



**UNIVERSIDADE ESTADUAL DA PARAÍBA  
CENTRO DE CIÊNCIAS E TECNOLOGIAS  
CURSO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL**

**DANIELLE DE LUCENA SANTOS**

**ANÁLISE DA VIABILIDADE DE IMPLANTAÇÃO DE UMA USINA DE TRIAGEM  
E COMPOSTAGEM DE RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS NO MUNICÍPIO DE  
SANTA LUZIA/PB**

**CAMPINA GRANDE  
2016**

**DANIELLE DE LUCENA SANTOS**

**ANÁLISE DA VIABILIDADE DE IMPLANTAÇÃO DE UMA USINA DE TRIAGEM  
E COMPOSTAGEM DE RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS NO MUNICÍPIO DE  
SANTA LUZIA/PB**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental da Universidade Estadual da Paraíba, como requisito parcial à obtenção do grau de Bacharel em Engenharia Sanitária e Ambiental.

**Área de concentração:** Engenharia Sanitária e Ambiental.

**Orientador:** Prof. Dr. João Damasceno.

**CAMPINA GRANDE  
2016**

É expressamente proibida a comercialização deste documento, tanto na forma impressa como eletrônica. Sua reprodução total ou parcial é permitida exclusivamente para fins acadêmicos e científicos, desde que na reprodução figure a identificação do autor, título, instituição e ano da dissertação.

S237a Santos, Danielle de Lucena.

Análise da viabilidade de implantação de uma usina de triagem e compostagem de resíduos sólidos urbanos no município de Santa Luzia/PB [manuscrito] / Danielle de Lucena Santos. - 2016.

52 p. : il. color.

Digitado.

Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Sanitária e Ambiental) - Universidade Estadual da Paraíba, Centro de Ciências e Tecnologia, 2016.

"Orientação: Prof. Dr. João Damasceno, Departamento de Geografia".

1. Resíduos sólidos. 2. Resíduos sólidos urbanos. 3. Coleta seletiva. 4. Usina de triagem e compostagem. I. Título.

21. ed. CDD 363.728 5

DANIELLE DE LUCENA SANTOS

ANÁLISE DA VIABILIDADE DE IMPLANTAÇÃO DE UMA USINA DE TRIAGEM E  
COMPOSTAGEM DE RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS NO MUNICÍPIO DE SANTA  
LUZIA/PB

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental da Universidade Estadual da Paraíba, como requisito parcial à obtenção do grau de Bacharel em Engenharia Sanitária e Ambiental.

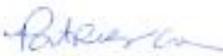
Área de concentração: Engenharia Sanitária e Ambiental.

Aprovada em: 25/10/2016.

**BANCA EXAMINADORA**

  
\_\_\_\_\_  
Prof. Dr. João Damasceno (Orientador)  
Universidade Estadual da Paraíba (UEPB)

  
\_\_\_\_\_  
Prof. Dr. William de Paiva  
Universidade Estadual da Paraíba (UEPB)

  
\_\_\_\_\_  
Prof. Me. Patrícia da Conceição Dornellas da Silva Xavier  
Universidade Estadual da Paraíba (UEPB)

A minha mãe, minha tia Lígia e minha avó Maria, por não medirem esforços para me ajudar e por não desistirem de mim.

## **AGRADECIMENTOS**

A Deus por toda força que tem me dado.

A minha mãe, minha tia Lígia e minha avó Maria por tudo que fizeram por mim, principalmente por todo amor, dedicação, paciência e apoio.

Aos demais familiares que se fizeram presente durante esta etapa da minha vida.

A Igor por todos os ensinamentos, incentivos, apoio, carinho, amor e por sempre estar ao meu lado.

Ao professor João Damasceno pela orientação, apoio e confiança.

A todos os professores da minha graduação por todos os conhecimentos adquiridos e por todo afeto.

A Isabel e Iana por toda ajuda, ensinamentos e momentos compartilhados.

Aos colegas de turma pelos momentos de amizade e apoio.

A todos os companheiros da Empatech, Cayo, Emanuel, Cássio, Elenilson, Jonathan, Caian, Tuana e Flávio por todos os ensinamentos e experiências compartilhadas, e por toda amizade.

A Endyara, Myria e Carol por toda paciência e amizade.

A Karlla, Laís e Camila por todo companheirismo.

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

## RESUMO

A crescente geração de resíduos sólidos urbanos nos municípios implica na problemática da disposição adequada dos mesmos. Este trabalho tem como objetivo analisar a viabilidade de implantação de uma Usina de Triagem e Compostagem no Município de Santa Luzia, Paraíba; com o intuito de tratar adequadamente os resíduos sólidos urbanos gerados na cidade. Para a realização da análise de viabilidade da implantação da Usina de Triagem e Compostagem (UTC), foi feito inicialmente, o levantamento gravimétrico dos resíduos sólidos urbanos (RSU) produzidos na cidade, através da técnica do quarteamento. Em seguida, foram realizadas pesquisas bibliográficas em trabalhos e projetos referentes ao tema deste trabalho, afim de escolher um método de implantação de UTC em Santa Luzia/PB. O levantamento gravimétrico realizado na cidade mostrou que os RSU gerados são compostos por 39,64% de matéria orgânica; 6,91% de papel/papelão; 17,02% de plástico; 2,83% de metal; 16,14% de outros; 11,56% de material sanitário e 5,9% de material têxtil. A partir do levantamento gravimétrico foi observado que 66,39% dos RSU gerados na cidade podem ser encaminhados a UTC. Baseando-se por estes dados foi feito o dimensionamento, a escolha dos equipamentos e materiais necessários, além do orçamento da UTC. Os resultados mostraram que é viável economicamente a implantação da UTC no Município. A implantação da UTC apresentará impactos positivos para o meio ambiente e para a sociedade, através da redução dos resíduos dispostos no meio inadequadamente, evitando a contaminação do ar, da água e do solo, e da geração de empregos e a movimentação da economia do Município, este ainda servirá de exemplo para os municípios vizinhos.

**Palavras-Chave:** Resíduos Sólidos Urbanos. Usina de Triagem e Compostagem. Santa Luzia, Paraíba.

## ABSTRACT

The problematic of environment appropriate solid waste disposal is due increase production of municipal waste. Therefore, this work aim measure feasibility for implementation of a plant for waste selection and composting (UCT) in Santa Luzia City, Paraíba State, with the intention of treat and dispose these municipal waste. For carrying out this feasibility study, was initially done a gravimetrically method of Santa Luzia's municipal waste, by the quartering method. Then, was realized bibliographic research on projects and scientific studies about the subject, in order to choose a method for implementation of an UCT in Santa Luzia City. The gravimetrically method result in a composition of municipal waste with 39,64% of organic matter, 6,91% of paper/cardboard, 17,02% of plastic, 2,83% of metal, 16,14% of other wastes, 11,56% of care waste and 5,9% of textile waste. Based on the result of gravimetrically method, 66,39% of the solid waste can be treated on the UCT. With these data was done the sizing, selection of equipment and materials, besides a quotation of the UCT. The results showed that the implementation of UCT in the City is economically feasibility and bring positive impacts for the environment, society and economy, through of decrease of inadequate disposal of solid waste, avoid air, water and soil contamination, creating jobs and business in the local economy, besides to serve as example for other neighboring cities.

**Key words:** Municipal waste. Plant for waste selection and composting. Santa Luzia City. Paraíba State.

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 3.1 – Principais processos de uma UTC	26
Figura 4.1 – Município de Santa Luzia/PB	27
Quadro 4.1 – Coleta de RSU no Município de Santa Luzia/PB	29
Figura 4.2 – Vazadouro a céu aberto do Município de Santa Luzia/PB	30
Figura 4.3 – Materiais utilizados no levantamento gravimétrico	31
Figura 4.4 – Descarga dos resíduos sólidos sobre a lona plástica	32
Figura 4.5 – Quarteamento das amostras	32
Figura 4.6 – Segregação dos resíduos	33
Figura 4.7 – Pesagem das categorias de resíduos	33
Figura 5.1 – Dados referentes a análise qualitativa dos RSU da cidade de Santa Luzia/PB	35
Figura 5.2 – Composição gravimétrica dos RSU gerados na cidade de Santa Luzia/PB	36
Figura 5.3 – Resíduos metálicos separados por um agente de limpeza urbana	37
Figura 5.4 – Porcentagem de RSU que podem ser destinados a reciclagem, compostagem e a aterro sanitário no Município de Santa Luzia/PB	38
Figura 5.5 – Massa diária do processo	40
Quadro 5.1 – Equipamentos e materiais que serão utilizados na UTC	41
Figura 5.6 – Formato da UTC com silo e mesa de triagem	42
Figura 5.7 – Organização das atividades na mesa de triagem	43

## LISTA DE TABELAS

Tabela 3.1 –	Quantidade de municípios com iniciativa de coleta seletiva nos anos de 2013 e 2014	18
Tabela 5.1 –	Orçamento da UTC	43
Tabela 5.2 –	Despesa mensal na UTC com salário dos funcionários	44
Tabela 5.3 –	Preço de venda e de arrecadação dos materiais da UTC	44
Tabela 5.4 –	Projeção da receita da UTC	45

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABRELPE	Associação Brasileira de Limpeza Pública e Resíduos Especiais
EMBRAPA	Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
MMA	Ministério do Meio Ambiente
PNRS	Política Nacional de Resíduos Sólidos
RSU	Resíduos Sólidos Urbanos
SINAPI	Sistema Nacional de Pesquisa de Custos e Índices da Construção Civil
SISNAMA	Sistema Nacional do Meio Ambiente
SNIS	Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento
SNVS	Sistema Nacional de Vigilância Sanitária do Brasil
SUASA	Sistema Unificado de Atenção a Sanidade Agropecuária
UTC	Usina de Triagem e Compostagem

## SUMÁRIO

1.0 INTRODUÇÃO.....	12
2.0 OBJETIVOS .....	14
2.1 Objetivo Geral .....	14
2.2 Objetivos Específicos .....	14
3.0 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA .....	15
3.1 Resíduos Sólidos.....	15
3.1.1 Classificação dos RS .....	15
3.1.2 Geração de RSU .....	17
3.2 Coleta Seletiva.....	17
3.3 Tratamento e destinação final dos RSU .....	18
3.3.1 Triagem e compostagem.....	19
3.4 Usina de triagem e compostagem.....	24
4.0 METODOLOGIA.....	27
4.1 Área de estudo .....	27
4.1.1 Situação dos resíduos sólidos no Município de Santa Luzia/PB .....	29
4.2 Composição gravimétrica dos RSU.....	30
4.3 Usina de triagem e compostagem.....	33
5.0 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	35
5.1 Composição gravimétrica dos RSU no Município de Santa Luzia .....	35
5.2 Funcionamento da UTC.....	38
5.3 Dimensionamento operacional da UTC .....	40
5.4 Equipamentos e materiais necessários para a UTC .....	40
5.5 Orçamento da UTC e projeção de custos e vendas .....	43
6.0 CONCLUSÃO.....	46
REFERÊNCIAS .....	48

## 1.0 INTRODUÇÃO

Para discutir sobre os resíduos sólidos urbanos é necessário levar em conta aspectos espaciais, ambientais, de saúde, sociais, culturais e institucionais. No aspecto ambiental, um dos desafios é a necessidade de definirmos as melhores alternativas a serem adotadas, com menores impactos e que não sejam meramente tecnológicas. No que se refere aos aspectos sociais, a inclusão social se impõe como um tema fundamental, que deve ser tratado sem paternalismos, como parte de política pública, e sim trazendo à tona efetivamente as possibilidades que uma política pública pode promover em termos de redução de desigualdades. Em relação aos aspectos culturais, com os quais todos nós estamos envolvidos, principalmente nas ideias de se produzir menos, de reutilização e de reciclagem, está presente um desafio que se associa aos temas das próprias políticas públicas (SANTOS; DIAS, 2012).

A geração crescente de resíduos e a necessidade de disposição final constituem um dos grandes problemas ambientais na sociedade atual. A descarga dos resíduos nas cidades de todo o mundo sempre representou sério problema à saúde pública e ao meio ambiente. Depósitos em áreas urbanas durante séculos tratados sem os devidos cuidados, sempre estiveram associados à propagação de doenças, seja diretamente via pessoas e animais coexistindo nestes locais, seja por meio da contaminação dos mananciais de água, dos solos e dos alimentos (JAMES, 1997).

Devido à crescente geração de resíduos nos municípios, a busca por técnicas de tratamento ou beneficiamento dos resíduos é intensa. A reciclagem e a compostagem têm sido técnicas bastante utilizadas, as quais necessitam de resíduos recicláveis e orgânicos, respectivamente. Estes resíduos são gerados nos municípios em grandes quantidades, o que facilita a utilização destes nos processos supracitados.

Utilizadas no Brasil desde o final da década de 1960, e com implantação popularizada nos anos 90, as Usinas de Triagem e Compostagem – UTC têm sido consideradas uma opção para a destinação adequada dos resíduos sólidos urbanos, especialmente em municípios de pequeno porte. A utilização dessas unidades preconiza a valorização dos resíduos, já que o reaproveitamento dos materiais recicláveis e a compostagem da parcela orgânica acarretaria geração de renda e a redução da quantidade de resíduos a ser aterrada, além da preservação dos recursos naturais, da economia de energia e da redução da poluição ambiental (VIMIEIRO; PEREIRA; LANGE, 2009).

As usinas vêm sendo utilizadas, principalmente em municípios de pequeno porte, por constituírem um sistema simplificado e que pode proporcionar o tratamento de toda a massa

de resíduos coletada. As Usinas de Triagem e Compostagem simplificadas são geralmente constituídas das seguintes unidades: recepção, onde todo o resíduo sólido urbano é recebido e encaminhado para um silo; mesa de triagem ou esteira de triagem, local onde são separados manualmente os materiais recicláveis (papéis, papelão, plásticos, vidros e metais), a matéria orgânica (restos de comidas, cascas de frutos e legumes) e os rejeitos; pátio de compostagem, para onde é encaminhada a matéria orgânica separada, com a qual se elaborará o composto orgânico; baias para depósito de materiais recicláveis, onde se armazenam os recicláveis separados para posterior prensagem e enfardamento; instalação de apoio, que é a construção onde se localizam o escritório, banheiros, vestiários, cozinha, refeitório, almoxarifado; e vala de rejeitos/aterro, onde são aterrados os rejeitos que sobraram (VIMIEIRO; PEREIRA; LANGE, 2009).

Desta forma, este trabalho tem como objetivo principal analisar a viabilidade de implantação de uma Usina de Triagem e Compostagem no Município de Santa Luzia/PB; além de avaliar a composição gravimétrica dos resíduos gerados no Município; propor o tratamento dos resíduos gerados, através da reciclagem e compostagem e propor a implantação da usina no Município.

Diante da possibilidade da implantação da Usina de Triagem e Compostagem na área de estudo deste trabalho, enxerga-se o tratamento e disposição adequada dos resíduos recicláveis e compostáveis gerados no local, a geração de empregos e movimentação da economia local, além da melhoria de vida dos catadores de resíduos e a redução de impactos negativos referentes à disposição inadequada de resíduos local.

## **2.0 OBJETIVOS**

### **2.1 Objetivo Geral**

Analisar a viabilidade e apresentar os benefícios da implantação de uma Usina de Triagem e Compostagem no Município de Santa Luzia/PB.

### **2.2 Objetivos Específicos**

- Avaliar a composição gravimétrica dos resíduos gerados na cidade de Santa Luzia/PB;
- Analisar a eficiência da implantação de uma UTC no Município;
- Apresentar a proposta de implantação e os benefícios de uma UTC no Município.

### 3.0 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

#### 3.1 Resíduos Sólidos

Os resíduos sólidos apresentam grande diversidade e complexidade, e as suas características físicas, químicas e biológicas variam de acordo com a sua fonte ou atividade geradora (PROSAB, 2006). A Lei N° 12305/2010 (BRASIL, 2010) define resíduos sólidos como sendo:

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

Os rejeitos são definidos pela Lei N° 12305/2010 (BRASIL, 2010) como sendo:

Os resíduos sólidos que, depois de esgotadas todas as possibilidades de tratamento e recuperação por processos tecnológicos disponíveis e economicamente viáveis, não apresentem outra possibilidade que não a disposição final ambientalmente adequada.

##### 3.1.1 Classificação dos RS

A Lei N° 12305/2010 (BRASIL, 2010) classifica os resíduos sólidos da seguinte maneira:

I – quanto à origem:

- a) resíduos domiciliares: os originários de atividades domésticas em residências urbanas;
- b) resíduos de limpeza urbana: os originários da varrição, limpeza de logradouros e vias públicas e outros serviços de limpeza urbana;
- c) resíduos sólidos urbanos: os englobados nas alíneas “a” e “b”;
- d) resíduos de estabelecimentos comerciais e prestadores de serviços: os gerados nessas atividades, excetuados os referidos nas alíneas “b”, “e”, “g”, “h” e “j”;
- e) resíduos dos serviços públicos de saneamento básico: os gerados nessas atividades, excetuados os referidos na alínea “c”;

- f) resíduos industriais: os gerados nos processos produtivos e instalações industriais;
- g) resíduos de serviços de saúde: os gerados nos serviços de saúde, conforme definido em regulamento ou em normas estabelecidas pelos órgãos do Sisnama e do SNVS;
- h) resíduos da construção civil: os gerados nas construções, reformas, reparos e demolições de obras de construção civil, incluídos os resultantes da preparação e escavação de terrenos para obras civis;
- i) resíduos agrossilvopastoris: os gerados nas atividades agropecuárias e silviculturais, incluídos os relacionados a insumos utilizados nessas atividades;
- j) resíduos de serviços de transportes: os originários de portos, aeroportos, terminais alfandegários, rodoviários e ferroviários e passagens de fronteira;
- k) resíduos de mineração: os gerados na atividade de pesquisa, extração ou beneficiamento de minérios.

## II – quanto à periculosidade:

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

Para a NBR 10004/2004 (BRASIL, 2004), os resíduos classificam-se em:

- a) Resíduos classe I – Perigosos: aqueles que apresentam, em função de suas propriedades físicas, químicas ou infectocontagiosas, risco à saúde pública, provocando mortalidade, incidência de doenças ou acentuando seus índices e riscos ao meio ambiente, quando o resíduo for gerenciado de forma inadequada. Ou uma das seguintes características: inflamabilidade, corrosividade, reatividade, toxicidade ou patogenicidade.
- b) Resíduos classe II – Não perigosos:
  - i. Resíduos classe II A – Não inertes: aqueles que não se enquadram nas classificações de resíduos classe I – Perigosos ou de resíduos classe II B – Inertes, nos termos desta norma. Os resíduos classe II A – Não inertes podem ter propriedades, tais como: biodegradabilidade, combustibilidade ou solubilidade em água.

ii. Resíduos classe II B – Inertes: quaisquer resíduos que, quando amostrados de uma forma representativa, segundo a ABNT NBR 100007, e submetidos a um contato dinâmico e estático com água destilada ou desionizada, à temperatura ambiente, conforme ABNT NBR 100006, não tiverem nenhum de seus constituintes solubilizados a concentrações superiores aos padrões de potabilidade de água, executando-se aspecto, cor, turbidez, dureza e sabor.

### **3.1.2 Geração de RSU**

De acordo com a classificação supracitada (quanto à origem), os resíduos sólidos urbanos (RSU), compreende os resíduos domiciliares, aqueles originários das atividades domésticas nos domicílios urbanos e os resíduos de limpeza urbana, os originários da varrição, limpeza de logradouros e vias públicas e outros serviços de limpeza urbana.

A geração dos RSU é dependente de fatores culturais, hábitos de consumo, poder aquisitivo, fatores climáticos, nível educacional e características de gênero e idade dos grupos populacionais, sendo afetada, também, pelas variações da economia, aspectos climáticos e sazonais, influências regionais, migrações e turismo (ERTHAL NETO, 2006).

A geração de RSU é dada pela produção per capita de resíduos sólidos, ou seja, a quantidade de resíduos gerados por habitando em um espaço de tempo, geralmente é expressa em  $\text{Kg.hab}^{-1}.\text{dia}^{-1}$ .

De acordo com a ABRELPE (2015), em 2014 foram gerados no Brasil 215.297  $\text{ton.dia}^{-1}$  de RSU, resultando em uma per capita de  $1,062 \text{ Kg.hab}^{-1}.\text{dia}^{-1}$ . Nesse mesmo ano, na região Nordeste foram gerados  $55.177 \text{ ton.dia}^{-1}$  de RSU, resultando em uma taxa per capita de  $0,982 \text{ Kg.hab}^{-1}.\text{dia}^{-1}$ , tais dados indicam um crescimento de 3,2% na geração de RSU em relação ao ano de 2013. Ainda nesse mesmo ano, no Estado da Paraíba foram gerados  $3.504 \text{ ton.dia}^{-1}$  de RSU, resultando em uma per capita de  $0,888 \text{ Kg. hab}^{-1}.\text{dia}^{-1}$ .

### **3.2 Coleta Seletiva**

A Lei 12305/2010 (BRASIL, 2010) define coleta seletiva como sendo “a coleta de resíduos sólidos previamente segregados conforme sua constituição ou composição”. Ou seja, os resíduos com características semelhantes são separados pelos geradores e em seguida são coletados. A coleta seletiva é um dos instrumentos da Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS), a qual descreve que os municípios são responsáveis pela implantação da coleta seletiva.

A PNRS estabeleceu que a coleta seletiva nos municípios brasileiros deve permitir, no mínimo, a segregação entre resíduos recicláveis secos e rejeitos. Os resíduos recicláveis secos são compostos, principalmente, por metais (como aço e alumínio), papel, papelão, tetrapak, plásticos e vidro. E os rejeitos, que são os resíduos não recicláveis, são compostos principalmente por resíduos de banheiros e outros resíduos de limpeza (MMA, 2016).

No entanto, há uma outra parte importante dos resíduos que são os resíduos orgânicos, que consistem em restos de alimentos e resíduos de jardim (folhas secas, podas). É importante que os resíduos orgânicos não sejam misturados com outros tipos de resíduos, para que não prejudiquem a reciclagem dos resíduos secos e para que os resíduos orgânicos possam ser utilizados na compostagem e transformados em adubo de forma segura. Por este motivo, alguns estabelecimentos e municípios tem adotado a separação dos resíduos em três frações: recicláveis secos, resíduos orgânicos e rejeitos (MMA, 2016).

Uma das principais estratégias para a redução da quantidade de resíduos dispostos nos aterros sanitários dos municípios é a criação de sistemas de coleta seletiva (IPEA, 2012). A Figura 3.1 ilustra a quantidade de municípios com iniciativas de coleta seletiva nos anos de 2013 e 2014 no Brasil e nas suas regiões. Em 2014, 3.608 municípios brasileiros apresentaram iniciativas de coleta seletiva, destes 767 são da região Nordeste.

**Tabela 3.1 – Quantidade de municípios com iniciativa de coleta seletiva nos anos de 2013 e 2014**

Região	Norte		Nordeste		Centro-Oeste		Sudeste		Sul		BRASIL	
	2013	2014	2013	2014	2013	2014	2013	2014	2013	2014	2013	2014
Sim	223	239	725	767	158	175	1.378	1.418	975	1.009	3.459	3.608
Não	227	211	1.069	1.027	309	292	290	250	216	182	2.111	1.962
<b>Total</b>	<b>450</b>		<b>1.794</b>		<b>467</b>		<b>1.668</b>		<b>1.191</b>		<b>5.570</b>	

Fonte: Adaptado ABRELPE (2015).

A coleta seletiva, como instrumento da PNRS, constitui-se uma das metas dos municípios preocupados não só com a destinação dos resíduos sólidos, mas com preservação do meio ambiente também.

### 3.3 Tratamento e destinação final dos RSU

O tratamento de resíduos sólidos abrange processos físicos, químicos, físico-químicos, biológicos e térmicos. Os tratamentos físicos objetivam reduzir o volume de

resíduo ou imobilizar um componente específico através de operações de secagem, centrifugação, evaporação, sedimentação, floculação, filtração, absorção, destilação, concentração, etc. Os tratamentos químicos alteram a composição dos resíduos de modo a eliminar componentes tóxicos através de reações de neutralização, oxidação, redução e precipitação. Os tratamentos biológicos aceleram a degradação natural de resíduos que possuem alta carga orgânica através da ação de microrganismos em unidade de compostagem ou em aterros sanitários. E os tratamentos térmicos são os processos físico-químicos que utilizam temperaturas elevadas para alterar as características do resíduo e reduzir consideravelmente seu volume; a incineração e a pirólise são os principais tratamentos térmicos empregados para resíduos sólidos (CASTILHOS JUNIOR, 2006).

A Lei Nº 12305/2010 (BRASIL, 2010) define destinação final ambientalmente adequada como sendo:

Destinação de resíduos que inclui a reutilização, a reciclagem, a compostagem, a recuperação e o aproveitamento energético ou outras destinações admitidas pelos órgãos competentes do Sisnama, do SNVS e do Suasa, entre elas a disposição final, observando normas operacionais específicas de modo a evitar danos ou riscos à saúde pública e à segurança e a minimizar os impactos ambientais adversos.

A destinação final ambientalmente adequada pode gerar diversos benefícios, não só do ponto de vista ambiental, mas também do ponto de vista social e econômico. Através do destino adequado os resíduos podem ser reutilizados, recuperados e/ou reciclados, reduzindo a geração e disposição de resíduos no meio, além de movimentar a economia; o processo de compostagem de resíduos além de dá um destino adequado a estes, os transforma em um material rico em húmus e nutrientes minerais.

### ***3.3.1 Triagem e compostagem***

Para que qualquer tratamento de resíduos sólidos seja eficaz é necessário que previamente seja feita a separação dos mesmos, de acordo com sua constituição ou composição. O processo de segregação de resíduos consiste na separação desses no momento da geração. A segregação adequada evita mistura de resíduos incompatíveis e reações químicas indesejadas, aumentando a possibilidade de reutilização, reciclagem e segurança no manuseio dos resíduos (MMA, 2014). A segregação de resíduos é por vezes fator primordial da viabilidade técnica dos projetos de processos de tratamento de resíduos.

O processo de triagem em municípios, onde os resíduos são coletados misturados, é complexo e requer uma maior atenção. E nos municípios, onde há coleta seletiva, o processo de triagem é mais simples, consistindo na separação dos resíduos recicláveis secos dos rejeitos, além dos resíduos orgânicos.

Dentre os processos de tratamentos disponíveis para a fração de resíduos orgânicos, um que se destaca pelo grande alcance, em vista da sua simplicidade, praticidade e dos resultados atingidos é a compostagem. A compostagem possibilita a transformação de resíduos orgânicos em um composto de grande valor fertilizante para as plantas e solo. Trata-se de um processo que permite a reciclagem dos resíduos orgânicos, possibilitando seu reaproveitamento. A compostagem é considerada uma forma eficiente de biodegradação controlada da matéria orgânica, principalmente quando comparada aos sistemas atualmente vigentes, como os aterros sanitários e os vazadouros a céu aberto. Nestes locais não há controle do processo de biodegradação da matéria orgânica e por consequência são gerados gases e líquidos (chorume) indesejáveis, os quais devem ser tratados posteriormente (CAOPMA, 2013).

A NBR 13591/1996 (BRASIL, 1996), define compostagem como sendo o:

Processo de decomposição biológica da fração orgânica biodegradável dos resíduos, efetuado por uma população diversificada de organismos, em condições controladas de aerobiose e demais parâmetros, desenvolvido em duas etapas distintas: uma de degradação ativa e outra de maturação.

De acordo com CAOPMA (2013), na etapa de degradação ativa ocorrem as reações bioquímicas de oxidação mais intensas, com predominância de temperatura na faixa termófila. Nessa fase, obtém-se a mineralização dos compostos orgânicos mais solúveis e de baixa relação carbono (C)/nitrogênio (N). Em virtude das altas temperaturas desenvolvidas nessa fase, obtém-se uma considerável sanitização da massa de compostagem, devido à eliminação de organismos patogênicos. Na etapa de maturação, ocorrem as reações bioquímicas de humificação, que levam à produção do composto propriamente dito, um produto final parcialmente mineralizado e altamente humificado.

#### *3.3.1.1 Fatores que afetam o processo de compostagem*

O processo de compostagem é influenciado por diversos fatores, que direta ou indiretamente, afetam a atividade microbiológica durante o processo e a qualidade do produto final do processo.

#### 3.3.1.1.1 Microrganismos

Valente (2009) afirmam que o processo de compostagem é marcado por uma contínua mudança das espécies de microrganismos envolvidos, isso deve-se as modificações nas condições do meio. A intensidade da atividade dos microrganismos decompositores nos processos de compostagem está estritamente relacionada à diversificação e a concentração de nutrientes.

A predominância de determinadas espécies de microrganismos e a sua atividade metabólica determina a fase em que se encontra o processo de compostagem. No início da decomposição dos resíduos orgânicos, na fase mesófila, predominam bactérias, que são responsáveis pela quebra inicial da matéria orgânica, promovendo a liberação de calor na massa em compostagem; nesta fase, ocorre também a atuação de fungos, que são seres heterotróficos, pois utilizam a matéria orgânica sintetizada pelas bactérias e outros microrganismos, como fonte de energia; esses microrganismos são produtores de ácidos, que degradam as proteínas, os amidos e os açúcares. Com o aumento da temperatura, devido à liberação do calor, ocorre a morte de microrganismos mesófilos, havendo a multiplicação de actinomicetos, bactérias e fungos termófilos. Nesta fase, as bactérias degradam os lipídeos e frações de hemicelulose, enquanto que a celulose e a lignina são decompostas pelos actinomicetos e fungos (VALENTE, 2009).

#### 3.3.1.1.2 Umidade

A umidade é indispensável para a atividade metabólica e fisiológica dos microrganismos, sendo que a considera ideal para a compostagem varia entre 50 e 60%. Materiais com 30% de umidade inibem a atividade microbiana, sendo que um meio com umidade acima de 65% proporciona uma decomposição lenta, condições de anaerobiose e lixiviação de nutrientes (VALENTE, 2009).

#### 3.3.1.1.3 Aeração

A aeração é o fator mais importante a ser considerado no processo de compostagem, sendo classificado como o principal mecanismo capaz de evitar altos índices de temperatura durante o processo, de aumentar a velocidade de oxidação, de diminuir a liberação de odores e reduzir o excesso de umidade de um material em decomposição. De acordo com a

disponibilidade de oxigênio, a compostagem pode ser classificada como aeróbia ou anaeróbia. A compostagem aeróbia corresponde à decomposição dos substratos orgânicos na presença de oxigênio, sendo que os principais produtos do metabolismo biológico são  $\text{CO}_2$ ,  $\text{H}_2\text{O}$  e energia. De outra forma, na compostagem anaeróbia, a decomposição dos substratos orgânicos ocorre na ausência de oxigênio, produzindo  $\text{CH}_4$  e  $\text{CO}_2$ , além de produtos intermediários, como ácidos orgânicos de baixo peso molecular. Entretanto, para compostagem de resíduos orgânicos, procura-se oferecer um ambiente aeróbio para que os microrganismos se desenvolvam, diminuindo assim a emissão de odores e de gases causadores do efeito estufa, como o metano e óxido nitroso; além disso, a presença de oxigênio na massa faz com que ocorra uma decomposição mais rápida da matéria orgânica. Desta forma, a intensificação dos revolvimentos nas leiras diminui o tempo de compostagem (VALENTE, 2009).

#### 3.3.1.1.4 Temperatura

A temperatura é considerada por muitos pesquisadores como o mais importante indicador da eficiência do processo de compostagem, estando intimamente relacionada com a atividade metabólica dos microrganismos, a qual é diretamente afetada pela taxa de aeração. A aferição da temperatura é um parâmetro que pode indicar a taxa de decomposição e a maturidade do composto, sendo considerado maduro, quando a temperatura atingir valores próximos a temperatura ambiente. Todavia, considerando que o desenvolvimento da temperatura, durante a compostagem, é afetado por fatores como a umidade do substrato, a disponibilidade de nutrientes, bem como o tamanho das leiras, entre outros, não se pode afirmar que o composto estará maduro, quando a temperatura da biomassa atingir valores próximos a temperatura ambiente. Por sua vez, a diminuição da temperatura da biomassa poderá ocorrer em função de uma redução da umidade e/ou de uma menor concentração de nutrientes no substrato e/ou, ainda, devido a um menor tamanho das leiras, proporcionando uma maior perda de calor para o ambiente. Dessa forma, a temperatura pode ser sim, um indicativo do equilíbrio microbiológico no interior da biomassa, que é proporcionado pela inter-relação entre fatores como umidade, tamanho da leira e partículas, disponibilidade de nutrientes, relação C/N e aeração (VALENTE, 2009).

Se o "ambiente ecológico" da leira estiver satisfatório (teor de umidade, aeração, nutrientes, entre outros), esta passará a apresentar temperaturas termófilas ( $> 45\text{ }^\circ\text{C}$ ) em até 24hs após a sua montagem. A temperatura deverá ser controlada na faixa considerada ótima ( $45$  a  $65\text{ }^\circ\text{C}$ ) durante toda a primeira fase do processo de degradação ativa. O registro de

temperaturas controladas inferiores a 45 °C, desde que os demais parâmetros estejam sob controle, indicam o término da fase de degradação ativa e o início da fase de maturação (CAOPMA, 2013).

#### 3.3.1.1.5 Granulometria das partículas

A granulometria, ou dimensão das partículas, é uma importante característica a ser considerada, pois interfere no processo de compostagem. A decomposição da matéria orgânica é um fenômeno microbiológico cuja intensidade está relacionada à superfície específica do material a ser compostado, sendo que quanto menor a granulometria das partículas, maior será a área que poderá ser atacada e digerida pelos microrganismos, acelerando o processo de decomposição (VALENTE, 2009).

De acordo com CAOPMA (2013), o tamanho ideal das partículas da massa de compostagem deve situar-se entre 2 a 5 cm, favorecendo a homogeneização da massa de compostagem, a melhoria da porosidade, a redução na compactação e o aumento da capacidade de aeração. A redução de partículas de maiores dimensões para a faixa considerada como ideal pode ser obtida mediante a utilização de trituradores ou cortes manuais.

#### 3.3.1.1.6 PH

Os principais materiais de origem orgânica, utilizados como matéria prima na compostagem, são de natureza ácida; dessa forma, em geral, uma leira de matéria orgânica tem inicialmente reação ácida (VALENTE, 2009). O processo de compostagem pode ser desenvolvido em uma ampla faixa de pH, entre 4,5 e 9,5 (CAOPMA, 2013). Os valores extremos de pH são automaticamente regulados pelos microrganismos, por meio da degradação dos compostos, que produzem subprodutos ácidos ou básicos, conforme a necessidade do meio. Não há problemas em se utilizar substratos que apresentem baixo pH, já que durante a compostagem ocorrerá inúmeras reações químicas que irão regular esta acidez, gerando um produto final com pH entre 7,0 e 8,5 (VALENTE, 2009).

#### 3.3.1.1.7 Concentração de nutrientes e relação C/N

Quanto mais diversificados forem os resíduos orgânicos que compõem a massa de compostagem, mais diversificados serão os nutrientes e, conseqüentemente, a população

microbiológica, propiciando assim uma maior eficiência do processo e uma melhor qualidade do composto produzido; os principais nutrientes utilizados pelos microrganismos são: o carbono (fonte básica de energia para as atividades vitais dos microrganismos) e o nitrogênio (fonte básica para a reprodução celular dos microrganismos) (CAOPMA, 2013).

A relação C/N é um índice utilizado para avaliar os níveis de maturação de substâncias orgânicas e seus efeitos no crescimento microbiológico, já que a atividade dos microrganismos heterotróficos, envolvidos no processo, depende tanto do conteúdo de C para fonte de energia, quanto de N para síntese de proteínas. Desta forma, a relação C/N deve ser determinada no material a ser compostado, para efeito de balanço de nutrientes, e também no produto final, para efeito de qualidade do composto (VALENTE, 2009).

De acordo com Valente (2009), diversos pesquisadores afirmam que a relação C/N ideal para iniciar o processo de compostagem está entre 25/1 e 35/1, uma vez que durante a decomposição os microrganismos absorvem C e N da matéria orgânica na relação 30/1, sendo que das 30 partes de C assimiladas, 20 são eliminadas na atmosfera na forma de gás carbônico e 10 são imobilizadas e incorporadas ao protoplasma celular.

Uma mistura com relação C/N muito superior a 40/1 levará mais tempo para se decompor. Por outro lado, se a relação C/N é muito baixa a leira provavelmente irá liberar o excesso de nitrogênio na forma de gás amônia, provocando mau cheiro. Nestas situações, há necessidade de adicionar material carbonáceo (resíduos palhosos, como palhas e folhas), a fim de elevar esta relação para níveis satisfatórios (VALENTE, 2009).

### **3.4 Usina de triagem e compostagem**

As UTC são centros de triagem de resíduos recicláveis, orgânicos e rejeitos. A função básica desses centros é reduzir a quantidade de resíduos que é encaminhada para os vazadouros a céu aberto (lixões) e aterros sanitários, além de preservar os recursos naturais através da reciclagem de materiais (SAVI, 2005).

Normalmente as usinas implantadas em áreas apropriadas e licenciadas compõem-se de conjunto de estruturas físicas edificadas como galpão de recepção e triagem de lixo, pátio de compostagem, galpão para armazenamento de recicláveis, unidades de apoio (escritório, almoxarifado, instalações sanitárias/vestiários, copa/cozinha) (FEAM, 2005).

As UTCs implantadas no país possuem características diferentes, sendo algumas mais simples e outras mais sofisticadas. As usinas mais simples são aquelas em que no seu processo os resíduos são dispostos em uma área de recepção onde, um ou dois funcionários

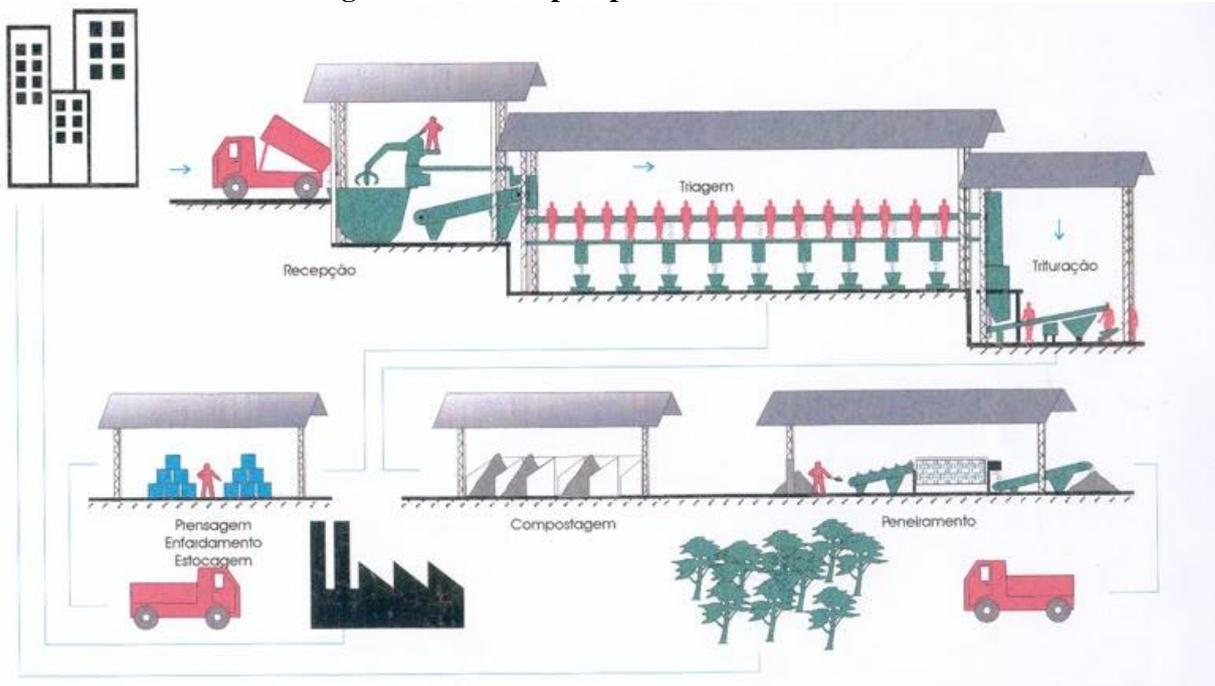
ficam encarregados de alimentar manualmente a mesa de triagem de resíduos. A triagem de resíduos ocorre sobre uma mesa de concreto, onde a separação manual do material reciclável da matéria orgânica compostável. Nessas usinas, a compostagem é realizada em leiras com reviramento manual. Nesse tipo de usina não existe equipamentos mecânicos como esteiras mecanizadas e biodigestores. As usinas mais sofisticadas são aquelas que possuem, por exemplo, equipamentos como esteiras mecanizadas, trituradores de resíduos, baias de compostagem com insuflamento de ar para aeração da matéria orgânica, entre outros (IACONO, 2007).

Segundo SCHMITZ (2012), em uma UTC são realizadas as seguintes operações:

- Recepção dos resíduos: local onde é realizada a descarga dos caminhões coletores, onde os resíduos permanecem temporariamente até passarem a fase seguinte, a triagem;
- Triagem: pode ser realizada manual ou mecanicamente, na qual os primeiros trabalhadores da linha cortam os sacos plásticos para liberar os resíduos, e os demais realizam a segregação dos diferentes tipos de materiais inertes, separando-os dos demais resíduos. No final da operação deve restar apenas a fração orgânica;
- Trituração: quando existe, esta operação localiza-se no final da esteira de triagem, com o objetivo de triturar a fração orgânica;
- Transporte de inertes: geralmente feito com carrinhos de mão, os inertes são colocados em baias e em seguida enfardados;
- Transporte da matéria orgânica: a matéria orgânica separada na esteira é levada para o pátio de compostagem para iniciar o processo de compostagem;
- Transporte dos rejeitos: os materiais que não se enquadram nos processos de reciclagem e compostagem são descartados e dispostos no aterro sanitário.

Geralmente, as etapas de recepção, triagem e trituração são as que demandam maiores investimentos em equipamentos e construções civis; porém, o grau de mecanização da usina depende da quantidade de resíduos a serem tratados. Para sistema de pequena capacidade pode-se ter o mínimo de equipamentos mecânicos, o que contribui para um menor custo. Comumente, observa-se nesse tipo de UTC uma maior atenção é dispensada à fase de triagem e, uma vez que a fração orgânica é disposta no pátio de compostagem, ela não recebe o monitoramento necessário, o que compromete todo o processo, visto que a compostagem, é de natureza biológica e necessita de monitoramento dos parâmetros físico-químicos (SCHMITZ, 2012). A Figura 3.1 ilustra os principais processos de uma UTC.

Figura 3.1 – Principais processos de uma UTC



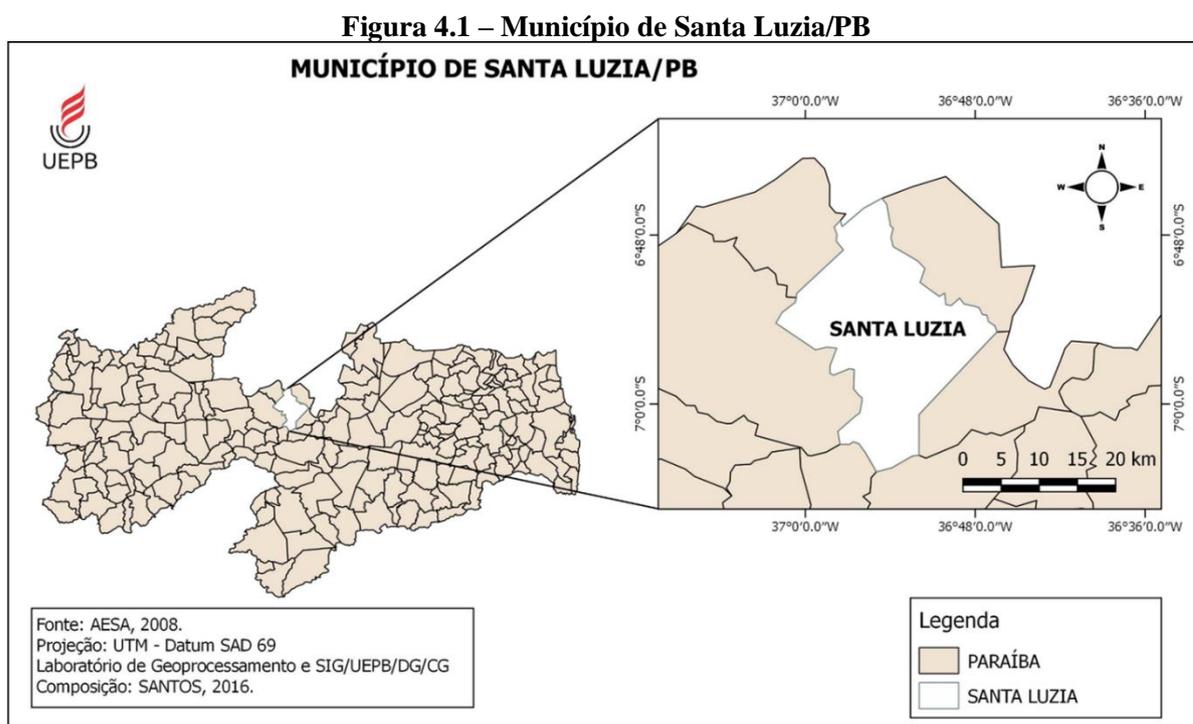
Fonte: INSPECTOR ENGENHARIA LTDA (2010).

## 4.0 METODOLOGIA

Esta seção inicia-se com a descrição das principais características do Município de Santa Luzia/PB, além de apresentar a situação dos resíduos sólidos urbanos na cidade atualmente. Em seguida, são descritos os métodos utilizados para avaliar a composição gravimétrica de resíduos sólidos urbanos da cidade e a implantação de uma UTC no Município.

### 4.1 Área de estudo

O objeto de estudo dessa pesquisa é o Município de Santa Luzia (Figura 4.1) localizado na região central-norte do Estado da Paraíba, Mesorregião Borborema e Microrregião Seridó Ocidental Paraibano. O Município limita-se ao norte com os municípios de Várzea, Ouro Branco (RN) e São José do Sabugi, a leste com São José do Sabugi, Equador (RN) e Junco do Seridó, ao sul com Junco do Seridó, Salgadinho e Areia de Baraúnas, a oeste com São Mamede e Várzea (CPRM, 2005). O Município ocupa uma área de 455,717 km<sup>2</sup>, abrangendo uma população estimada, para 2015, de 15.278 habitantes (IBGE, 2015), e densidade demográfica de 32,30 hab/km<sup>2</sup> (IBGE, 2010).



Fonte: Autor (2016).

De acordo com o CPRM (2005), o Município de Santa Luzia está inserido no Polígono das Secas, possui clima, de acordo com a classificação de Koppen, Bsh-tropical, quente seco, semiárido com chuvas no verão. A pluviometria média anual é de 547,8 mm, de distribuição irregular; a temperatura média é em torno de 27,6°, com média máxima e mínima de 33,3°C e 22,3°, respectivamente. A vegetação é do tipo Caatinga-Seridó, com exceção de áreas localizadas ao sul, com clima de Matas Serranas, esta área possui cotas mais elevadas com relevo ondulado e tratam-se das serras Riacho do Fogo, Borborema e do Pinga.

No Município há a predominância de solos Luvisolos Crômico Órtico vértico, Luvisolo Hipocrômico Órtico típico, Neossolo Litólico Eutrófico e Afloramentos de Rocha (MARCELINO, 2012). De acordo com a EMBRAPA (2013), os Luvisolos são solos constituídos por material mineral, apresentando horizonte B textural com argila de atividade alta e saturação por bases alta na maior parte dos primeiros 100 cm do horizonte B (inclusive BA), imediatamente abaixo de qualquer tipo de horizonte A (exceto A chernozêmico) ou sob horizonte E, e satisfazendo o seguinte requisito: Horizontes plântico, vértico e plânico, se presentes, não satisfazem os critérios para Plintossolos, Vertissolos e Planossolos, respectivamente, ou seja, não são coincidentes com a parte superficial do horizonte B textural. Os neossolos são solos pouco evoluídos constituídos por material mineral ou por material orgânico com menos de 20 cm de espessura, não apresentando qualquer tipo de horizonte B diagnóstico.

O Município tem sua economia concentrada, basicamente, no setor primário, sobretudo na agropecuária, na criação de gado, caprinos, ovinos e suínos, na agricultura se destacam o cultivo de milho, feijão, mandioca e algodão arbóreo, dentre outros; a forte presença da agricultura de autoconsumo consorciado com a pecuária extensiva faz parte do cenário na região, que se estende para além dos limites locais e regionais, motivo da migração das zonas rurais para as sedes municipais, onde há mais oferta de trabalho no setor terciário, comércio e de serviços (MARCELINO, 2012).

Os longos períodos de estiagem, comuns no estado, aliados às características físico-ambientais, limitam as atividades econômicas que dependem da água; apesar das construções de barramentos para a convivência com a seca, não serem suficientes para as necessidades reais e não conseguirem alavancar o desenvolvimento pleno da atividade agrícola, permitindo apenas uma baixa produção para o consumo interno e insuficiente para comercialização do excedente (MARCELINO, 2012).

#### 4.1.1 Situação dos resíduos sólidos no Município de Santa Luzia/PB

Atualmente no Município de Santa Luzia os serviços de coleta, transporte e disposição final dos resíduos sólidos são realizados pela Prefeitura Municipal. Os resíduos são coletados por dois caminhões, sendo um compactador, este responsável pela coleta dos resíduos sólidos urbanos e o basculante responsável pela coleta dos resíduos da construção civil, além de um contêiner atrelado a um trator, este é utilizado na coleta dos resíduos do matadouro. De acordo com o Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento – SNIS (2013), no ano de 2013 a população urbana atendida pelo serviço de coleta foi 13.869 habitantes (91,57% da população total), tendo sido coletado 3.200 toneladas de RSU, resultando em uma geração per capita de  $0,63 \text{ Kg.hab}^{-1}.\text{dia}^{-1}$  no Município.

De acordo com informações cedidas pela Prefeitura Municipal de Santa Luzia, a coleta é realizada de segunda-feira ao sábado, como ilustra o Quadro 4.1.

**Quadro 4.1 – Coleta de RSU no Município de Santa Luzia/PB**

<b>Dias da semana</b>	<b>Bairros</b>
Segunda-feira	Centro, São José e Antônio Bento
Terça-feira	Frei Damião, São Sebastião e Nossa Senhora de Fátima
Quarta-feira	Centro, São José e Antônio Bento
Quinta-feira	Frei Damião, São Sebastião e Nossa Senhora de Fátima
Sexta-feira	Centro, São José, Antônio Bento, Frei Damião, São Sebastião e Nossa Senhora de Fátima
Sábado	Centro

Fonte: Prefeitura Municipal (2016).

O destino final dos RSU coletados no Município é o vazadouro a céu aberto (Figura 4.2), localizado no próprio Município. Essa forma de disposição final constitui uma alternativa inadequada para os resíduos, a qual acarreta em problemas sociais e ambientais.

**Figura 4.2 – Vazadouro a céu aberto do Município de Santa Luzia/PB**



Fonte: Autor (2016).

#### **4.2 Composição gravimétrica dos RSU**

O levantamento gravimétrico foi realizado utilizando-se a técnica do quarteamento, estabelecida na norma ABNT NBR 10007/2004 Amostragem de resíduos sólidos (ABNT, 2004), a qual fixa os requisitos exigíveis para a determinação da amostragem de resíduos sólidos; além de basear-se em CASARIN (2013) e COSTA *et al* (2012).

Para a realização da técnica do quarteamento foram utilizados os seguintes materiais:

1. Lona plástica para impermeabilizar o terreno e dispor as amostras;
2. Enxada e pá para coletar e homogeneizar as amostras;
3. Sacos plásticos com capacidade de 50 L;
4. Balança para realizar a pesagem das amostras;
5. EPIs (luvas, máscaras e botas).

A Figura 4.3 ilustra os materiais utilizados no levantamento gravimétrico.

**Figura 4.3 – Materiais utilizados no levantamento gravimétrico**



Fonte: Autor (2016).

Os procedimentos adotados no levantamento gravimétrico foram os seguintes:

1. Após a coleta dos RSU, realizada pelo caminhão de coleta, os resíduos foram transportados para o vazadouro a céu aberto do Município, local escolhido para a realização do estudo gravimétrico.

2. O processo iniciou com a descarga dos resíduos sólidos. Fez-se o revolvimento da pilha e o rompimento das sacolas e embalagens para a homogeneização dos resíduos (Figura 4.4);

3. O primeiro quarteamento consistiu em dividir o montante em quatro partes iguais, as quais duas foram descartadas e duas preservadas. Com as partes preservadas foi repetida a homogeneização e posteriormente o quarteamento (Figura 4.5);

4. Na amostra que restou após a realização dos dois quarteamentos iniciou-se a etapa de segregação dos resíduos para a análise gravimétrica (Figura 4.6);

5. Em seguida, procedeu-se a pesagem de cada categoria de resíduo em estudo para a determinação do seu percentual em relação à massa total (Figura 4.7).

**Figura 4.4 – Descarga dos resíduos sólidos sobre a lona plástica**



Fonte: Autor (2016).

**Figura 4.5 – Quarteamento das amostras**



Fonte: Autor (2016).

**Figura 4.6 – Segregação dos resíduos**

Fonte: Autor (2016).

**Figura 4.7 – Pesagem das categorias de resíduos**

Fonte: Autor (2016).

O levantamento gravimétrico foi realizado em três dias diferentes (03, 05 e 06 de setembro de 2016), abrangendo todos os bairros da cidade de Santa Luzia. Neste, os resíduos foram diferenciados nas seguintes categorias: matéria orgânica, papel/papelão, plástico, vidro, metal, material têxtil, material sanitário e outros.

### **4.3 Usina de triagem e compostagem**

Para analisar o tipo mais eficiente de UTC para o Município de Santa Luzia/PB, que apresentasse bons resultados no tratamento dos RSU, através dos processos de reciclagem e compostagem, se adequando as características do município, excepcionalmente por este ser de pequeno porte, foram realizadas pesquisas bibliográficas em trabalhos de mesmo tema, manuais de funcionamento de UTCs, além de exemplos de implantação de UTCs em outros municípios. Levando em consideração as características do Município, a metodologia utilizada para analisar a viabilidade de implantação de uma UTC foi baseada em: MELO

(2011), DELGADO (2009), SAVI (2005), CAOPMA (2013), FEAM (2005), SCHMITZ (2012) e RODRIGUES (2009).

O orçamento da implantação da UTC foi feito baseado nos valores apresentados pelas empresas fornecedoras dos equipamentos e materiais necessários para a UTC, além da Tabela do Sistema Nacional de Pesquisa de Custos e Índices da Construção Civil – SINAPI Agosto/2016, referente as obras civis e serviços. E os salários dos funcionários baseou-se no salário mínimo de 2016.

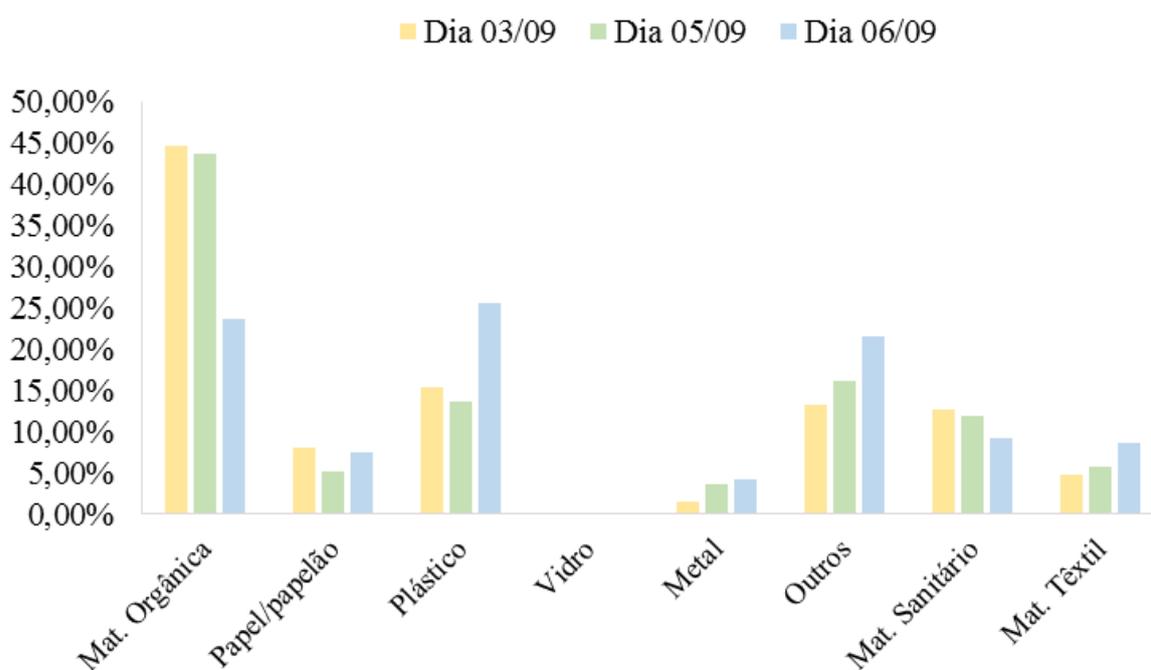
## 5.0 RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 5.1 Composição gravimétrica dos RSU no Município de Santa Luzia

Como já supracitado, a Prefeitura Municipal de Santa Luzia coleta cerca de 3.200 toneladas de resíduos sólidos por ano (SNIS, 2013), resultando em uma geração per capita de  $0,63 \text{ Kg.hab}^{-1}.\text{dia}^{-1}$ .

A análise gravimétrica dos RSU da cidade de Santa Luzia foi realizada nos dias 03, 05 e 06 de setembro de 2016, esta abrangeu todos os bairros da cidade. A Figura 5.1 ilustra os dados gerados na análise gravimétrica nos três dias em que foi realizada, na qual, no dia 03/09 a coleta foi realizada no centro da cidade após a feira central, no dia 05/09 a coleta foi realizada nos bairros: centro, São José e Antônio Bento, sendo estes de média e alta condição social, respectivamente, e no dia 06/09 a coleta foi realizada nos bairros: Frei Damião, Nossa Senhora de Fátima e São Sebastião, sendo estes de baixa condição social.

**Figura 5.1 – Dados referentes a composição gravimétrica dos RSU da cidade de Santa Luzia/PB**



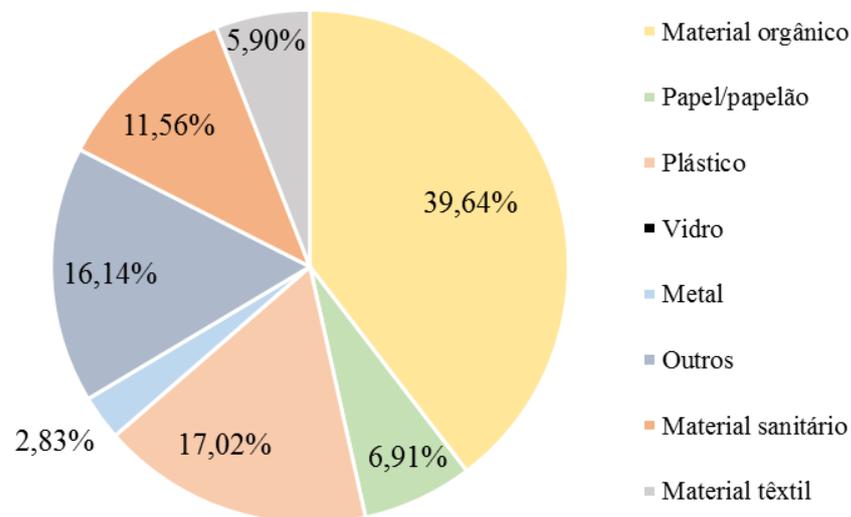
Fonte: Autor (2016).

Através da Figura 5.1 pôde-se analisar a diferença da porcentagem da fração orgânica entre os dois primeiros dias de análise (03 e 05/09) e o terceiro (06/09), esta diferença é justificada pelo nível sócio econômico dos bairros onde houve a coleta de resíduos

nos referentes dias, além do fato de que em bairros de baixo nível sócio econômico os restos de alimentos servem de alimento para os animais.

A Figura 5.2 ilustra a composição gravimétrica da cidade de Santa Luzia, onde a maior fração de resíduos é a orgânica (39,64%), seguida de plásticos (17,02%) e outros (16,14%). A fração orgânica é composta por restos de alimentos, folhas secas e resíduos resultantes dos serviços de capina e poda. A categoria outros é composta principalmente por areia e por materiais de difícil segregação, devido ao tamanho e a mistura dos resíduos nos domicílios, além dos resíduos que não se encaixam nas demais categorias. Vale salientar que a quantidade de vidro foi incipiente (menos de 1,0 Kg), fato este devido a logística reversa utilizada para este tipo de resíduo e a reutilização do mesmo nos domicílios. A baixa quantidade de metais (2,83%) é justificada pela ação de recolhimento por catadores de rua e pelos próprios agentes de limpeza urbana, a Figura 5.3 corrobora este fato.

**Figura 5.2 – Composição gravimétrica dos RSU gerados na cidade de Santa Luzia/PB**



Fonte: Autor (2016).

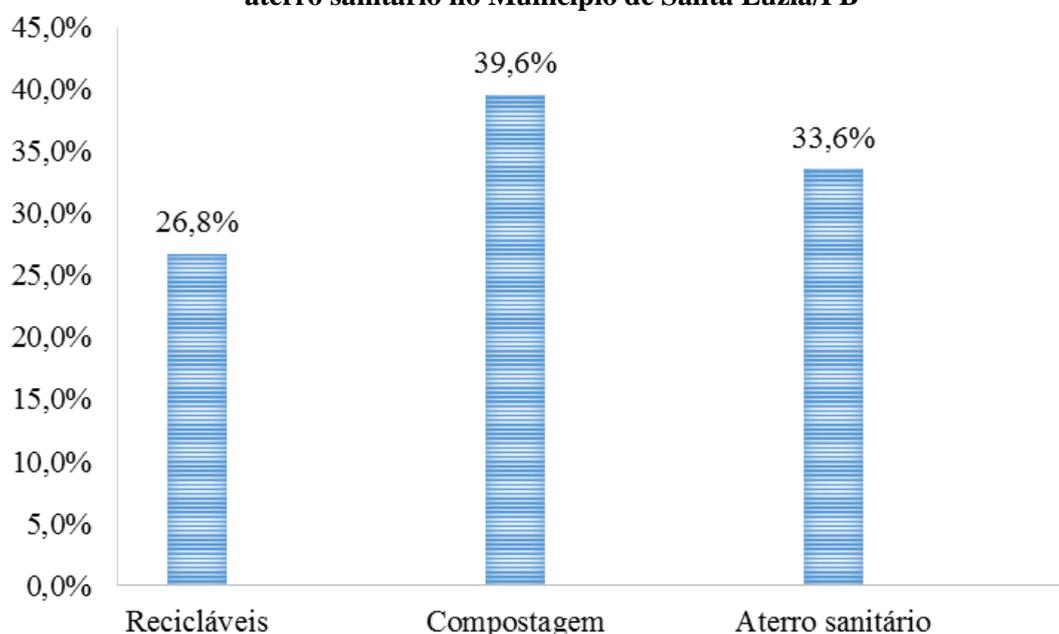
**Figura 5.3 – Resíduos metálicos separados por um agente de limpeza urbana**



Fonte: Autor (2016).

Analisando o total de resíduos recebido pelo vazadouro a céu aberto do Município, 26,8% são considerados recicláveis, 39,6% são compostáveis e 33,6% são rejeitos. Entre os resíduos considerados recicláveis estão: plásticos, papel/papelão, metais e vidro, tais resíduos juntamente com os compostáveis têm a disponibilidade de serem destinados a uma usina de triagem e compostagem (representando 66,4% do total dos RSU), e os rejeitos (materiais sanitário e têxtil e os resíduos classificados na categoria outros) tem como destinação final adequada um aterro sanitário. A Figura 5.4 ilustra a destinação adequada para os resíduos do Município.

**Figura 5.4 – Porcentagem de RSU que podem ser destinados a reciclagem, compostagem e a aterro sanitário no Município de Santa Luzia/PB**



Fonte: Autor (2016).

## 5.2 Funcionamento da UTC

Inicialmente os RSUs chegarão a usina através do veículo coletor de resíduos que passará por uma balança (opcional) para o controle da pesagem dos resíduos, em seguida o veículo é encaminhado para a unidade de recepção. O fosso de descarga dos resíduos deve ser construído preferencialmente em nível superior ao da triagem, facilitando o escoamento dos resíduos até a mesa de triagem. Na ausência do fosso, os resíduos devem ser encaminhados manualmente até a mesa de triagem com o uso de pás e enxadas, o que demanda mais tempo e mão-de-obra.

Após a descarga dos resíduos, os funcionários devem realizar uma pré-triagem, com o intuito de retirar os resíduos de médio e grande porte como móveis, papéis, sucatas, entre outros. Tal procedimento só é necessário na ausência de coleta seletiva no Município.

Da recepção os resíduos serão encaminhados para a triagem, onde haverá a separação manual das diversas categorias de resíduos: matéria orgânica, resíduos recicláveis e rejeitos. Na ausência de coleta seletiva no Município, o processo de triagem será mais complexo e demorado. Havendo a coleta seletiva, diferenciando os resíduos secos dos úmidos, o processo de triagem será mais simples e rápido, consistindo na separação dos resíduos secos, recicláveis de rejeitos, e do material úmido, será extraída a matéria orgânica destinada a compostagem. Vale salientar que os resíduos devem ser rigorosamente separados.

A mesa de triagem de concreto deverá ter altura aproximada de 90 cm, para possibilitar adequada operação dos funcionários. Para o armazenamento dos materiais triados, os funcionários serão dispostos à mesa contendo atrás de si ou nas suas laterais bombonas de plástico, as quais são ideais, devido ao seu peso e também pelo fácil manejo durante a higienização. Os materiais devem ser corretamente distribuídos nas bombonas.

Os resíduos orgânicos são conduzidos a unidade de trituração, após ser triturada a matéria orgânica é encaminhada ao pátio de compostagem através de caminhão basculante ou porta-containers. O pátio de compostagem deverá ser pavimentado (concreto), preferencialmente impermeabilizado, possuir sistema de drenagem pluvial e permitir a incidência solar em toda a área.

A disposição da matéria orgânica no pátio deve formar uma leira triangular com dimensões aproximadas de diâmetro entre 1,5 a 2,0 m e altura em torno de 1,6 m; quando o resíduo diário não for suficiente para a conformação de uma leira com essas dimensões deve-se agregar as contribuições diárias até que se consiga a conformação geométrica.

É fundamental que haja a verificação da umidade das leiras, caso haja excesso de umidade é necessário adicionar palha ou materiais fibrosos e caso o material esteja muito seco, é necessário a adição de água. É importante fazer a identificação das leiras até os 120 dias de compostagem com placas numeradas e monitorar a temperatura diárias das mesmas durante a fase de degradação ativa, 90 dias, e durante a fase de maturação, 30 dias, até completar o ciclo da compostagem. Também deve haver a promoção de aeração a cada reviramento das leiras, na frequência de 3 em 3 dias.

Após a degradação ativa é iniciada a fase de maturação, na qual o composto maturado passará por peneiramento e em seguida será estocado. Com o auxílio de uma peneira rotativa, o peneiramento do composto realizará a homogeneização das partículas, e a separação dos rejeitos, que serão conduzidos a novas leiras ou ao aterro de rejeitos. O composto deverá ser estocado em um local coberto e sobre piso pavimentado, no intuito de resguardar a sua qualidade para posterior utilização ou comercialização.

Após a triagem dos resíduos, estes serão armazenados nas baias de recicláveis, até que seja dada destinação final adequada. As baias deverão ter cobertura fixa e deverão estar localizadas em local de fácil acesso por veículos que carregarão os materiais para comercialização, além de possibilitar o desenvolvimento das atividades de prensagem e enfardamento dos recicláveis. Os fardos devem estar separados por tipo de material e empilhados de forma organizada. É necessário que nesta área seja instalado um extintor de incêndio – Água Pressurizada.

É necessário a existência de vala de aterramento de rejeitos na UTC, para que seja disposto os rejeitos que chegarem a UTC, juntamente com os materiais recicláveis e compostáveis.

Na UTC deverá haver unidades de apoio, compreendidas por: escritório, cozinha, banheiros e área de serviço.

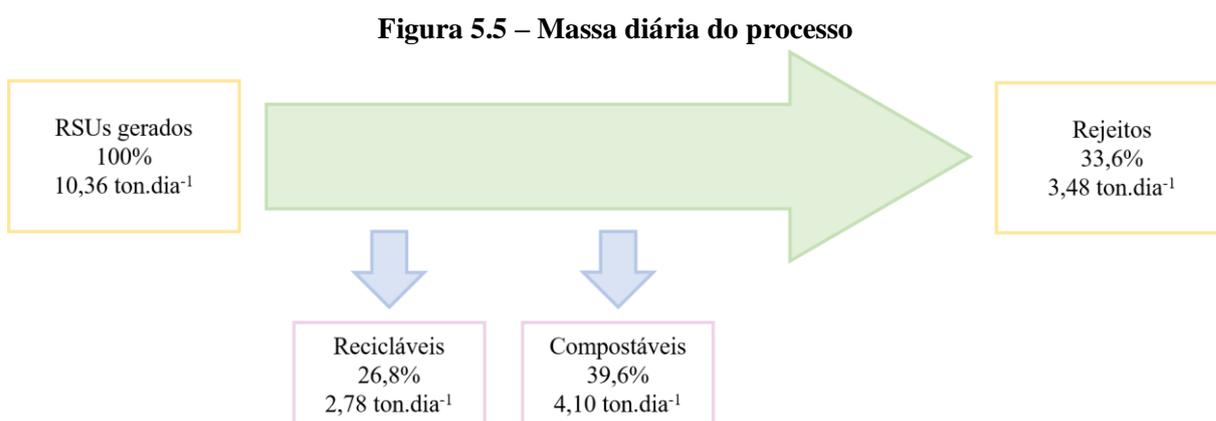
É de suma importância a utilização de EPIs por parte dos funcionários e visitantes (máscaras, luvas, botas e aventais), além da limpeza das áreas da UTC ao final das atividades diárias.

### 5.3 Dimensionamento operacional da UTC

Como já visto, a produção de RSU no Município é cerca de 3.200 toneladas ao ano, resultando em  $8,7 \text{ ton.dia}^{-1}$ , referente a toda a população urbana, a qual é coberta pelo serviço de coleta de RSU (SNIS, 2013).

Sabendo que a população atendida pelo serviço de coleta do Município no ano de 2013 foi 13.869 habitantes (SNIS, 2013) e a taxa de crescimento populacional da zona urbana do Município (calculada através dos Censos 2000 e 2010 do IBGE) é de 0,78% ao ano, foi estimado a população total atendida pelo serviço de coleta de RSU e a geração anual de resíduos por 20 anos (2017-2036), tempo de vigência do projeto da UTC.

De acordo com a estimativa realizada e a análise gravimétrica feita na cidade de Santa Luzia, a UTC deve ser projetada para receber  $10,36 \text{ ton.dia}^{-1}$  (quantidade de resíduos referente ao último ano da vigência do projeto da UTC, 2036). Conforme a porcentagem para cada categoria de resíduo apresentada pela análise gravimétrica,  $6,87 \text{ ton.dia}^{-1}$  (66,4% do total) será encaminhado a UTC, dos quais  $2,78 \text{ ton.dia}^{-1}$  serão reciclados e  $4,10 \text{ ton.dia}^{-1}$  serão encaminhados para o processo de compostagem, e  $3,49 \text{ ton dia}^{-1}$  (33,6% do total) deve ser encaminhado a um aterro sanitário (Figura 5.5).



Fonte: Autor (2016).

### 5.4 Equipamentos e materiais necessários para a UTC

Os equipamentos e materiais que serão utilizados na UTC estão divididos de acordo com as unidades de processamento, estes foram escolhidos para ter capacidade de processar até  $10,36 \text{ ton.dia}^{-1}$  de resíduos em turnos diários de 8 horas. O Quadro 5.1 apresenta os equipamentos e materiais com suas descrições.

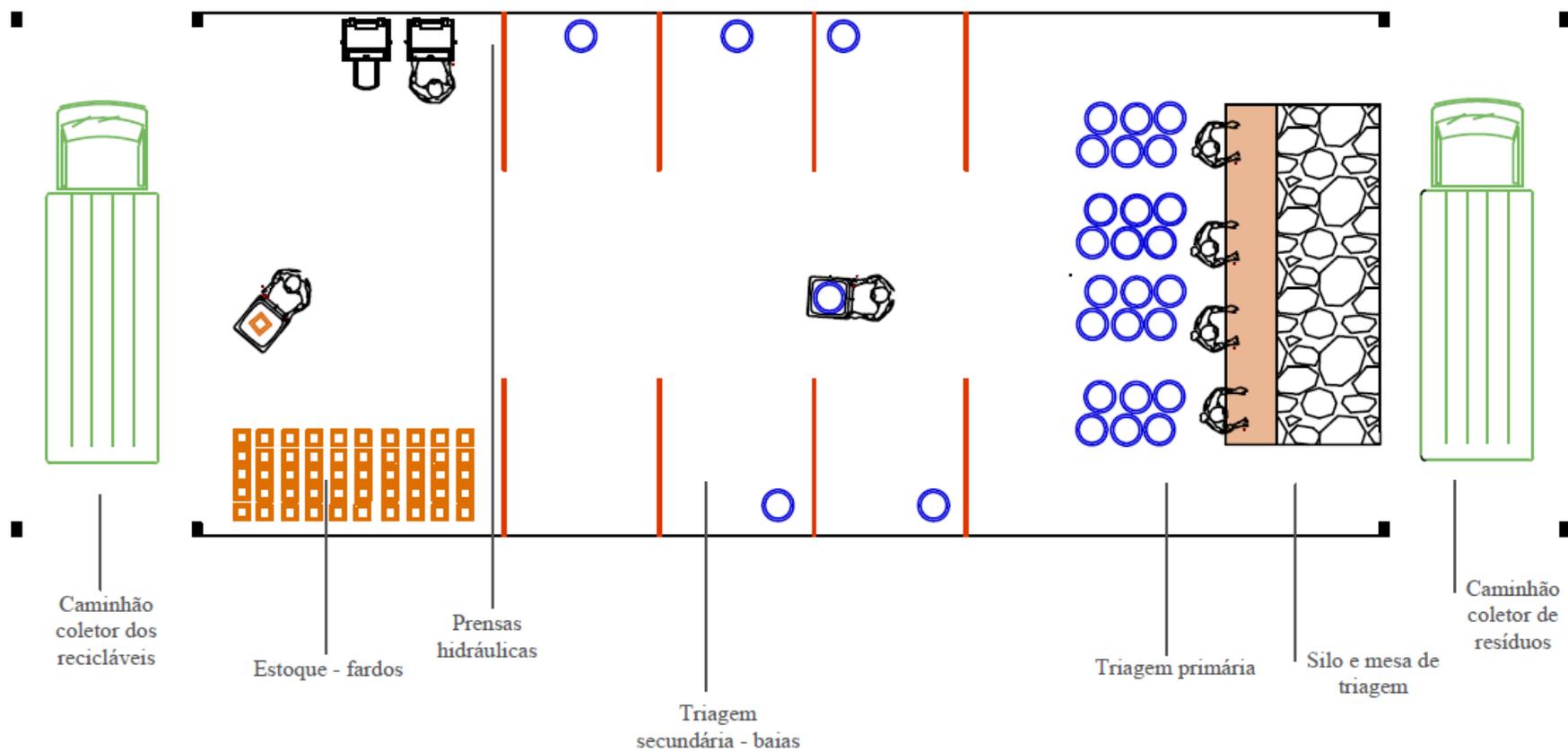
**Quadro 5.1 – Equipamentos e materiais que serão utilizados na UTC**

<b>Unidade de processamento</b>	<b>Equipamento/material</b>	<b>Descrição</b>
Recepção	01 Silo de recepção de concreto de 36 m <sup>3</sup>	Destinado a descarga dos resíduos
	01 Mesa de triagem de concreto de 6 metros de comprimento	Destinada a segregação dos resíduos
Triagem	30 Bombonas plásticas de 100 L	Destinadas a armazenarem temporariamente os resíduos triados
	04 Carrinhos manuais com 170 kg de capacidade	Destinados a encaminharem os resíduos triados as baias
Trituração	01 Moinho triturador TR 500E 15 cv	Destinado a triturar os resíduos orgânicos para ser posteriormente encaminhados ao pátio de compostagem
Armazenamento dos resíduos: prensagem e enfardamento	01 Prensa hidráulica vertical para enfardamento de papéis, papelão e plásticos para fardos de até 80 kg	Destinada a comprimir papéis, papelão e plásticos
	01 Prensa hidráulica horizontal para enfardamento de metais para fardos de até 80 kg	Destinada a comprimir metais
	01 Balança mecânica com 1.000 kg de capacidade	Destinada a pesar os fardos de resíduos prensados
	01 Empilhadeira simples com 1.000 kg de capacidade e deslocamento manual	Destinada a empilhar os fardos de resíduos nas baias
	01 Carrinho plataforma com 400 kg de capacidade	Destinado a encaminhar os fardos de resíduos prensados até o caminhão receptor
Funcionários	24 Kit de EPIs	Destinado a proteger os funcionários da UTC

Fonte: Autor (2016).

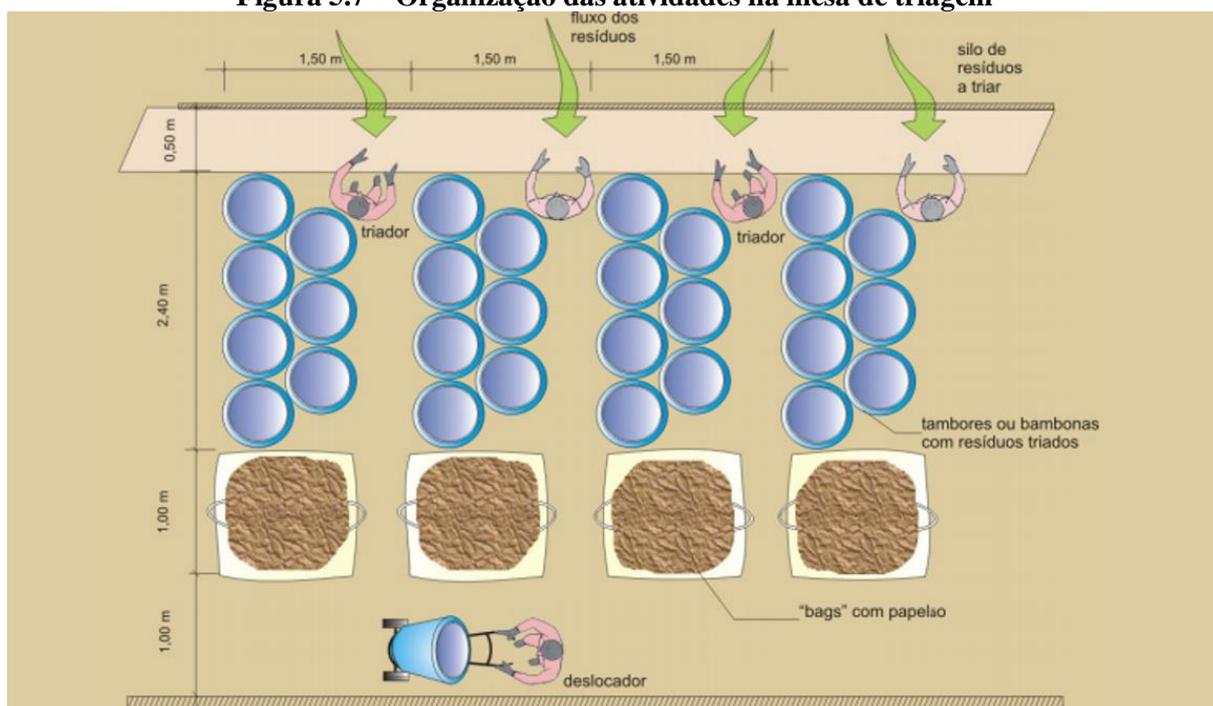
O silo e a mesa de triagem foram escolhidos devido a eficiência apresentada por estes, assim como o baixo custo e a ausência de manutenção. É importante ressaltar com o silo tem capacidade de armazenar os resíduos de até 2 dias de coleta; e na mesa de triagem há espaço para o trabalho de 4 funcionários (1,5 metro para cada). As Figuras 5.6 e 5.7 ilustram o formato do galpão de triagem com silo e mesa de triagem e a logística de trabalho na mesa de triagem, respectivamente.

Figura 5.6 – Formato do galpão de triagem com silo e mesa de triagem



Fonte: Autor (2016).

**Figura 5.7 – Organização das atividades na mesa de triagem**



Fonte: Ministério das Cidades (2008).

## 5.5 Orçamento da UTC e projeção de custos e vendas

A Tabela 5.1 apresenta o orçamento para a implantação da UTC no Município de Santa Luzia/PB, levando em consideração os equipamentos e materiais apresentados na seção 5.4 e as obras para a construção de pátio de compostagem, galpão de triagem, escritório, dois banheiros, refeitório e cozinha.

**Tabela 5.1 – Orçamento da UTC**

Descrição		Total (R\$)
Equipamentos e materiais		94.042,75
Obras civis	Pátio de compostagem (1789 m <sup>2</sup> para R\$ 27,48 o m <sup>2</sup> )	49.164,22
	Escritório, banheiros, refeitório e cozinha (89 m <sup>2</sup> para R\$ 763,16 o m <sup>2</sup> )	61.052,80
	Galpão de triagem	31.299,70
<b>Total</b>		<b>235.559,46</b>

Fonte: Autor (2016).

A Tabela 5.2 apresenta a despesa mensal da UTC com 27 funcionários, sendo 16 triadores, 4 deslocadores de bombonas, 2 enfardadores, 1 administrador, 1 gerente técnico, 2 vigias e cozinheiro.

**Tabela 5.2 – Despesa mensal na UTC com salário dos funcionários**

<b>Funcionários</b>		
<b>Quantidade</b>	<b>Função</b>	<b>Total (R\$)</b>
16	Triador	880,00
4	Deslocador de bombona	880,00
2	Enfardador	880,00
1	Administrador	880,00
1	Gerente técnico	1.000,00
1	Cozinheiro	880,00
2	Vigia	880,00
Energia, água e outros		2.000,00
Manutenção		500,00
<b>Total</b>		<b>26.380,00</b>

Fonte: Autor (2016).

No que se refere a projeção de vendas dos recicláveis e do composto resultante da compostagem, a Tabela 5.3 apresenta a quantidade de material que a UTC receberá (papel/papelão, plástico, metal e composto orgânico) por dia e por mês (é importante lembrar que a UTC funcionará de segunda-feira a sábado, 26 dias ao mês), o preço de mercado de cada material e o valor arrecadado mensalmente pela UTC com a venda destes materiais.

**Tabela 5.3 – Preço de venda e de arrecadação dos materiais da UTC**

<b>Material</b>	<b>Quantidade</b>		<b>Preço (R\$/ton)</b>	<b>Valor arrecadado (R\$/mês)</b>
	(kg/dia)	(ton/mês)		
Papel/Papelão	720	18,64	250,00	4.660,00
Plástico	1.770	45,90	700,00	32.130,00
Metal	290	7,63	3.590,00	27.391,70
Composto orgânico*	4.100	72,17	100,00	7.217,00
<b>Total</b>				<b>71.398,70</b>

Fonte: Autor (2016).

\*O composto orgânico só poderá começar a ser comercializado após 120 dias devido ao processo de compostagem.

Vale salientar que a quantidade de vidro encontrada na análise gravimétrica realizada no Município foi insipiente, ou seja, muito baixa, devido a logística reversa deste produto e sua reutilização nas residências. Assim como, o baixo valor do metal deve-se a ação de recolhimento de metais nas ruas e residências por parte de catadores e agentes de limpeza urbana.

A Tabela 5.4 apresenta a projeção do saldo líquido mensal da receita da UTC, sendo a diferença entre os custos mensais e a receita obtida através da venda dos materiais recicláveis.

**Tabela 5.4 – Projeção da receita da UTC**

<b>Custo mensal (R\$/mês)</b>	<b>Receita das vendas (R\$/mês)</b>	<b>Receita líquida (R\$/mês)</b>
26.380,00	71.398,70	45.018,70

Fonte: Autor (2016).

De acordo com os resultados apresentados, a UTC terá um rendimento líquido anual de R\$ 511.356,40, e o investimento inicial para implantar a UTC retornará no 6º mês de operação, devido aos 4 primeiros meses (120 dias) ser realizada a compostagem, na qual o composto orgânico só poderá ser comercializado após os 120 dias. É importante salientar que os demais materiais podem ser comercializados a partir do primeiro mês de operação da UTC.

## 6.0 CONCLUSÃO

Este trabalho teve como objetivos avaliar a composição gravimétrica dos resíduos sólidos do Município de Santa Luzia/PB, assim como, analisar a viabilidade de implantação de uma Usina de Triagem e Compostagem (UTC) no mesmo. A partir do levantamento gravimétrico foi possível constatar que a matéria orgânica apresentou o maior índice (39,6%), seguida dos plásticos (17%), outros (16,2%), material sanitário (11,6), papel/papelão (6,9%), material têxtil (5,9%) e metais (2,8%). O índice da matéria orgânica dista do índice médio de matéria orgânica no Brasil devido à prática realizada no Município, a utilização dos restos orgânicos para alimentação de animais.

Os resíduos de alto potencial de reciclagem, como plástico, papel/papelão e metais, apresentaram, juntos, uma fração considerável dos RSU, compondo 26,8% do montante de resíduos gerados pela população. Juntamente com a fração orgânica (39,6%), estes materiais podem receber tratamento na UTC, representando 66,4% dos RSU gerados. Dos quais, os plásticos, papel/papelão e metais seriam reciclados e a matéria orgânica transformada em adubo, rico em nutrientes, através do processo de compostagem.

Do ponto de vista de insumos, pôde-se notar que a implantação da UTC é viável, devido à grande quantidade de resíduos que serão encaminhados a ela. Do ponto de vista econômico, foi analisado que será necessário R\$ 235.559,46 para implantar a UTC, depois de construída o custo mensal para operar a UTC será em torno de R\$ 26.380,00. Com a comercialização mensal dos materiais, a receita de vendas da UTC será R\$ 71.398,70 por mês, resultando numa receita líquida de R\$ 45.018,70.

Diante do exposto, foi concluído que a implantação da UTC no Município de Santa Luzia/PB é viável, trazendo ao Município mais oportunidades de empregos, principalmente para os catadores de resíduos da cidade, movimentação da economia local, redução da quantidade de resíduos encaminhados ao vazadouro a céu aberto, preservação dos recursos naturais e do meio ambiente como um todo, através da preservação do solo, dos corpos hídricos e do ar, além de ajudar na conscientização da população local e de servir como exemplo para os demais municípios.

É de suma importância lembrar que o sucesso do empreendimento não é dado somente com a quantidade de resíduos que chegarão até a UTC, mas sim com a integração entre os setores administrativo e social, atuando em conjunto na promoção de programas de educação ambiental, na tentativa de conscientização da população, para participarem

ativamente do projeto, além do monitoramento operacional da UTC e a participação política na continuidade e melhoramento do projeto.

Por fim, espera-se que este estudo, através do que foi apresentado, contribua para a melhoria da gestão dos resíduos sólidos do Município de Santa Luzia; levando em consideração a proposta de implantação da Usina de Triagem e Compostagem aqui apresentada.

## REFERÊNCIAS

ARAÚJO, Beranger Arnaldo. **Recuperação de áreas degradadas por meio da recomposição da cobertura vegetal e oasificação por nanobacias na Microrregião do Seridó Paraibano**. Campina Grande, PB: UFCG, 2012. Originalmente apresentada como tese de doutorado, Universidade Federal de Campina Grande, 2012.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - ABNT. **NBR 6023/2002 – Informação e documentação – Referências – Elaboração**. Rio de Janeiro: 2002.

\_\_\_\_\_. **NBR 10004/2004 – Resíduos Sólidos – Classificação**. Rio de Janeiro: 2004.

\_\_\_\_\_. **NBR 10007/2004 – Amostragem de resíduos sólidos**. Rio de Janeiro: 2004.

\_\_\_\_\_. **NBR 13591/1996 – Compostagem**. Rio de Janeiro: 1996.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE EMPRESAS DE LIMPEZA PÚBLICA E RESÍDUOS ESPECIAIS – ABRELPE. **PANORAMA DOS RESÍDUOS SÓLIDOS NO BRASIL 2014**. BRASIL: ABRELPE, 2015.

BRASIL. Lei nº. 12.305, de agosto de 2010. **Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos; altera a Lei nº 9.605, de 12 de fevereiro de 1998; e dá outras providências**. Casa Civil [da] República Federativa do Brasil. Brasília, DF, 2 de agosto de 2010.

\_\_\_\_\_. Ministério da Saúde. Fundação Nacional de Saúde. **Manual de orientações técnicas para elaboração de propostas para o programa de resíduos sólidos – Funasa/Ministério da Saúde**. Brasília: Funasa, 2014. 44 p.

CASARIN, Daiane Schwanz. **Diagnóstico dos resíduos sólidos urbanos no Município de Morro Redondo/RS**. Pelotas, RS: UFP, 2013. Originalmente apresentado como trabalho de conclusão de curso, Universidade Federal de Pelotas, 2013.

CASTILHOS JR., A.B. **Resíduos Sólidos Urbanos: Aterro Sustentável para Municípios de Pequeno Porte**. Rio de Janeiro: ABES, 2003. 294 p.

CENTRO DE APOIO OPERACIONAL ÀS PROMOTORIAS DE PROTEÇÃO AO MEIO AMBIENTE – CAOPMA. **Unidades de Triagem e Compostagem de Resíduos Sólidos Urbanos: Apostila para a gestão municipal de resíduos sólidos urbanos**. Curitiba: Ministério Público do Estado do Paraná, 2013. 2 ed.

COMPANHIA AMBIENTAL DO ESTADO DE SÃO PAULO – CETESB. **MANUAL DE OPERAÇÃO DE ATERRO SANITÁRIO EM VALAS**. São Paulo, SP: CETESB, 2010. 24 p.

CORNIERI, Marina Gonzalbo. **Programa municipal de coleta seletiva de resíduos sólidos urbanos em Santo André – SP: Um estudo a partir do ciclo da política (policy cycle)**. São Paulo, SP: 2011. Originalmente apresentada como dissertação de mestrado, Universidade de São Paulo, 2011.

COSTA, L. E. B. *et. al.* **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, Jun, Ago, Set, Out, Nov, 2012.

DELGADO, Antônio Pedro Brito. **Análise da Viabilidade de Implantação de uma Usina de Triagem e Compostagem na Ilha de São Vicente – Cabo Verde**. Porto Alegre, RS: UFRGS, 2009. Originalmente apresentada como trabalho de conclusão de curso de graduação, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2009.

DIAS, Marcelo Vizeu. **Viabilidade de implantação de uma usina de triagem e compostagem de lixo no Município de Macaé**. Macaé, RJ: 2011. Originalmente apresentada como dissertação de mestrado, Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Fluminense, 2011.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA – EMBRAPA. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. Brasília, DF: EMBRAPA, 2013. 3 ed.

ERTHAL NETO, E. L., **Destinação Final dos Resíduos Sólidos Urbanos no Estado do Rio de Janeiro e a Aplicação dos Instrumentos de Regulamentação e Controle Ambiental: Uma Abordagem Crítica**. Rio de Janeiro, RJ: 2006. Originalmente apresentada como dissertação de mestrado, Fundação Oswaldo Cruz, 2006.

FUNDAÇÃO ESTADUAL DO MEIO AMBIENTE. **Orientações técnicas para a operação de usina de triagem e compostagem do lixo**. Belo Horizonte: FEAM, 2005. 52 p.

GASQUES, Ana Carla Fernandes. **Caracterização quantitativa e gravimétrica dos resíduos sólidos urbanos do Município de Campo Mourão – PR**. Campo Mourão, PR: UTPR, 2013. Originalmente apresentado como trabalho de conclusão de curso de graduação, Universidade Tecnológica Federal do Paraná, 2013.

GIL, A. C. **Métodos e Técnicas de Pesquisa Social**. 6. ed. São Paulo: Atlas S. A., 2008.

HENRIQUES, Kenny Rogers da Silva. **Método de amostragem e caracterização descentralizada de resíduos sólidos urbanos para o Município de Queimadas/PB.** Campina Grande, PB: UEPB, 2012. Originalmente apresentada como trabalho de conclusão de curso de graduação, Universidade Estadual da Paraíba, 2012.

INSPECTOR ENGENHARIA LTDA. 2010.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). **Censo Demográfico 2010.** Disponível em: <  
<http://www.cidades.ibge.gov.br/xtras/perfil.php?lang=&codmun=251340&search=paraiba|santa-luzia>>. Acesso em: 10 de agosto de 2016.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). **Informações completas 2015.** Disponível em: <  
<http://www.cidades.ibge.gov.br/xtras/perfil.php?lang=&codmun=251340&search=paraiba|santa-luzia>>. Acesso em: 10 de agosto de 2016.

INSTITUTO DE PESQUISA ECONÔMICA APLICADA - IPEA. **Diagnóstico dos Resíduos Sólidos Urbanos: Relatório de Pesquisa.** Brasília: 2012.

IACONO, Maria Angélica. **Usinas de triagem e compostagem financiadas pela FUNASA no Estado do Rio de Janeiro – Uma análise crítica.** Rio de Janeiro, RJ: UERJ, 2007. Originalmente apresentada como dissertação de mestrado, Universidade do Estado do Rio de Janeiro, 2007.

JAMES, Bárbara. **Lixo e Reciclagem.** São Paulo: Scipione, 1997. 43 p.

JUNKES, Maria Bernadete. **Procedimentos para aproveitamento de resíduos sólidos urbanos em municípios de pequeno porte.** Florianópolis, SC: 2002. Originalmente apresentada como dissertação de mestrado, Universidade Federal de Santa Catarina, 2002.

MAGALHÃES, Déborah Neide. **Elementos para o diagnóstico e gerenciamento dos resíduos sólidos urbanos do Município de Dorés de Campos – MG.** Juiz de Fora, MG: 2008. Originalmente apresentado como trabalho de conclusão de curso, Universidade Federal de Juiz de Fora, 2008.

MARCELINO, Diego Pena. **Encerramento e recuperação ambiental em áreas de disposição final de resíduos sólidos no Estado de São Paulo.** Barretos, SP: 2009. Originalmente apresentado como trabalho de conclusão de curso, Centro Universitário da Fundação Educacional de Barretos, 2012.

MARCELINO, Rosalve Lucas. **Riscos e vulnerabilidades da Bacia Hidrográfica de Santa Luzia – PB.** Campina Grande, PB: UFCG, 2012. Originalmente apresentada como tese de doutorado, Universidade Federal de Campina Grande, 2012.

MELO, Viviane Silveira. **Requisitos para a implantação de uma usina de triagem e compostagem no Município de Telêmaco Borba-PR.** Curitiba, PR: 2011. Originalmente apresentada como monografia de graduação, Universidade Tecnológica Federal do Paraná, 2011.

MINISTÉRIO DAS CIDADES. **ELEMENTOS PARA A ORGANIZAÇÃO DA COLETA SELETIVA E PROJETO DOS FALPÕES DE TRIAGEM.** Brasília: 2008.

MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE. **Coleta Seletiva.** Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/cidades-sustentaveis/residuos-solidos/catadores-de-materiais-reciclaveis/reciclagem-e-reaproveitamento>>. Acesso em: 07 de setembro de 2016.

MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE. **Plano de Gerenciamento de Resíduos Sólidos: Instrumento de Responsabilidade Socioambiental na Administração Pública.** Brasília: Secretaria de Articulação Institucional e Cidadania Ambiental, 2014.

NARUO, Mauro Kenji. **O estudo do consórcio entre municípios de pequeno porte para disposição final de resíduos sólidos urbanos utilizando sistema de informações geográficas.** São Carlos, SP: 2013. Originalmente apresentada como dissertação de mestrado, Escola de Engenharia de São Carlos, 2013.

PREFEITURA MUNICIPAL DE PANAMBI. **Plano Municipal de Gerenciamento Integrado de Resíduos Sólidos: Cenário Atual e Cenário futuro – Projeto básico de implantação de uma URE.** Panambi, RS: PMP, 2009-2016.

PREFEITURA MUNICIPAL DE SANTA LUZIA/PB. 2016.

PROGRAMA DE PESQUISAS EM SANEAMENTO BÁSICO – PROSAB. **Gerenciamento de resíduos sólidos urbanos com ênfase na proteção de corpos d'água: prevenção, geração e tratamento de lixiviados de aterros sanitários.** Armando Borges de Castilhos Junior (coordenador). Rio de Janeiro: ABES, 2006. 494 p.

RODRIGUES, Clarice dos Santos. **Gerenciamento integrado de resíduos sólidos urbanos: desafios, possibilidades e limitações para implantação no Município de Imbituba, SC.** Criciúma, SC: 2009. Originalmente apresentada como monografia de graduação, Universidade do Extremo Sul Catarinense - UNESC, 2005.

SANTOS, M. C. L.; DIAS, S. L. F. G. **Resíduos Sólidos Urbanos e seus impactos socioambientais**. São Paulo: IEE – USP, 2012. 82 p.

SAVI, Jurandir. **Gerenciamento Integrado de Resíduos Sólidos Urbanos em Adamantina-SP: Análise da viabilidade da usina de triagem de RSU com coleta seletiva**. Presidente Prudente, SP: UNESP, 2005. Originalmente apresentada como tese de doutorado, Universidade Estadual Paulista, 2005.

SERVIÇO GEOLÓGICO DO BRASIL – CPRM. **Diagnóstico do Município de Santa Luzia – PB**. Recife, PE: CPRM/PRODEEM, 2005.

SCHALCH, V; *et. al.* **GESTÃO E GERENCIAMENTO DE RESÍDUOS SÓLIDOS**. São Carlos, SP: Escola de Engenharia de São Carlos/USP, 2002.

SCHMITZ, M. **Gerenciamento de resíduos sólidos domésticos: Estudo de caso na central de triagem, tratamento e destino final dos resíduos sólidos domésticos do Município de Estrela/RS**. Lajeado, RS: 2012. Originalmente apresentada como monografia de graduação, Centro Universitário Univates, 2012.

SISTEMA NACIONAL DE INFORMAÇÕES SOBRE SANEAMENTO – SNIS. **Diagnóstico de resíduos sólidos**. Disponível em: < <https://www.snis.gov.br/>>. Acesso em: 15 de agosto de 2015.

SISTEMA NACIONAL DE PESQUISA DE CUSTOS E ÍNDICES DA CONSTRUÇÃO CIVIL - SINAPI. **TABELA SINAPI – PARAÍBA, AGOSTO/2016**. CAIXA ECONÔMICA FEDERAL: 2016.

VALENTE, B. S. **FATORES QUE AFETAM O DESENVOLVIMENTO DA COMPOSTAGEM DE RESÍDUOS ORGÂNICOS**. **ARCHIVOS DE ZOOTECNIA**, Córdoba: vol. 58, 59-85 p., 2 abril. 2009.

VIMIEIRO, Gisele Vidal. **Usinas de Triagem e Compostagem: Valoração de Resíduos e de pessoas – Um estudo sobre a operação e os funcionários de unidades de Minas Gerais**. Belo Horizonte, MG: 2012. Originalmente apresentada como tese de doutorado, Escola de Engenharia da UFMG, 2012.

VIMIEIRO, G. V.; PEREIRA, L. Z.; LANGE, L. C. **TRABALHO E QUALIDADE DE VIDA EM USINAS DE TRIAGEM E COMPOSTAGEM DE RESÍDUOS URBANOS**. Revista de Administração FACES Journal. Minas Gerais: FUMEC, 2009. Vol. 8, n. 2, abril-junio, 2009. 99-105 p.