compostagem centralizados identificados e população local.....	47
Tabela 5. Limites máximos de contaminantes admitidos em fertilizantes orgânicos e condicionadores de solo.....	50
Tabela 6. Potencial de reintegração ambiental e econômica das experiências e técnicas identificadas. ....	56
Tabela 7. População Potencialmente atendida e área operacional das experiências e técnicas identificadas. ....	74

## LISTA DE QUADROS

Quadro 1 Principais problemas que poderão ocorrer no processo de compostagem.....	29
Quadro 2 Caracterização dos resíduos domiciliares quanto à degradabilidade.....	39
Quadro 3 Critérios para classificação das cargas poluidoras .....	43
Quadro 4 Modelos de compostagem descentralizados identificados.....	47
Quadro 5 Experiências e técnicas identificadas. ....	51
Quadro 6 Características gerais das experiências descentralizadas identificadas.....	52
Quadro 7 Características gerais das experiências centralizadas identificadas .....	53
Quadro 8 Características limitantes de cada experiência e técnica identificada.....	53
Quadro 9 Características do fluxo operacional das experiências e técnicas identificadas.	54
Quadro 10 Avaliação das experiências e técnicas quanto à disponibilidade de espaço.....	58
Quadro 11 Indicadores identificados nos estudos para UTC .....	67
Quadro 12 Indicadores identificados para técnicas e experiências de gestão descentralizada .....	72
Quadro 13. Carta com os potenciais melhores modelos de gestão por localidade. ....	76

## **LISTA DE ABREVIATURAS E NOMENCLATURAS**

ABRELPE – Associação Brasileira de E. e Limpeza Urbana

AS – Aterro Sanitário

CF – Constituição Federal

CTCT - Centro de Triagem e Compostagem de Tibagi

CONAMA – Conselho Nacional do Meio Ambiente

DF – Distrito Federal

FNMA – Fundo Nacional do Meio Ambiente

FUNASA – Fundação Nacional de Saúde

GT – Grupo Técnico

MAPA – Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento

MG – Minas Gerais

MMA – Ministério do Meio Ambiente

M.O – Matéria Orgânica

MP-PR – Ministério Público do Paraná

NG – Novo Gama, Goiás

PNRS – Política Nacional de Resíduos Sólidos

RDO – Resíduos Sólidos Domiciliares Orgânicos

RSU – Resíduos Sólidos Urbanos

SLU – Serviço de Limpeza Urbana

SNIS – Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento

UTC – Usina de Triagem e Compostagem

# 1 INTRODUÇÃO

Com a sanção da Política Nacional de Resíduos Sólida (Lei N° 12.305 de 2010) (BRASIL, 2010), regulamentada pelo Decreto 7.404 de 2010 (BRASIL, 2010), espera-se que nos próximos anos exista uma mudança no panorama da gestão dos RSU, passando da condição de uso de práticas inadequadas de aterramento (como os lixões e aterros controlados) para o uso de tecnologias de tratamento e disposição final adequada (como os aterros sanitários, triagem, reciclagem, compostagem e incineração) para a realidade de cada local (FADE/UFPE, 2013).

No Brasil onde a geração de resíduos obteve um acréscimo de 6,8% de 2009 a 2010, observou-se que a destinação ambientalmente adequada em aterro sanitário (AS) teve acréscimo de 3% no período de 2008 a 2013 (ABRELPE, 2014). Ou seja, a geração está aumentando mais rapidamente que as medidas ambientalmente adequadas em AS podem suportar, a nível federal.

Atualmente, os maiores gastos do poder público com o serviço de limpeza urbana é destinado às atividades relacionadas à coleta e transporte dos resíduos e à destinação final ambientalmente adequada em aterros sanitários (AS) (SLU, 2017). Entretanto, o aumento desses gastos pode não estar resultando em melhorias efetivas, por não acompanhar a evolução da geração de resíduos e por determinar uma política de mudanças restritas a melhoria e inovações de tecnologias e operações, ao invés de atingir a mudança de comportamento dos agentes envolvidos com o ciclo de vida dos resíduos sólidos gerados.

Por isso, anterior à destinação dos resíduos, de forma adequada, deve-se adotar metas para a redução do volume gerado desde o início do ciclo de vida do produto, diretamente na fonte, conforme o conceito de gerenciamento de resíduos integrado que se baseia na hierarquia descrita na PNRS. E com isso prolongar-se-á a vida útil dos AS e minimizarão os impactos ambientais causados pela coleta e transporte dos resíduos a destinação final. Ou seja, deve-se evitar a utilização de insumos, ou quando não for possível, diminuir a produção de resíduos; reutilizar, ou quando não for possível, reciclar os resíduos sólidos.

Sendo que a compostagem pode ser uma solução viável para o Brasil, tanto em nível de reciclagem como em nível de tratamento da fração orgânica dos resíduos sólidos. Pois, no cenário atual do país, e principalmente nos pequenos municípios, percebe-se que a fração orgânica é de mais de 50% do total da geração dos resíduos, representando a maior fração do lixo urbano (FNMA, 2017). E esta fração, quando não reduzida em sua fonte, devido à cultura de

desperdícios de alimentos encontrada no país; e, em sua maioria, não podendo ser reutilizada devido a seu alto grau de degradabilidade, risco a saúde e qualidade de vida; resta-se a reciclagem e tratamento, anterior a destinação final, como disposição final adequada de menor custo e impacto.

Desta forma, espera-se que este trabalho seja utilizado como base para pesquisas que visem fomentar o uso da compostagem como alternativa tecnológica para a reciclagem e tratamento de resíduos sólidos domiciliares orgânicos (RDO), assim como, para o desvio de massa orgânica de AS, de maneira que gestores consigam aplicar modelos e arranjos das diversas técnicas de compostagem para o melhor enquadramento da escala de sua realidade. Ou seja, a depender da realidade local poderá se realizar um arranjo dos modelos de gestão com diversas técnicas de compostagem que serão apresentadas no estudo.

Na revisão bibliográfica e fundamentação teórica, neste trabalho, será apresentada a variedade de processos e modelos de compostagem existentes; relacionando-os com as vantagens da compostagem descentralizadas. No capítulo posterior, a metodologia aplicada será desenvolvida, demonstrando os parâmetros e critérios considerados. Por fim, serão apresentados os resultados obtidos por intermédio da metodologia aplicada, com redações que norteiem o leitor até a discussão e conclusão final.

## **2 OBJETIVOS**

### **2.1. Objetivo Geral**

Aferir o melhor modelo e técnicas de compostagem como ferramenta para desvio de RDO do AS no gerenciamento dos resíduos sólidos domiciliares orgânicos de municípios de pequeno porte.

### **2.2. Objetivos Específicos**

- Analisar os métodos de compostagem de gestão centralizada e descentralizada
- Identificar vantagens e desvantagens das técnicas de compostagem
- Avaliar as técnicas de compostagem quanto a sua escala de atendimento
- Definir o melhor modelo e/ou arranjo de gestão e técnicas de compostagem para o Novo Gama, Goiás.

### **3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA E FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA**

Neste capítulo são abordados os diversos processos de compostagem e seus modelos de gestão, de forma a mostrar como estes podem ser vantajosos para o gerenciamento dos resíduos domiciliares orgânicos de municípios de pequeno e médio porte, com população menor que 200 mil habitantes (IBGE, 2011). Para isso, se dividiu a revisão em partes: na primeira parte, será contextualizada a Política Nacional dos Resíduos Sólidos (PNRS) na prática, aprofundando o assunto para as características dos resíduos sólidos urbanos e domiciliares orgânicos, e suas propriedades para a produção de um composto de qualidade. Na segunda parte, será abordado o tratamento da fração orgânica dos resíduos sólidos urbanos quanto a seus parâmetros e processos. Já na parte seguinte, serão expostos os modelos de gestão de compostagem encontradas no DF e outras localidades do país; complementados pelos capítulos subsequentes quanto a seus indicadores e vantagens de cada modelo. E por ultimo, será descrito o local de estudo, com as características previamente identificadas do município, e a importância da composição gravimétrica para projetos de compostagem.

#### **3.1. RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS**

O desafio da sustentabilidade urbana passou a ocupar um papel de destaque, pois não sem tempo, conforme a pesquisa de censo do IBGE, das mais de 190 milhões de pessoas do país, 85% dos brasileiros vive em cidades (IBGE, 2010). E sua qualidade de vida depende, em boa medida, de políticas públicas, de diferentes setores da administração, que levem em conta os aspectos ambientais, incluindo os problemas relacionados ao manejo de resíduos sólidos.

Na Constituição Federal (1988), CF/88, fica explícito que cabe aos municípios legislar sobre assunto de interesse local, ou seja, assuntos que abrangem a gestão dos serviços de limpeza urbana e o gerenciamento dos resíduos sólidos urbanos (BRASIL, 1988). Entretanto, mais de 60 % dos municípios, principalmente de pequeno porte, apresentam condições econômicas deficitárias, produção exagerada de resíduos sólidos e disposição final sem critérios, bem como apresentando pouca capacitação técnica dentro do serviço de limpeza urbana, conforme a Pesquisa Nacional de Saneamento Básico – PNSB (IBGE, 2010).

E como resposta a esse cenário atual de pouca capacitação e preocupação com a saúde da população e qualidade ambiental, a agenda marrom do MMA, relacionada com a sustentabilidade urbana e resíduos sólidos, tornou prioridade a implementação da política

nacional dos resíduos sólidos, aprovada por meio da lei nº 12.305/10, (BRASIL, 2010) assim como tornou-se prioridade para outros programas de incentivo como, por exemplo, aqueles advindos do FNMA/MMA e outras instituições públicas. E com isso, percebe-se a prioridade em se atingir os objetivos principais estabelecidos na lei, tanto pelo poder público como pelo setor privado do país; em especial, para os municípios e titulares dos serviços de limpeza pública (logística reversa, compostagem dos resíduos úmidos, encerramento dos lixões e coleta seletiva) (MMA, 2012).

Contudo, deve-se atentar a como esses objetivos serão alcançados, pois todo empreendimento gera custos financeiros e ambientais. Por exemplo, é sabido que a coleta de RSU é o serviço de limpeza urbana (SLU) que apresenta maior abrangência de atendimento junto à população e é o segmento que mais se desenvolveu em estrutura e gastos dentro do sistema de limpeza urbana, atualmente. Porém, pode-se investir, também, em outros setores do SLU que amenizarão a necessidade da coleta de parte dos RSU, além de gastos e impactos gerados pela coleta convencional destes. No DF, mais de 31 % do custo com o serviço de limpeza urbana é direcionado a coleta convencional dos resíduos, que abrange 98,29 % da população total de Brasília (SNIS, 2016), mesmo com uma diminuição da quantidade de toneladas coletadas e registradas de 2015 a 2016 (SLU, 2017).

Entretanto, do que é sabido, esta diminuição é justificada, principalmente por motivos não estruturantes, como: maior rigor na pesagem dos resíduos com o funcionamento simultâneo de duas balanças, que pesam o veículo carregado na entrada e vazio na saída, além da informatização do processo de pesagem; inibição da presença de catadores sobre os caminhões do aterro na hora da pesagem; e retirada, a partir de julho de 2015, das viagens dos caminhões com alimentos vencidos e vencidos oriundos de supermercados e shoppings. E, ainda há pouco investimento quanto à destinação final dos resíduos sólidos para o aterro sanitário (AS) e as usinas de triagem e compostagem (UTC) que atinge apenas 11,29% dos custos totais com serviços de limpeza urbana (SLU, 2018) além de possuir uma abrangência de técnicas muito restrita para o tratamento e reciclagem dos RSU, no DF, capital do país. Porém, estes são dados da capital, um dos locais com renda *per capita* mais elevada no país. Em regiões de baixa renda, observa-se um cenário ainda mais problemático.

Em geral, os resíduos de regiões de baixa renda não são corretamente acondicionados, não há coletores disponíveis em quantidade suficientes e pode não haver infraestrutura viária mínima para viabilizar a coleta. E outros serviços como varrição e limpeza de logradouros também são muito deficientes na maioria das cidades brasileiras e de elevado custo. E, nos pequenos

municípios, em geral, as atividades relacionadas ao serviço de limpeza urbana se resumem à apenas varrição das ruas pavimentadas ou dos setores centrais e comércio da cidade, bem como à ação de equipes de trabalhadores que executam serviços de raspagem, capina, roçagem e varrição dos logradouros públicos, ruas e praças da cidade, em roteiros determinados de acordo com as prioridades imediatistas (FADE/UFPE, 2013). No Novo Gama, Goiás, um pequeno município de baixa renda, por exemplo, que possuía 60.458 habitantes em 1996 (IBGE, 1996); em 2004 a prefeitura relatou em seu plano de gerenciamento integrado de resíduos sólidos (PGIRS) que os serviços de varrição são realizados, diariamente, apenas no centro da cidade sendo as condições de operação desse sistema bastante precárias, pela indisponibilidade de materiais e pessoal, o que se repete para municípios de pequeno porte com características semelhantes.

Entretanto, outras problemáticas financeiras, além das encontradas com os gastos da coleta e da varrição nos SLU, podem se relacionar diretamente com sua destinação final. Pois, do que é sabido, o município com destinação final inadequada de seus resíduos está exposto à cobrança de multa diária de R\$ 500,00 pelo descumprimento do Art. 54 da PNRS (BRASIL, 2010) que preconiza o encerramento dos lixões e destinações ambientalmente inadequadas. E alguns municípios, como o Novo Gama, Goiás, já foram autuados por possuírem disposições inadequadas para os resíduos sólidos (TJGO, 2014). E nestes casos, a multa só é encerrada caso a atividade do lixão cesse e se encontre uma nova destinação ambientalmente adequada para os resíduos gerados, como: aterro sanitário, incineração, compostagem e/ou reciclagem.

Contudo, a Política Nacional dos Resíduos Sólidos (PNRS) não está limitada a tratar da coleta e destinação final. Além das melhorias do sistema de limpeza urbana que abrangem desde a coleta até a destinação final, a política também foca nos seguintes aspectos: a redução, reutilização e reciclagem (3 R's); o acondicionamento; a limpeza dos logradouros; o tratamento (compostagem, reciclagem, digestão anaeróbia, incineração, etc.) e a disposição final (aterros sanitários). Entretanto, para a implantação de todas essas melhorias, os gastos com os SLU devem aumentar (FNMA, 2017).

No Brasil do período de 2008 a 2011, observou-se um aumento dos gastos municipais médios com gerenciamento de resíduos sólidos, que indicou um acréscimo de 5% nos gastos, devido principalmente, a melhorias no serviço de coleta e destinação final ambientalmente adequada em AS. Entretanto, na Região Centro-Oeste notou-se o menor valor médio de gastos do país, de R\$ 7,86/hab./mês, e um dos menores aumentos dos custos, de 10,2% no período de 2008 a 2011, enquanto no Brasil o gasto médio com gerenciamento de resíduos é de R\$ 10,87/hab./mês,

conforme a ABRELPE (2012). E em virtude deste cenário, no Centro-Oeste e Brasil, é de se esperar que alternativas e projetos de baixo custo devam ser melhores aceitos no atual contexto das municipalidades e PNRS. Sem deixar de mencionar que, estes sistemas de gerenciamento convencionais, como o utilizado em Brasília, DF, e geralmente adotado, possuem inúmeras problemáticas relacionadas, principalmente: com a utilização de coleta indiferenciada e destinação final de resíduos restrito a AS. E isso, compromete a possibilidade da segregação e de alternativas de tratamento de resíduos; que apesar de reduzirem os gastos operacionais, quando operacionalizados com resíduos indiferenciados não estimulam a segregação na fonte e acondicionamento adequado por parte da comunidade (FNMA, 2017), o que pode não permitir a continuidade do projeto e/ou programa, seja por falta de adesão da comunidade ou tratamento alternativo ineficiente das frações dos resíduos.

Ou seja, um adequado acondicionamento dos resíduos constitui requisito fundamental na coleta para o sucesso de programas de reciclagem e/ou compostagem, além de poder proporcionar uma melhor segregação na fonte, conforme o formato de segregação escolhido e que mais se adequa aos objetivos do município. E entre esses formatos, de acordo com a versão preliminar para consulta pública da PNRS (MMA, 2011), há a possibilidade de realizar a segregação dos resíduos em pelo menos duas frações: recicláveis e rejeitos, existindo outros formatos mais rebuscados como em três frações: reciclável (fração seca), rejeito e orgânico; que é o formato indicado pelo MMA (2017) e pelo FNMA (2017) como mais adequadas de segregação na fonte. Pois, estimula uma melhor eficiência dos sistemas de reciclagem e tratamento, coleta seletiva dos resíduos sólidos e sensibilização. Já que quanto mais próximo da geração dos resíduos se dá o trabalho de triagem e reciclagem, melhor se dá o processo de educação ambiental, pois as pessoas da comunidade veem de perto todas as famílias envolvidas e o resultado do processo, criando o ciclo da correta separação e destinação (ANGEOLETTO, 2016).

Entretanto, apesar do apoio econômico e financeiro do Governo Federal para programas de coleta seletiva, no passado, estes tiveram uma resposta muito abaixo do esperado por parte dos municípios. Isto, provavelmente, porque de cem experiências de coleta seletiva realizadas no Brasil, apenas 20 alcançam resultados promissores (GRIMBERG & BLAUTH, 1998, apud LOPES, 2003); sendo que destas a maioria dos programas de coleta seletiva está voltada para o material reciclável, visando lucros, e quase nenhum para o aproveitamento da parte orgânica, que representa 50 % do total de RSU (LOPES, 2003) ou mais. Com isso e somado ao aumento das taxas de aterramento de RSU, observou-se uma mudança da estratégia do Governo Federal, por intermédio do FNMA, que, em 2017, realizou um edital de investimento para programas

municipais de compostagem. O qual se mostrou, no horizonte, como um melhor alinhamento entre prefeituras e municípios com a PNRS que possibilitará a implementação da política de resíduos sólidos com baixo custo e com o aceitamento maior das municipalidades (FNMA, 2017).

Em suma, esse cenário de escassez de recursos e de baixo investimento no setor destinado a gestão de resíduos se tornou um dos atuais desafios dos atores envolvidos no sistema e nos três níveis de governo. E esses setores, que já desejam melhorar os sistemas de gestão de limpeza urbana, especialmente os sistemas de tratamento de RSU no Brasil, já buscam formas alternativas na iniciativa privada para introduzir inovações tecnológicas (FADE/UFPE, 2013) que visem à minimização da destinação de resíduos aos AS, conforme se pode analisar nos dados constantes no Panorama dos Resíduos Sólidos no Brasil, fornecido pela ABRELPE (ABRALPE, 2012; ABRELPE, 2013; ABRELPE, 2015), mesmo que em ritmo lento.

No período de 2000 a 2010, a produção de resíduos sólidos urbanos (RSU) evoluiu de 125.258 toneladas/dia para 195.090 toneladas/dia (JUCÁ, 2004 e ABRELPE, 2012), representando um aumento de 35,7%, com um acréscimo da geração de 6,8%, de 2009 a 2010, e 1,8%, de 2010 a 2011 (ABRELPE, 2012). Já, a disposição final ambientalmente adequada vem aumentando nos últimos anos em ritmo lento, não acompanhando o ritmo de crescimento da geração; mesmo que com acréscimo de 3 % dos resíduos sendo encaminhados para aterros sanitários, de 2008 a 2013 (ABRELPE, 2015). Ou seja, enquanto a geração de resíduos pode aumentar até 6,8% ao ano a destinação ambientalmente adequada aumentou 3% em 5 anos. Com isso, deve se atentar que ao mesmo tempo em que a quantidade da disposição final adequada mais implantada no Brasil é o Aterro Sanitário, deve se garantir a maior eficiência do sistema de gerenciamento de resíduos de forma a utilizar outras destinações ambientalmente adequadas, como a compostagem e a reciclagem.

Contudo, também é válido destacar, que o aterro sanitário, atualmente, é a maneira considerada ambientalmente correta para a disposição final dos rejeitos, ou seja, uma operação que não visa como fim sua valorização; ao contrário da utilização do resíduo como insumo à compostagem e/ou a reciclagem que é uma operação de valorização. Ou seja, uma operação cujo resultado principal seja sua transformação, de modo a servir a um fim útil (SILVA FILHO & SOLER, 2013, apud ABERLPE 2015).

Em suma, mesmo que corroborando com a PNRS que deixa clara a necessidade de extinção dos lixões e disposições inadequadas dos resíduos, essas ações isoladas ainda não atingem a fonte do

problema. E, por isso, a política refere-se, também, à adoção de metas para a redução do volume gerado desde o início do processo produtivo, apresentando as seguintes prioridades: evitar, ou quando não for possível, diminuir a produção de resíduos; reutilizar, ou quando não for possível, reciclar resíduos e utilizar a energia presente neles, de forma a prolongar a vida útil de aterros sanitários e minimizar a emissão de gases do efeito estufa – que poderiam ser emitidas em condições inadequadas de disposição e processos de coleta e transporte dos resíduos advindos do serviço de limpeza urbanos – a fim de agir o mais próximo da fonte da geração dos resíduos.

### **3.1.1 Resíduos Sólidos Domiciliares Orgânicos (RDO)**

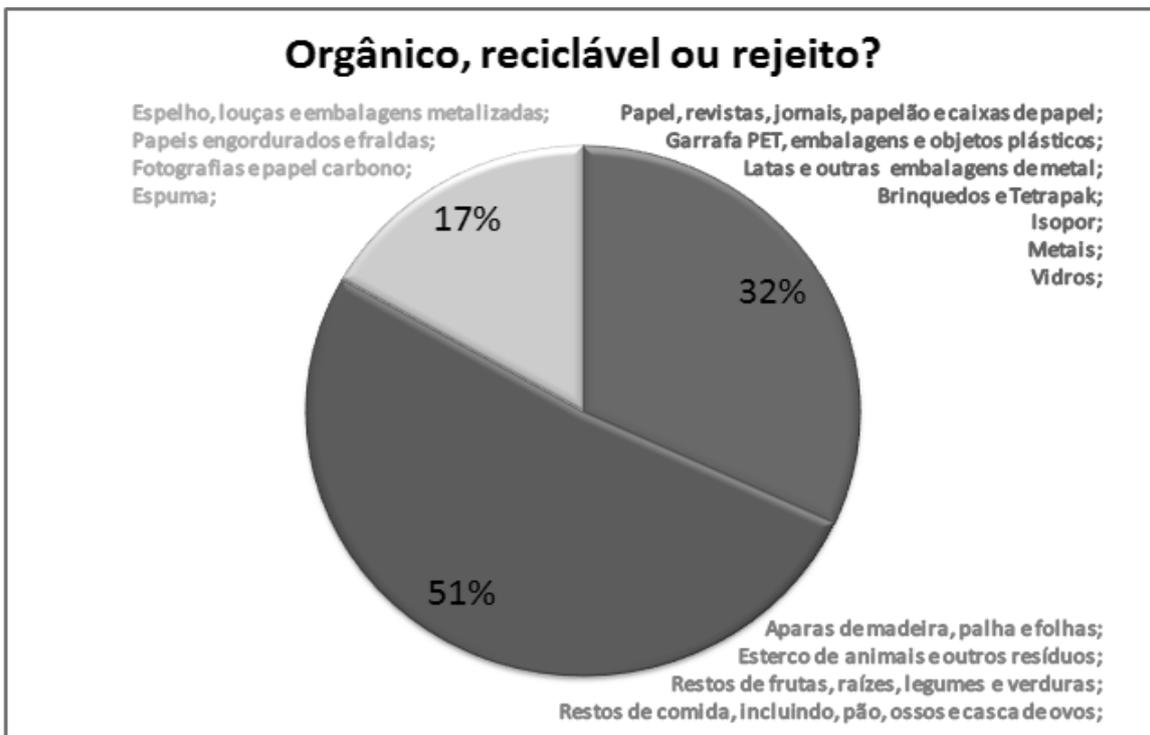
Historicamente, observa-se que os resíduos sólidos eram produzidos desde os tempos mais remotos, porém em pequena quantidade e constituído essencialmente de restos alimentares; de forma que o meio ambiente conseguia assimilar estes resíduos sem prejudicar o seu desenvolvimento (MASSUKADO, 2004). Na Europa, por exemplo, o uso de composto de resíduos orgânicos para melhorar a fertilidade do solo data da época do Império Romano e era muito popular entre agricultores da Idade Média (PARR e HORNICK; BLUM, 1992 apud BARREIRA, 2005). Ou seja, desde o passado já havia a necessidade de solucionar os problemas dos resíduos sólidos urbanos. E como no Brasil, atualmente, se observa a elevada geração de resíduos orgânicos, facilmente degradáveis, relacionada à cultura de desperdício de alimentos existente (MASSUKADO, 2004), onde é estabelecida grande porcentagem da geração de RDO advinda da fração orgânica dos Resíduos Sólidos Domiciliares (RSD), neste trabalho focar-se-á nas possibilidades de técnicas de reciclagem e tratamento da matéria orgânica; que de acordo com Kumar (2009) apud Melo (2014) a compostagem dos RDO, um dos métodos de tratamento e reciclagem da fração orgânica dos RSU, é vantajosa mesmo que em situações que há restrições de espaço e indisponibilidade de jardim ou área grande.

Os RSD correspondem aos resíduos originários de atividades domésticas em residências urbanas; e é composto por uma fração seca e uma fração úmida (orgânica). Os resíduos secos são constituídos principalmente por embalagens fabricadas a partir de plásticos, papéis, vidros e metais diversos, ocorrendo também produtos compostos como as embalagens *Tetrapak* e outros. Já os resíduos úmidos, são constituídos principalmente por restos oriundos do preparo dos alimentos que contém partes de alimentos *in natura*: folhas, cascas e sementes, restos de alimentos industrializados e outros.

Sendo que, de acordo com o Plano Nacional de Resíduos Sólidos, do total dos resíduos sólidos urbanos coletados: 31,9 % do total dos resíduos gerados são resíduos secos e 51,4% são resíduos úmidos, sendo a grande parcela dos resíduos sólidos domiciliares úmidos compostos por restos de comidas (MMA, 2012). E, de acordo com Massukado (2004), a matéria orgânica, componente do RSD alcança até 52% da composição gravimétrica média em peso dos RSD no Brasil. Com isso, observa-se a grande necessidade de agir frente a fração orgânica dos RSD, tanto para evitar o aumento de sua geração como para evitar o aumento de sua coleta e transporte, tratamento e sua disposição final. De forma a minimizar impactos ambientais (FRÉSCA, 2007) e problemas à saúde humana que podem ser ocasionados pelo mal acondicionamento e disposição, já que os resíduos orgânicos quando expostos de forma inadequada podem gerar lixiviados tóxicos e atrair animais vetores de doenças (FNMA, 2017). Em suma, nota-se que o RSD é composto na sua maioria por matéria orgânica putrescível, que tem como característica a rápida degradação e, por isso, possui potencial em causar danos e impactos à comunidade. Mas, em contrapartida, quando a fração orgânica do RSD é manipulada adequadamente, pode suprir, com vantagens, boa parte da demanda de insumos industrializados, de jardinagem e agricultura do município, sem afetar adversamente os recursos do solo e do ambiente (OLIVEIRA; SARTORI; GARCEZ, 2008).

Percebe-se, então, que os RSD são parte integrante dos RSU. E a fração orgânica do RSU gerados é composta tanto por resíduos advindos dos domicílios, os RDO, como dos resíduos de serviços de limpeza urbana e varrição (MMA, 2011). Mas a grande parcela dos RSU pode ser caracterizada como RSD, por representar a maior parcela atendida pelo serviço de coleta, e por ser facilmente mensurados, por intermédio de contratos de coleta existentes ou controles dos veículos responsáveis pela coleta que possuem informações disponíveis para quanto à geração dos resíduos domiciliares, a depender do município (MMA, 2012). E somado a isso, sabendo que os restos de alimentos, juntamente com todo o material sólido de origem orgânica (vegetal ou animal) - gerados em municípios de pequeno, médio ou grande porte - são resíduos sólidos orgânicos domiciliares (WANGEN; FREITAS, 2010), estes podem ser disponibilizados para a compostagem em sua maioria. Sendo que dos RSU, o material orgânico mais adequado para o processo de compostagem e comumente encontrado são restos de frutas, verduras, de processamento de alimentos em geral e restos de jardinagem, excelentes matérias-primas para o processo (BARREIRA, 2005). Ou seja, conclui-se que há necessidade de se identificar com mais detalhes os RSD, de cada localidade, de forma a caracterizar qualitativamente e quantitativamente suas frações, para se estabelecer o melhor modelo de gestão de resíduos sólidos para o local, e só assim aprimorar-se a utilização de técnicas de tratamento da fração orgânica.

Sendo assim, uma boa segregação que facilite a visão da composição gravimétrica dos RSD de forma representativa para a população local é mostrado na figura 1, abaixo, a qual reparte e define as frações de acordo com o que pode ser compostável, o que pode ser reutilizado/reciclado e o que deve ser enviado diretamente para os AS (FNMA, 2017), alinhando a segregação na fonte à destinação final ambientalmente adequada de cada fração; onde rejeitos vão direto para o AS, orgânicos para a Compostagem ou outro método de tratamento e reciclagem desta fração e os recicláveis para processos de triagem e reintegração dos resíduos ao ciclo industrial dos produtos.



**Figura 1. Geração e caracterização dos RSD no Brasil (MMA, 2012).**

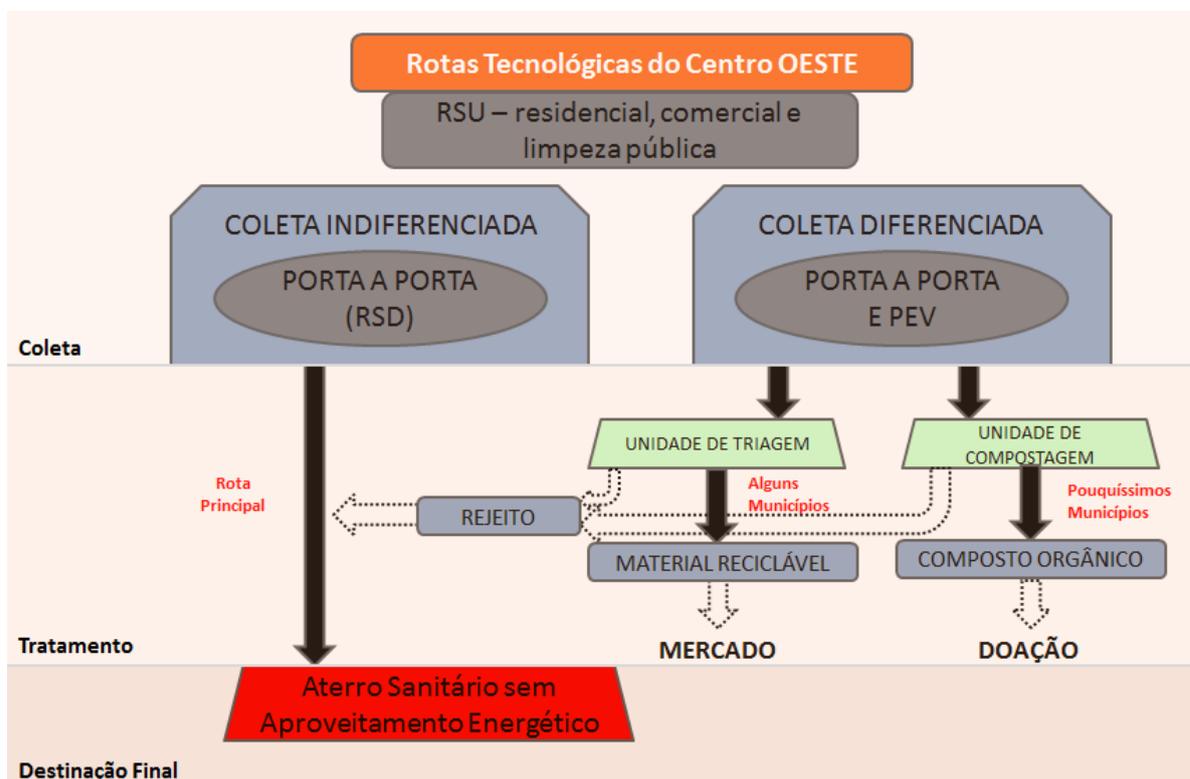
Em suma, pode se concluir que entre os métodos de tratamento disponíveis para a fração de resíduos orgânicos oriunda da coleta urbana, uma que se destaca pelo grande alcance, em vista da sua simplicidade, praticidade e dos resultados atingidos é a compostagem (MP-PR, 2012), que está diretamente ligada à ideia de sustentabilidade na agricultura orgânica, com um olhar sistêmico e holístico, onde tudo se relaciona e o todo é maior do que a soma das partes, o solo é um organismo vivo e onde está em constante renovação devido a cobertura de matéria orgânica e húmus (a maior fonte de nutrientes do solo e deve ser constantemente alimentada); podendo este último ser extraído de seu minhocário (COMPOSTA SÃO PAULO, 2014) ou por intermédio de outras técnicas de compostagem que serão analisadas posteriormente, neste estudo.

Entretanto, anterior ao conhecimento das técnicas, para qualquer tipo de tratamento atentar-se-á as especificidades do processo de compostagem, seja em nível de gestão, parâmetros e condições de funcionamento da técnica de compostagem, anterior a escolha a ser utilizada, pois, caso as condições impostas e a escala relacionada ao processo de compostagem não forem adequadas, o processo poderá ser prejudicado, e não vingará.

### **3.2. COMPOSTAGEM**

Até 1999, conforme DUBOIS (1999), a preocupação com a destinação final dos resíduos era incipiente em proporções de pequenas e médias cidades. Dessa forma, muitas das ações desenvolvidas nesse sentido voltaram-se para a fração orgânica do lixo urbano. Essa fração, nesta época, já representava um percentual médio de 50 % do lixo produzido no país e era e é a fonte do composto orgânico, produto da compostagem, com possibilidades variadas de destinação, desde a jardinagem até a recuperação de áreas degradadas. E, por isso, a compostagem se torna fundamental para propiciar um destino útil para os resíduos orgânicos, desviando massa de aterros e podendo auxiliar na melhoria da estrutura do solo (GODOY, 2017). Além disso, quando se destinam os resíduos orgânicos às disposições finais adequadas não convencionais, como a compostagem, reconhece-se o valor do resíduo sólido reutilizável e reciclável, inserido no art. 6º, inciso VII, da PNRS; no qual registra que reutilização e reciclagem, da matéria orgânica, são promotoras de cidadania, como bem de valor econômico, com valor social, e que gera emprego e renda (MACHADO, 2017).

Nos EUA, por exemplo, a recuperação de resíduos tanto pela reciclagem como para compostagem, aumentou significativamente a partir da década de 1990. E observa-se que 8% dos RSU gerados são desviados para a compostagem. Esse processo garante que 20 milhões de toneladas de resíduos não sejam enviados aos aterros sanitários (FADE/UFPE, 2013). Já, no DF, conforme dados do SLU de 2016 (SLU, 2017), são processados mais de 229 mil toneladas de resíduos, o equivalente a pouco mais de 1% de todos os resíduos gerenciados pelo SLU. Em suma, esse dado confirma o que foi indicado na pesquisa da FADE/UFPE de 2013, na qual das principais rotas tecnológicas encontradas para os RSU gerados na Região Centro-Oeste prevalece como rota principal a coleta indiferenciada, seguida de aterros sanitários sem aproveitamento energético. Sendo raríssimos os casos que envolvem compostagem.



**Figura 2. Principais rotas tecnológicas do Centro Oeste.** Fonte: FADE/UFPE [adaptado], 2013.

De acordo com o FNMA (2017), projetos de compostagem devem ser incentivados, principalmente, pela grande porcentagem de Matéria Orgânica (MO), nos RSU do país. Pois, além de desperdiçados como matérias-primas, os resíduos orgânicos enviados aos aterros reagem com materiais tóxicos e tornam-se poluentes, já que os resíduos orgânicos quando misturados com outros materiais reagem, devido ao ambiente ácido proporcionado pelos resíduos indiferenciados, produzindo um líquido chamado chorume (ANGEOLETTO; MAESTRI; ROVER; ABREU, 2016).

Entretanto os fundos nacionais são incentivos a nível municipal, de forma a prover as diretrizes da PNRS para os municípios. Quando falamos de incentivos à atividade em menores níveis no país, são notórias as recomendações do CONAMA, pois o grupo técnico de compostagem, no ano de 2017, realizou uma proposta de uma Resolução Conama – atual Resolução nº 481/2017 – que definiu a compostagem em termos legais e trata de critérios para a produção e procedimentos de forma a garantir a qualidade do composto, advindo da compostagem (CONAMA, 2017). Assim, essa resolução fortalece e possibilita outros procedimentos de compostagem não necessariamente impostos pelos órgãos ambientais municipais como a compostagem comunitária e domiciliar, que não possuem fins lucrativos, mas promove a destinação ambientalmente

adequada dos resíduos com a compostagem em cumprimento legal. De tal forma que incentivos a compostagem também partam da comunidade se alinhem aos objetivos dos responsáveis (titulares) dos serviços públicos de limpeza urbana e de manejo de resíduos sólidos (municípios e Distrito Federal), os quais têm obrigação da implantação de sistemas alternativos de destinação para a fração orgânica que não os AS, conforme a PNRS. Pois, a própria lei estabelece a exigência dos Planos de Gestão Integrada pelos órgãos públicos prevendo metas de redução da disponibilização de resíduos orgânicos em AS, de modo que somente rejeitos sejam dispostos adequadamente em AS prevenindo impactos. E assim, somente quando não for possível evitar totalmente o prejuízo ambiental, é que será aceito um comportamento redutor e mitigador (MACHADO, 2017). Mais especificamente, conforme disposições preliminares referidas no art. 9º da PNRS existe um ordenamento de prioridade na gestão e no gerenciamento dos resíduos sólidos que segue o princípio da prevenção de impactos. E essa ordem diz respeito à estrutura, à organização e à prioridade, estabelecendo uma relação com outras pessoas ou coisas, apontando quem está em primeiro lugar (MACHADO, 2017), conforme podemos observar na figura 3.



**Figura 3. Hierarquia da gestão dos resíduos sólidos.** Fonte: A3P [adaptada], 2015, e o Autor.

Já quando se fala de compostagem, essa atividade tecnológica se enquadra tanto na reciclagem como no tratamento, quando consideramos a hierarquia de gestão dos resíduos da PNRS. Pois, a compostagem além de ser a reciclagem da MO por retornar nutrientes ao solo, a compostagem também reduz o potencial poluidor, elimina patógeno, e assim, reduz o volume dos resíduos destinados aos AS (FNMA, 2017).

Por fim, a compostagem é um processo aeróbico e termofílico controlado (CONAMA, 2017) que proporciona um microambiente, com condições de temperatura e tempo, que sanitiza RSU orgânicos em padrões aceitáveis e já é regulado pela Resolução CONAMA nº 481/2017. Que apesar do grande potencial de geração desses resíduos orgânicos no Brasil, é apenas uma pequena parcela comparada com o total de outras fontes que geram resíduos orgânicos que podem ser compostáveis, como pode ser visto na Tabela 1. Mas a geração de RSU é contínua enquanto as demais é periódica e/ou com demanda puxada (STOREL et. al, 2018).

**Tabela 1. Estimativa da geração de resíduos orgânicos no Brasil**

<b>Tipo de resíduo orgânico</b>	<b>Massa gerada estimada (<math>10^6</math> t/ano)</b>
<b>RSU</b>	34
<b>Agroindústria associada</b>	290
<b>Pecuária</b>	365
<b>Agroindústria associada à pecuária</b>	266
<b>Florestal</b>	85

Fonte: PNRS – versão Preliminar (MMA, 2011)

### **3.2.1. Parâmetros e processos de compostagem**

De acordo com NETO (1987) apud DUBOIS (1999), a compostagem é definida como um processo aeróbio controlado, desenvolvido por uma população diversificada de microrganismos, efetuada em duas fases distintas: a primeira quando ocorrem as reações bioquímicas mais intensas, predominantemente termofílicas; a segunda ou fase de maturação, quando ocorre o processo de humificação. Entretanto, apesar da PNRS não definir claramente a compostagem, é definido o significado de reciclagem, que conforme a lei nº 12.305 de 2010 é o “processo de transformação dos resíduos sólidos que envolve a alteração de suas propriedades físicas, físico-químicas ou biológicas, com vistas à transformação em insumos ou novos produtos, observadas as condições e os padrões estabelecidos pelos órgãos competentes do Sistema Nacional de Meio Ambiente (Sisnama)”. Ou seja, a compostagem sendo um processo biológico de decomposição da matéria orgânica pode se caracterizar como a reciclagem da matéria orgânica, desde que o produto final seja um composto (GODOY, 2017).

Entretanto, até a geração do composto, no processo de compostagem, ocorre a decomposição dos resíduos sólidos orgânicos, onde é liberado gás carbônico e vapor de água; não sendo necessária a adição de qualquer componente físico ou químico à massa do lixo durante o processo. E só

então, é gerado um produto estável, rico em matéria orgânica: um húmus, rico em nutrientes minerais que pode ser utilizado na agricultura como condicionador de solos, com algum potencial fertilizante (MONTEIRO et.al, 2001).

De forma que a qualidade do húmus desejado se baseia na interdependência das condições favoráveis ao processo (AUGUSTO, 2007; MASSUKADO, 2008 apud MELO 2014), como umidade, temperatura, aeração, relação C/N e microbiota (MELO et al. 2014).E, no tocante à gestão dos resíduos sólidos orgânicos, nossa condição de país tropical demanda agilidade na operacionalização, já que as altas temperaturas influenciam diretamente na velocidade da decomposição do material (ANGEOLETTO; MAESTRI; ROVER; ABREU, 2016).

### 3.2.1.1. Parâmetros da compostagem

A temperatura é um dos principais fatores para controle e eficiência da compostagem e seu valor varia conforme a fase em que se apresenta o processo de degradação da MO. Sendo essas fases subdivididas em (MELO, 2014):

1. *Fase inicial*: Ocorre a expansão das colônias de microrganismos mesófilos e intensificação da decomposição, liberação de calor e elevação rápida da temperatura. Essa fase tem a duração de, no máximo, 24 horas até atingir a temperatura de 45°C no interior da massa de resíduos. Dependendo das características da matéria orgânica utilizada pode ser mais longa (3 dias) ou mais curta (15 horas);
2. *Fase termófila*: Caracterizada por temperaturas acima de 45°C, predominando a faixa de 50 a 65°C, quando ocorre a plena ação de microrganismos termófilos (bactérias), com intensa decomposição do material, com formação de água e manutenção de calor e geração de vapor de água. (30 a 35 dias)
3. *Fase mesófila*: Fase de degradação das substâncias mais resistentes por microrganismos mesófilos (fungos e actinomicetos), redução da atividade microbiana e, conseqüentemente, queda de temperatura e perda de umidade. (60 a 65 dias)
4. *Maturação*: Ocorre a maturação do composto com formação de substâncias húmicas, a atividade biológica é baixa e o composto perde a capacidade de auto aquecimento. (30 a 35 dias)

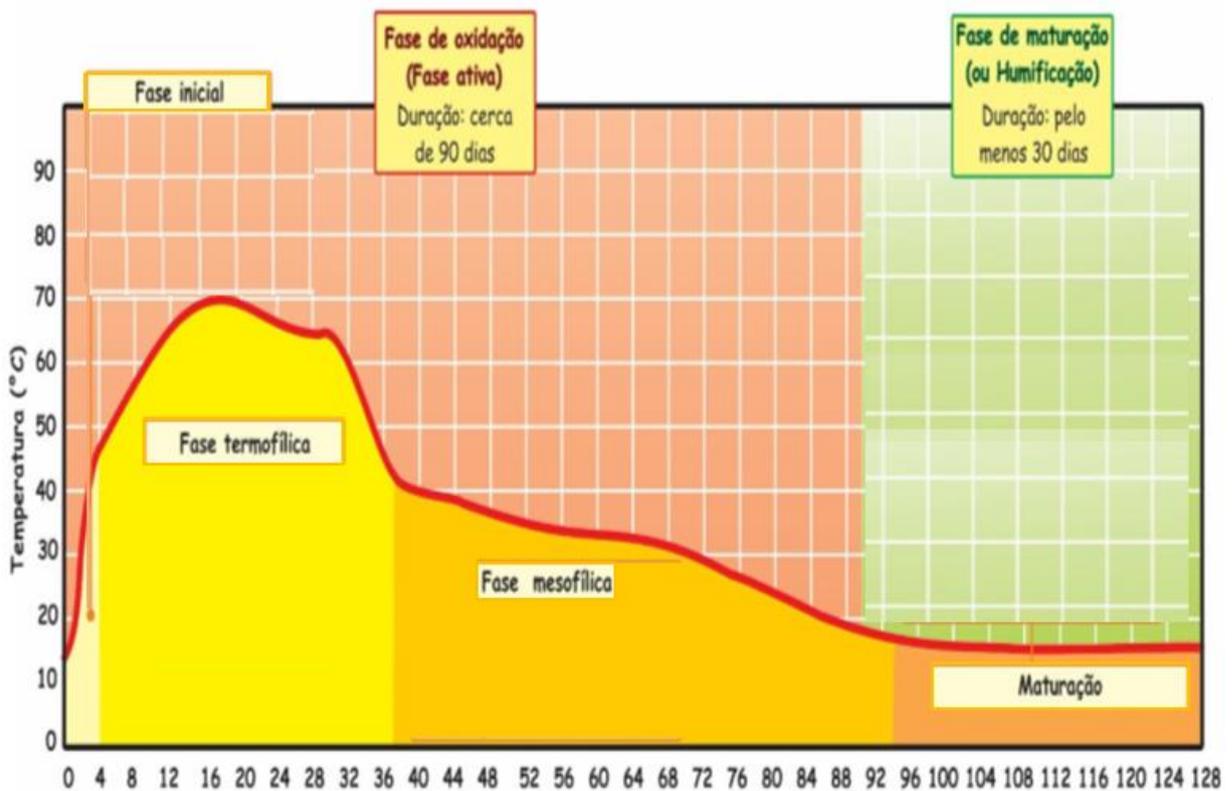
Entretanto, conforme manual de orientação do MMA (2017), as quatro fases da compostagem descritas ilustram o processo que ocorre em uma leira. No entanto, para conhecer em mais detalhes os processos físicos e químicos envolvidos, pode-se considerar apenas duas fases:

- Fase Ativa ou Degradação; e.
- Fase de Maturação.

A fase ativa do processo de compostagem compreende as etapas: inicial, termofílica, até quase o final da mesofílica, apresentando uma duração média de 90 dias. Nessa fase ocorre a maior redução do volume e peso da leira de compostagem, pela liberação de calor, gás carbônico (CO<sub>2</sub>) e água. Já, a fase de maturação que se inicia ao final da fase mesofílica e acontece nos últimos 30 dias após a fase ativa, quando ocorre a humificação da matéria orgânica (formação de húmus) e a decomposição dos ácidos orgânicos e de partículas maiores e mais resistentes, como celulose e lignina. Essa última fase, caracteriza-se pela neutralização do pH, redução da relação carbono/nitrogênio e aumento da capacidade de troca catiônica (CTC) que indica a capacidade do solo ou composto orgânico de disponibilizar cátions para as plantas. Sendo que o composto já pode ser aplicado ao solo logo depois de encerrada a primeira fase, sem prejuízo da maturação nem do plantio (MONTEIRO p.125, 2001).

No geral, a elevação da temperatura é um indicativo do equilíbrio microbiológico, porém não pode ser utilizada como parâmetro de maturidade do composto. A avaliação da maturidade de compostos orgânicos deve ser realizada, associando-se vários parâmetros já que a degradação das frações orgânicas depende da origem e da composição da mistura inicial compostada. Além disso, conclui-se que a qualidade do produto final da compostagem deve ser normatizada por legislação específica de cada País, pois o composto não é um produto único, podendo sua qualidade variar de acordo com os resíduos orgânicos e os processos empregados (VALENTE et al.,2009)

Abaixo pode se analisar com maior clareza a evolução das etapas da compostagem em função da temperatura.



**Figura 4. Evolução de um processo de compostagem em função da temperatura.** Fonte: MMA [adaptado], 2016.

Outros parâmetros como o grau de oxigenação e umidade, também, são de suma importância para o processo da compostagem. A aeração, além de fornecer oxigênio para a massa de compostagem serve para que ocorra a liberação do excesso de gás carbônico e calor presente no material que está sendo compostado, conseqüentemente, acelerando o processo de degradação (KIEHL 2010, apud MELO 2014). Sabe-se que a quantidade de oxigênio necessária para o processo de compostagem depende, também, de outros fatores, como: tipo de resíduo, tamanho da partícula, umidade do substrato. Na fase inicial, que é caracterizada pela degradação rápida, é fundamental a oxigenação da M.O para dar início ao processo; na segunda fase, como há uma diminuição na atividade microbiana, a demanda por oxigênio diminui (MASSUKADO et. al, 2008). Entretanto deve-se atentar a presença necessária de oxigênio no sistema ao longo de todo o processo, pois no processo de compostagem aeróbia os microrganismos necessitam de oxigênio para seu metabolismo e fatores como umidade, temperatura e granulometria influenciam na disponibilidade de oxigênio, e a sua falta resulta na emissão de odores desagradáveis (MONTEIRO, 2001, p.125).

Quando a massa compostável apresenta o teor de umidade acima de 68%, mesmo na fase inicial, a água começa a preencher os espaços vazios existentes entre as partículas de resíduos,

reduzindo a quantidade de oxigênio, provocando condições anaeróbias e odores desagradáveis (MOQSUD et al, 2011).

O carbono (C) e o nitrogênio (N), também, são fundamentais para o desenvolvimento da população dos microrganismos no processo de compostagem. O carbono é a fonte de energia necessária e o nitrogênio é essencial para a síntese de proteínas e o crescimento dos microrganismos (MASSUKADO, 2008). A relação C/N na mistura inicial de resíduos orgânicos influencia diretamente o tempo necessário para a obtenção de um composto com baixa relação C/N (<20). Materiais com alta relação C/N, como podas e aparas de madeira, conferem a estrutura da composteira aos volumes de resíduos dispostos para a compostagem e materiais com baixa relação C/N. Estes últimos com alto teor de água, e perdem facilmente sua estrutura logo que se inicia a biodegradação.

Normalmente, o excesso de materiais com baixa relação C/N resulta na interrupção do processo aeróbio e redução da temperatura, consequência da diminuição da atividade microbiana ou alteração para o processo anaeróbio (INÁCIO e MILLER, 2009, apud MELO, 2014). Em termos práticos, a relação ótima de C/N é obtida misturando-se 2/3 em volume de material seco (rica em carbono) com 1/3 de material úmido (rico em nitrogênio). Se a mistura tiver excesso de material rico em carbono (como palha e serragem), a fermentação pode não ocorrer. Se houver excesso de material rico em nitrogênio (como restos de alimentos), haverá perda de nitrogênio na forma de amoníaco (MMA, 2017).

Entretanto, estabelecer condições ótimas de granulometria, porosidade, relação C/N e teor de umidade, bem como inter-relacionar estas condições é bastante difícil, uma vez que cada material a ser compostado apresenta particularidades. Desta forma, a mistura de vários tipos de resíduos orgânicos é a maneira mais adequada de tentar balancear a relação C/N e a granulometria, que além dos nutrientes necessários para o desenvolvimento microbiano, favorecerá também a homogeneização da massa em compostagem, obtendo assim uma melhor porosidade, o que acarretará uma menor compactação devido à maior capacidade de aeração (VALENTE et al., 2009).

Contudo, todas estas variações dependem também de fatores relativos à montagem da composteira/leira, como o grau de mistura e posição das camadas dos materiais e suas características. Estas características não se resumem à relação C/N dos materiais orgânicos, simplesmente, mas envolvem também características físicas como a capacidade de absorção e retenção de água e condutividade térmica. A arquitetura das leiras influi no fluxo de ar, vapor d'água e retenção de calor, o que, por sua vez, influencia a ecologia dos microrganismos no

processo. Quando opera-se uma compostagem doméstica ou individual, é muito importante estar atento a todos os elementos do processo, especialmente a relação C/N e a aeração. Para isto, deve-se ter em casa uma boa quantidade de serragem e palha disponíveis. A serragem pode ser obtida em marcenarias ou serrarias próximas (preferencialmente sem tratamento químico), e a palha do corte de gramas (MMA et al., 2017).

Mas como nem sempre haverá aparato necessário para o controle correto de todos os parâmetros supracitados, durante a compostagem, também pode-se acompanhar e monitorar o processo observando-se as características do processo de decomposição do material, considerando três fatores: cor, umidade e odor, os quais podem ser avaliados diariamente por intermédio de uma inspeção visual, onde se deve verificar a mudança na coloração do material, a emissão de odores desagradáveis, a presença de vetores (principalmente moscas) e a geração de lixiviados (MP-PR, 2012). A cor inicial geralmente é um tom amarronzado e a cor final é preta. No início do processo, a umidade é elevada e o odor é acre, no final do processo o odor assemelha-se ao de terra mofada e a umidade é reduzida. Dessa forma, pode-se estabelecer dois estágios de decomposição determinados como: semicurado (de 2 a 3 meses), quando indica que o composto já pode ser empregado como fertilizantes, sem causar danos; e o curado (de 3 a 4 meses), quando o composto encontra-se completamente estabilizado, com qualidade adequada para ser usado (LOPES et al, 2003).

### 3.2.1.2. Processos de compostagem

No Brasil, as primeiras experiências com a produção do composto datam de 1888 pela iniciativa do primeiro diretor do Instituto Agrônomo de Campinas que incentivou os agricultores na época a produzirem um fertilizante natural com materiais oriundos das próprias propriedades. Esse incentivo também foi seguido pelos demais diretores até que, a partir de 1950, a Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz” iniciou os estudos sobre o processo (KIEHL, 1985 apud BARREIRA, 2005). Com a compostagem pode-se retornar o resíduo orgânico ao ciclo de vida de uma maneira eficiente, de baixo custo e sustentável. Estimulando agriculturas orgânicas mais saudáveis que dispensam da utilização de químicos, sendo a palavra-chave sustentabilidade (FNMA, 2017). Entretanto, o composto não deve ser utilizado de maneira generalizada, por exemplo, em plantios de cenouras, alface, feijão, cebola, arbustos frutíferos, coníferas, azaleias e as acidófilas em geral, são sensíveis ao composto orgânico devido ao seu pH alcalino (7 a 8). As mais indicadas são as árvores frutíferas, vinhedos, plantas ornamentais, couve e hortaliças (SCHALCH, 2002).

Segundo Eduardo Rocha, gerente de Resíduos Sólidos do Ministério do Meio Ambiente (MMA), aproveitar este enorme potencial de nutrientes para devolver fertilidade para os solos brasileiros é um dos maiores desafios da implementação da Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS), a Lei 12.305/2010 (MORAES, 2017).

A busca por uma solução adequada para os resíduos sólidos deve ocorrer em todos os municípios. No entanto, não se pode ignorar as diferenças fundamentais de capacidade econômica, disponibilidade de qualificação técnica e características ambientais existentes entre as grandes cidades e os municípios de pequeno e médio porte (FERREIRA, 2000). Pois, evidentemente em grande medida os programas, projetos e ações a serem implementados têm forte relação com os objetivos e metas definidos para cada município. As tecnologias a serem empregadas dependem disso e das quantidades de resíduos a serem compostados, fruto não só das metas, mas também do porte dos municípios e/ou consórcio e das escolhas que forem feitas. Nos maiores municípios – aqueles que geram mais de 100 toneladas de resíduos por dia de orgânicos –, a compostagem em pátio demandaria área muito grande. Portanto, a partir desse porte, a solução deverá ser a implantação de usina dotada de reator biológico, por meio da compostagem mecânica, em casos centralizados. E neste caso, as usinas mais conhecidas são dotadas de um tambor, em que a aeração é realizada em sentido contrário ao da entrada dos resíduos; com a rotação do tambor, os resíduos tombam, acelerando ainda mais o processo. A umidade e a temperatura são controladas; com isso em períodos que podem variar de 7 a 20 dias, a fase de bioestabilização da compostagem se completa. Os resíduos são então retirados do tambor e levados ao pátio para conclusão do processo com a maturação do composto (MMA, 2010).

De acordo com Peixe & Hack et al. (2014), existem 3 tipos básicos de compostagem natural, e não mecanizada, a saber, que se aplicam as categorias descentralizadas: a compostagem por aeração natural (passiva), a compostagem por aeração forçada e, por fim, a obtida por meio de reator biológico. Sendo, a escolha por um dos métodos dar-se-á principalmente, por duas razões: a quantidade a ser compostada e a disponibilidade financeira; sendo que para o método natural é recomendado para compostar no máximo 100 t/dia.

A compostagem por aeração natural pode ser realizada por intermédio de leiras estáticas com aeração passiva das quais se destaca o método UFSC, amplamente difundida no Brasil e projetada para não ser necessário revolvimento e nem aeração forçada. Aplicada tanto no contexto gestão comunitária como da gestão institucional (grandes geradores) de resíduos orgânicos (MMA, 2017). Basicamente, o método centra-se na arquitetura da leira e no equilíbrio

dos componentes. As leiras são montadas em paredes retas tendo nas paredes uma grossa camada de grama cortada ou cavaco oriundo de picador florestal (PEIXE; HACK, 2014, p. 6), atingindo dimensões de que podem variar de acordo com a disponibilidade de espaço. Mas é importante que sua largura não ultrapasse 2 metros, para permitir a entrada de ar no interior da leira e facilitar a operação e manutenção da leira (STOREL et. al, 2018) e que, de acordo com o material a ser compostado, a altura das leiras deve ser estabelecida com uma altura mínima de 0,80 m, pois abaixo dessa altura não existem condições adequadas para a formação e manutenção da temperatura (VALENTE et al., 2009). Já o comprimento da leira poderá ser de acordo com o planejamento e dinâmica do pátio de compostagem e de áreas disponíveis, geralmente variando entre um (1) e 20 metros com um formato preferencialmente retangular, de forma que as leiras estabeleçam pilhas regulares da mistura de material seco (rico em carbono) e material orgânico (rico em nitrogênio); sendo que a depender do porte da compostagem, as leiras deverão ser adequadas quanto à quantidade de unidades no pátio, necessidade de rodízio e/ou simultaneidade de manejo, de forma que dê tempo de as primeiras leiras estarem maturadas durante o processo de montagem das últimas leiras (MMA, 2017).

Já, a compostagem por aeração forçada, o material orgânico é disposto sob tubos perfurados por onde circula ar forçadamente, por intermédio de bombeamento mecânico (PEIXE; HACK, 2014, p. 6). Entretanto, nesse procedimento, apesar de proporcionar um aumento significativo no parâmetro temperatura, outros parâmetros como pH, relação C/N e matéria orgânica, não são alterados de forma significativa quando comparado com o método de aeração passiva. Além da mão de obra e custo do processo serem mais elevados e a emissão de gases poluentes poderem ser intensificadas pela aeração excessiva (VALENTE et al., 2009) o que prejudicaria dois aspectos positivos de uma leira estática aerada: baixo investimento inicial e melhor controle de odores (MP-PR, 2012).

Entretanto, quanto ao processo de compostagem por reatores biológicos, que apesar de possuir todos os aspectos positivos de uma leira estática aerada e maior praticidade, ainda existem controvérsias quanto a sua utilização; pois de acordo com a Resolução CONAMA nº 481 de 2017 (CONAMA, 2017), onde: compostagem é o processo de decomposição biológica controlada dos resíduos orgânicos, efetuado por uma população diversificada de organismos, em condições aeróbias e termofílicas, resultando em material estabilizado, com propriedades e características completamente diferentes daqueles que lhe deram origem; caso o reator biológico demonstrar atividade anaeróbica e/ou não estabelecer condições termofílicas ele não pode ser

considerado como um método de compostagem, pois poderá não garantir os requisitos ambientais mínimos para o funcionamento do tratamento da forma correto.

Com isso, deve se dedicar atenção à estrutura física e gerencial necessária para a compostagem, separando as características próprias para a compostagem natural e para a compostagem mecânica. Ou, pode ser que o sistema planejado não consiga ser executado.

### **3.3. COMPOSTAGEM CENTRALIZADA**

De acordo com Siqueira e Assad (2015), as experiências de compostagem podem ser classificadas em dois grupos principais, em função do tipo de gestão aplicada: o modelo centralizado e o modelo descentralizado. O modelo centralizado de compostagem de resíduos sólidos urbanos, em geral, se localiza fora do perímetro urbano, os resíduos encaminhados são provenientes de diferentes tipos de geradores que podem estar longe da unidade de compostagem e para sua implantação é necessário estudo de impacto e licença do órgão ambiental. Assim, os empreendimentos licenciados que realizam compostagem de resíduos de forma centralizada podem ser categorizados como Usinas de Triagem e Compostagem (UTC) e Usinas de Adubo Orgânico (UAO). A UAO é aquele empreendimento que foca a fabricação de composto orgânico ou adubo organomineral e geralmente recebe apenas resíduos orgânicos limpos, priorizando a qualidade do produto final. Em geral, esses empreendimentos visam à obtenção, no menor tempo e espaço possíveis, de um produto final que atenda aos requisitos legais e que supram necessidades do solo e/ ou plantas. Por isso, raramente recebem resíduos urbano que demanda alterações na lógica de descarte, mesmo em ambientes onde a geração de resíduos orgânicos é elevada e concentrada, como restaurantes, feiras, sacolões e entrepostos (SIQUEIRA; ASSAD, 2015).

#### **3.3.2. Usinas de Triagem e Compostagem (UTC)**

As UTC são empreendimentos privados ou públicos, dotados de um pátio de recepção de resíduos; uma central de triagem que pode possuir esteira de triagem e diferentes equipamentos para separação de rejeitos; pátio de compostagem; aterros para rejeitos; de um sistema de tratamento de chorume (BARREIRA, 2005), além de gerar emprego e renda, e poderem reduzir a quantidade de resíduos que deverão ser dispostos no solo e/ou em aterros sanitários (MONTEIRO, 2001) de forma natural ou mecanizada. Entretanto do que é sabido, se relata que esses sistemas de tratamento são indicados para municípios de pequeno e médio porte, pelo seu

baixo custo de implantação quando comparado a outros processos, pela facilidade de operação e pela grande eficiência na reintegração ambiental da matéria orgânica e reinserção de recicláveis no ciclo dos processos produtivos. Sendo que quanto maior for o nível de automatização e sofisticação dos equipamentos, maiores serão os investimentos iniciais e as despesas com a manutenção da unidade, onde mesmo num cenário promissor, as receitas diretas, com comercialização dos recicláveis e compostos, dificilmente cobrirão o custeio de uma usina de reciclagem e compostagem, nem esta deve ser encarada como um empreendimento industrial lucrativo segundo um ponto de vista estritamente comercial. Todavia, o quadro se mostra altamente favorável quando se ponderam as receitas indiretas (economia em transporte e desvio de massa), ambientais (economia em energia e recursos naturais, além da redução da carga da poluição) e sociais (oferta de emprego e renda, e conscientização ambiental da população) com potencial expressivo de retorno político. E por isso, deve ser considerada a disponibilidade orçamentária do Município em todos os casos, anterior ao planejamento da UTC (MONTEIRO et al., 2001), além da disponibilidade estrutural do município de aportar tal sistema, já que as UTC implantadas tendem a não possuir a eficiência operacional esperada quando não têm programa de coleta seletiva ou vinculada com uma operação inadequada de rejeitos; pois, é sabido que com grande quantidade de inertes na compostagem é elevada a porcentagem de rejeitos encaminhados para a disposição final (VIMIEIRO et al., 2012), não havendo grande desvio de massa de resíduos de AS.

Contudo, apesar de as experiências de UTC terem a vantagem de conseguir concentrar a massa de resíduos orgânicos de várias localidades percebe-se que ainda produzem um composto de baixa qualidade devido à forma da coleta realizada e características nutricionais insuficientes (BARREIRA, 2005). E sabe-se, também, que a inviabilidade técnica, econômica e gerencial já foi um dos principais motivos pelo qual a maioria das UTC's foi desativada no Brasil desde a década de 1980 (BARREIRA et al., 2009).

### **3.4. COMPOSTAGEM DESCENTRALIZADA**

Modelos descentralizados trazem a si o princípio da responsabilidade compartilhada, já que abrange empresas e pessoas físicas que têm responsabilidade jurídica desde a fabricação até o consumo de um produto (MACHADO, 2017). Apesar do lixo doméstico e do lixo decorrente da varrição e limpeza de logradouro e vias públicas ser responsabilidade do titular do SLU e manejo

de resíduos sólidos, conforme a PNSB (11.445/2007) tenta se minimizar o volume dos resíduos sólidos e rejeitos gerados, bem como para reduzir impactos causados à saúde humana e a qualidade ambiental decorrentes do ciclo de vida dos produtos (MACHADO, 2017), por intermédio da compostagem de RSD de forma cooperativa, ou seja, de forma a “agir conjuntamente e não separadamente ou de forma antagônica”.

A compostagem, em uma gestão descentralizada, possui características diferentes da centralizada, principalmente quanto ao seu posicionamento dentro do perímetro urbano e seu grupo de geradores, que tendem a serem em menor número. Para esse tipo de modelo, nem sempre estudos de impactos e licença são cobrados pelos órgãos ambientais, além de poderem reduzir em quatro ou cinco vezes o custo com a coleta (EIGENHEER; 1993 p.30). E, esse modelo de gestão pode ser subdividido em categorias a depender do seu grupo gerador e local onde é desenvolvido, como: Compostagem Institucional, Compostagem Comunitária, Pátio de Compostagem Urbano e Compostagem Domiciliar (SIQUEIRA; ASSAD., 2015).

Contudo, observa-se que a compostagem descentralizada, vantajosamente, deve se basear mais em mudança de paradigmas e tecnologia social e menos em obras de engenharia; e isso não significa que atividades centralizadas sejam dispensáveis na gestão municipal de resíduos (SIQUEIRA; ASSAD, 2015). Em suma, as iniciativas e experiências de sucesso, têm sido possíveis, em muito, pela participação da sociedade civil organizada e não organizada na construção de planos municipais de gestão de resíduos sólidos, que tem exigido uma gestão ambientalmente mais responsável e menos dependente do modelo centralizado. E assim, os modelos descentralizados tendem a ressignificar o conceito dos resíduos orgânicos no cotidiano da vida urbana e preparam o terreno para que novas iniciativas sejam acolhidas e valorizadas pela população. Ou seja, em contra partida a compostagem centralizada, realizada fora do ambiente urbano, a compostagem descentralizada facilita a familiarização da população com a prática e possibilita a continuidade dos projetos independente da descontinuidade dos poderes públicos. Sendo estes últimos, responsáveis por institucionalizar a prática, valorizando os resíduos orgânicos, dentro das universidades, escolas, grupos comunitários, ONG's e dos cidadãos (ABREU; MENINA et al., 2013).

#### **3.4.1. Arranjos e modelos: Compostagem Institucional.**

A compostagem, quando tratada a nível institucional, pode ser desenvolvida em instituição, pública ou privada, que tratam os resíduos orgânicos gerados internamente. E podem ser subgrupadas em experiências que ocorrem em órgãos públicos, empresas privadas e instituições

de ensino e educação. Para essa modalidade a rapidez e o tamanho do sistema são de extrema relevância, mesmo que sistemas naturais de compostagem em ambientes que dispõem de funcionários e espaço possam apresentar custos irrelevantes. Essa compostagem institucional para dentro de empresas pode ser estimulada como forma de reduzir custos com transporte e disposição final ou até mesmo marketing, sendo viável para instituições que a geração de resíduos é elevada, existe espaço interno disponível e o adubo tem utilidade para a instituição (SIQUEIRA; ASSAD, 2015). Entretanto, empresas alimentícias, restaurantes e supermercados, que se enquadram como grandes geradores podem estabelecer contrato com uma empresa de compostagem ou estabelecer parceria com uma associação ou cooperativa comunitária, conforme capacidade do pátio de compostagem (ANGEOLETTO; MAESTRI; ROVER; ABREU, 2016), e assim, terceirizando o serviço e contribuindo socioambientalmente com a comunidade.

Com isso, essa categoria se enquadra, principalmente, para instituições que se caracterizam como grandes geradores. E mesmo que não seja o foco da instituição, deve se considerar a comercialização do excedente, em caso de superprodução, que deverá seguir os limites operacionais e diretrizes preconizadas tanto na Resolução CONAMA nº481/2017 como na IN/SDA/MAPA nº 07/2016, que falam sobre os fertilizantes orgânicos. Ou a instituição poderá considerar a possibilidade de arranjar seu modelo institucional ao modelo comunitário, por intermédio de contrato, como mencionado anteriormente.

#### **3.4.2. Arranjos e modelos: Compostagem Comunitária.**

A compostagem dita comunitária é identificada como iniciativas desenvolvidas em bairros, vilas ou condomínios, que pressupõem o tratamento local de resíduos de cozinha e/ ou resíduos de poda que são, em geral, dispostos em leiras de compostagem localizadas em áreas comunitárias, espaços públicos, terrenos baldios ou mesmo dentro de instituições, sendo essencial a participação dos moradores. O composto gerado nessa modalidade sempre é revertido aos moradores e instituições locais; o que dispensa o modelo de seguir os critérios e procedimentos da resolução CONAMA nº 481/2017, pois de acordo com o Art. 1º §1º a “resolução não se aplica a processos de compostagem de baixo impacto ambiental, desde que o composto seja para uso próprio ou quando comercializado diretamente com o consumidor final, independentemente do cumprimento do disposto na legislação específica quanto às exigências relativas ao uso e à aplicação segura”. E assim, a atividade não objetiva a geração de renda direta, além de não possuir incentivos públicos (SIQUEIRA; ASSAD, 2015). E a gestão de resíduos sólidos orgânicos fica facilitada quando realizada localmente, praticada de forma descentralizada, aliada

a um circuito curto de reciclagem. O modelo de gestão comunitária é uma solução adequada aos municípios brasileiros, visto que cerca de 80% destes tem população inferior a 20.000 habitantes, com produção estimada em até 10 toneladas de resíduos orgânicos por dia. Para os municípios maiores, a gestão comunitária pode ser efetivada com diferentes pátios de compostagem; sendo o modelo de gestão comunitária uma alternativa que se enquadra para a realidade tropical e urbanística brasileira. (ANGEOLETTO, 2016).

É sabido que em sua maioria, as técnicas de compostagem aplicadas aos modelos comunitários são realizados pelo uso de leiras estáticas por aeração passiva, pois esse método tem despontado como uma solução eficiente e eficaz, sendo uma solução de baixo custo, com uma técnica que vem sendo aprimorada; portanto tornando-se acessível à municipalidade, desonerando cofres públicos e devolvendo ao meio ambiente, húmus para a reestruturação de solo. Ou seja, compostar resíduos sólidos urbanos por intermédio da formação de leiras estáticas de aeração passiva significa em outras palavras, agir proativamente no caminho da sustentabilidade. É a solução que envolve desde a participação do cidadão segregando já no domicílio, estabelecimento comercial e instituições públicas sua fração orgânica, passando pela coleta seletiva e tratamento especializado em pátios de compostagem (PEIXE; HACK et al, 2014).

### **3.4.3. Arranjos e modelos: Compostagem Domiciliar.**

Em geral, sabe-se que todos os métodos de compostagem aplicados à compostagem comunitária também podem ser aplicados à compostagem domiciliar, ou doméstica, que nada mais é que uma categoria desenvolvida dentro de residências (casas, apartamentos ou quitinetes) utilizando os resíduos gerados pelos próprios moradores, sendo o composto geralmente utilizado localmente, mas com uma oferta de RDO mais reduzida. Entretanto, o incentivo à compostagem doméstica deve levar em conta a existência de áreas de quintal suficientes, que não se caracterizem como áreas exíguas, pois isso pode trazer riscos ao método de compostagem por leiras estáticas com aeração passiva (ANGEOLETTO; MAESTRI; ROVER; ABREU, 2016), por exemplo.

Ou seja, a compostagem domiciliar também pode ser entendida de forma mais abrangente como uma alternativa descentralizada de média ou pequena escala, reduzindo a quantidade de resíduos no local onde foi gerado, diminuindo a quantidade de resíduos coletados, proporcionando a redução nos custos com transportes, além de utilizar tecnologias de baixo custo (MASSUKADO et al., 2008). Mas, mesmo com a redução da escala, é importante destacar que para se caracterizar como uma Compostagem Domiciliar a experiência ou programa deve constituir

também o mínimo de capacitação e/ou conhecimento sobre resíduos sólidos pelos participantes (SIQUEIRA; ASSAD, 2015).

De acordo com Wangen e Freitas (2010), a compostagem domiciliar se mostra viável para a reciclagem de resíduos orgânicos domiciliares desde que num período de 120 dias se origine um composto com boas características físicas e químicas, com potencial para uso agrícola, como condicionador de solos e/ou como substrato para plantas, caso o processo seja devidamente conduzido. Não resultando na geração de mau cheiro e/ou atração de vetores. Ou seja, também deve se monitorar e considerar os fatores básicos do processo, como: aeração, pH, relação C/N, umidade e temperatura, para essa escala de atendimento; para que a fração orgânica do RSU seja estabilizada já na fonte geradora, diminuindo o volume de resíduos no ciclo de tratamento municipal (GUINDONI, 2013, p.1).

Assim sendo, a compostagem domiciliar de resíduos sólidos orgânicos consiste numa alternativa viável para a reciclagem desse tipo de resíduo, podendo ser empregada em prefeituras, escolas, casas e outras instituições, caso seja monitorada e operada da forma correta (WANGEN; FREITAS, 2010). Entretanto, existem aspectos sociais relevantes a serem considerados nos domicílios e instituições que poderão ser aplicados o método, como: número de pessoas residentes, número de adultos residentes, quantidade de refeições feitas por semana, instrução escolar, renda familiar, existência de separação de resíduos, existência de coleta seletiva, existência do conhecimento da compostagem pelos residentes. Pois esses aspectos auxiliarão quanto ao melhor entendimento caso a caso e para a correta aplicação de instruções aos residentes e dimensionamento de reatores de compostagem (GUIDONI et al., 2013). E dessa forma, evitando os problemas listados, no quadro 1 abaixo, que demonstram um funcionamento inadequado do processo de compostagem domiciliar.

**Quadro 1 Principais problemas que poderão ocorrer no processo de compostagem.**

<b>Problema</b>	<b>Causa</b>	<b>Solução</b>
<b>Processo lento</b>	Materiais muito grandes	Cortar os materiais em pedaços menores e remexer a pilha
<b>Cheiro a Enxofre</b>	Umidade em excesso e anaerobiose	Adicionar materiais secos e terra Revirar a pilha
<b>Cheiro a Amônia</b>	Excesso de materiais verdes	Adicionar materiais secos
<b>Temperatura muito baixa</b>	Falta de materiais verdes; Arejamento insuficiente; Umidade insuficiente; Pilha demasiado pequena Clima frio	Adicionar materiais verdes; Revirar a pilha Adicionar água Aumentar o tamanho da pilha Isolar a composteira com palha
<b>Temperatura elevada</b>	Pilha demasiado alta Arejamento insuficiente	Diminuir o tamanho da pilha Revirar a pilha
<b>A pilha atrai animais</b>	Restos de carne, peixe, laticínio ou gordura	Retirar restos e cobrir com terra, folhas ou serradura.

Fonte: Wagnen & Freitas (2010)

#### **3.4.4. Arranjos e modelos: Compostagem Municipal.**

A gestão municipal pode englobar as diferentes estratégias para a reciclagem dos resíduos orgânicos, partindo sempre do pressuposto da reciclagem local e descentralizada. Para isso, os diferentes arranjos e modelos devem coexistir. Para atender toda a demanda, podem ser estabelecidos pátios centrais de compostagem para incentivar principalmente a participação dos grandes geradores (ANGEOLETTO; MAESTRI; ROVER; ABREU, 2016).

O pátio urbano de compostagem são espaços em meio urbano que processam resíduos orgânicos provenientes de diferentes locais de origem, diferente das demais categorias já apresentadas. Dessa forma, as modalidades anteriormente descritas foram consideradas compostagem *in situ*, porque processam resíduos gerados no próprio local. Os pátios urbanos de compostagem foram considerados *ex situ*, porque os resíduos são transportados e tratados em outro local e não dentro da comunidade geradora, podendo o composto retornar ou não para os contribuintes do sistema. Esses pátios podem ter estruturas de variáveis tanto quanto à cobertura e impermeabilização quanto a mecanização do sistema. O composto produzido nesses locais é frequentemente utilizado na manutenção de hortas, viveiros/jardins municipais e disponibilizados aos

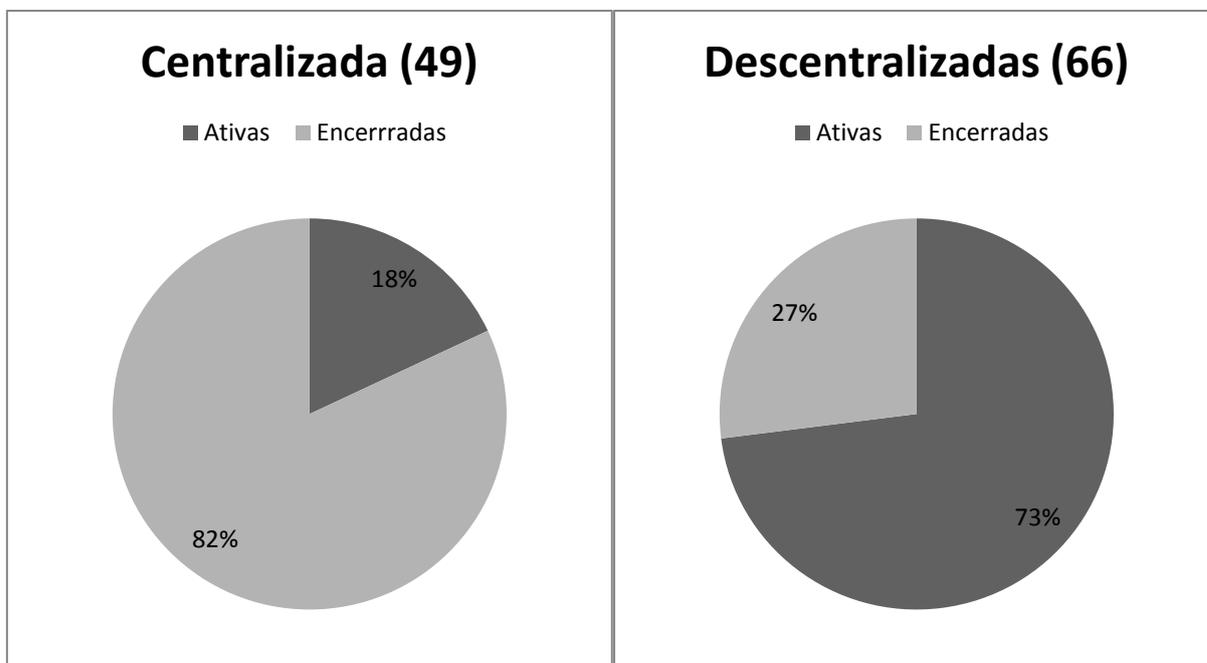
agricultores locais, configurando espaços de conexão com o ambiente rural e beneficiando ambas as paisagens (SIQUEIRA T.; ASSAD M., 2015). Mas pátios de compostagem necessitam tanto de controle da qualidade do processo, como de controle ambiental, ou seja, destaca se a exigência de licenciamento ambiental de todas as unidades e o próprio gerenciamento da unidade, por intermédio da adoção de medidas de controle para minimizar lixiviados e emissão de odores. Porém, pode se minimizar esses obstáculos com o desenvolvimento da atividade de forma proativa com outros atores, como por exemplo, a comunidade, o setor privado e ONG's (MASSUKADO et al., 2008). Além de considerar, que em todas as categorias supracitadas, não pode se dispensar a separação de resíduos orgânicos na fonte, assim como na compostagem domiciliar; sendo indispensável para a eficiência e sucesso de sistemas de compostagem (INÁCIO; MILLER, 2009; ABREU-JUNIOR; PIRES; COSCIONE, 2009). Pois, conforme Siqueira & Assad (2015), das experiências exitosas estudadas – tanto em ambientes domiciliares, quanto em ambientes institucionais públicos ou privados – foram identificadas alguma forma de separação na fonte em praticamente todas as atividades descentralizadas e em algumas centralizadas.

### **3.5. MODELO CENTRALIZADO X MODELOS DESCENTRALIZADO**

Em um primeiro momento, nota se que o modelo centralizado encontra grandes dificuldades de implantação, principalmente, pela coleta não seletiva ou separação ineficiente da fração orgânica do resíduo sólido urbano que, juntamente com processos de compostagem mal conduzidos, resulta em um composto de má qualidade, prejudicando seu mercado (BARREIRA et al., 2009). Por isso, deve se buscar, primeiramente, institucionalizar a prática de separação do lixo – inorgânico (reciclável) e orgânico – de forma simples. Assim, a evolução do sistema de segregação na fonte possibilitará a viabilidade econômica do modelo, com redução do custo na coleta e na gestão como um todo (NOVO GAMA, 2006).

Conclui-se, então, que a busca da redução da geração na origem deve ser a primeira ação, não só para a solução de problemas relacionados diretamente aos resíduos, mas, também, para alcançar a conscientização da população e a sustentabilidade do sistema de gerenciamento de resíduos. Ou seja, como alternativa subsequente e não excludente deve-se implantar a separação dos recicláveis nas residências e demais estabelecimentos, com a posterior coleta seletiva que levará um material mais limpo para as UTC, com maior facilidade de se comercializar, de ser trabalhado e de obter um melhor preço de venda (VIMIEIRO, 2012, p. 35).

Entretanto, é de se esperar que as modalidades descentralizadas possuam resultado mais satisfatório que as modalidades centralizadas, como se observa na figura 5. (SIQUEIRA; ASSAD, 2015); e um dos principais motivos para a falta de sucesso dessas soluções centralizadas, como visto anteriormente, é a falta de separação na fonte pela grande dificuldade de sensibilizar o gerador em modelos de massa (FNMA, 2017).



**Figura 5. Distribuição de modelos gestão de compostagem encontrados em SP quanto a sua operação.** Fonte: Siqueira & Assad.

Na Figura 5, observa-se que a escolha do modelo de gestão utilizado para a implantação e operação de um sistema de compostagem em SP tem influência direta na continuidade e sucesso do projeto após sua instalação. Percebe-se que dos modelos descentralizados verificados mais de 70 % ainda estão em atividade, enquanto dentre os modelos centralizados observados mais de 80 % das experiências encontradas estão desativadas e, por isso, consideradas como encerradas. E, infelizmente, esse fato não é recente, pois na segunda metade da década de 1980 e início da década de 1990, otimistas com a hipótese de resultados econômicos positivos com a tecnologia de compostagem, influenciaram diversos municípios no Brasil a implantarem usinas de reciclagem e compostagem, entretanto, a implantação ocorreu sem qualquer estudo prévio e o resultado foi péssimo, pois a maioria das unidades foi desativada logo após a inauguração e outras sequer iniciaram a operação (MONTEIRO, 2001, p.127).

Contudo, o cenário mostrado no gráfico não deve limitar a escolha do gestor quanto a esforços para o sucesso de qualquer que seja o modelo a ser alcançado, pois ao mesmo tempo em que as

atividades descentralizadas são eficientes na tarefa de desviar resíduos da disposição final e têm a necessidade de mobilizar e sensibilizar pessoas, e, por isso, deve se esforços para realizar ações bem planejadas e estudadas para não caírem no mesmo erro dos otimistas do passado. E somente assim, conforme Eigenheer (1993), alternativas descentralizadas poderão reduzir em até quatro ou cinco vezes o custo da coleta seletiva.

Em suma, os modelos centralizados não têm mostrado facilidades de implantação e operação, principalmente, pela coleta deficitária sem segregação na fonte; e não existência de normas elaboradas pela ABNT que orientem o projeto e a execução das UTC (VIMIEIRO et al., 2012). Com isso, outros modelos, descentralizados, que focam em mudanças de comportamento da comunidade ao invés de grandes custos de operação e inovações tecnológicas podem ser mais bem indicados para a municipalidade.

### **3.6. INDICADORES**

O termo “indicador” tem origem no verbo do latim *indicare*, que significa mostrar, apontar, revelar, dar a conhecer. Os indicadores geralmente são pensados como peças de evidência que forneçam informações sobre questões de interesses amplos; devendo estes serem válidos (medir realmente o que devem medir), objetivos (apresentar o mesmo resultado quando medido por pessoas distintas em condições semelhantes), sensíveis (ter a capacidade de refletir as mudanças ocorridas), e específicos (refletir apenas as mudanças ocorridas na situação de que se tratam) (RIBEIRO, 2005). Ou seja, indicador é algo que conta o que está acontecendo ou que está para acontecer.

De acordo com Cruz (2011), deve se atentar, principalmente, quanto aos aspectos relativos aos processos de seleção para instalação de uma UTC:

- Área suficiente para instalar a usina de reciclagem e o pátio de compostagem (Área operacional);
- Disponibilidade de recursos para investimentos iniciais (Investimento);
- Disponibilidade de pessoal com nível técnico suficiente para selecionar a tecnologia a ser adotada, fiscalizar a implantação da unidade e finalmente operar, manter e controlar a operação dos equipamentos (O&M);
- Capacidade de recebimento de RSU, em toneladas;

- A economia do processo, que deve ser avaliada por meio de um cuidadoso estudo de viabilidade econômica, tendo em vista, de um lado, as vantagens que uma usina pode trazer: redução do lixo a ser transportado e aterrado (Eficácia), venda de composto e recicláveis, geração de emprego e renda, benefícios ambientais; e, de outro, os custos de implantação, operação e manutenção do sistema;
- Existência e regularidade da Coleta Seletiva (CS);
- Produção de Composto em t/dia;

Entretanto, como os estudos sobre o tema são escassos (CRUZ, 2011) quanto a termo de indicadores para a gestão de sistemas de compostagem centralizada, mesmo com inúmeras experiências em operação, para os modelos de gestão descentralizadas não pode se observar um padrão de indicadores, nas experiências e estudos acadêmicos, nem estudos que busquem essa padronização. Desta forma, os indicadores identificados nas experiências e técnicas descentralizadas foram norteados, conforme referências para os modelos de gestão centralizada, além da grande necessidade de separação dos resíduos diretamente na fonte e sensibilização da comunidade (ANGEOLETTO; MAESTRI; ROVER; ABREU M, 2016).

### **3.7. LOCAL DE ESTUDO: NOVO GAMA, GO.**

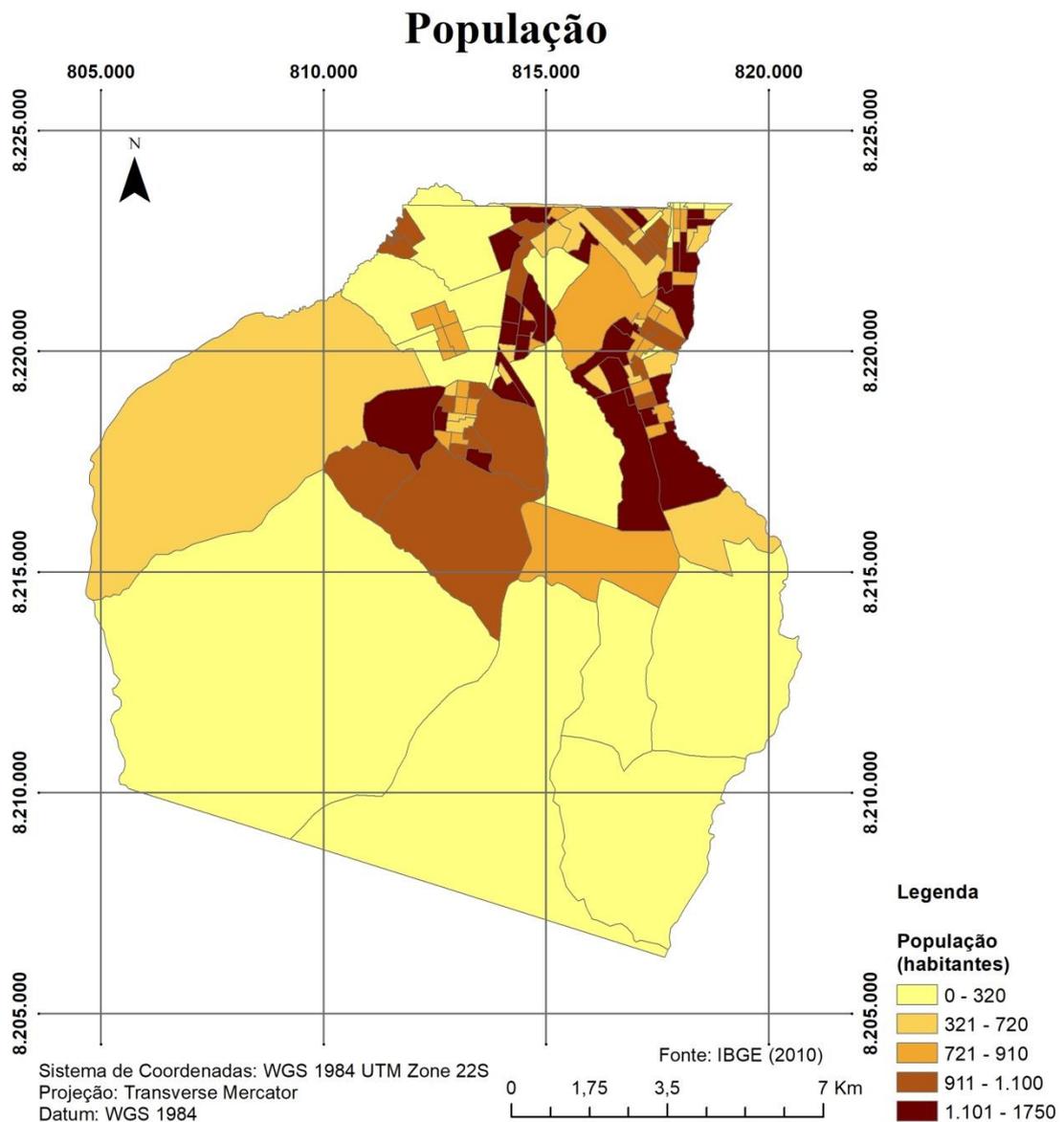
A cidade do Novo Gama, tem uma história recente, entretanto vem sendo inserido historicamente, no contexto do entorno de Brasília. Onde, mesmo depois de emancipado, o município passa por momentos de dificuldade por pertencer ao Estado de Goiás, onde o Distrito Federal não é responsável por quaisquer atividades do município, e a capital do Estado de Goiás fica distante dos problemas locais.

Entretanto, a construção de Brasília define um novo momento para os municípios que compõe o seu entorno. Estes passaram por um processo de crescimento populacional e concentração habitacional consequente a construção da capital. E, por esta formatação urbana-regional o Município do Novo Gama, Goiás, (NG) foi considerado núcleo de pequeno porte oriundo de loteamentos aprovados. (Novo Gama, 2004).

O município do Novo Gama, Goiás, contava em 2004, conforme Plano de Gerenciamento de Integrado de Resíduos Sólidos (PGIRS) elaborado pela prefeitura, com trinta e cinco loteamentos, sendo o loteamento de maior população os seguintes bairros: Parque Estrela D'Alva VI, Núcleo Habitacional Novo Gama, Jardim Lago Azul, Lunabel, Chácaras Araguaia e

Chácaras Minas Gerais. Entretanto no atual Termo de referência do contrato de serviço de coleta e transporte de RSU no município de Novo Gama, Goiás, foram quantificadas e identificadas 24 localidades: Alphaville Paiva, Vale do Pedregal, Jardim Paiva, Lunabel B, Loteamento tropical, Vila Emergencial, Chácaras Araucárias – Loteamento Santa Cecília, Pedregal, Núcleo Habitacional Novo Gama, Boa Vista II, Lunabel 3C, Jardim Lago Azul, Lunabel 3, Residencial Alvorada, Grande Vale, Lunabel 3A, Monte Serrat Paiva, Residencial Paiva, Residencial America do Sul, Boa Vista I, Residencial Negreiro, Estância Esperança, Chácaras Minas Gerais, Residencial Santa Luzia.

De acordo com o PGIRS do Novo Gama, Goiás (NG), a distribuição da população que ocorria em 35 bairros existentes, possui como eixo principal o bairro Pedregal com 45% da população. A Figura 6 abaixo mostra a distribuição da população do NG, de acordo com a distribuição e número de habitantes no município.



**Figura 6. Distribuição da população no território do Novo Gama, Goiás.**  
 Fonte: Projeto de Extensão – T.E.I.A/UnB, 2017.

Dessa forma, pode se observar regiões onde o atendimento de coleta e serviços de limpeza urbana pode ser mais requisitado. Pois da maioria dos RSU produzidos a grande maioria advém dos domicílios que são a maior parcela atendida pelo serviço de coleta e quanto mais concentrada essa população mais resíduos por m<sup>2</sup> serão produzidos.

No ano de 2016, a população estimada do Novo Gama, Goiás, conforme IBGE foi de 108.410 habitantes, isso determinaria de acordo com a Tabela 3 do Manual de Saneamento da FUNASA (2007) que na localidade haveria uma produção *per capita* de 0,5 kg/hab/dia de resíduos domiciliares. Entretanto, considerando os dados disponíveis no Termo de Referência (TR), observados na Tabela 2, para o serviço de coleta e transporte de resíduos sólidos urbanos (RSU) no município a geração *per capita* de resíduos sólidos urbanos é de 0,58 Kg/hab.dia. E,

considerando que 90,87 % dos resíduos do município são resíduos domiciliares (Novo Gama, 2004), podemos estimar uma geração *per capita* de resíduos domiciliares de 0,53 kg/hab.dia. Entretanto, deve-se chamar atenção para o fato de esses estudos nem sempre utilizarem a mesma metodologia (frequência, escolha da amostra e divisão das categorias), por isso os valores encontrados resultam apenas numa estimativa do comportamento real da localidade (MMA, 2011).

**Tabela 2. Quantidade a ser coletada no Novo Gama pelo SLU.**

<b>População do Município</b>	<b>108.410 hab.</b>
<b>Geração per capita</b>	<b>0,58 Kg/hab. Dia</b>
<b>Quantidade diária produzida (Geração <i>per capita</i> * População do Município)</b>	<b>62,88 t/dia</b>
<b>Quantidade mensal produzida (Quantidade diária produzida * 30 dias)</b>	<b>1.886,33 t/mês</b>

Fonte: Termo de Referência para serviço de coleta e transporte de resíduos sólidos urbanos (RSU) do Novo Gama, 2017.

**Tabela 3. Média nacional de produção de resíduos domiciliares, por faixa de população.**

<b>Faixa da População</b>	<b>Produção (Kg/hab./dia)</b>
Até 100 mil	0,4
100 mil a 200 mil	0,5
200 mil a 500 mil	0,6
Acima de 500 mil	0,7

Fonte: FUNASA (2007)

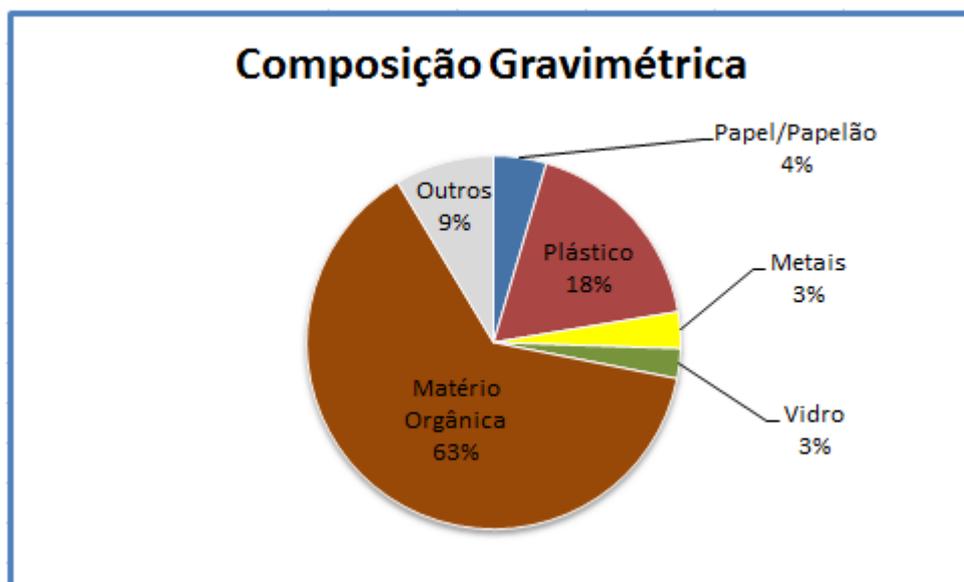
Outro ponto importante a se considerar, no local de estudo, é a condição existente para acondicionamento dos RSD, sejam eles orgânicos recicláveis ou rejeito. Entretanto, o que se nota no município, conforme a prefeitura do Novo Gama (2004), é o acondicionamento inadequado do lixo no local onde é gerado, como ocorre na maioria dos municípios brasileiros, que além de aumentar o custo dos serviços e tratamentos, interfere diretamente na operação da coleta e torna a atividade insalubre. Principalmente, devido à manipulação imprópria e ao espalhamento de parte dos resíduos nas vias públicas; podendo agravar seriamente a qualidade ambiental e infligir o direito ao meio ambiente equilibrado que todos têm, conforme preconiza a constituição (CF/88). Assim sendo, deve se adquirir recipientes conforme normas brasileiras que se adequem ao volume de geração, condições de coleta e transporte a disposição final, mesmo que a nível local.

De acordo com Sampaio Júnior (2016), foi questionada à população do município em estudo, como era realizada a separação dos resíduos sólidos em suas residências, e 55% dos entrevistados afirmaram que não realizam nenhuma separação de resíduos, alguns deles justificaram que não havia motivo para tal separação uma vez que não há coleta de materiais recicláveis no município, 33% separam seus resíduos em seco e orgânico e apenas 11% realizam uma separação mais específica (plásticos, latas, vidro, papel e orgânico), o que poderia dificultar a implementação de uma rota tecnológica que envolva a compostagem e/ou reciclagem de materiais. Mas conforme estudo de Eigenheer (1999), em Niterói/ RJ, 89,8% dos participantes de seu projeto de coleta seletiva afirmaram que o trabalho com a separação dos materiais é um ato simples; o que mostra que há sim a possibilidade de se atingir uma boa separação a nível domiciliar. Sendo a motivação, principal, da população em participar é ser uma atitude social e ecológica que já possui um sistema regular de coleta de lixo (EIGENHEER, 1999).

Em suma, o município do Novo Gama, Goiás, pode apresentar boas estimativas e incentivos para a instalação da compostagem com um tratamento a ser incluso em sua rota tecnológica. Principalmente, pelos altos valores de resíduos sólidos orgânicos gerados nos municípios. Mas esses altos valores, que confirmam a cultura de desperdício de alimento do país, somados a condição de não separação dos resíduos na fonte, observada por Sampaio Júnior (2016) pode trazer complicações práticas para a instalação de um sistema de compostagem local. Por isso, deve se conhecer com maiores detalhes a composição gravimétrica dos resíduos do NG a fim de se confirmar o real potencial da compostagem como uma solução para minimização de impactos. E considerar que para se atingir tanto a segregação como o correto acondicionamento é necessária uma mudança, não somente estrutural, mas uma mudança de postura tanto pela comunidade como pela prefeitura, que promoverá uma higiene do local de coleta ao realizar um correto acondicionamento e ao definir os locais mais apropriados para facilitar a operação da coleta (Novo Gama, 2006).

### **3.6.1 Composição Gravimétrica**

Um dos pontos fundamentais para a sustentabilidade de ações direcionadas ao equacionamento dos problemas advindos com os resíduos é o conhecimento dos itens que compõe o lixo e a porcentagem e participação deles no total produzido (DUBOIS, 1999). De acordo com o Novo Gama (2006), a gravimetria dos resíduos do município pode ser descrita conforme a Figura 7 abaixo, apesar de não haver maior detalhamento da composição orgânica.



**Figura 7. Gravimetria dos resíduos do Novo Gama.** Fonte: PGIRS, Novo Gama, 2006.

Esse dado importante para atividades do município relaciona os resíduos, por intermédio das informações gravimétricas. Dessa forma, o órgão responsável pelo serviço de limpeza pública pode verificar as alterações ocorridas nos aspectos referentes à qualidade dos materiais e da massa de rejeitos gerados na região. Onde a porcentagem mais relevante para projetos de compostagem é a de matéria orgânica compostável.

De forma geral, a matéria orgânica compostável é composta por resíduos sólidos orgânicos advindos, principalmente, de restos de alimento (com exceção de carnes e gordura), cascas de ovos, borra de café, aparas de árvores, arbustos e grama, dentre outros, gerados e coletados em residências (WANGEN; FREITAS, 2010). Sendo esses resíduos de acordo com a NBR 10.004 (ABNT, 2004), classificados como resíduos classe 2, ou seja, não perigosos.

Conforme a norma, os resíduos são classificados quanto aos riscos potenciais de contaminação do meio ambiente nas seguintes classes:

a) Resíduos classe 1 - perigosos: são aqueles que apresentam inflamabilidade, corrosividade, reatividade, toxicidade ou patogenicidade. Esses resíduos apresentam risco à saúde pública, provocando mortalidade, incidência de doenças ou acentuando seus índices ou riscos ao meio ambiente quando gerenciados de forma inadequada.

b) Resíduos classe 2 – não perigosos: subdividem-se em classe 2:

A – não inertes e classe 2;

B – inertes, que apresentam características de biodegradabilidade, combustibilidade ou solubilidade em água.

De acordo com a NBR 10004 (ABNT, 2004) os resíduos sólidos orgânicos (RDO) podem ser classificados como similares aos resíduos classe 2 A - não inertes; já que os resíduos sólidos orgânicos sofrem ações físicas, químicas e biológicas durante o processo de compostagem gerando um composto orgânico também chamado de fertilizante.

Conforme KIEHL (2010) apud MELO (2014) relata se que de acordo com a classificação do fertilizante orgânico, os que são produzidos a partir da matéria orgânica proveniente dos resíduos domiciliares, resultando em produto seguro para ser utilizado na agricultura, são classificados como fertilizantes de classe “C”. Ou seja, o composto produzido de RDO como fertilizante orgânico que, em sua produção, utiliza qualquer quantidade de matéria-prima oriunda de lixo domiciliar, resultando em produto de utilização segura na agricultura.

Os resíduos sólidos, também, podem ser classificados conforme os critérios utilizados pela USEPA (United States Environmental Protection Agency), com algumas adaptações à realidade brasileira, assim, pode se classificar os resíduos sólidos de acordo com o quadro 2 abaixo. Por sua vez parte dos sólidos totais, ou da matéria orgânica total, denominada de matéria orgânica compostável de fácil degradação são sólidos totais voláteis (STV), e podem representar a eficiência do processo (PEREIRA NETO, 2007).

**Quadro 2 Caracterização dos resíduos domiciliares quanto à degradabilidade.**

<b>Categoria</b>	<b>Características</b>
<b>Facilmente Degradável</b>	Constituídos de resto de alimentos, podas, animais mortos e excrementos.
<b>Moderadamente Degradável</b>	São compostos pelos produtos celulósicos, como o papel, papelão.
<b>Difícilmente Degradável</b>	Representados pelos tecidos, couro, madeira, borracha, ossos, plásticos, etc
<b>Não degradáveis</b>	Categoria composta por metal não ferroso, vidro, pedras, areia, etc.

Fonte: FUNASA (2007)

Assim, dado que existem resíduos orgânicos que podem ou não serem compostados de acordo com suas propriedades de físicas, químicas e biológicas deve se observar outras características que impossibilitam sua utilização para a compostagem doméstica, além da degradabilidade. Conforme MELO (2014), os resíduos que não podem ser compostados são: carne, peixe, gordura; óleo, molho; recicláveis; fezes de animal doméstico; papel higiênico, fralda; couro, borracha; bituca de cigarro; resto de produto de limpeza e papel colorido. Já os resíduos que podem ser compostados englobam: Restos de fruta, verduras e legumes; restos de alimentos; casca de ovos; pó de café; filtro de papel; saquinhos de chá; guardanapo; jornal; palhas e podas de jardim; e serragem.

Dessa forma, conclui se que resto de alimentos, podas, casca de ovo, restos de fruta, verduras e legumes podem ser os melhores indicados para a separação dos orgânicos destinados a compostagem domiciliar, objetivando um composto, ou fertilizante, orgânico de boa qualidade. Mas a rigor todo resto orgânico de animal ou vegetal pode ser compostado. Em se tratando de resíduos domiciliares urbanos, objeto desta pesquisa, o que se encontra para compostar são restos de preparos de alimentos, sobra de refeições; tanto vegetais como de origem animal (PEIXE; HACK, et al, 2014).

### **3.6.2 Coleta, Transporte e disposição final.**

Quando se debate sobre coleta e transporte, observa-se que todos os municípios possuem uma estrutura mínima, condizente com o seu porte. Estrutura essa que talvez não se apresente suficiente para a implantação de um programa de coleta seletiva e reciclagem, no qual seja necessária a disponibilidade de mais veículos ou mesmo a adaptação dos já existentes para a coleta convencional, tendo em vista a necessidade de atendimento desses veículos a outras demandas (BARBOSA et al., 2004).

Conforme apontado por IBAM (2001), a realização da coleta seletiva sugere a adaptação dos veículos para coleta diferenciada ou, no caso da separação (secos e úmidos), coleta em dias diferentes. No primeiro caso, para alguns municípios, principalmente os que coletam o lixo 3 vezes por semana, a utilização dos veículos para o atendimento de outras demandas poderia inviabilizar essa adaptação. No segundo caso, principalmente para a maioria dos municípios onde a coleta é feita diariamente, a utilização de dias alternados sugere a necessidade de mais um veículo, ou mesmo, de aumentar o número de viagens dos veículos, o que resultaria no aumento

das despesas com transporte. Sendo que, no tocante à gestão de resíduos sólidos orgânicos, somado as condições tropicais do país, a coleta da fração orgânica do resíduo deve atender a um período fixo, de duas a três vezes por semana (ANGEOLETTO F.; MAESTRI C.; ROVER J.R.; ABREU M.J., 2016).

Mas, dois pontos devem ser observados em relação a este fator, coleta seletiva: Primeiro, deve se reparar na tipologia do porte populacional urbano no município, pois quanto menor o porte populacional urbano mais difícil é a atividade de catação de matérias, tanto pelo volume de resíduos produzidos, sua composição gravimétrica com baixa porcentagem de materiais potencialmente recicláveis como também dificuldades de comercialização de pequenas quantidades. O segundo ponto é o apoio institucional à prática da coleta de materiais por catadores sem um mecanismo claro de compensação financeira a estes trabalhadores, que executam um trabalho que deveria ser cumprido pelo poder público municipal (CRUZ, 2011).

No Brasil, embora presente em grande número de municípios, a reciclagem ainda é um processo incipiente, que abrange poucos materiais, com destaque para as latas de alumínio, enquanto outros materiais continuam a apresentar índices de reciclagem bem mais baixos. Além disso, a coleta seletiva é, em sua maior parte, resultado da atividade de catadores (autônomos ou organizados em cooperativas), e não consequência de um comprometimento mais profundo e generalizado da população e das autoridades com o processo de separação e coleta seletiva do lixo. E ao se considerar a respeito dos resíduos orgânicos, assim como os resíduos recicláveis, eles também têm reutilização incipiente no Brasil. Sua reutilização em centros de triagem de lixo e/ou de compostagem de matéria orgânica pode gerar substâncias reaproveitáveis, como o adubo orgânico, entre outros. O que ocorre, no entanto, é que o lixo orgânico não é separado dos outros resíduos, sendo contaminado por materiais tóxicos diversos durante seu acondicionamento e coleta inapropriada, perdendo sua capacidade de reutilização. Ou seja, é de fundamental importância à prévia e correta separação do lixo domiciliar antes de sua coleta e destinação final. Entretanto, além da separação prévia de resíduos orgânicos ser essencial, ao condicionarmos os à disposição ambientalmente correta evitasse o fato de que os mesmos são a origem do chorume presente nos lixões e aterros. Nesse contexto, a diminuição dos resíduos orgânicos reduziria a ocorrência dessa substância tão poluente ao meio ambiente (IBGE 2011).

Em suma, todos esses fatores associados, que retratam o empirismo com o qual esses serviços são executados, representam entraves à viabilização de um Sistema de Gerenciamento de Resíduos Sólidos Urbanos que contemple um programa de coleta seletiva, cuja finalidade seria no caso desses municípios: aperfeiçoar a operacionalização das Unidades de Reciclagem e

Compostagem. Ou seja, para se implantar um método de gestão centralizada, deve se verificar a inter-relação entre a coleta seletiva e a eficiência de uma Unidade de Reciclagem e Compostagem, dado que a quantidade de materiais inertes presentes na massa de lixo pode comprometer tanto a quantidade da matéria orgânica putrescível, quanto à qualidade do composto final (BARBOSA, 2004).

Percebe-se, então, que o recolhimento diferenciado envolve materiais reaproveitáveis tais como papéis, vidros, plásticos, metais, ou até mesmo resíduos orgânicos, todos previamente separados do restante do lixo nas suas próprias fontes geradoras, ou seja, nos domicílios, nas fábricas, nos estabelecimentos comerciais, nos escritórios, etc. Entretanto, a coleta seletiva pode ou não ser seguida pelo processamento (triagem final, acondicionamento, estocagem e comercialização) dos resíduos recicláveis e orgânicos (MP-PR, 2012).

No município no Novo Gama, GO, conforme dados de 2016, disponíveis no SNIS, pode se observar que não há indicativos da existência de coleta seletiva, mesmo com uma coleta convencional que abrange 95,93% da população total do município (100% da população urbana). No município também não observa-se registro de qualquer cobrança regular ou especial pelos SLU prestados; e isso dificulta o fechamento das contas da prefeitura, que conforme as despesas, segundo o agente executor, ultrapassam mais de 2,5 milhões de reais por ano, ou mais de 218 mil por mês. Além, de não ter registros da quantidade de resíduos que são coletados pela cooperativa de catadores do município.

A coleta no Novo Gama, GO, é quase em sua totalidade realizada porta a porta e diariamente para uma população atendida de 104.000 habitantes; sendo que para 10 % dessa população atendida o serviço de coleta funciona menos ou igual a 3 vezes por semana. Entretanto, pelo não uso de balança no sistema de limpeza urbana local o controle da quantidade de resíduos, que apesar de apresentar estimativa de 31.222 toneladas em 2016, fica desfalcado. Não deixando clara a quantidade de resíduos que são coletados pelo serviço de limpeza urbana, os que são queimados ou enterrados e os coletados por catadores, da única associação existente no município e quantificado no SNIS (2016).

Além disso, o município não possui quaisquer unidades de tratamento de resíduos; sendo todos os seus RSU encaminhados ao Aterro Controlado do Novo Gama, que atualmente é caracterizado como um lixão; ou seja, podendo se relacionar com vários riscos a saúde e bem-estar da comunidade e do meio ambiente. Conforme Sampaio Júnior (2016), a problemática dos resíduos sólidos deve ser priorizada no Novo Gama, GO, principalmente devidos aos danos

ambientais envolvidos em caso de uma destinação final ambientalmente incorreta. E o mesmo autor confirma que o destino final oficial do município consiste em um vazadouro a céu aberto, também conhecido como “lixão”, e segundo informações cedidas pela Prefeitura Municipal e pelo Grupo Meios, esse lixão é a única forma de disposição final em atividade no município e todos os resíduos coletados são dispostos no mesmo; que conta com a presença de catadores no lixão, sem nenhum equipamento de proteção individual, e pequenos galpões para triagem e armazenamento dos resíduos coletados.

De acordo com Lopes (2003), a disposição inadequada de resíduos pode ser classificada quanto à carga potencial poluidora das águas, conforme o quadro 3, como elevada ou moderada a depender do volume de disposição, já que os resíduos são um dos maiores poluentes das águas. E conforme dados do SNIS (2016), os quais registram mais 2,5 mil toneladas por mês coletados e, provavelmente, são encaminhados ao lixão de forma indiferenciada (ou seja, resíduos classe I); e por isso pode se concluir que há uma elevada carga potencial poluidora das águas, no Novo Gama, GO.

**Quadro 3 Critérios para classificação das cargas poluidoras.**

Atividades	Carga Potencial Poluidora		
	Elevada	Moderada	Reduzida
<b>Disposição de Resíduos Sólidos</b>	Episódio de contaminação comprovada.  Deposição inadequada de resíduos classe I > 1t/mês e classe II > 100 t/mês.	Deposição inadequada de resíduos classe I < 1t/mês e classe II < 100 t/mês.	Disposição final apropriada.  Resíduos classe III
<b>Lagoa de Efluentes</b>	Efluente contendo substâncias perigosas.  Substâncias não perigosas e lagoa > 1ha.	Substâncias perigosas ausentes.  1 ha > lagoa > 0,1 ha.	Substâncias perigosas ausentes.  Lagoa < 0,1 ha.

Adaptado de Lopes (2003).

E para agravar a situação ainda mais, foi constatado por Sampaio Júnior (2016) por intermédio de ferramentas de geoprocessamento que a área do lixão excede o limite de distância mínima de 200 metros de qualquer corpo hídricos, um dos requisitos mínimos estabelecidos pela ABNT NBR 13896/1997 que dispõe sobre a seleção de áreas para implantação de aterros.

Em suma, conforme o atual contexto do Novo Gama, GO, ainda pode haver entraves para a utilização de métodos centralizados de compostagem. Principalmente por não haver a separação de resíduos na coleta, o que poderá diminuir a eficiência de uma usina de compostagem e diminuir a qualidade de seu composto, assim como de sua comercialização. Sendo mais propício, nesse caso, a utilização de um sistema de compostagem que valorize a separação na fonte e conscientize a população anterior, para posterior aprimoramento da coleta, transporte e disposição final dos resíduos de forma diferenciada – realocar.

## 4 METODOLOGIA

A metodologia utilizada neste projeto, delineada no fluxograma, foi baseada na pesquisa bibliográfica em diferentes bases de dados, documentos técnicos e publicações da literatura científica. O fluxograma foi elaborado com base em uma visão geral do levantamento e identificação de dados a serem realizados no projeto, destacando os caminhos tomados para a aquisição das informações pertinentes para a análise da implantação de um sistema de gerenciamento de resíduos que possa incluir a compostagem domiciliar no Novo Gama, Goiás.

### 4.1 FLUXOGRAMA

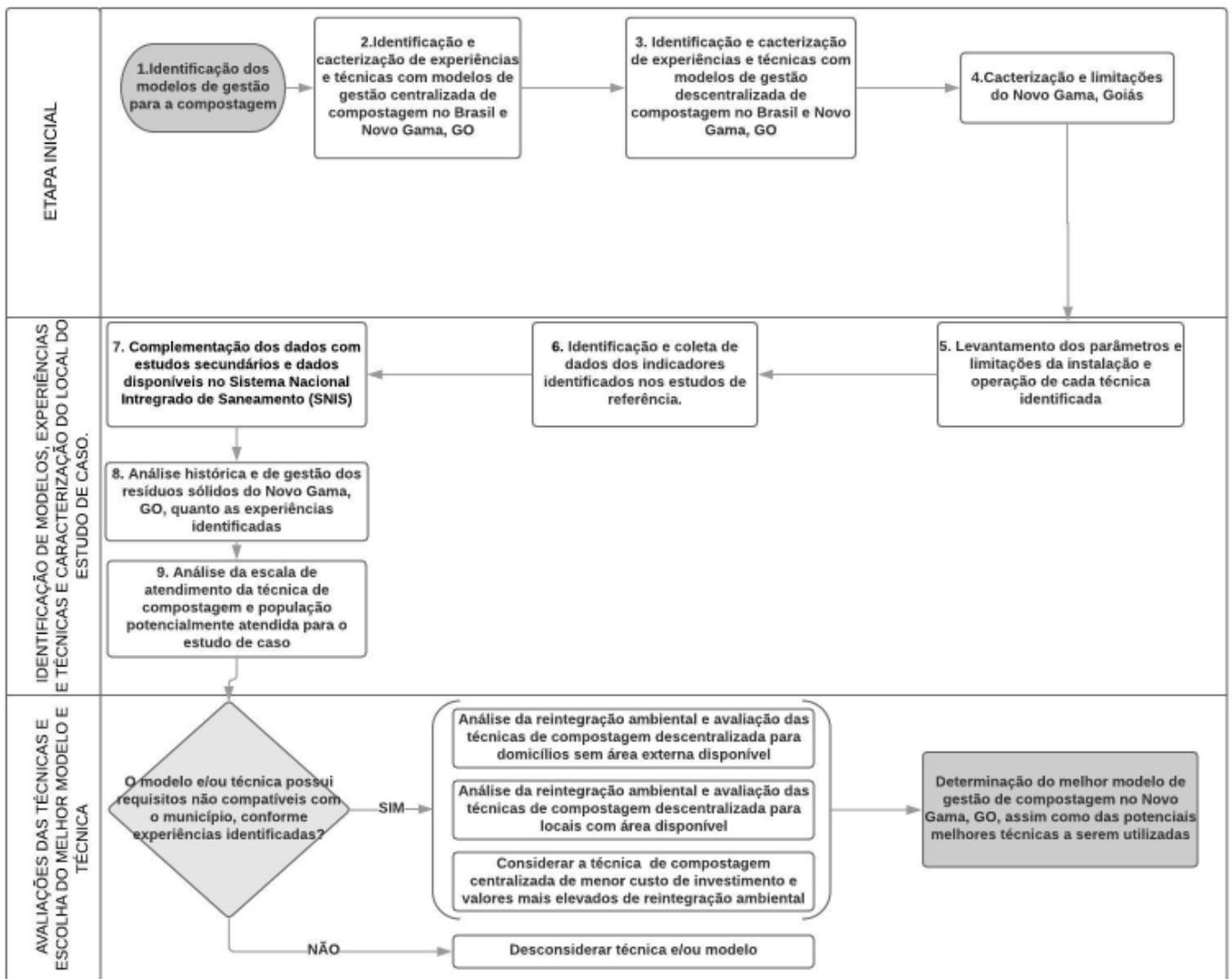


Figura 8. Fluxograma do projeto final.

#### **4.1.1. Etapa inicial: identificação de modelos, experiências e técnicas e caracterização do local do estudo de caso.**

Como premissa da escolha da compostagem como método de tratamento dos RDO, conclui-se com a revisão bibliográfica que a compostagem da fração orgânica dos resíduos sólidos urbanos é uma das formas adequadas à nova Política Nacional dos Resíduos Sólidos - Lei 12.305/2010 a ser considerada; pois, além do composto quando gerado estimular a coleta seletiva na medida em que se fecha o círculo da produção, também estimula a coleta e o tratamento adequado dos resíduos produzidos localmente (PEIXE et al, 2014). Por isso, é importante selecionar o melhor método de compostagem que se adeque as condições ambientais, econômicas e sociais locais, anterior a qualquer tomada de decisão. E com isso, deve se realizar, primeiramente, uma identificação dos modelos de gestão a serem seguidos, além das experiências e técnicas aplicadas e já conhecidas no país, que podem se aproximar das características locais do estudo de caso.

Dos modelos identificados serão caracterizados os modelos de gestão centralizada e os modelos de gestão descentralizada, dividindo em dois grupos. Já que os modelos de gestão determinados possuem características diferentes de operação, escala e custos. E, também, o modelo centralizado, em sua maioria, possui um sistema de reciclagem acoplado ao sistema de compostagem o que pode estabelecer um composto de baixa qualidade, além de esse modelo estabelecer uma centralização da coleta e destinação final. Já os modelos descentralizados, com características de menor escala e menor custo, tendem a possuir um trabalho de educação ambiental bem vinculado ao sucesso dos projetos de compostagem com separação na fonte, além de o fato de ser descentralizado pelo município contribuir no sucesso de programas de conscientização local e aproximação da comunidade à problemática e à solução local para os Resíduos Sólidos Domiciliares Orgânicos (RDO).

Das experiências de gestão centralizada, selecionadas como uma opção para a localidade, deve se atentar principalmente para os aspectos orçamentários da municipalidade e necessidades de investimentos, além de observar a estrutura já existente de coleta e transporte de resíduos e possibilidade de comercialização do composto e reciclável. Por isso, neste estudo se optou pela escolha de modelos centralizado que ocorrem em municípios com diferentes escalas populacionais urbanas; sendo o município de Santo Antônio do Retiro, MG, predominantemente rural, o Distrito Federal, predominantemente urbano e o município de Tibagi, PR, com predominância de 60 % da sua população total no meio urbano. E assim, poderemos analisar diferentes escalas de atendimento à população, tanto quanto a geração como quanto a existência

de coleta seletiva ou não, que poderá influenciar diretamente nos processos de gestão estabelecidos, assim, como as técnicas escolhidas.

**Tabela 4. Modelos de compostagem centralizados identificados e população local**

Modelos centralizados	População Total	População Urbana
1. URC - Santo Antônio do Retiro, MG.	7.315	1.672
2. UTC, DANO – Ceilândia, DF & UTC, TRIGA – Asa sul, DF.	2.977.216	2.875.337
3. CTCT - Tibagi, PR.	20.470	12.347

Fonte: SNIS (2016).

Para as experiências de gestão descentralizada – institucional, municipal, comunitária ou domiciliar – deve se selecionar aquelas experiências que mostram uma aceitação por parte dos usuários. Ou seja, uma técnica que possibilite a não geração de odores ruins e atração de animais, como moscas, insetos e ratos. Pois, como visto nas referências bibliográficas uma das causas do declínio da compostagem no passado e do insucesso de experiências anteriores é a geração de odor e a repulsa da compostagem perto de residências urbanas; também conhecido pelo termo “*Not In My Backyard*” (*NYMBY*): uma expressão em inglês que resume a opinião de moradores que podem aceitar o método como uma solução possível, mas não querem essa solução perto de suas casas, no meio urbano, e isso, pode inviabilizar economicamente o projeto (STOREL et. al, 2018). Por isso, também é importante a visita *in loco* nos casos que forem possíveis pelos responsáveis pela tomada de decisão final do modelo e técnica escolhida.

**Quadro 4 Modelos de compostagem descentralizados identificados**

Modelos descentralizados	Origem dos resíduos orgânicos processados	Escala de gestão
1. Revolução dos Baldinhos - Florianópolis, SC.	Domicílios	Comunitária
2. Experiência de Inácio e Miller (2012)	-	-
3. Pátio da Lapa, SP.	Feiras Livres	Municipal
4. Experiência na UTFPR, PR.	Restaurante Universitário	Institucional
5. Experiência em Capão do Leão, RS.	Domicílios	Domiciliar

Fonte: ANGEOLETTO, 2016; INÁCIO, 2012; INOVA, 2015; NUERNBERG, 2014.

Das experiências identificadas, conforme o quadro 4 acima, pode-se observar que modelos de gestão descentralizado e sua escala de atendimento é bem flexível, podendo se estabelecerem de forma a adquirir um modelo de gestão comunitária, municipal, institucional ou domiciliar. A experiência identificada como: número 2, não foi possível encontrar informações mais precisas da origem dos resíduos orgânicos processados e escala de gestão realizada, mas se sabe que pela área e quantidade de resíduos processados poderia se adequar a uma escala institucional ou comunitária, como é exemplo a Revolução dos Baldinhos, que utiliza da técnica de compostagem, conhecida como “método UFSC”, empregada nas experiências: 1, 2 e 3 do quadro 4. Já as experiências 4 e 5 se tratam de tratamentos que utilizam de estruturas que podem ser nomeadas de reator biológico, sendo que na experiência 4 o reator é complementado com o auxílio de minhocas, conhecido como uma técnica de vermicompostagem, que apesar da experiência ser em escala de gestão institucional, também pode se aplicar em escala domiciliar ao se diminuir o número de reatores.

Deve se considerar, também, que para instalação de um modelo e técnica de compostagem na comunidade dependerá se na proximidade do local de instalação e operação do sistema de compostagem escolhido se tenha residências que produzem resíduo orgânico diariamente de forma segregada e que apresentem internamente, ou em sua proximidade, áreas potenciais para instalação de hortas e jardins; além de uma população que assimile a prática da compostagem em seu dia a dia (MELO et al., 2014). Sendo essa última limitação superada com trabalho contínuo e participativo de educação ambiental; antes, durante e depois da instalação do sistema de compostagem, e por isso, é importante analisar a taxa de urbanização do município, assim como o número médio de pessoas por domicílio, existência de instituições públicas e privadas com área externa (escolas, prefeitura e outros), além da existência de terrenos baldios ou áreas na zona urbana que podem suprir a demanda de área da técnica escolhida.

Por exemplo, é sabido que o município do Novo Gama, Goiás, possui uma população urbana que atinge 108.410 habitantes, sendo que, aproximadamente, 99 % de sua população se estabelecendo no meio urbano e que o município não possui coleta seletiva, apesar de possuir uma taxa de cobertura da coleta RDO em relação à população urbana de 100%, que atende apenas 22,86 % em relação à população total (SINIS, 2016). Em média, nos 33.345 domicílios estabelecidos no Novo Gama, Goiás, moram pouco mais do que 3 pessoas por domicílio, sendo que 80,53 % dos domicílios possuem entre 5 e 8 cômodos (PMAD, 2018), o que poderia favorecer o modelo centralizado, caso houvesse existência de coleta seletiva; ou evidências de separação dos resíduos na origem (SAMPAIO, 2016). Entretanto, a alta concentração de pessoas

a depender da localidade do município pode ser favorável a modelos de gestão descentralizados – comunitário – com pequenos raios de influência, a depender da escala de atendimento da técnica observada em experiências passadas e população potencialmente atendida pela técnica utilizada. Somado a isso, na localidade mais de 25 % da população está em escola pública ou particular, o que pode favorecer a aproximação inicial e gradual com a população, que se vê necessária, conforme resultados dos questionários de Sampaio (2016) e a baixa renda e escolaridade da população observada na Pesquisa Metropolitana por Amostra de Domicílios (PMAD) (PMAD, 2018). Em suma, para se escolher os melhores modelos e técnicas compatíveis com a realidade do Novo Gama, GO, em um cenário com escassez de recursos financeiros, uma população com escolaridade e renda per capita baixa e em constante expansão territorial deve-se permanecer otimista, pois de certo modo, a aplicabilidade de sistemas de compostagem no Novo Gama, GO, é promissora devido ao baixo custo. Aparentemente, o município possui áreas extensas não urbanizadas nas proximidades das concentrações urbanas e terrenos baldios dentro dos aglomerados urbanos, além de instituições de ensino e outras instituições públicas que podem instalar um pequeno pátio de compostagem para uso institucional ou comunitário. Entretanto, isso dependerá dos parâmetros e limitações de cada técnica identificada.

#### **4.1.2 Caracterizações das técnicas identificadas, coleta de dados e população potencialmente atendida.**

Das técnicas identificadas nas experiências selecionadas, podem-se identificar diferentes características que possibilitam a comparação entre as técnicas centralizada, descentralizadas e entre os dois grupos de gestão, como: quantidade de resíduos que entram e saem do sistema de compostagem, quantidade de composto produzido, investimento inicial, tipo de gestão, área operacional necessária, existência de coleta seletiva, existência de tratamento para efluentes, reintegração ambiental, população potencialmente atendida e existência ou não de licenciamento ambiental para o empreendimento. E dessa forma, se conseguirá analisar a aplicabilidade e limitações de cada método no município em estudo e escolher o método que melhor se enquadra no orçamento e dinâmica encontrada no local, com a possibilidade de comercialização do composto produzido. Desde que se atente para aos padrões de qualidade estabelecidos pela resolução CONAMA nº 481/2017 e Instrução normativa do ministério da agricultura, pecuária e abastecimento nº 07/2016 (conforme o tabela 5), além de existir diretrizes para a produção do adubo orgânico; seja para hortas urbanas ou jardins dos próprios moradores seja para o paisagismo da cidade e hortas comunitárias, que nunca deve se desconsiderar a possibilidade de

comercialização do adubo orgânico, devendo se analisar e/ou estimar o volume a ser produzido e sua destinação em cada experiência analisada, para sempre ditas como referência para o projeto.

**Tabela 5. Limites máximos de contaminantes admitidos em fertilizantes orgânicos e condicionadores de solo**

Contaminantes	Valor máximo admitido
Arsênio (mg/Kg)	20,00
Cádmio (mg/kg)	3,00
Chumbo (mg/kg)	150,00
Cromo hexavalente (mg/kg)	2,00
Mercúrio (mg/kg)	1,00
Níquel (mg/kg)	70,00
Selênio (mg/kg)	80,00
Coliformes termotolerantes - n° mais provável por grama de matéria seca (NMP/g de MS)	1.000,00
Ovos viáveis de helmintos - n° por quatro gramas de sólidos totais (n° em 4g ST)	1,00
<i>Salmonella sp</i>	Ausência em 10 g de matéria seca
Vidros, plástico, metais > 2 mm (inertes)	0,5% na massa seca
Pedras > 5 mm	5,0% na massa seca

Fonte: IN SDA nº 7, de 12/04/2016.

Em geral, qualquer método de compostagem, centralizado ou descentralizado, possui seus pontos positivos e negativos. Assim sendo, observa-se de forma positiva que o trabalho da compostagem eficaz estabelece um aproveitamento agrícola sob forma de adubo orgânico, pois ocorre uma reciclagem de nutrientes e devolução ao solo; além de se considerar o processo ambientalmente seguro no tratamento dos efluentes e possuir custos de operação reduzidos (D'ALMEIDA E VILHENA, 2000 apud BARREIRA, 2005). Entretanto, como todo negócio a compostagem também possui alguns pontos negativos que podem ser minimizados planejando: a necessidade de um investimento inicial em equipamentos compatíveis com a quantidade de resíduos do município e sua mão de obra; necessidade de tratamento complementar; necessidade de mercado para o composto; além de cuidados com o processo de compostagem em si (SCHALCH et al., 2002). Com isso, deve se identificar e caracterizar as técnicas encontradas por intermédio da coleta de dados disponíveis nas experiências de referência e tentar identificar as

técnicas mais comentadas em estudos e pesquisas, pois quanto mais a técnica se mostrar conhecida mais informações podem ser coletadas.

#### **Quadro 5. Experiências e técnicas identificadas**

Experiências	Modelo	Técnica
1. Revolução dos Baldinhos - Florianópolis, SC.	Descentralizado	“método UFSC”
2. Experiência de Inácio e Miller (2012)	Descentralizado	“método UFSC”
3. Pátio da Lapa, SP.	Descentralizado	“método UFSC”
4. Experiência na UTFPR, PR.	Descentralizado	Vermicompostagem
5. Experiência em Capão do Leão, RS.	Descentralizado	Reator Biológico
6. Usina de Santo Antônio do Retiro, MG.	Centralizado	UTC
7. Usina de Ceilândia, DF.	Centralizado	UTC
8. Usina da Asa Sul, DF.	Centralizado	UTC
9. Usina de Tibagi, PR.	Centralizado	UTC

Conforme o quadro 5, acima, pode se verificar que das técnicas mais difundidas em estudos acadêmicos e experiências nacionais a técnica de modelo de gestão descentralizado mais difundida é a técnica conhecida como “método UFSC”; e que a técnica mais difundida de modelo centralizado é a técnica conhecida UTC. O “método UFSC” adaptado de métodos encontrados na Índia veio ao Brasil por intermédio de Paul Richard Momsen Miller que teve grande influência dentro da Universidade Federal de Santa Catarina, como docente. E a grande explicação para o grande sucesso e adaptação dessa técnica ao Brasil é o clima já que o processo de compostagem é favorecido pelo clima tropical onde a temperatura atmosférica é estável e quente, ou seja, entre 25°C e 30°C, além de que nas técnicas descentralizadas há menor necessidade de capital, os custos de operação e manutenção são relativamente menores (WAHYONO et. al, 1998) e permite um tratamento dentro do centro urbano que não há geração de mal odor e atração de animais.

Já a técnica de Usina de Triagem e compostagem, foi uma das técnicas mais difundidas no passado, apesar das suas variações encontradas, e que permanecem em funcionamento. Entretanto, foi à técnica que mais trouxe repulsão a solução dos resíduos orgânicos pela compostagem, pois no passado essas técnicas desenvolvidas para climas temperados, em sua maioria na Europa, e nem sempre se adequaram as características locais encontradas no Brasil. O que gerou problemas no processo de compostagem, como: geração de mau odor e atração de

animais, os quais se tornaram as maiores críticas às técnicas de compostagem quando as cidades começaram a crescer e se aproximar das UTC.

As demais técnicas identificadas, também, tendem a não gerar mau cheiro e atração de animais, mas, conforme as experiências, é de se esperar que tais técnicas não são tão flexíveis quanto a técnica UFSC e não permitem tratamentos em larga escala como a UTC, devendo os tratamentos de reator biológico e vermicompostagem serem mais aplicados em escala domiciliar ou institucional por serem mais versáteis a locais com pouca disponibilidade de espaço.

E conforme dados coletados, das experiências descentralizadas, apenas em uma das experiências foi identificado a presença de insetos e moscas, nos demais as técnicas foram bem aceitas e mesmo após o estudo há relatos de continuidade do tratamento, sendo que uma das características mais importantes para o sucesso dessas experiências é a alta eficácia na segregação na fonte.

#### **Quadro 6 Características gerais das experiências descentralizadas identificadas**

	Geração de odor	Presença de animais e vetores	Coleta do percolado	Fontes Separadas	Área operacional (m <sup>2</sup> )
1. Revolução dos Baldinhos (2016).	NÃO	NÃO	SIM	SIM	25
2. Inácio & Miller, Brasil (2012).	NÃO	NÃO	SIM	SIM	40,32
3. Lapa, São Paulo (2017).	NÃO	NÃO	SIM	SIM	3.000
4. UTFPR, PR. (2014).	NÃO	SIM	SIM	SIM	0,9
5. Capão do Leão, RS (2013).	NÃO	NÃO	NÃO	SIM	0,26

Já dos dados coletados, das experiências centralizadas, pode se perceber que apenas uma das experiências trabalha com as fontes separadas e com coleta seletiva que abrange 100% da população, ou seja, resíduos orgânicos são coletados de forma diferenciada aos resíduos recicláveis. E, também, foi notada a dificuldade para se encontrar a escala de atendimento da unidade quando se trata da população atendida ou potencialmente atendida pela técnica no local de estudos, em número de habitantes. Mas conforme sistema de dados do SNIS, pode se completar informações relevantes para a análise das técnicas, das quais as experiências não mencionam, como porcentagem de cobertura da coleta seletiva e necessidade ou não de licenciamentos ambiental.

### Quadro 7 Características gerais das experiências centralizadas identificadas

	Atendimento populacional (hab.)	Licenciamento Ambiental	Coleta Seletiva	Fontes separadas	Área operacional (m <sup>2</sup> )
1. Usina de Santo Antônio do Retiro, MG.	7.000	Sim	0%	Não	853,60
2. Usina de Ceilândia, DF.	-	Não	38,6%	Não	200.000
3. Usina da Asa Sul, DF.	-	Não	38,6%	Não	116.469
4. Usina de Tibagi, PR.	-	Não	100%	Sim	1.406

Fonte: SNIS (2016).

Com isso, já pode se ter uma estimativa do modelo e técnica que podem ser empregados ao estudo de caso. Ao menos, em termos de escala espacial da estrutura mínima necessária para operar as técnicas e outras estruturas que deveram ser instaladas, otimizadas ou aprimoradas; sendo importante mencionar que para tudo isso há um custo instalação que poderá limitar a implantação do modelo. E uma capacidade de processamento de cada técnica, a qual pode nortear quanto à escala de atendimento da população do estudo de caso.

### Quadro 8 Características limitantes de cada experiência e técnica identificada

	Capacidade (t/dia)	População Potencialmente Atendida (hab.)	Investimento inicial (R\$)	Custo de O&M (R\$/t)
1. Revolução dos Baldinhos (2016).	0,051	142,1	-	-
2. Inácio & Miller, Brasil (2012).	0,100	277,8	-	-
3. Lapa, São Paulo (2017).	5,000	13.888,9	126.000,00	57,60
4. UTFPR, PR. (2014).	0,019	54,0	9.000,00	-
5. Capão do Leão, RS (2013).	0,001	3,2	-	0,00
6. Usina de Santo Antônio do Retiro, MG.	3,500	6.250,0	297.183,89	-
7. Usina de Ceilândia, DF.	600,0	1.071.428,6	-	46,61
8. Usina da Asa Sul, DF.	250,0	446.428,6	-	32,98
9. Usina de Tibagi, PR.	12,00	21.428,6	220.000,00	205,97

Pela necessidade de um indicador que conseguisse comparar as técnicas com o local do estudo de caso, foi estimada uma população potencialmente atendida no estudo de caso, em habitantes, considerando que a experiência observada manteria as mesmas características estruturais e operacionais se instaladas no estudo de caso. Dessa forma, a população potencialmente atendida foi estimada dividindo a capacidade, em toneladas por dia, pela geração diária de RDO para o município em estudo, determinada pelo estudo gravimétrico prévio ou a ser realizado, que, no estudo de caso, foi quantificado em 0,36 kg/hab.dia para o Novo Gama, Goiás, para as experiências descentralizadas com separação na fonte. Enquanto para as experiências centralizadas se utilizou o valor de 0,56 kg/hab.dia, pela geração diária de RSD, já que para essas

experiências não necessariamente há segregação na fonte e que mesmo que aja os resíduos tanto secos como úmidos são encaminhados para a mesma unidade de tratamento.

Quanto a necessidade de investimento inicial, pode perceber notória diferença entre os modelos centralizados (6,7,8,9) e os modelos descentralizados (1,2,3,4,5). Os modelos descentralizados possuem custo de instalação menor que os modelos centralizados identificados. Entretanto, em uma primeira interpretação sobre o quadro 8, pode-se perceber que o custo de operação e manutenção (O&M) é mais elevado para o “método UFSC”. Mas, deve se considerar que a venda do composto de alta qualidade advindo do processo, não foi abatido do custo de O&M inicial, quando ainda não há produção de adubo orgânico para a comercialização.

Portanto, também, é de notório saber a necessidade da quantidade de composto produzido em cada técnica. Na técnica “método UFSC”, conforme as referências do pátio da Lapa, SP, (INOVA, 2015) e experiências de Inácio & Miller (INÁCIO; MILLER, 2009), do volume do composto processado, 80 % do volume é perdido por evaporação, transpiração e pelo processo de percolação na leira. Enquanto, que no processo de vermicompostagem são perdidos, aproximadamente, 70% do volume processado inicialmente.

#### **Quadro 9 Características do fluxo operacional das experiências e técnicas identificadas**

	Quantidade processada (t/dia)	Quantidade de composto (t/dia)	Quantidade de Rejeito (t/dia)	Quantidade de recicláveis (t/dia)
1. Revolução dos Baldinhos (2016).	0,051	0,010	-	-
2. Inácio & Miller, Brasil (2012).	0,100	0,020	-	-
3. Lapa, São Paulo (2017).	5,000	1,000	-	-
4. UTFPR, PR. (2014).	0,019	0,006	-	-
5. Capão do Leão, RS (2013).	0,001	-	-	-
6. Usina de Santo Antônio do Retiro, MG.	0,516	0,048	0,399	0,0315
7. Usina de Ceilândia, DF.	479,6	85,95	404,8	-
8. Usina da Asa Sul, DF.	147,9	52,50	82,41	-
9. Usina de Tibagi, PR.	8,86	3,0	1,417	2,480

E como pode se notar por intermédio do quadro 9, as técnicas referenciadas e analisadas não possuem geração de rejeitos em seus sistemas, o que pode ser justificado pelo alto índice de segregação na fonte destinada aos pátios e demais destinações da compostagem. Enquanto que das experiências dos modelos centralizados a usina com menor quantidade de rejeitos é a Usina de Tibagi, PR, que possui cobertura de 100% de sua população e programa de educação ambiental para segregação na fonte (ZONER et al., 2012).

Entretanto, como já mencionado no PGIRS do Novo Gama, Goiás, pelo menor custo de investimento e viabilidade técnica e econômico-financeira, foi proposta a utilização do modelo simplificado de unidade de tratamento a ser adotada futuramente, após a consecução das metas de coleta seletiva; em 2004. Entretanto, a Unidade de Tratamento Simplificada, com processo gravitacional de peneiramento na segregação, mediante catação manual para o preparo do composto em leiras e considerada um modelo centralizado de compostagem, nunca foi instalada (NOVO GAMA, 2006). Ou seja, para o estudo de caso, não há bons indícios, conforme análise histórica, para a instalação de um modelo centralizado, somado a falta de coleta seletiva no município (SNIS, 2016).

#### **4.1.3 Avaliações das técnicas e escolha do melhor modelo e técnica**

Ao que tudo indica, é de se esperar que por intermédio de um sistema de compostagem se desvie grande quantidade de resíduos. Assim sendo, sistemas de compostagem tornam-se grandes aliados no gerenciamento dos resíduos de um município, já que possui potencial de reduzir em até 64% a quantidade de resíduos sólidos urbanos destinados ao lixão localizado no Novo Gama, GO, e minimizar os impactos negativos ocasionados pela inadequada disposição final, como grande geração de gases do efeito estufa e alta carga potencial poluidora de águas, por exemplo. Assim sendo, pensa-se que uma das formas de se analisar um método de compostagem implica em mensurar a eficácia da operação do sistema, a qual indicará o real desvio de massa de resíduos do AS e/ou lixão (D'ALMEIDA E VILHENA, 2000 apud BARREIRA, 2005). Ou seja, deve-se mensurar a taxa de desvio dos resíduos, ou potencial reintegração ambiental e econômica, aos processos comumente utilizados (aterros ou lixões) como uma medição a ser levada em consideração que mostre um benefício extremamente importante de uma usina de triagem e compostagem, sendo baseada no balanço de massa e fração de resíduos presentes na massa dos RSU. E a partir da composição gravimétrica obtida, poderá-se calcular o balanço de massa que, por sua vez, fornece o potencial de reaproveitamento (reciclagem/compostagem) do lixo, além de indicar a produção total de rejeitos, obtendo-se, assim, o índice de reintegração ambiental e econômica (médio), caso haja o tratamento (triagem e compostagem) dos resíduos gerados no município. E este dado reveste-se de grande importância para análise de viabilidade do sistema (PEREIRA NETO e LELIS, 1999). Para obter o potencial de reintegração, são considerados os materiais potencialmente recicláveis, descontando-se possíveis rejeitos (material de baixa qualidade) que não são absorvidos pela indústria e os materiais potencialmente compostáveis, descontando-se as perdas ocorridas durante a compostagem (vapor d'água, volatilização de gases) e os rejeitos do peneiramento do composto (materiais inertes) (PEREIRA

NETO e LELIS, 1999). Ou seja, o potencial de reintegração ambiental e econômica possível para os modelos descentralizados de compostagem irá se restringir a geração de adubo orgânico e a redução da massa original por vapor d'água e volatilização de gases.

**Tabela 6. Potencial de reintegração ambiental e econômica das experiências e técnicas identificadas.**

	Potencial de Reintegração
1. Revolução dos Baldinhos (2016)*.	20,00%
2. Inácio & Miller, Brasil (2012)*.	20,00%
3. Lapa, São Paulo (2017)*.	20,00%
4. UTFPR, PR. (2014)**.	30,00%
5. Capão do Leão, RS (2013).	-
6. Usina de Santo Antônio do Retiro, MG.	15,31%
7. Usina de Ceilândia, DF.	17,92%
8. Usina da Asa Sul, DF.	35,49%
9. Usina de Tibagi, PR.	61,60%

\*80% da massa dos resíduos é composta por água, que evapora ou percola saindo do sistema

\*\*Há aproveitamento do percolato como fertilizante orgânico líquido (10%)

Com isso, pode-se perceber que apesar das técnicas centralizadas tenderem a possuir maiores valores de reintegração devido à quantidade de recicláveis, que retornam ao ciclo industrial, nem sempre isso ocorre. A UTC de Santo Antônio do Retiro, por exemplo, possui potencial de reintegração abaixo das experiências dos modelos descentralizados. E isso pode ter ocorrido devido a eficiência do processo ou a baixa escala de atendimento sem separação na fonte. Entretanto, é importante mencionar que para a quantidade de composto contribuinte a reintegração ambiental, não encontradas nos estudos de referência, se considerou que 40% da massa dos resíduos orgânicos se perdem no processo de compostagem, sendo de 50% a 60% da massa inicial transformada em adubo, considerando também a quantidade de rejeito gerado. E que para as usinas do Distrito Federal, não foram encontrados dados da quantidade de recicláveis processados e enviados de volta ao ciclo industrial, assim, foram considerados apenas a quantidade de composto comercializado para os dois casos.

Contudo, em específico para as experiências centralizadas, deve se analisar a viabilidade da instalação das UTC em local adequado, considerando a rentabilidade do processo de forma a atrair o setor privado. Assim sendo, é sabido que o transporte integrado à reciclagem se torna rentável - e as concessões a empresas privadas são uma prática recomendável - desde que o lixo seja coletado num raio de 15-20 km da UTC e em escala correspondente a mais de 50.000 pessoas; e para distâncias de maiores e menor escala, o custo de transporte inviabiliza a

integração à reciclagem, e algum subsídio ou pagamento do transporte pelo governo municipal se faz necessário (CONTADOR, 2000 apud BARBOSA 2004). Entretanto mesmo com raios de atuações compatíveis, deve se atentar ao fato de unidades de UTC implantadas, quando não têm programa de coleta seletiva e têm operação inadequada de rejeitos, tendem a não possuir a eficiência operacional esperada (VIMIEIRO et al., 2012). Em suma, pode se concluir que condições relacionadas à coleta seletiva e transporte de resíduos são essenciais para o sucesso da instalação de uma gestão centralizada de compostagem e por isso devem ser analisadas como fortes limitações para a utilização de modelos centralizados na localidade de estudo; podendo estes fatos fazer com que o modelo centralizado de gestão de compostagem seja desconsiderado da cartilha de opções de técnicas a serem potencialmente instaladas no município, principalmente, pela necessidade de alto investimento inicial em estruturas secundárias que não a instalação do sistema de tratamento e reciclagem de resíduos orgânicos em si.

Já para experiências descentralizadas, deve se analisar a aproximação da comunidade com o tema, o histórico do local quanto a rejeições e acontecimentos relacionados à compostagem, a aceitação da experiência descentralizada selecionada, volumes e quantidades de atendimento, além de possíveis problemas de operação da técnica; que devem ser reforçados juntamente com um trabalho de educação ambiental que sensibilize os participantes e envolvidos no projeto de compostagem dentro da comunidade. E de acordo com Kumar et. al (2009), para a avaliação da viabilidade do uso em residências deve se atentar para os seguintes parâmetros visuais, como: geração de odor, geração de chorume, redução do volume e a cor do composto; e para parâmetros mais laboratoriais de análises físico-químicas, como: pH, temperatura, condutividade elétrica, teor de umidade, COT, N, P e K. Em suma, deve se analisar modelo a modelo e técnica a técnica, pois a depender da quantidade de habitantes que poderão ser atendidos pela compostagem em cada técnica a ser aplicada, pode se observar diferentes escalas de atendimento em proporção à área ocupada pelo empreendimento e quantidade RDO que cada técnica analisada suporta.

Sem desconsiderar os modelos de gestão descentralizadas mais abrangentes, de modo geral, a compostagem domiciliar como uma alternativa descentraliza de reciclagem e tratamento de resíduos sólidos orgânicos, *in loco*, também auxilia a redução da quantidade de resíduos coletados; diminui o impacto ocasionado pela disposição inadequada de resíduos no lixão; auxilia na economia de gastos com a coleta e tratamento de resíduos sólidos urbanos; reduz investimentos em matérias de infraestrutura e energéticos para o tratamento; além do composto, resultado da compostagem, poder ser utilizado para a agricultura familiar e/ou paisagismo

(MELO et al, 2014). Sendo que para este modelo de gestão descentralizado pode ser utilizado técnicas em residências que e produzem um volume mínimo de 20 litros de resíduos por semana e que dispõem de uma área mínima de 4 m<sup>2</sup> (o ideal é que seja de 2m x 2m), como a técnica: método USFC”. Já para residências com pouca geração de resíduos orgânicos ou com restrição de espaço (como apartamentos ou quitinetes), sugere-se a adoção da técnica que se utiliza de reatores biológicos (MMA, 2017) que ocupam menor área e podem ser operados com pequena escala de geração de resíduos ou média escala nos casos de modelos de gestão institucionais.

#### **Quadro 10 Avaliação das experiências e técnicas quanto à disponibilidade de espaço.**

	Reintegração Ambiental	Área operacional (m <sup>2</sup> )	Área operacional ≤ 4 m <sup>2</sup>
1. Revolução dos Baldinhos, UFSC (2016)	20,00%	25,00	NÃO
2. Inácio & Miller, UFSC (2012).	20,00%	40,32	NÃO
3. Lapa, São Paulo, UFSC (2017).	20,00%	3.000,00	NÃO
4. UTFPR, PR, Vermicompostagem (2014).	30,00%	0,90	SIM
5. Capão do Leão, RS, Reator biológico (2013).	-	0,26	SIM

Assim, pode se concluir que as técnicas mais indicados para a escala de gestão domiciliar seriam as técnicas 4 e 5 do quadro 10 acima. Entretanto, a técnica realizada com a construção de leiras, que são os casos 1, 2 e 3, também há literatura que indica sua possibilidade de ser aplicada em escala domiciliar, com dimensões de 1 x 1 metro de base, fazendo as paredes de palha. E a leira pode ser alimentada até alcançar 1 metro de altura. Depois de atingir esta altura máxima, permanecerá no período de maturação do composto orgânico (cerca de 3 meses), enquanto uma nova leira deverá ser construída, com as mesmas dimensões e métodos. Assim, o sistema estará sempre com uma leira em maturação e outra sendo alimentada semanalmente (MMA, 2017). E devido a sua alta flexibilidade o “método UFSC” pode ser indicado para as diferentes escalas de gestão, com ou sem área disponível maior que 4 m<sup>2</sup>, conforme analisados nas experiências da referência, como: o modelo domiciliar, institucional, comunitário e municipal, a depender da escala pretendida a ser tratada e local disponível inicial de instalação, determinado pelo município e gerenciador dos serviços de limpeza urbana.

Em suma, conforme a análise comparativa dos dados coletados das técnicas descentralizados e das técnicas centralizados pode-se observar que os modelos centralizados não são bem indicados ao Novo Gama, GO, conforme a bibliografia, pelo fato do município não possuir coleta seletiva e não haver grandes evidências de separação dos resíduos na origem, conforme questionários aplicados por Sampaio (2016). E a técnica a ser escolhida, após as comparações dos parâmetros,

deve ser o mais viável economicamente e que obteve menos entraves em sua operação e implantação, quando já observados, além de produzir um composto de alta qualidade e que obedeça aos limites ambientais da Resolução CONAMA e características de comercialização da Instrução normativa do MAPA, sobre a compostagem e o composto (fertilizante orgânico), respectivamente.

## **5 RESULTADOS E DISCUSSÃO**

Nesta parte será amostrada, ao final, uma tabela com o número de domicílios que podem ser abrangidos por cada escala de projeto determinada pelas experiências passadas da referência, de forma que a tomada de decisão seja mais precisa, começando de forma gradual e contínua, a depender do orçamento disponível pela municipalidade e desenvolvimento do programa de educação ambiental. E assim, definindo o melhor modelo e/ou arranjo de técnicas de compostagem no planejamento do sistema de gerenciamento de resíduos sólidos urbanos do Novo Gama, Goiás, de forma especializada.

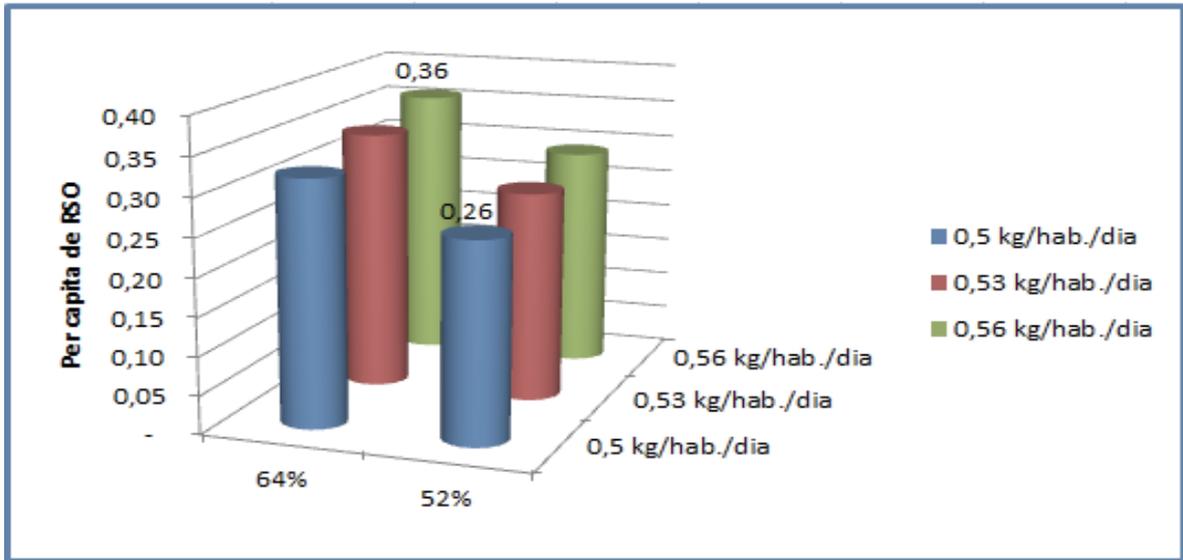
### **5.1 GERAÇÃO DE RDO NO NOVO GAMA, GOIÁS.**

Conforme o manual de orientação do MMA (2017), o dimensionamento das áreas é feito com base na estimativa de geração de resíduos orgânicos da localidade a ser atendida pelo sistema, somada ao volume de serragem, folhas, podas e palha que serão utilizados no processo de compostagem. Sendo essa estimativa de suma importância para o município e para o estudo.

Assim sendo, sabendo que o município do Novo Gama, Goiás, (NG) tem uma taxa de crescimento anual de aproximadamente 4,59%, conforme PGIRS do NG (NOVO GAMA, 2006), o que nos dá uma projeção para os próximos dez anos de 97.353 habitantes em 2006 e 101.821 habitantes em 2007, sendo que em 2018 a população ainda não ultrapassa a faixa dos 200.000 habitantes, o que nos retorna uma produção diária de 0,5 kg por habitante de resíduos domiciliares, conforme a FUNASA (2007). Entretanto, a *per capita* calculada no próprio PGIRS é de 0,60 kg/hab.dia, o que nos retornaria uma estimativa de geração de RSD de 0,56 kg/hab.dia, considerando ainda que 90,87 % dos resíduos do NG são resíduos domiciliares (NOVO GAMA, 2006).

Contudo, se considerar que a parcela de matéria orgânica componente dos RSD alcança 52% da composição gravimétrica média em peso dos RDO no Brasil (MASSUKADO, 2004). E que a

prefeitura do Novo Gama (2006) possui uma perspectiva de mercado para o composto orgânico que pode resultar em cerca de 40 toneladas diárias de lixo a ser processado por uma Unidade de Compostagem, representando, aproximadamente, 64% do lixo coletado no Município, o qual poderia também ser utilizado como adubo pela Prefeitura para urbanização de praças e jardins, ou podendo até ser vendido para os municípios vizinhos. Consegue se estimar a per capita para os RDO do Novo Gama, Goiás, podendo essa variar de 0,26 kg/hab./dia até 0,36 Kg/hab./dia a depender do cenário de dados que é escolhido, conforme ilustrado na Figura 9.



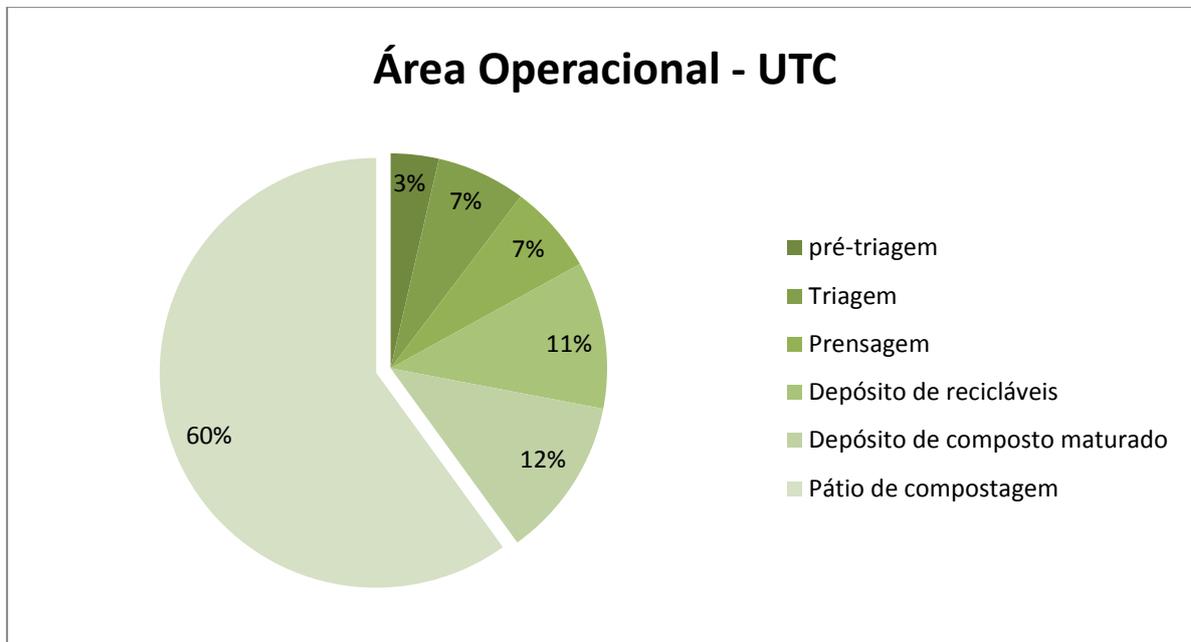
**Figura 9. Per capita de resíduos sólidos domiciliares orgânicos (RDO) a depender da composição de matéria orgânica nos RSD e o cenário de geração de RSD por dia.** Fonte: Novo Gama, FUNASA, 2007, MMA, 2012, MASSUKADO, 2008.

## 5.2 TÉCNICAS E EXPERIÊNCIAS: MODELOS DE COMPOSTAGEM CENTRALIZADA

Não resta dúvida de que uma usina de reciclagem e compostagem é uma alternativa para tratamento de resíduos a ser considerada, todavia antes de sua implantação devem ser verificados pontos importantes que tornem a instalação da UTC viável (MONTEIRO, 2001), mesmo que a literatura técnica e científica relacionada ao tema, principalmente os relacionados às UTC, sejam escassos (CRUZ, 2011). Com isso, este estudo menciona diferentes modelos de gestão centralizada com UTC, de compostagem mecânica e natural, encontrados no país, com diferentes capacidades e escala de atendimento; como: Unidade de Reciclagem e Compostagem (URC), Usina de Triagem e Compostagem (UTC) – DANO, Usina de Triagem e Compostagem –

TRIGA e Centro de Triagem e Compostagem de Tibagi (CTCT), os quais auxiliaram na identificação dos indicadores.

Segundo Barbosa (2004), o Laboratório de Engenharia Sanitária – LESA da Universidade Federal de Viçosa projetou modelos de Unidades de Reciclagem e Compostagem, de compostagem natural, com base no sistema simplificado, definidos como sendo de fácil aplicabilidade, adequada flexibilidade operacional e baixo custo, que se encontram implantados em alguns municípios mineiros. Nesse modelo, já aplicado em Santo Antônio do Retiro – MG, as características da usina estabelecem unidades operacionais de separação de recicláveis e compostagem, conforme distribuição de áreas pré-determinadas, gráfico 3.2.2.1, apesar de a unidade ter incidência de que a execução do modelo em relação à infraestrutura construída pode ser incompleta.



**Figura 10. Distribuição de áreas operacionais em na UTC de Santo Antônio do Retiro, MG.**

Fonte: Adaptado de Barbosa (2004).

Conforme o gráfico 3.2.2.1, a maior área exigida em uma UTC é o pátio de compostagem e somente o depósito de composto maturado compreende 12 % da área total necessária para a operação, ou do mínimo de área necessário para a instalação da usina em si. A UTC de Santo Antônio do Retiro, MG, possui área total de operação igual a 853,6m<sup>2</sup>, sendo 511 m<sup>2</sup> para o pátio de compostagem, onde há a operacionalização das leiras, 57 m<sup>2</sup> para a triagem, de modo que tenha uma capacidade de 3,5 t/dia para atender 7.000 habitantes, conforme modelo que foi instalado. A unidade contava ainda com instalações de apoio (administração, banheiros

masculino e feminino, e refeitório), área de saída de matéria orgânica e aterro de rejeitos; que não estão expressas no gráfico acima (BARBOSA, 2004) e compõem a área total para implantação. E apesar da unidade ter obtido seu licenciamento ambiental para operar desde 2001, dados do SNIS (2016) sobre a unidade de Santo Antônio do Retiro, MG, não obtêm informações sobre qualquer unidade de compostagem no município, obtêm apenas dados da unidade de triagem que poderia estar integrada ao tratamento de resíduos orgânico com compostagem. Sendo que indicadores do mesmo sistema de dados mostram que não há registros da existência de coleta seletiva no município, o que pode ter sido a causa da não continuidade da existência de compostagem na UTC em questão. Entretanto, conforme Barbosa (2004), a unidade possuía potencial de produzir 47,5 Kg/dia de composto o equivalente a 50% de toda a matéria orgânica enviada à unidade e produzida no município, o que mostra uma grande perda de matéria prima boa para a produção de alimentos, por exemplo.

No DF foram identificadas duas experiências oficiais de UTC, conforme relatório de atividades do SLU (2016), com compostagem mecânica. As usinas identificadas foram a Usina do P SUL, com 200.000 m<sup>2</sup> de área total, e a Usina localizada na ETE-sul, na Asa Sul, com 116.469 m<sup>2</sup> de área total. E essas UTC, também, são caracterizadas como tecnologias que utilizam do método convencional de compostagem de RSU, conforme o estudo da FADE/UFPE (2013).

O sistema de tratamento de resíduos sólidos urbanos no Distrito Federal teve início com a inauguração da Usina de Tratamento Mecânico Biológico e Compostagem Dinamarquesa (DANO), em 1963, situada na Avenida L4/Asa Sul, com capacidade de processamento de 100 t/d. Acompanhando o crescimento da produção de resíduos, essa usina teve a capacidade ampliada com a construção de mais duas linhas de processamento em 1972, aumentando seu potencial para 250 t/d. Em 1985, foi inaugurada outra Usina de Tratamento Mecânico Biológico e Compostagem Francesa (TRIGA), instalada no Setor P-Sul em Ceilândia, com capacidade de processamento de 600 t/d (SLU, 2017). Entretanto, já era sabido que unidades baseadas na tecnologia DANO resultam em um composto semi-curado, já 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 (CATAPRETA, 2007 apud VIMIEIRO 2012). Mas, de acordo com o SLU (2018), as melhorias e reformas das duas unidades de compostagem e a implantação de instalações de transbordo adequadas também são necessárias; mesmo com custo anual de mais de 13 milhões de reais. No entanto, essas atividades e melhorias poderão ficar para a próxima gestão, uma vez que os investimentos são muito altos e os recursos do BID para financiar essas obras ainda não foram viabilizados, conforme previsto.

De acordo com o SNIS (2016) no DF a coleta seletiva abrange 38,26 % da população total de Brasília, DF. Entretanto, os resíduos da CS são enviados para os galpões de triagem das organizações de catadores (SLU, 2017) e parte dos resíduos da coleta convencional é enviado para a usina localizada na Asa sul, que recebeu 53.997,4 toneladas de resíduos domiciliares e de resíduos públicos, e para a usina localizada na Ceilândia, que recebeu 49.899,7 toneladas dos mesmos tipos de resíduos. E mesmo apesar dessas UTC receberem grande quantidade de resíduos, não existe licença para as unidades de compostagem em operação nas duas unidades do DF (SNIS, 2016).

No relatório de atividades do SLU (2017) é descrito que nas duas unidades de Tratamento Mecânico Biológico (TMB) é processado ao todo 732 t/d de RSU, correspondendo a 27% do total de resíduos gerados; tanto pela retirada de materiais recicláveis secos, como papel, papelão, plástico e outros, dos quais 34 t/d são reciclados, como para o beneficiamento da matéria orgânica na compostagem, dos quais são produzidos 159 t/d de composto. Na UTC localizada no P SUL, na Ceilândia, é produzido, em média, 86 t/d de composto e na Usina da Asa sul é produzido, em média, 51 t/d de composto. Sendo que, do total processado, foram aproveitados 159 t/d de composto orgânico. Já em 2017, foi produzido, em média, 112 t/d de composto no PSUL e 53 t/d de composto na Asa Sul, das 164 t/d de composto orgânico produzido, nas duas unidades (SLU, 2018).

Contudo, percebe-se que é notável a diferença de eficiência observada na UTC – Asa sul e na UTC – P. Sul. Isso ocorre devido principalmente à tecnologia instalada e as condições de operação e manutenção em cada um. Entretanto, é importante destacar que no ano de 2016, conforme relatório de atividades do serviço de limpeza urbana local (SLU, 2017) houve um esforço no sentido de controlar a quantidade de resíduos processados na usina, evitando sobrecarga para melhorar os processos de triagem dos resíduos secos para encaminhamento à reciclagem, de seleção dos resíduos orgânicos para compostagem e, sobretudo, de redução das quantidades de rejeitos, para a consequente melhoria operacional e redução dos custos. E devido a estas determinações houve redução do material processado nas usinas e consequentemente maior produção, com a comercialização e doação do composto.

O composto doado é enviado aos agricultores rurais, cadastrados na EMATER, que passou no ano de 2016 de 30 t/ano para 90 t/ano (SLU, 2017; SLU, 2018), de forma a atingir uma destinação ambientalmente e socialmente adequada que favorece a agricultura familiar na Região Integrada de Desenvolvimento do DF e Entorno (RIDE) (DISTRITO FEDERAL, 2015). Mas é sabido, também, que o composto orgânico produto da compostagem, de forma geral, pode ser

largamente utilizado em jardins, hortas, substratos para plantas e na adubação de solo para produção agrícola em geral (GODOY, 2017).

No Paraná, no município de Tibagi, existe uma unidade de triagem e compostagem de resíduos, Centro de Triagem e Compostagem de Tibagi (CTCT), com a proposta de geração de trabalho e renda aos associados, disposição correta dos resíduos domiciliares e minimização dos impactos ambientais, por meio da compostagem natural; que está em operação desde o ano de 2009 e não existe licença para tal (SNIS, 2016). O projeto arquitetônico do CTC possui cinco módulos que compreendem administração, vestiários, guarita e bazar, refeitório e barracão; além de planta baixa do pátio de compostagem. Toda essa estrutura, mais a área de circulação e estacionamento, totaliza uma área necessária de 6.012 m<sup>2</sup> para instalação da UTC, sendo a área necessária para a operação da triagem e compostagem equivalente a aproximadamente 1400 m<sup>2</sup>; sendo 42% da área destinada à triagem de recicláveis e 58% destinada a compostagem de orgânicos (MP-PR, 2012).

O município de Tibagi, PR, localizado a 200 km de Curitiba, dispõe de uma coleta seletiva porta a porta que compreende 100% da população urbana (SNIS, 2016). E por meio da coleta seletiva implantada, todos os resíduos domiciliares são encaminhados ao CTCT para triagem e destinação conforme sua categoria. Os recicláveis são separados, selecionados e prensados para destinação à indústria de beneficiamento. Os orgânicos, que representam 56% dos resíduos domiciliares, são destinados a um pátio de compostagem e vendidos in natura ou utilizados para produção de flores ornamentais no próprio CTCT, e apenas os rejeitos são destinados ao aterro sanitário; sendo que esta última fração pequena fração dos resíduos enviados a usina e mantém proporção mais ou menos constante de 16 % do total segundo (ZONER et al., 2012). Para esse projeto, foram consideradas duas formas de operação da compostagem. A primeira forma, do tipo aerado em baias, é um método que pode acelerar o processo e ocupa menos espaço, indicado para municípios de maior porte (a partir de 20.0000 habitantes) e conseqüentemente com maior geração de resíduos. O segundo método é a compostagem natural, em leiras com revolvimento manual, o qual é mais simplificado e consiste em um pátio impermeabilizado para revolvimento manual ou mecânico dos resíduos, com dreno (canaletas de contenção e condução) para os líquidos lixiviados, em suas extremidades (MP-PR, 2012).

De acordo com Zoner et al. (2012), o grande sucesso da UTC de Tibagi se deve principalmente pelo programa Recicla Tibagi, um programa de educação ambiental do município que releva a importância do consumo consciente, pois a principal fonte de lixo é de resíduo domiciliar. Dessa forma, o programa traz continuidade a participação das pessoas na coleta seletiva, além do

grande estímulo, advindos dos catadores que passam por vários treinamentos e capacitações relacionadas à coleta seletiva. E assim, o programa se mostra eficiente desde o início de sua implantação, visto que, 84% dos RSU são reaproveitados, seja com a venda do resíduo reciclável para a indústria, seja com a utilização do resíduo orgânico como adubo na produção de flores ornamentais no pátio da ACAMARTI, com o intuito de agregar valor a esse composto que apresenta baixo valor de comercialização. Mas, é importante destacar também que, conforme dados do SNIS (2016), o município de Tibagi, MG, além de realizar a cobrança do serviço de forma regular com a aplicação da taxa específica no mesmo boleto do IPTU, como ocorre em Brasília, DF, também realiza uma cobrança especial e isso deve ser considerado para o sucesso do programa; que necessitou de um investimento inicial de R\$ 220.000,00, para a construção do CTCT e compra de carreta adaptada aos caminhões de coleta para realizar a coleta seletiva (MP-PR, 2012).

Entretanto, também, deve se atentar as condições do mercado imobiliário e as possíveis especulações desta transação, também, podem influenciar diretamente na escolha da área devido à aceitação ou não da obra em determinados locais. Assim, fatores como possível desvalorização de suas áreas vizinhas e estabelecimento do acordo de compra e venda dos terrenos entre a municipalidade e seus proprietários podem influenciar diretamente na escolha. Devido às condições imobiliárias locais no momento desta transação, a escolha e aquisição do terreno para locação das obras devem ser regidas por fatores particulares de cada transação, dada sua localização e porte (CRUZ, 2011). Ou seja, além dos critérios de viabilidade técnica e econômica para a construção das UTC, outro ponto importante a ser observado é a disponibilidade para a aquisição dos terrenos no município.

### **5.2.1. Indicadores identificados**

Para a formação dos indicadores de análise para uma compostagem centralizada, foram observadas as experiências e estudos pré-dispostos; de forma que se obteve características comuns citadas sobre as unidades em cada estudo, e assim, facilitando a comparação entre os diversos modelos. Por exemplo, para Pereira Neto e Lelis (1999) no desenvolvimento de um programa de reaproveitamento/reciclagem, além da caracterização dos resíduos, realiza-se o balanço de massa, que indica o potencial de reaproveitamento (reciclagem/compostagem) do lixo, bem como a quantidade de rejeitos do processo, obtendo-se, assim, o índice (médio) de reintegração ambiental e econômica, dos resíduos gerados no município. Os dados obtidos são

considerados importantes subsídios para análise de viabilidade e dimensionamento dos sistemas de tratamento.

Assim sendo, poderão ser utilizados os modelos que melhor se enquadrem nos objetivos e metas da municipalidade; pois os objetivos a serem alcançados precisam ser definidos antes de se iniciar o planejamento operacional podendo indicar escolhas diferentes quanto aos métodos a serem empregados. Por exemplo: se o objetivo da compostagem for produzir adubo para a agricultura, a qualidade exigida do composto deve seguir padrões definidos pelo Ministério da Agricultura. Neste caso, a segregação rigorosa dos orgânicos é muito importante. Se, entretanto, o composto não for destinado à agricultura – usado, por exemplo, na contenção de erosão ou para diminuir o volume de resíduos a serem aterrados simplesmente – a coleta diferenciada perde o sentido. Por isso, metas, objetivos e escolhas sobre os processos estão sempre ligados. São aspectos que precisam ser muito bem discutidos e que deveriam emanar do plano intermunicipal ou plano microregional, pois envolvem escolhas que extrapolam o nível operacional e devem envolver os prefeitos e a população. Mas, sempre, é preciso introduzir de forma gradativa a prática da compostagem nos municípios, de forma que se tenha composto de qualidade e destino para o composto produzido. Por esta razão, ao traçar as metas provisórias é preciso avaliar bem todas as novas práticas a serem implantadas. Em primeiro lugar, é necessário garantir uma boa segregação dos resíduos na fonte, quando esta for a solução apontada; depois, deve-se considerar, neste caso, a necessidade de implantação de um novo sistema de coleta de resíduos, adicionalmente ao já existente. Além disso, há todo o processo de operação da compostagem em si, além do manejo dos resíduos da poda. É preciso projetar e construir instalações, adquirir equipamentos, capacitar pessoal para a operação de todas as etapas. Por essa razão é interessante propor metas menos ambiciosas no início do processo (MMA et al., 2010).

Com isso, pode se observar no quadro 11, abaixo, quais os indicadores foram identificados pelos dados contidos nos estudos de referência e complementados pelas pesquisas de Monteiro (2001), Lopes (2003), Ribeiro (2005), Barreira (2005), MMA (2010), Vimieiro (2012) e SNIS (2016).

**Quadro 11 Indicadores identificados nos estudos para UTC.**

Indicadores/ Modelos de UTC	Unidade de medida	URC	UTC – DANO	UTC – TRIGA	CTCT
		Santo Antônio do Retiro, MG	Ceilândia, (P-Sul), DF	Asa Sul, DF	Tibagi, PR
Capacidade	t/dia	X	X	X	X
Flexibilidade operacional	t	X			
Quantidade processada (enviada a UTC)	t/dia	X	X	X	X
Quantidade de composto gerado	t/dia	X	X	X	
Quantidade de orgânicos (enviado a compostagem)	t/dia	X	X	X	X
Quantidade de recicláveis (enviado a reciclagem)	t/dia	X			X
Quantidade de rejeito (enviado ao A.S.)	t/dia	X	X	X	X
Atendimento populacional	Hab.	X			
População potencialmente atendida	Hab.				
Investimento Inicial	R\$	X			X
O&M	R\$/t		X	X	X
Separação na Fonte	-	X	X	X	X
Carga potencial poluidora da água	-				
Taxa de cobertura da Coleta Seletiva	%	X	X	X	X
Fontes separadas	-	X	X	X	X
Reintegração Ambiental	%	X			
Licenciamento ambiental	-	X	X	X	X
Área operacional	m <sup>2</sup>	X	X	X	X

### 5.3 TÉCNICAS E EXPERIÊNCIAS: MODELOS DE COMPOSTAGEM DESCENTRALIZADA

É fato que existem várias técnicas de compostagem. Por isso, neste estudo foram mencionadas as técnicas mais facilmente encontradas em trabalhos acadêmicos brasileiros sobre o tratamento e reciclagem dos RDO, de forma descentralizada: “Método UFSC”, Reator biológico com aeração passiva e Reator Biológico com vermicompostagem.

Há 20 anos, a Universidade Federal de Santa Catarina, através do professor Rick Miller, dissemina uma técnica praticada de forma milenar pelos camponeses indianos, aprimorado pela instituição. Conhecido como “método UFSC – leiras projetadas estáticas com aeração passiva”

(STOREL, 2018), que consiste em utilizar matérias primas muito produzidos nos centros urbanos, utilizando materiais estruturantes como palha e serragem de podas de árvores para oxigenação das leiras de compostagem, de forma que se dispensa o revolvimento por completa das mesmas; o que proporciona um sistema sem odores, fator primordial para sua prática próximo às residências e junto ao espaço urbano (ANGEOLETTO; MAESTRI; ROVER; ABREU, 2016). E, devido a estas vantagens proporcionadas a técnica UFSC pode ser aplicada em quaisquer modelos de gestão descentralizada pré-mencionado. Por isso, neste estudo serão descritos três experiências diferentes da mesma técnica, mas com escalas de atendimentos diferentes; sendo uma realizada no Rio de Janeiro, RJ, outra em Santa Catarina, SC e a última em São Paulo, SP.

Em experiência realizada por Inácio e Miller (2012), no RJ, a leira estática foi preparada com formato retangular, com paredes laterais quase perpendiculares ao solo. Não houve revolvimentos frequentes ou aeração forçada, e empregou-se material de alta relação C/N, como aparas de madeira, para manutenção da porosidade da mistura (INÁCIO; MILLER, 2009). A leira recebeu a cada semana uma carga de 1.111 kg de resíduos, em média, que totalizaram 32.377 kg, sendo 63% do total advindos de RDO. As dimensões da leira estática foram de 0,8 a 0,9 m de altura, 1,2 m de largura e 16,0 m de comprimento. A proporção da mistura dos resíduos foi 63% (27%) de restos de comida; 22% (36%) de esterco de cavalo; 15% (37%) de aparas de grama, em massa fresca (massa seca, entre parênteses). O período considerado de compostagem foi de 204 dias. Necessitando cada leira de aproximadamente, 19,20 m<sup>2</sup> atingindo um volume de 17,28 m<sup>3</sup>. E, considerando que para calcular o tamanho do pátio, deve-se adicionar uma área equivalente para reviramento da leira e mais 10% do total da área de operação para segurança e circulação (MMA, 2010), é necessário uma área de 40,32 m<sup>2</sup> para se operar uma leira.

Em Santa Catarina, na comunidade Chico Mendes de Florianópolis, de acordo com o material disponível advindo do programa local conhecido como “Revolução dos Baldinhos”, as leiras são preparadas com formato retangular semelhante à experiência de Inácio e Miller (2012) e obtêm as mesmas vantagens já mencionadas anteriormente quanto a operação da leira. Onde o pátio e compostagem sem cheiro, limpo, sem insetos e outros vetores, serve de exemplo permanente e estimula a sua prática por toda a comunidade; partindo sempre do princípio da reciclagem local e descentralizada. De acordo com levantamentos realizados na Revolução dos Baldinhos e outras iniciativas de compostagem com leiras estáticas da técnica UFSC em Florianópolis, a proporção ideal entre ambos é de 3 para 1, ou seja, a cada 1,5 Kg de resíduos requer 0,5 Kg de material seco. Dados apontam que sistemas de compostagem por essa técnica tem a capacidade de reciclar até 1,31 toneladas (considerada a mistura de RDO e matérias secas) por metro quadrado

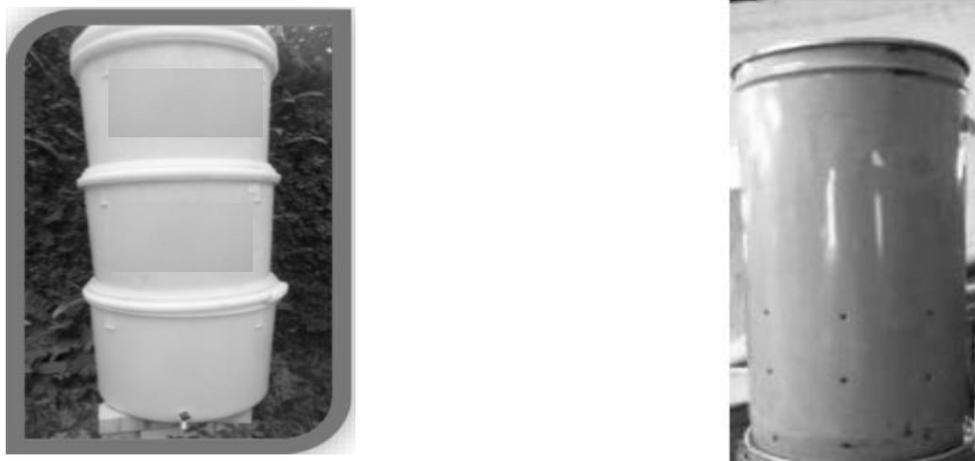
de base de leira. A disposição espacial, em relação à largura de uma leira de compostagem, pode variar de 2 a 2,5 metros (operação manual); sua altura podendo variar de acordo com o limite de conforto do operador, atingindo 1,5 metros, no caso da operação manual; e o comprimento dependerá apenas ao formato do terreno e os arranjos com as demais estruturas do pátio. Assim, considerando as variáveis apresentadas, para estimar uma área para instalar o pátio de compostagem podemos tomar como referência que, para cada 1 tonelada diária de resíduos compostado, devemos prever 500 m<sup>2</sup> e a partir desta escala, a cada tonelada acrescida deve-se somar mais 250 m<sup>2</sup>. E, considerando que o produto final (adubo orgânico) é removido periodicamente dando espaço a novos ciclos de tratamento de resíduos, percebe-se que existe uma capacidade elástica do pátio, diretamente relacionada não somente aos volumes de entrada quanto à sua dinâmica operacional, onde cada metro quadrado de um pátio de compostagem estará disponível novamente após 7 meses, tempo que representa um ciclo completo entre carga máxima recebido por uma leira, seu descanso e a maturação do composto (ANGEOLETTO; MAESTRI; ROVER; ABREU, 2016).

Já em São Paulo, mas especificamente na subprefeitura da Lapa, SP, foi lançado em 2015 o primeiro pátio-piloto para começar a compostar os resíduos gerados em suas 900 feiras livres semanais. Em uma área de três mil (3.000) metros quadrados da subprefeitura, o pátio recebe cerca de 35 toneladas semanais de resíduos orgânicos (frutas, legumes e verduras), coletados em 26 feiras da região. Cujo, sob manejo adequado, não há emissões de odores nem queixas dos vizinhos. E o adubo produzido está sendo utilizado pela subprefeitura em praças e jardins, o que permite também uma economia com fertilizantes (ABREU; MENINA, 2013); sendo que da massa total recebida no pátio há perda de até 80% de massa quando se atinge o produto final (composto orgânico) (INOVA, 2015). E de acordo com o “Relatório de evolução e recomendação do pátio de compostagem no distrito da Lapa da cidade de São Paulo” (RICCI-JÜRGENSEN, 2016) o investimento inicial para instalação do pátio estimado pela a INOVA foi de aproximadamente R\$ 126.000 e que, mesmo que haja necessidades de otimização com a ampliação do pátio, de melhoramento do prazo para entrega de resíduos orgânicos e operação com capacidade de 300 toneladas por operador, o custo de operação do pátio é de R\$ 49,37 por toneladas; considerando que quatro operadores trabalham 3 horas cada.

Nestas experiências da técnica conhecida como “método USFC”, percebe-se que estão vinculadas, a uma gestão descentralizada bem flexível, na qual se podem notar escalas que variam de capacidade, de forma a atender um domicílio, pequena comunidades e bairros ou até mesmo municípios. Mas para atendimento de escalas domiciliares e institucional, também,

poderemos perceber a existência de outras técnicas que podem ser eficientemente equiparadas ou até mesmo melhores, a depender dos resíduos domiciliares orgânicos a serem utilizados para a compostagem.

Na composteira reator biológico, observada da figura 11, a compostagem ocorre em recipientes fechados, com pequenos orifícios laterais para circulação de oxigênio, permitindo otimizar o tempo de decomposição dos resíduos orgânicos para produção do adubo, sem riscos de atrair roedores e insetos, além de inibir o reviramento da mistura por animais domésticos. Esta alternativa é ideal para ser aplicada em residências e escolas, principalmente para quem está iniciando a aprendizagem sobre compostagem, além de ser um sistema de pequena escala, a nível residencial ou individual, que pode ser utilizado também em residências com pouca geração de resíduos orgânicos ou com restrição de espaço (como apartamentos ou quitinetes).



**Figura 11. Composteira doméstica, de material plástico e reator biológico cilíndrico e perfurado, de material metálico.**

Principalmente, pela sua facilidade de operação e manutenção, além de ser de baixo custo de instalação; necessitando apenas dos seguintes materiais: três bombonas plásticas de 50L ou outros recipientes (como baldes) que permitam empilhamento; uma torneira de PVC; furadeira; resíduos orgânicos frescos, serragem, palha, inoculante (composto). Sendo a furadeira utilizada para realizar furos nas duas bombonas superiores e tampa da inferior de forma a tornar o sistema aeróbico, aumentando a velocidade da degradação (MMA et. al., 2017).

Segundo Lucas Guidoni (2013), a compostagem da fração orgânica em domicílios do Capão do Leão, RS, pode ser realizada com 180 dias de duração por uso de reatores biológicos metálicos de 200 L, com estrutura semelhante à compostagem com utilização de baldes fechados visto

anteriormente e ilustrado na figura 11. O reator metálico de forma cilíndrica com tampa possui dimensões de 0,57m de diâmetro e 1,00m de altura; e foi perfurado radialmente em três alturas (0,05m, 0,20m e 35m a partir da sua base), com 0,01m de diâmetro e 10 orifícios por altura, figura 11, visando otimizar a aeração em conjunto com o preenchimento de uma camada de 0,05m de material aerador (folhas, poda picada, casca de arroz) no fundo, ao se iniciar a operação. Entretanto, conforme experimentos feitos pelo mesmo autor, os valores máximos registrados na superfície do reator método não foram superiores a 50,3° e não atingem os limites ambientais expostos pela Resolução CONAMA nº 481 de 2017, o que pode ser justificado tanto pela temperatura ambiente local como pela utilização de materiais metálicos, com baixa isolamento térmica e que não possuem capacidade reter a temperatura por tempos mais prolongados dentro do reator.

Já em pesquisa realizada na Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR), visando a possibilidade de destinar adequadamente os resíduos produzidos no Restaurante Universitário (RU) da UTFPR, teve como objetivo desenvolver uma vermicomposteira no Câmpus Curitiba, sede Ecoville. A vermicompostagem é o processo que leva a transformação da matéria orgânica com utilização de minhocas e da microflora presente em seu trato digestivo, podendo uma unidade de vermicompostagem ser constituída por estruturas, como: Reator, digestor, vermicompostor, canteiros e leiras; sendo o custo da primeira estimado em R\$ 300,00 e não variando mais que R\$ 20,00 (AOKI L, 2016). Cada uma destas infraestruturas é constituída por uma cama de minhocas, de modo que estas consumam os substratos adicionados na unidade, e o tipo varia de acordo com a função do modelo utilizado, por exemplo: pequena, média e grande escala; sendo que um reator inviabiliza a propagação de pragas, e sua estrutura protege as minhocas de potenciais predadores, o que não acontece quando se utiliza canteiros e leiras, sendo estas últimas construídas em locais externos (NUERNBERG, 2014). Entretanto, é sabido que a utilização de alimentos temperados gera impactos de forma negativa na vermicomposteira. Além disso, é preciso sempre manter um equilíbrio na relação de carbono e nitrogênio existentes nos resíduos utilizados, sendo isso um dos fatores que interferem na decomposição da matéria orgânica, juntamente com a temperatura, umidade e pH do composto (CUNHA, 2016). Assim sendo, foram coletados no período da pesquisa apenas os resíduos orgânicos não cozidos (270,3 Kg), borra de café e de chá (118,2Kg) e folhas secas (32,97 Kg); que foram destinados a 30 caixas de 38 L, durante 20 dias, com a presença de 100 minhocas por caixa, mesmo que a caixa tenha área de base igual a 0,15 m<sup>2</sup>. E, ao final do processo resultou-se em 288 Kg de composto e 94 L de percolado ou biofertilizante. Entretanto, apesar das vantagens da utilização das minhocas como organismos que realizam a aeração e sanitiza o composto, tal processo também não seria

aceito caso fosse se analisar a Resolução Conama sobre compostagem (CONAMA, 2017) que trata sobre limites de temperatura e período, pois conforme a experiência a temperatura máxima atingida foi próxima a 25°C.

### 5.3.1. Indicadores identificados

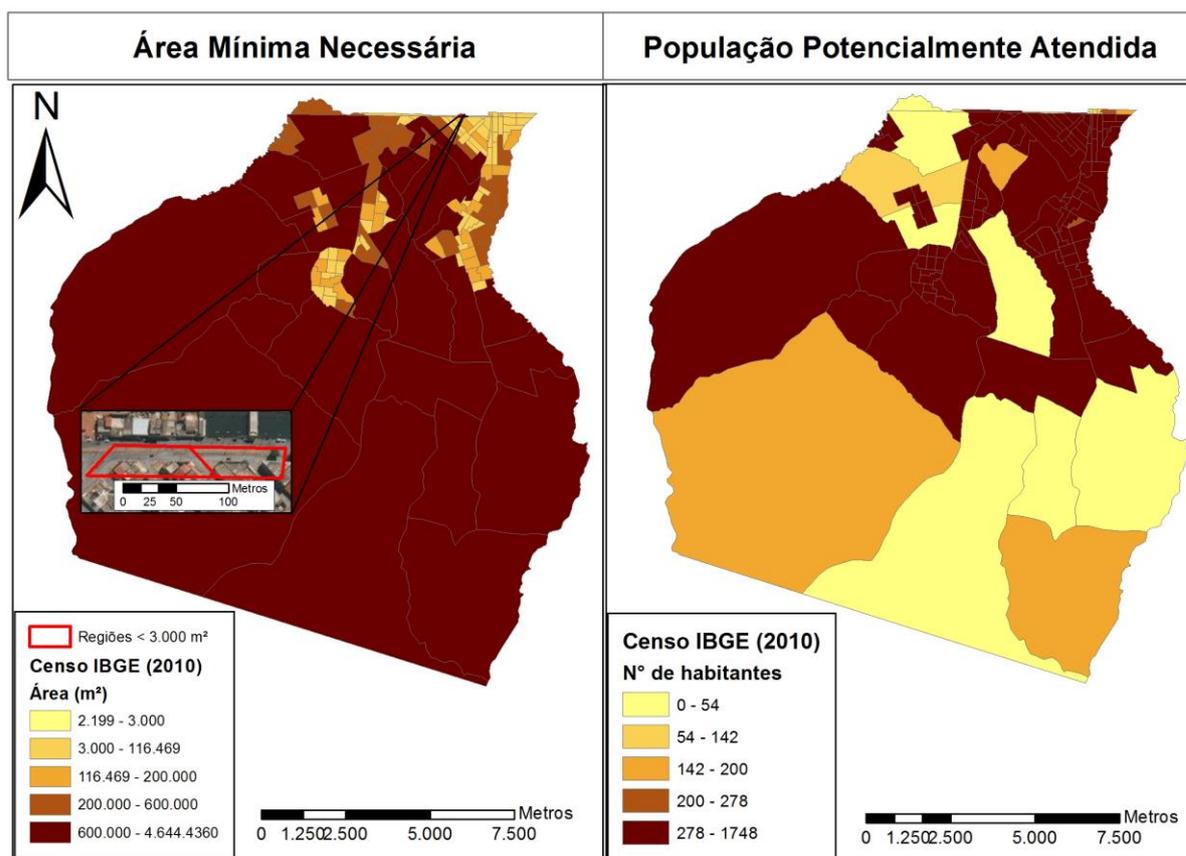
Conforme, já mencionada anteriormente, os indicadores possuem papel essencial para a análise de experiências e para um bom planejamento. Entretanto, o que pode se observar foi que para técnicas descentralizadas, alguns indicadores são semelhantes às técnicas centralizadas, mas outras não. Assim sendo, abaixo no quadro 12 pode se observar os indicadores identificados nas experiências e técnicas identificadas.

**Quadro 12 Indicadores identificados para técnicas e experiências de gestão descentralizada**

Indicadores/ Modelos descentralizados	Unidade de medida	UFSC	UFSC	UFSC	Reator Biológico	Vermicompostagem
		Revolução dos baldinhos, SC	Inácio & Miller, RJ	Pátio da Lapa, SP	Capão do Leão, RS	UTFPR, PR
Escala de atendimento (RDO)	ton/ano	X	X	X	X	X
Área total – pátio	m <sup>2</sup>	X	X	X	X	X
Área necessária/estrutura	m <sup>2</sup> /leira	X	X	X	X	X
Volume – Leira	m <sup>3</sup>	X	X	X	X	X
Geração de odor	-	X	X	X	X	X
Presença de animais e vetores	-	X	X	X	X	X
População potencialmente atendida	Hab					
Coleta do percolado	-	X	X	X	X	X
Quantidade de leiras	unid.	X	X	X	X	X
O & M	R\$/ton			X	X	
Economia para o Município	R\$/ano					
Investimento inicial	R\$			X		X
FONTES SEPARADAS	-	X	X	X	X	

## 5.4 DISCUSSÃO – IMPLANTAÇÃO DO SISTEMA DE COMPOSTAGEM NO NOVO GAMA, GOIÁS.

Para afunilar a carta de opções de técnicas para o estudo de caso, as localidades do município foram analisadas com auxílio de mapas com informações obtidas do censo do IBGE (2010). Na figura 12, pode se observar que foram caracterizadas duas informações relevantes para a utilização das técnicas, conforme as experiências obtidas.



**Figura 12. Resultados limitantes de modelos para o Novo Gama, Goiás.**

Na imagem da esquerda podemos observar que as regiões do Novo Gama, Goiás (NG), foram categorizadas conforme sua área em metros quadrados, pois de acordo com os dados coletados cada técnica possui uma área mínima necessária para sua operação e caso, se opte por uma técnica, ou outra, deve se atentar para a disponibilidade de área necessária para sua implantação. Assim, se decidiu por categorizar as regiões do NG, conforme a área mínima necessária que cada experiência preconiza para a aplicação de sua técnica, nos moldes e modelos já estabelecidos. Desta forma, como a área mínima de uma localidade do Novo Gama é de 2.199 m² e sabendo que as únicas técnicas de compostagem que podem assumir esse tipo de escala são as

descentralizadas em escala de gestão institucional ou domiciliar, apenas duas localidades ao norte do município das 126 preconizadas (IBGE, 2010), se caracterizaram como áreas não propícias para técnicas de maior escala (municipal ou centralizada), que necessitariam no mínimo de 3.000 m<sup>2</sup> de área operacional para o “método UFSC”; sendo essas duas áreas: áreas próximas a estrada e sem áreas verdes externas onde se poderia aplicar outras técnicas que não as domiciliares. Entretanto, conforme tabela 7, abaixo, se observa que caso a municipalidade não tivesse limitantes de coleta seletiva e incentivos educacionais e fiscais a separação dos resíduos na fonte em ao menos 2 frações, a técnica encontrada em Tibagi, PR, poderia se adequar bem a microrregiões municipais; de forma a atender a população potencialmente atendida, conforme raio de influência da coleta de RSD pré-determinada para cada UTC a ser instalada. E para as demais experiências de UTC identificadas neste estudo, se percebe que a melhor região para sua instalação, conforme dados expostos, se localizaria na parte sul do município, onde existem localidades de extensas áreas e baixo número de habitantes populacional.

**Tabela 7. População Potencialmente atendida e área operacional das experiências e técnicas identificadas.**

	População Potencialmente atendida	Área operacional (m <sup>2</sup> )
1. Usina de Ceilândia, DF.	1.071.428,60	200.000,00
2. Usina da Asa Sul, DF.	446.428,60	116.469,00
3. Usina de Tibagi, PR.	21.428,60	1.405,83
4. Lapa, São Paulo (2017)	13.888,90	3.000,00
5. Usina de Santo Antônio do Retiro, MG.	6.250,00	853,60
6. Inácio & Miller, Brasil (2012)	277,80	40,32
7. Revolução dos Baldinhos (2016)	142,10	25,00
8. UTFPR, PR. (2014)	54,00	0,90
9. Capão do Leão, RS (2013)	3,20	0,26

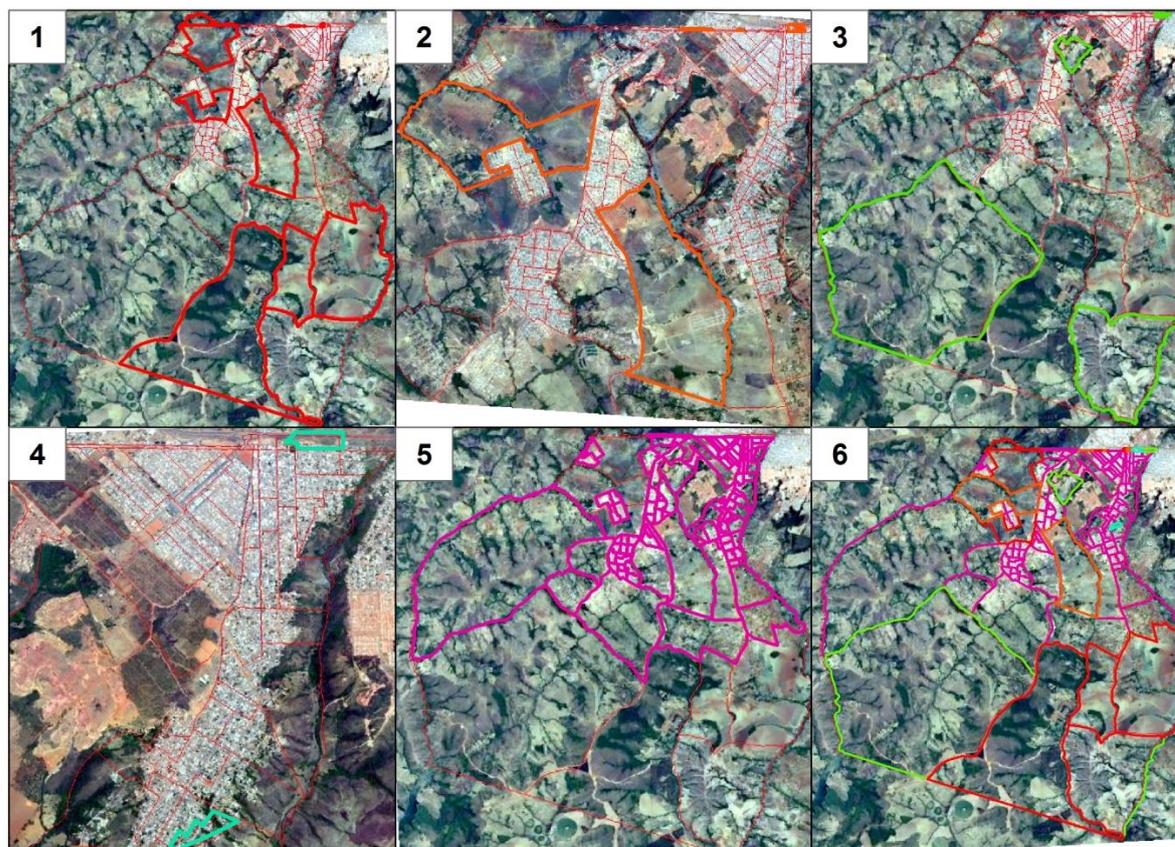
Já, na imagem da direita, da figura 12, as localidades do município foram categorizadas de acordo com a população potencialmente atendida, observada na tabela 7, acima. Com isso, pode se observar na imagem que grandes regiões a sudeste do município são propícias a utilização de um modelo de gestão, domiciliar ou institucional, descentralizado. Já que, esta região é composta por localidades com valores de densidade populacional muito baixo, o que pode encarecer o serviço de coleta porta a porta, já estabelecido para o município. Entretanto, a categoria de 54 a 142 habitantes se caracterizou como regiões propícias a implantação de um modelo de gestão comunitária descentralizado para as localidades identificadas, semelhante ao modelo encontrado

na experiência da “Revolução dos baldinhos”. Enquanto, a categoria de 200 a 278 habitantes se caracterizou como regiões propícias a implantação de um modelo de gestão descentralizado para as localidades identificadas, semelhante ao modelo encontrado na experiência de Inácio & Miller (2012). E por último, a categoria de 278 a 1748 habitantes, que se concentra centro nordeste do município, a qual se caracterizou como uma região propícia para aplicação de um arranjo de modelos de gestão descentralizados, envolvendo a nível, municipal, por exemplo, com os resíduos de feira livre; a nível institucional, envolvendo escolas e órgãos públicos; e a nível comunitário e domiciliar, envolvendo a comunidade.

Desta forma, pode se concluir que cada localidade, a depender de suas características espaciais e populacionais, possui características que podem tornar propícia a aplicação de um ou mais técnicas para o gerenciamento dos RDO. Na figura 13, em seguida, pode se observar a categorização do Novo Gama, Goiás, pelos diferentes modelos de gestão descentralizado de RDO, já que os modelos centralizados não se enquadraram como modelos de maior aplicabilidade ao município, no estudo. Conforme o quadro 13, abaixo, pode –se observar a categorização das regiões por modelos de gestão descentralizado, técnica e experiência de referência, considerando sua população potencialmente atendida e número de habitantes das localidades expostas pelo censo do IBGE (2010).

**Quadro 13. Carta com os potenciais melhores modelos de gestão por localidade.**

	<b>Modelo de gestão descentralizado</b>	<b>Experiência</b>	<b>Técnica</b>
<b>1</b>	Domiciliar	UTFPR, PR. (2014) Capão do Leão, RS (2013)	Vermicompostagem Reator Biológico
<b>2</b>	Institucional Comunitária	Inácio & Miller, Brasil (2012) Revolução dos Baldinhos (2016)	"Método UFSC"
<b>3</b>	Comunitária Domiciliar	Revolução dos Baldinhos (2016) UTFPR, PR. (2014) Capão do Leão, RS (2013)	"Método UFSC" Vermicompostagem Reator Biológico
<b>4</b>	Comunitária Institucional Domiciliar	Revolução dos Baldinhos (2016) Inácio & Miller, Brasil (2012) UTFPR, PR. (2014) Capão do Leão, RS (2013)	"Método UFSC" Vermicompostagem Reator Biológico
<b>5</b>	Municipal Comunitária Institucional Domiciliar	Lapa, São Paulo (2017) Revolução dos Baldinhos (2016) Inácio & Miller, Brasil (2012) UTFPR, PR. (2014) Capão do Leão, RS (2013)	"Método UFSC" Vermicompostagem Reator Biológico



**Figura 13. Caracterização do Novo Gama, Goiás, quanto a regiões propícias a diferentes modelos de gestão descentralizados. Fonte: IBGE, 2010; O Autor, 2018.**

Contudo, como há grande necessidade de envolvimento da comunidade e contínuo programa de educação ambiental, é aplicável expor as técnicas mais propícias ao NG em escala de domicílios a serem atendidos. Pois, assim, o gestor e/ou tomador de decisões poderá ter um indicador favorável ao custeio de programas de educação ambiental e aquisição de reatores biológicos, em escala domiciliar com vermicompostagem ou não. Além, de proporcionar ao gestor uma escolha por um programa de evolução gradual com o número de domicílios a serem atendidos pelo programa de compostagem, de períodos em períodos. Conforme o quadro 14, abaixo, pode-se observar a quantidade média de domicílios por conjunto de localidades dos mapas da figura 13, considerando que cada domicílio possui em média 3 habitantes (PMAD, 2018).

**Quadro 14. Mapas caracterizados em escala de domicílios a serem atendidos.**

<b>MAPA</b>	<b>Modelo de gestão descentralizado</b>	<b>Nº de domicílios</b>
<b>1</b>	Domiciliar	84
<b>2</b>	Institucional Comunitária	204
<b>3</b>	Comunitária Domiciliar	231
<b>4</b>	Comunitária Institucional Domiciliar	168
<b>5</b>	Municipal Comunitária Institucional Domiciliar	30.979

Fonte: PMAD, 2018; O Autor, 2018.

## 6 CONCLUSÕES

Pode se concluir com os resultados expostos neste trabalho, que foi aferido o melhor modelo e técnicas de compostagem como ferramenta para desvio de resíduos sólidos domiciliares orgânicos do aterro sanitário no gerenciamento dos resíduos sólidos domiciliares orgânicos (RDO) de municípios de médio e pequeno porte. No estudo de caso, o município do Novo Gama, Goiás, pode se concluir que há um grande potencial para a implantação de um programa de compostagem, de forma gradual e descentralizada, por intermédio das técnicas e regiões indicadas na carta de opções, anteriormente apresentada, mesmo que ainda exista grande necessidade de estudos e publicações científicas sobre o tema que fortaleçam a metodologia.

O modelo descentralizado se identificou como o melhor modelo, principalmente, pelo fato de o município não possuir requisitos mínimos para um funcionamento eficiente de um modelo centralizado, além de possuir indícios de baixo orçamento municipal para investimentos iniciais, como é o caso dos modelos centralizados. Assim, o modelo descentralizado que se caracterizou como adequado ao município, devido ao seu baixo custo inicial, quando aplicado conforme as técnicas domiciliares apresentadas pelas experiências de UTFPR, PR (2014), Capão do Leão, RS (2013) e Revolução dos Baldinhos (2016). Sendo que a técnica observada na experiência da Revolução dos Baldinhos se caracteriza principalmente pela sua flexibilidade à adaptação do espaço externo disponível, o que possibilita, também, atendimentos a níveis comunitários e municipais na cidade do Novo Gama, Goiás. Já que o município possui uma feira livre da qual seus resíduos poderiam ser enviados para a compostagem, como é exemplo a experiência da subprefeitura da Lapa, SP (2017). Desta forma, poderá se iniciar um programa de compostagem a nível domiciliar com distribuição de minhocário e/ou reatores biológicos nas regiões identificadas no mapa 1 da figura 13, iniciando um programa de aproximação da população geradora, com técnicas seguras que não atraem insetos e animais ou geram mal odor, atingindo 84 domicílios, em primeiro passo. E, com isto, conseguir-se-á minimizar os custos de coleta á lugares mais afastados dos centros urbanos e realizando o tratamento e reciclagem dos RDO junto ao gerador. Em segundo passo, a prefeitura municipal poderá optar pelas outras opções da carta, do quadro 13, a depender das experiências aprendidas no primeiro passo, de modo que a técnica utilizada na experiência da Revolução dos Baldinhos e na Lapa, SP, comece atingir instituições (escolas, administrações públicas, comércio e outros) e a feira livre estabelecida no município, caso existente; podendo atender até 30.979 domicílios dentro do centro urbano.

Entretanto, para a implantação de medidas que provoquem mudanças nos hábitos da população, como é um dos principais requisitos da compostagem descentralizada, é essencial o envolvimento de todos os geradores, com forte programa de educação ambiental que sensibilize a população e aos utilitários e participantes do programa de compostagem. Principalmente, quanto ao volume de rejeitos que será diminuído e não será encaminhado ao chegar lixão do município causando grandes impactos ambientais e sanitários a população, além de ser um forte incentivo à agricultura urbana e hábitos de vidas mais saudáveis, dentro de uma comunidade de baixa renda. Sendo de responsabilidade da prefeitura do Novo Gama, Goiás, adotar soluções e alternativas ambientalmente corretas para a máxima minimização do atual impacto ocorrente no lixão e para o melhoramento da qualidade de vida e saúde da população do município.

Ou seja, deve se sempre procurar implantar um adequado sistema de gestão de resíduos, respeitando-se a sua ordem de prioridade e envolvendo todos os geradores. De modo, que ocorra a minimização do volume de resíduos sólidos e rejeitos gerados, além de possibilitar a reciclagem dos resíduos secos com a sua separação, na fonte, para a coleta seletiva e a compostagem dos orgânicos. Já resíduos de limpeza urbana, decorrentes dos serviços de varrição, capina, podas de árvores entre outros, são de responsabilidade do poder público, e devem ter seu tratamento e destinação final em conformidade com a legislação vigente. Todavia, a população também deve fazer a sua parte para a manutenção da limpeza da cidade.

## REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA

A3P – Agenda Ambiental da Administração Pública. Gerenciamento de resíduos sólidos na administração pública, 2015.

ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 10.004 – Resíduos Sólidos, Classificação. ABNT, p. 1–5, 2004.

ABRELPE – Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública. Estimativas dos custos para viabilizar a universalização da destinação adequada de resíduos sólidos no Brasil. Brasília: ABRELPE, 2015.

ABRELPE - Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais. Panorama dos Resíduos Sólidos no Brasil 2012. São Paulo, 2013. Disponível em: < <http://www.abrelpe.org.br> >. Acesso em novembro de 2017.

ABRELPE - Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais. Panorama dos Resíduos Sólidos no Brasil 2011. São Paulo, 2012. Disponível em: < <http://www.abrelpe.org.br> >. Acesso em agosto de 2017.

ABRELPE. Estimativas dos Custos para Viabilizar a Universalização da Destinação Adequada de Resíduos Sólidos no Brasil. São Paulo, 2015.

ABRELPE. Panorama dos Resíduos Sólidos no Brasil, 2015. Brasil: Abrelpe, 2015.

ABREU, M.J.; MENINA, T.. **Fechando o ciclo dos resíduos orgânicos: compostagem inserida na vida urbana**. Lixo/Artigos. v.68, n.3, 2013.

ANGEOLETTO F.; MAESTRI C.; ROVER J.R.; ABREU M.J.. **Cartilha “O passo-a-passo de uma revolução – compostagem e agricultura urbana na gestão comunitária de resíduos orgânicos”**. CEPAGRO. Florianópolis, 2016.

AOKI L. F.. **Viabilidade de implementação de programa de vermicompostagem doméstica em Brasília, Distrito Federal**. Brasília, 2016.

BARBOSA, L. T. **Gerenciamento de resíduos sólidos urbanos no Porte de Minas Gerais: estudo relativo a unidades de reciclagem e compostagem a partir de 1997**. 97p. Dissertação (Mestrado em Saneamento, Meio Ambiente e Recursos Hídricos) - Escola de Engenharia, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2004.

BARREIRA, L. P. **Avaliação das usinas de compostagem do estado de São Paulo em função da qualidade dos compostos e processos de produção**. Tese (Doutorado) – Universidade de São Paulo, São Paulo, 2005. 204 p

BARREIRA, L. P.; PIRES, A. M. M.; COSCIONE, A. R.; ABREU-JUNIOR, C. H. **Qualidade do composto de resíduo sólido urbano**. In: SILVA, F. C.; PIRES, A. M.; RODRIGUES, M. S.; BARREIRA, L. (Orgs.). Gestão pública de resíduo sólido urbano: compostagem e interface agroflorestral. Botucatu: FEPAF, 2009. Disponível em: <

<https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/144237/1/2009CL-19.pdf> >. Acessado em fevereiro de 2018.

BRASIL. Constituição (1988). Constituição da República Federativa do Brasil. Artigo 23. Disponível em: < [http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/constituicao/constituicaocompilado.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/constituicao/constituicaocompilado.htm)>. Acesso em novembro. 2017. Publicado no Diário Oficial da União. 05 de outubro de 1988

BRASIL. Lei Nº 11.445, de 05 de janeiro de 2007. Estabelece diretrizes nacionais para o saneamento básico. Altera as Leis nos 6.766, de 19 de dezembro de 1979, 8.036, de 11 de maio de 1990, 8.666, de 21 de junho de 1993, 8.987, de 13 de fevereiro de 1995; revoga a Lei Nº 6.528, de 11 de maio de 1978; e dá outras providências. Disponível em: <[http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_ato2007-2010/2007/lei/111445.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2007/lei/111445.htm)>. Acesso em setembro 2017. **Publicado no Diário Oficial da União**. 08 de janeiro de 2007.

BRASIL. Lei nº 12.305, de 2 de agosto de 2010. Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos – PNRS. Altera a lei no 9.605, de 12 de fevereiro de 1998; e dá outras providências. Brasília (DF), 2010. Disponível em: < [http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_ato2007-2010/2010/lei/112305.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2010/lei/112305.htm)>. Acesso em setembro de 2017.

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. Disponível em: < [http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_ato2007-2010/2010/decreto/d7404.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2010/decreto/d7404.htm) >. Acesso em maio de 2018.

CODEPLAN. “Pesquisa distrital por amostra de domicílios - Distrito Federal - PDAD/DF 2013”, Companhia de Desenvolvimento do Planalto Central, Brasília, Brasil. 2016.

COMPOSTA SÃO PAULO. **Cartilha para plantio de pequenos jardins urbanos**. Blue e Morada da Floresta. São Paulo, 2014.

CONAMA – Conselho Nacional do Meio Ambiente. Relatório do GT Compostagem: Proposta de Resolução Conama que define critérios para produção de composto de resíduos sólidos orgânicos. Brasília, 2017.

CONAMA. Resolução nº 481 de 03 de outubro de 2017. Estabelece critérios e procedimentos para garantir o controle e a qualidade ambiental do processo de compostagem de resíduos orgânicos, e dá outras providências. 2017

COSTA, L.E.B.; COSTA, S.K.; REGO, N.A.C.; SILVA JUNIOR, M.F. **Gravimétrica dos resíduos sólidos urbanos domiciliares e perfil socioeconômico no município de Salinas, Minas Gerais**. Revista Ibero-Americana de Ciências Ambientais, Aquidabã, v.3, n.2, p.73 - 90, 2012.

CRUZ, M. C. C.. As unidades de triagem e compostagem na política pública de resíduos sólidos do Estado de Minas Gerais. M. Sc Universidade Federal de Viçosa, p. 42 - 46, p. 50- 70. Agosto de 2011.

D'ALMEIDA M.L.O., VILHENA A (coord). **Lixo Municipal: Manual de Gerenciamento Integrado**. 2ª edição. São Paulo: IPT/CEMPRE. 2000.

DISTRITO FEDERAL. Instrução SLU nº 64 de 25 de agosto de 2015. Estabelece novo limite para doação de Composto Orgânico do Lixo (COL), produzido pelo Serviço de Limpeza Urbana do Distrito Federal - SLU, alterando de 30 (trinta) toneladas por ano para 90 (noventa) toneladas por ano, para os produtores rurais do Distrito Federal e dos Municípios. Norma estadual, Distrito Federal, 2015. Disponível em: < [http://www.neoguia.com.br/norma/instrucao-64-2015-df\\_302657.html](http://www.neoguia.com.br/norma/instrucao-64-2015-df_302657.html) >. Acessado em fevereiro de 2018.

DUBOIS, A. M. et al., **Coleta Seletiva : análise da experiência do Distrito Federal**. Dissertação (Doutorado) – Universidade de Brasília. Brasília, 1999.

EIGENHEER, E. (Coord.). **Coleta seletiva de lixo**. Rio de Janeiro: UFF/CIRS, 1993.

EIGENHEER, E. M. (Org.) **Coleta seletiva de lixo**. Rio de Janeiro: In Folio, 1999. (Experiências brasileiras, 3).

FADE/UFPE. “Análise das Diversas Tecnologias de Tratamento e Disposição Final de Resíduos Sólidos no Brasil, Europa, Estados Unidos e Japão - Pesquisa Científica nº 02/2010”. Fundação de Apoio ao Desenvolvimento da Universidade de Pernambuco - Grupo de Resíduos Sólidos, UFPE, Brasil, 2013.

FERREIRA, J. A. Resíduos Sólidos: Perspectivas Atuais. In: SISINNO, C.L.S; OLIVEIRA, R.M. **Resíduos sólidos, ambiente e saúde: uma visão multidisciplinar**. Rio de Janeiro: FIOCRUZ, 2000. P.19-40.

FNMA – Fundo Nacional do Meio Ambiente. Capacitação para edital de Apoio à compostagem, Parte 1. Brasília. MMA, 2017. In. VELOSO, Z.; PROENÇA, L. Disponível em: < <https://www.youtube.com/watch?v=yQ3bxroJR00&feature=youtu.be> >. Acesso em Novembro de 2017.

FUNASA – Fundação Nacional da Saúde. Manual de Saneamento. Brasília: FUNASA, 2007.

FRESCA, F. R. C. **Estudo da geração de resíduos sólidos domiciliares no município de São Carlos, SP, a partir da caracterização física**. Universidade de São Paulo - Escola de engenharia de São Carlos. São Carlos, 2007.

GODOY, J.C. **Compostagem**. Biomater, MMA. Disponível em: < [http://www.mma.gov.br/estruturas/secex\\_consumo/\\_arquivos/compostagem.pdf](http://www.mma.gov.br/estruturas/secex_consumo/_arquivos/compostagem.pdf) >. Acesso em novembro de 2017.

GOVERNO DE BRASÍLIA. **Plano Distrital de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos**. Governo do Distrito Federal; ADASA; CAESB; NOVACAP; Presidente da Comissão técnica Diego Lopes Bergamaschi. Brasília, 2018.

GOVERNO FEDERAL. **Manual de Gerenciamento Integrado de resíduos sólidos** / José Henrique Penido Monteiro. [et al.]; coordenação técnica Victor Zular Zveibil. Rio de Janeiro: IBAM, 2001.

GUIDONI, L. L. C.; BITTENCOURT, G.; MARQUES, R. M.; CORRÊA, L. B.; CORRÊA, E. K.. **Compostagem domiciliar: implantação e avaliação do processo**. TECNO-LÓGICA, Santa Cruz do Sul, v. 17, n. 1, p. 44-51, Jan/jun. 2013.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Pesquisa Nacional de Saneamento Básico 2008. Rio de Janeiro: IBGE, 2010.

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Atlas de saneamento 2011. Manejo de resíduos sólidos. Rio de Janeiro: IBGE, 2011.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Pesquisa de Censo 2010**. Disponível em: < <https://www.ibge.gov.br/estatisticas-novoportal/sociais/populacao/2098-np-censo-demografico/9662-censo-demografico-2010.html?edicao=10503&t=series-historicas> >. Acesso em dezembro de 2017.

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

INOVA. Um jeito novo de limpar São Paulo. **Programa transformação, agregando valor ao nosso resíduo**. Projeto Feira Sustentável, 2015.

JUCÁ, J. F. T. **Disposição final dos resíduos sólidos urbanos no Brasil**. 5º. Congresso Brasileiro de Geotecnia Ambiental, 2003. Porto Alegre. Rio grande do Sul.

JURAS, IA.G.M.; ARAÚJO, S.M.V.G. **A responsabilidade compartilhada pelo ciclo de vida do produto**. São Paulo, 2017.

LOPES, A. A., **Estudo de gestão e do gerenciamento integrado dos resíduos sólidos urbanos no município de São Carlos (SP)**. Dissertação (Mestrado) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade Federal de São Paulo, São Carlos, 2003.

MASSUKADO, L. M., **Sistema de apoio à decisão: avaliação de cenários de gestão integrada de resíduos sólidos urbanos domiciliares**. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de São Paulo, São Carlos, 2004.

MASSUKADO, Luciana Miyoko. **Desenvolvimento do processo de compostagem em unidade descentralizada e proposta de software livre para o gerenciamento municipal de resíduos sólidos domiciliares**. Tese de doutorado da Universidade de São Paulo. São Carlos, 2008.

MACHADO, P. A. L. **Princípios da Política Nacional de Resíduos Sólidos**. São Paulo, 2017.

MAPA. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Instrução normativa nº 07, de 12 de abril de 2016. Secretaria da Defesa Agropecuária. DOU de 02/-5/2016 (nº82, Seção 1, p.9). Brasília, 2016.

MORAES, M. **Instituições apostam na compostagem**. MMA, Revista meio ambiente – indústria & sustentabilidade. Disponível em: < <http://rmai.com.br/instituicoes-apostam-na-compostagem/>>, Acesso em 25/11/2017.

MONTEIRO, J.H.P. **Manual de Gerenciamento Integrado de resíduos sólidos**; coordenação técnica Victor Zular Zveibil. Rio de Janeiro: IBAM, p. 148, 2001.

MOQSUD, M. A.; Bushra,Q. S.; Rahman, MH. **Composting barrel for sustainable organic waste management in Bangladesh**. Waste Management & Research, p. 1286 – 1293 (2011).

MELO, S. L. **Análise do uso de compostagem doméstica em conjuntos habitacionais de interesse social na cidade de São Domingos – Bahia**. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal da Bahia, 2014.

MMA – Ministério do Meio Ambiente. **Manual para implantação de compostagem e de coleta seletiva no âmbito de consórcios públicos**. Projeto internacional de cooperação técnica para a melhoria da gestão ambiental urbana no Brasil – BRA/OEA/08/001. Brasília, 2010.

MMA – Ministério do Meio Ambiente. Versão preliminar para consulta pública: Plano Nacional de Resíduos Sólidos, 2011.

MMA. **Planos de gestão de resíduos sólidos: manual de orientação**. Brasília, Distrito Federal, 2012.

MMA. **Compostagem doméstica, comunitária e institucional de resíduos orgânicos: manual de orientação**. Brasília, 2017.

MMA– Ministério do Meio Ambiente. Gerenciamento de resíduos sólidos na administração pública. A3P. Brasília, 2015.

MP-PR – Ministério Público do Estado do Paraná. **Unidades de Triagem e Compostagem de Resíduos Sólidos Urbanos**; Apostila para a gestão municipal de resíduos sólidos urbanos, 2<sup>a</sup> Edição, 2012.

MP-PR – Ministério Público do Estado do Paraná. **Centro de Triagem e Compostagem de Resíduos Sólidos Urbanos**; Caderno de Especificações Técnicas e Desenho, 2<sup>a</sup> Edição, 2013.

NBR 13.896/1997: Aterros de resíduos não perigosos - Critérios para projeto, implantação e operação, 2004.

NETO, H. C. A.; Marques, C. C.; Araújo, P. G. C.; Gonçalves, W. P.; Maia, R.; Barbosa, E. A.; **Caracterização de resíduos sólidos orgânicos produzidos no restaurante universitário de uma instituição pública (estudo de caso)**. XXVII Encontro Nacional de Engenharia de Produção, 2007.

NOVO GAMA. Plano de Gerenciamento Integrado De Resíduos Sólidos Urbanos para o Município de Novo Gama – GO (2006). Novo Gama, GO.

NUERNBERG A. C.. **Vermicompostagem: Estudo de caso utilizando resíduo orgânico do restaurante universitário da UTFPR Campus Curitiba - sede Ecoville**. Curitiba, 2014.

OLIVEIRA E.; SARTORI R.; GARCEZ T. **Compostagem**. Universidade de São Paulo – Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz. Piracicaba, São Paulo, 2008.

PEREIRA, B. S. **Sistemas experimentais de compostagem de resíduos orgânicos: estudos de caso**. Dissertação (Mestrado)–Universidade Estadual Paulista. Faculdade de Engenharia, Bauru, 2016.

PEREIRA NETO, J.T.; LELIS, M.P.N. **Variação da composição gravimétrica e potencial de reintegração ambiental dos resíduos sólidos urbanos por região fisiográfica do Estado de Minas Gerais**. . Anais... p. 1709-1716. In: Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental, 20. Rio de Janeiro, 1999.

PEIXE, M.; HACK, M.B., **Compostagem como método adequado ao tratamento dos resíduos sólidos orgânicos urbanos: experiência do município de Florianópolis/SC**, 2014.

RICCI-JÜRGENSEN M.; OTERO G.; COSTA E.; TANG J.; STEGMANN P.. **Evaluation and recommendation report of the pilot composting plant in the lapa district of the city of São Paulo**. Internation Solid Waste Association – ISWA. Climate & Clean air colation – to reduce short-lived climate pollutants. São Paulo, 2016.

PMAD. Pesquisa Metropolitana por Amostra de Domicílios. Novo Gama. Brasília, Distrito Federal, 2018.

RIBEIRO, J. C. J. **Desenvolvimento de modelo para avaliação de desempenho de política pública em meio ambiente**. Estudo de caso: Estado de Minas Gerais. 2005. 320p. Tese (Doutorado em Saneamento, Meio Ambiente e Recursos Hídricos) - Escola de Engenharia, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2005.

SAMPAIO JUNIOR, C. H. L.. **Diagnóstico Preliminar do Gerenciamento de Resíduos Sólidos Gerados na Cidade do Novo Gama (GO)**. Distrito Federal, 2016.

SCHALCH, V.; LEITE W. C. A.. **Gestão e gerenciamento de resíduos sólidos**. Universidade de São Paulo escola de engenharia de São Carlos. Departamento de hidráulica e saneamento. São Carlos, 2002.

SGA – Sistema de Gestão Ambiental. Consulta de processo de licenciamento. 2018. Disponível em: < <http://www.sga.pr.gov.br/sga-iap/consultarProcessoLicenciamento.do?action=iniciar> >. Acesso em 16/02/2018.

SLU – Serviço de Limpeza Urbana. Construindo um novo modelo de gestão dos resíduos sólidos no DF: Relatório de atividades do SLU, 2016. Brasília, 2017.

SLU – Serviço de Limpeza Urbana. Tudo pronto para o fechamento do lixão: Relatório de atividades do SLU, 2017. Brasília, 2018.

SNIS - Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento. Diagnóstico do manejo de Resíduos Sólidos Urbanos – 2016. Disponível em: < <http://www.snis.gov.br/diagnostico-residuos-solidos/155-diagnostico-rs-2016> >. Acesso em 13/02/2018.

SNIS – Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento. Diagnóstico do manejo de resíduos sólidos urbanos, 2016. Disponível em: < <http://www.snis.gov.br/diagnostico-residuos-solidos/155-diagnostico-rs-2016> >. Acesso em 18/02/2018.

SIQUEIRA T.; ASSAD M. **Compostagem de resíduos sólidos urbanos no estado de São Paulo (Brasil)**. Ambiente & Sociedade. São Paulo v. 28, n. 4, p 243-264, 2015.

STOREL, A.; PROENÇA, L; CARDOSO H.; MELLO, P.; Curso de compostagem orgânica. SEBRAE. Brasília, 2018.

STORT, M.; COSTA, C.; TOSTES, R.; PICILLO, G.; **Mais da metade dos municípios brasileiros ainda não dá destino adequado aos resíduos sólidos urbanos**. GP de Comunicação da Abrelpe, 2012. Releases Abrelpe, 40 anos. Disponível em: < [http://www.abrelpe.org.br/noticias\\_releases\\_detalhe.cfm?notreleasesid=1218](http://www.abrelpe.org.br/noticias_releases_detalhe.cfm?notreleasesid=1218) >. Acesso em 28/11/2017.

VALENTE B.S., E.G. XAVIER<sup>1</sup>, T.B.G.A. MORSELLI, D.S. JAHNKE<sup>3</sup>, B. DE S. BRUM JR., B.R. CABRERA, P. DE O. MORAES<sup>3</sup> E D.C.N. LOPES; **Fatores que afetam o desenvolvimento da compostagem de resíduos orgânicos.** Disponível em: <[http://www.uco.es/organiza/servicios/publica/az/php/img/web/07\\_18\\_48\\_1395REVISIONFatoresValente1.pdf](http://www.uco.es/organiza/servicios/publica/az/php/img/web/07_18_48_1395REVISIONFatoresValente1.pdf)>. Acesso em 17/03/2018. Archivos de zootecnia vol. 58(R), p. 60. Universidade Federal de Pelotas. Rio Grande do Sul, 2009.

VIMIEIRO, G. V.. **Usinas de triagem e compostagem [manuscrito]: valorização de resíduos e de pessoas: um estudo sobre a operação e os funcionários de unidades de Minas Gerais.** Dissertação (doutorado) – Universidade Federal de Minas Gerais, Escola de Engenharia. Belo Horizonte, 2012.

WAHYONO S., SAHWAN F.L.. **Solid waste composting trends and projects.** BioCycle 1998; Oct: 64-68.

WANGEN, D. R. B.; FREITAS, I. C. V. **Compostagem doméstica: alternativa de aproveitamento de resíduos sólidos orgânicos.** Rev. Bras. de Agroecologia. v.5, n.2, p. 81-88, 2010.

ZONER, TAYNARA ASSANO; BONGIOVANNI, SOLANGE. **Gestão de resíduos sólidos no município de Tibagi - PR: desempenho da coleta seletiva.** Revista Eletrônica em Gestão, Educação e Tecnologia Ambiental, v. 8, n. 8, p. 1591-1601, 2012. Disponível em: <<http://hdl.handle.net/11449/126956>>.