



**UNIVERSIDADE ESTADUAL DA PARAÍBA  
CAMPUS I - CAMPINA GRANDE  
CENTRO DE CIÊNCIAS E TECNOLOGIA  
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL**

**GUSTAVO LUIZ ARAÚJO SOUTO BATISTA**

**PROPOSTA DE UM MODELO SUSTENTÁVEL DE GERENCIAMENTO  
INTEGRADO DE RESÍDUOS SÓLIDOS PARA A CIDADE DE SOLEDADE NA  
PARAÍBA**

**Campina Grande – PB**

**2017**

**GUSTAVO LUIZ ARAÚJO SOUTO BATISTA**

**PROPOSTA DE UM MODELO SUSTENTÁVEL DE GERENCIAMENTO  
INTEGRADO DE RESÍDUOS SÓLIDOS PARA A CIDADE DE SOLEDADE NA  
PARAÍBA**

Trabalho de Conclusão de Curso (TCC) apresentado ao Curso 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.

**Orientadora:** Profa. Dra. Neyliane Costa de Souza

**Co-orientador:** Prof. Dr. William Paiva

**Campina Grande – PB  
2017**

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.

B333p Batista, Gustavo Luiz Araújo Souto.  
Proposta de um modelo sustentável de gerenciamento integrado de resíduos sólidos para a cidade de Soledade na Paraíba [manuscrito] / Gustavo Luiz Araújo Souto Batista. - 2017.  
75 p. : il. color.

Digitado.

Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Sanitária e Ambiental) - Universidade Estadual da Paraíba, Centro de Ciências e Tecnologia, 2017.

"Orientação: Profa. Dra. Neyliane Costa de Souza, Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental".

"Co-Orientação: Prof. Dr. William de Paiva, Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental".

1. Resíduos sólidos urbanos. 2. Usina de triagem. 3. Compostagem. 4. Reciclagem. I. Título.

21. ed. CDD 363.728 5

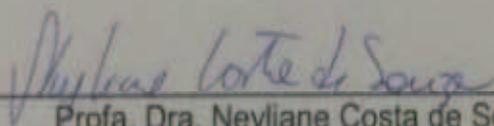
GUSTAVO LUIZ ARAÚJO SOUTO BATISTA

PROPOSTA DE UM MODELO SUSTENTÁVEL DE GERENCIAMENTO  
INTEGRADO DE RESÍDUOS SÓLIDOS PARA A CIDADE DE SOLEDADE NA  
PARAÍBA

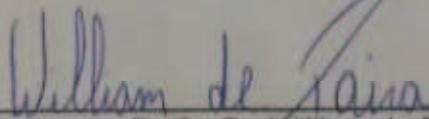
Trabalho de Conclusão de Curso (TCC) apresentado ao Departamento do Curso de Engenharia Sanitária e Ambiental, da Universidade Estadual da Paraíba, como requisito parcial à obtenção do grau de bacharel em Engenharia Sanitária e Ambiental.

Aprovado em: 26 / 04 / 2017

BANCA EXAMINADORA



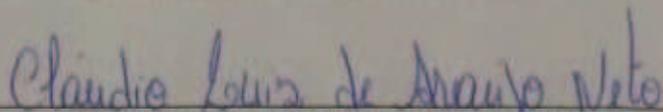
Profa. Dra. Neyliane Costa de Souza  
(Orientadora – DESA/CCT/UEPB)



Profa. Dr. William de Paiva  
(Co-orientador – DESA/CCT/UEPB)



Profa. Dra. Lígia Maria Ribeiro Lima  
(Examinadora – DESA/CCT/UEPB)



Prof. MSc. Claudio Luís de Araújo Neto  
(Examinador – DEC/ Faculdade Maurício de Nassau)

A Deus Pai Todo Poderoso, pois tudo é como Ele quer. E o que nos conforta é que Ele só quer nosso melhor sempre. Obrigado meu Deus!  
E ao meu irmão Ricardo Luiz (*in memoriam*), que estará para sempre em meus pensamentos e em minhas orações.

## AGRADECIMENTOS

Primeiramente ao Nosso Senhor Jesus Cristo por Seu imenso amor, por ser minha fortaleza e estar presente em todos os momentos de minha vida. E a Maria Santíssima, pelo sim que trouxe esperança nova para toda a humanidade e pelo seu exemplo de fé e obediência a Deus Pai Todo Poderoso.

Aos meus pais, Assunção e Lula, por toda dedicação, por terem depositado em mim toda confiança e força e pelos ensinamentos de vida.

Aos meus irmãos Rene, Guilherme, Thaís, Ricardo (*in memoriam*), Rafael e Maria por todo apoio e incentivo. E as minhas sobrinhas Esther, Ana Lís e Marina.

A minha avó Dona Ana e meu avô Seu Luiz Gonzaga (*in memoriam*), a minha avó Dona Maria do Carmo (*in memoriam*) e ao meu avô Mestre Rozil, pessoas as quais todos nós deveríamos seguir seus exemplos de vida. Em nome deles eu agradeço a toda minha família, que é à base de tudo em minha vida.

A minha namorada Mayra, que vem me apoiando em todas as decisões e me confortando nos momentos difíceis. E a toda sua família, que hoje me sinto parte dela.

A Professora Neyliane Costa e ao Professor Wiliam de Paiva, pela disposição em me orientar na elaboração deste trabalho, pela oportunidade de trabalhar com o tema, pela consideração, confiança e cooperação durante todo o período de desenvolvimento do trabalho. E a Professora Lígia Ribeiro e ao Professor Cláudio Luís de Araújo Neto, por aceitar o convite para participar da banca examinadora, pela atenção, sugestões e críticas propostas com o intuito de aprimorar o mesmo.

A todos os professores e funcionários da Universidade Estadual da Paraíba que participaram de minha formação acadêmica, principalmente aos do Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental.

Aos meus colegas de turma por todos os momentos de descontrações, apoio e conhecimento adquirido juntos.

E a todos que de alguma forma, direta ou indireta, contribuíram com essa realização.

## RESUMO

Modelos insustentáveis de gerenciamento de resíduos sólidos urbanos vêm provocando danos sanitários, ambientais e sociais cada vez maiores. Em 2010 foi sancionada a Lei 12.305, que trouxe metas ousadas, como a extinção dos lixões, a coleta seletiva e a compostagem em conjunto com a inserção dos catadores no processo. Portanto, uma solução sanitária, ambientalmente correta, economicamente viável e socialmente adequada. Assim, alguns municípios têm adotado a separação dos Resíduos Sólidos Urbanos (RSU) em três frações: recicláveis, resíduos orgânicos e rejeitos. Esse trabalho propõe um modelo sustentável de gerenciamento integrado dos RSU para a cidade de Soledade na Paraíba, com uma proposta de implantação de Usina Triagem e Compostagem (UTC). Desde a década de 1970, a população de Soledade aumentou cerca de 80%, e estima-se que em 2037 a população urbana de Soledade seja de 15.018 habitantes. De acordo com a análise gravimétrica de RSU de Soledade realizada, 81,7% de RSU deverão ser encaminhados à UTC e somente 18,30% seguir direto ao aterro de rejeitos. Baseando-se nesses dados e considerando uma produção *per capita* de  $0,814 \text{ Kg.hab}^{-1}.\text{dia}^{-1}$ , realizou-se o dimensionamento, bem como a escolha dos equipamentos, materiais necessários, orçamento e despesas mensais, além da análise de viabilidade econômica da implantação da usina e o tempo de vida útil do aterro de rejeitos após a implantação da UTC. Os resultados comprovam a viabilidade da implantação do processo, trazendo benefícios de ordem sanitária, ambiental, econômica e social para o município. Nos quais, irão apresentar impactos positivos para a sociedade, através da geração de emprego e renda, movimentação da economia local e, ambientais por meio da destinação final adequada dos RSU, evitando a contaminação do solo, do ar e da água. Ainda, podendo servir de espelho para municípios com características semelhantes.

**Palavras-Chave:** Resíduos Sólidos Urbanos. Usina de Triagem. Compostagem. Reciclagem.

## ABSTRACT

Unsustainable models of solid urban waste management have been shown to increase health, environmental and social damage. In 2010, Law 12,305 was sanctioned, which brought daring goals, such as the extinguishing of the dumps, the selective collection and composting together with an insertion of the collectors in the process. Therefore, a sanitary solution, environmentally correct, economically viable and socially adequate. Thus, some municipalities have adopted a separation of USW in three fractions: recyclable, organic waste and tailings. This work proposes a sustainable model of integrated urban solid waste management (USW) for city of Soledade in Paraíba, with a proposal to implement the Triage and Composting Plant (TCP). Since the 1970s, the population of Soledade increased by 80%, and it is estimated that in 2037 urban population of Soledade of 15,018 inhabitants. Accordingly with the Soledade USW gravimetric analysis, 81.7% of USW should be sent to TCP and only 18,30% should proceed directly to the tailings landfill. Based on these data and considering a per capita production of 0.814 Kg.hab-1.day-1, it was carried out the dimensioning, as well as the choice of equipment, necessary materials, budget and monthly expenses, besides the economic viability analysis of the plant's deployment and the life-time of tailings landfill after the TCP deployment. The results confirm the feasibility of implementing the process, bringing health, environmental, economic and social benefits to the municipality. In which, they will present positive impacts to a society, through the generation of employment and income, movement of the local economy, and environment of the final destination of the USW, avoiding contamination of soil, air and water. Still, it can serve as a mirror for surrounding municipalities.

**Keywords:** Urban Solid Waste. Screening Plant. Composting. Recycling.

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

<b>Figura 1-</b> Elos da cadeia produtiva de reciclagem. ....	22
<b>Figura 2 –</b> Localização da sede urbana de Soledade, PB. ....	33
<b>Figura 3 –</b> Divisão dos Bairros de Soledade, PB. ....	34
<b>Figura 4 –</b> Evolução da população de Soledade pelos censos demográficos de 1970, 1980, 1991, 2000 e 2010. ....	34
<b>Figura 5 –</b> Projeção da população urbana de Soledade dos anos de 2017 a 2037. ....	36
<b>Figura 6 –</b> Séries históricas mensais registradas nos postos pluviométricos da microrregião do Curimataú Ocidental. ....	37
<b>Figura 7 –</b> Lixão de Soledade, PB. ....	41
<b>Figura 8 –</b> Presença de animais no lixão do Município de Soledade, PB. ....	42
<b>Figura 9 -</b> Percentuais de resíduos sólidos gerados desde o processo de coleta até a disposição e destinação final. ....	43
<b>Figura 10 –</b> Leiras cônicas de disposição da matéria orgânica no pátio de compostagem. ....	46
<b>Figura 11 –</b> Peneira rotativa de homogeneização do composto orgânico. ....	47
<b>Figura 13 –</b> Vala de destinação final dos rejeitos. ....	48
<b>Figura 14 -</b> Layout da Usina de Triagem e Compostagem, Soledade/PB. ....	49
<b>Figura 15 -</b> Esquema de funcionamento do galpão de triagem e armazenamento. ....	50

## LISTA DE TABELAS

<b>Tabela 1-</b> Iniciativas de coleta seletiva no Brasil, nos anos de 2014 e 2015. ....	19
<b>Tabela 2 –</b> Estimativa dos benefícios econômicos da reciclagem.....	28
<b>Tabela 3 –</b> Taxa de crescimento da população de Soledade, PB. ....	35
<b>Tabela 4 -</b> Orçamento das despesas de operação da Usina da Triagem e Compostagem no Município de Soledade, PB. ....	55
<b>Tabela 5 -</b> Simulação das despesas, receitas e saldos da UTC no Município de Soledade, PB. ....	55

## LISTA DE QUADROS

<b>Quadro 1-</b> Análise comparativa entre mesa e esteira de triagem. ....	21
<b>Quadro 2-</b> Resultados da composição gravimétrica dos resíduos sólidos urbanos no município de Soledade, PB. ....	38
<b>Quadro 3</b> – Síntese da logística do sistema de coleta, transporte e destinação dos resíduos sólidos urbanos de Soledade, PB. ....	40
<b>Quadro 4</b> – Equipamentos e materiais que serão ser utilizados na UTC .....	53
<b>Quadro 5-</b> Orçamento de implantação da Usina da Triagem e Compostagem no Município de Soledade, PB. ....	54

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

- ABNT** – Associação Brasileira de Normas Técnicas
- ABRELPE** – Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais
- ASASP** – Associação dos Agentes Ambientais e Prestadores de Serviços do Município de Soledade
- COAPMA** – Centro de Apoio Operacional às Promotorias do Meio Ambiente
- CCT** – Centro de Ciências e Tecnologia
- DESA** – Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental
- EMBRAPA** – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
- FEAM** – Fundação Estadual de Meio Ambiente
- GRSU** – Gerenciamento de Resíduos Sólidos Urbanos
- IBAM** – Instituto Brasileiro de Administração Municipal
- IBAMA** – Instituto Brasileiro do Meio Ambiente
- IBGE** – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
- IPEA** – Instituto de Pesquisas Econômicas Aplicadas
- IPESA** – Instituto de Projetos e Pesquisas Socioambientais
- MMA** – Ministério do Meio Ambiente
- NBR** – Norma Brasileira Regulamentadora
- PB** – Paraíba
- PMGIRS** – Plano Municipal de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos
- PNRS** – Política Nacional de Resíduos Sólidos
- PMS** – Prefeitura Municipal de Soledade
- RSO** – Resíduos Sólidos Orgânicos
- RSU** – Resíduos Sólidos Urbanos
- SISNAMA** – Sistema Nacional do Meio Ambiente no Brasil
- SINIS** – Sistema Nacional de Informações sobre o Saneamento
- SNVS** – Sistema Nacional de Vigilância Sanitária
- SUASA** – Sistema Unificado de Atenção à Sanidade Agropecuária
- TCC** – Trabalho de Conclusão de Curso
- UEPB** – Universidade Estadual da Paraíba
- UGIRSU** – Unidade de Gerenciamento Integrado de Resíduos Sólidos Urbanos
- UTC** – Usina de Triagem e Compostagem

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO</b> .....	13
<b>2 OBJETIVOS</b> .....	15
2.1 OBJETIVO GERAL .....	15
2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS .....	15
<b>3 REFERENCIAL TEÓRICO</b> .....	16
3.1 RESÍDUOS SÓLIDOS.....	16
<b>3.1.1 Classificação</b> .....	16
<b>3.1.2 Geração de Resíduos Sólidos Urbanos</b> .....	18
3.2 COLETA SELETIVA.....	19
3.3 TRATAMENTO E DESTINAÇÃO FINAL DOS RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS	20
<b>3.3.1 Triagem</b> .....	21
<b>3.3.2 Reciclagem</b> .....	22
<b>3.3.2.1 Cadeia de reciclagem e os agentes envolvidos</b> .....	22
<b>3.3.3 Compostagem</b> .....	23
3.4 USINA DE TRIAGEM E COMPOSTAGEM .....	25
<b>3.4.1 Viabilidade econômica da implantação de uma usina de triagem e compostagem</b> .....	27
3.5 GERENCIAMENTO INTEGRADO DE RESÍDUOS SÓLIDOS.....	28
3.6 POLÍTICA NACIONAL DE RESÍDUOS SÓLIDOS.....	29
3.7 PLANO MUNICIPAL DE GERENCIAMENTO INTEGRADO DE RESÍDUOS SÓLIDOS DE SOLEDADE.....	30
<b>4 METODOLOGIA</b> .....	32
4.1 ÁREA DE ESTUDO .....	32
<b>4.1.1 Aspectos Históricos</b> .....	32
<b>4.1.2 Localização</b> .....	32
<b>4.1.3 População</b> .....	34
<b>4.1.4 Estimativa de População</b> .....	35
<b>4.1.5 Dados Climatológicos e Hidrológicos</b> .....	36
4.2 DADOS DE DIMENSIONAMENTO DAS UNIDADES PROPOSTAS.....	38
<b>4.2.1 Análise Gravimétrica</b> .....	38

<b>4.2.2 Geração Per Capita</b> .....	39
<b>4.2.3 Usina de Triagem e Compostagem</b> .....	39
4.3 ANÁLISE DO POTENCIAL ECONÔMICO .....	39
<b>5 RESULTADOS E DISCUSSÃO</b> .....	40
5.1 DIAGNÓSTICO DA COLETA DE RESÍDUOS .....	40
5.2 SITUAÇÃO DO LIXÃO MUNICIPAL .....	41
5.3 PROJEÇÃO DE PRODUÇÃO DOS RESÍDUOS SÓLIDOS DOMÉSTICOS.....	42
<b>5.3.1.1 Rejeitos</b> .....	44
<b>5.3.1.2 Recicláveis</b> .....	44
<b>5.3.1.3 Resíduos Orgânicos</b> .....	44
5.4 FUNCIONAMENTO DA USINA DE TRIAGEM E COMPOSTAGEM .....	45
5.5 DIMENSIONAMENTO DA UTC .....	51
<b>5.5.1 Mão de Obra, Equipamentos e Materiais necessários na UTC</b> .....	52
5.6 ORÇAMENTO DE IMPLANTAÇÃO E OPERAÇÃO DA UTC .....	54
5.7 VIABILIDADE ECONÔMICA DE IMPLANTAÇÃO DA UTC .....	55
5.8 TEMPO DE VIDA ÚTIL DO ATERRO .....	56
<b>6 CONSIDERAÇÕES FINAIS</b> .....	57
<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b> .....	58
<b>APÊNDICES</b> .....	63
<b>ANEXOS</b> .....	73

## 1 INTRODUÇÃO

Os impactos potenciais provocados pelas modificações ambientais no processo antrópico de ocupação de espaços urbanos, vêm ocorrendo em escala global em taxas incompatíveis com a capacidade de suporte dos ecossistemas naturais.

Uma análise desses impactos pode ser feita sob o enfoque da mudança nos padrões de consumo e de produção, facilitando a compreensão dessa questão e das medidas necessárias para a reversão dos problemas ambientais.

Com a revolução industrial, as indústrias começaram a produzir objetos de consumo em larga escala e a introduzir embalagens descartáveis no mercado, que são inutilizados e jogados fora rapidamente, aumentando consideravelmente o volume e a diversidade de resíduos gerados nas áreas urbanas.

Inicialmente os resíduos sólidos gerados eram destinados para áreas periféricas, a céu aberto, sem que houvesse nenhuma técnica de deposição ou tratamento que garantisse a segurança sanitária e ambiental necessária, dando início aos lixões.

Além dos problemas sanitários e ambientais decorrentes do surgimento dos lixões, tem os de ordem social. Muitas pessoas desempregadas ou à margem da sociedade fizeram da catação de materiais recicláveis uma atividade de geração de renda. No entanto, esses catadores trabalham no lixão em situações inadequadas e em contato direto com os resíduos, muitas vezes sem nenhum equipamento de proteção pessoal, sem garantias de uma previdência social e com sua mão de obra subvalorizada.

Com o avanço da ciência, houve a compreensão da necessidade da criação de estruturas de gerenciamento dos resíduos sólidos urbanos, na busca da melhoria da qualidade ambiental, elevação da segurança sanitária do homem e a inserção dos catadores nesse processo.

Após décadas de discussões acerca da criação de uma lei que regulamentasse o gerenciamento dos resíduos sólidos no Brasil, em 02 de agosto de 2010 o então Presidente Luiz Inácio Lula da Silva sancionou a lei 12.305, que institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS).

A referida lei trouxe novas metas para o país, como por exemplo, o destino final e o tratamento de resíduos urbanos, a extinção dos lixões, a elaboração dos

planos municipais, estaduais e distritais de resíduos sólidos, a inclusão dos catadores de resíduos sólidos no gerenciamento integrado de resíduos sólidos, a responsabilidade compartilhada e a logística reversa.

Também institui o aterro sanitário como sendo uma das soluções ambientalmente adequada para a disposição dos resíduos sólidos urbanos. Ressalta-se que algumas medidas se fazem necessárias para aumentar a vida útil dos aterros, entre elas a implantação da coleta seletiva e da compostagem. Pois só serão destinados para os aterros sanitários os resíduos sólidos que não poderão ser reutilizados ou reciclados depois de esgotadas todas as possibilidades da aplicação de tecnologias financeiramente viáveis, definidos como rejeitos.

A coleta seletiva em conjunto com a inserção dos catadores de materiais recicláveis no processo de gerenciamento integrado dos resíduos sólidos urbanos é uma solução sanitária e ambientalmente correta, economicamente viável e socialmente adequada.

Os resíduos serão pré-selecionados nas fontes geradoras em: orgânicos, rejeitos e recicláveis. Destinados ao aterro sanitário os rejeitos, sendo requerida uma menor área para a disposição dos resíduos sólidos, nos quais os materiais reciclados passarão por uma unidade de triagem, e posteriormente reinseridos nos processos produtivos das indústrias. Os resíduos orgânicos serão reintegrados à natureza na forma de composto orgânico.

Nesse processo é de grande importância a contribuição dos catadores de materiais recicláveis, pode-se dizer que eles serão um dos agentes mais importantes para o sucesso da implantação dos planos municipais de gerenciamento integrado de resíduos sólidos urbanos. Além de serem beneficiados com os materiais orgânicos e recicláveis para compor suas rendas familiares, tendo condições dignas de trabalho, também serão responsáveis pelo processo de triagem e compostagem dessas matérias, reduzindo ao máximo o percentual de resíduos que serão destinados aos aterros sanitários.

## 2 OBJETIVOS

### 2.1 OBJETIVO GERAL

Propor um modelo sustentável de gerenciamento integrado de resíduos sólidos para a cidade de Soledade na Paraíba, tendo como proposta a implantação de uma usina de triagem e compostagem.

### 2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Dimensionar as unidades de triagem e compostagem.
- Analisar os valores de venda dos materiais recicláveis e do composto orgânico, pós-tratamento.
- Avaliar o tempo de vida do aterro sanitário de Soledade, após implantação da proposta.
- Analisar a viabilidade econômica, com os custos e as receitas previstas.

## 3 REFERENCIAL TEÓRICO

### 3.1 RESÍDUOS SÓLIDOS

Para a Norma Brasileira Regulamentadora (NBR) 10.004 de 2004, considera os resíduos sólidos como sendo:

Resíduos nos estados sólido e semissólido, que resultam de atividades da comunidade de origem industrial, doméstica, hospitalar, comercial, agrícola, de serviços e de varrição. Ficam incluídos nesta definição os lodos provenientes de sistemas de tratamento de água, aqueles gerados em equipamentos e instalações de controle de poluição, bem como determinados líquidos cujas particularidades tornem inviável o seu lançamento na rede pública de esgotos ou corpos de água, ou exijam para isso soluções técnicas e economicamente inviáveis em face da melhor tecnologia disponível (Associação Brasileira de Normas Técnicas - ABNT, 2004).

Por Resíduos Sólidos, a PNRS, por meio do inciso XVI, do Art. 3º entende como:

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

#### 3.1.1 Classificação

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

No que se refere à periculosidade, a NBR 10.004 (ABNT, 2004), classifica os resíduos em:

- I. **Classe I - Perigosos:** Aqueles, que em função de suas propriedades físicas, químicas ou infectocontagiosas, podem apresentar risco ao homem e ao meio

ambiente. Possuem pelo menos uma das propriedades de patogenicidade, toxicidade, reatividade, corrosividade ou inflamabilidade.

II. **Classe II - Não perigosos:** São aqueles que não se enquadram na classe I, sendo divididos em:

a) *Classe II A (Não inertes):* Que são aqueles que não se enquadram como perigosos e podem apresentar propriedades de solubilidade em água, biodegradabilidade ou combustibilidade.

b) *Classe II B (Inertes):* Que são quaisquer resíduos que quando submetidos a contato dinâmico e estático com água destilada ou deionizada, à temperatura ambiente, não tiveram nenhum de seus constituintes solubilizados a concentrações superiores aos padrões de potabilidade da água, excetuando-se aspectos, cor, turbidez, dureza e sabor.

A Lei 12.305 (BRASIL, 2010), no Artigo 13, classifica os resíduos sólidos da seguinte forma:

I. **Quanto à origem:**

a) resíduos domiciliares: Os originários de atividades domésticas em residências urbanas;

b) resíduos de limpeza urbana: Os originários da varrição, limpeza de logradouros e vias públicas e outros serviços de limpeza urbana;

c) resíduos sólidos urbanos: Os englobados nas alíneas “a” e “b”;

d) resíduos de estabelecimentos comerciais e prestadores de serviços: Os gerados nessas atividades, excetuados os referidos nas alíneas “b”, “e”, “g”, “h” e “j”;

e) resíduos dos serviços públicos de saneamento básico: Os gerados nessas atividades, excetuados os referidos na alínea “c”;

f) resíduos industriais: os gerados nos processos produtivos e instalações industriais;

g) resíduos de serviços de saúde: Os gerados nos serviços de saúde, conforme definido em regulamento ou em normas estabelecidas pelos órgãos do SISNAMA e do SNVS;

h) resíduos da construção civil: Os gerados nas construções, reformas, reparos e demolições de obras de construção civis incluídas 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”.

### 3.1.2 Geração de Resíduos Sólidos Urbanos

Os Resíduos Sólidos Urbanos (RSU), de acordo com a classificação mencionada acima (quanto à origem), compreendem os resíduos domiciliares, que são aqueles originários de atividades domésticas em residências urbanas e os resíduos de limpeza urbana, que são aqueles originários da varrição, limpeza de logradouros e vias públicas e outros serviços de limpeza urbana.

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

Sua quantificação tem como base o índice de produção *per capita*, que representa a quantidade de resíduos sólidos gerados por habitante em um determinado período de tempo, geralmente é expresso em  $\text{kg.hab}^{-1}.\text{dia}^{-1}$ .

No ano de 2015, segunda Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais - ABRELPE (2015), a média *per capita* brasileira de geração de RSU era de  $1,071 \text{ kg.hab}^{-1}.\text{dia}^{-1}$ , já a média do estado da Paraíba foi de  $0,894 \text{ kg.hab}^{-1}.\text{dia}^{-1}$ .

### 3.2 COLETA SELETIVA

A PNRS define coleta seletiva como sendo a coleta de resíduos sólidos previamente segregados conforme sua constituição ou composição (BRASIL, 2010). Ou seja, os resíduos sólidos devem ser separados na fonte geradora e posteriormente destinados para a coleta.

A coleta, quando realizada sem a segregação dos resíduos na fonte, resulta na deterioração, parcial ou total, de várias das suas frações recicláveis. O papel, assim como o plástico em filme se suja em contato com a matéria orgânica, perdendo valor (MMA, 2009).

De acordo com a Lei nº 12.305 (BRASIL, 2010), a implantação da coleta seletiva é obrigação dos municípios e suas metas fazem parte do conteúdo mínimo que deve constar nos planos de gerenciamento integrada de resíduos sólidos dos municípios.

Segundo o MMA (2017), alguns estabelecimentos e municípios tem adotado a separação dos resíduos em três frações: Recicláveis, resíduos orgânicos e rejeitos.

Os resíduos recicláveis são compostos, principalmente, por metais, papel, papelão, *tetrapak*, diferentes tipos de plásticos e vidro. Já os rejeitos, que são os resíduos não recicláveis, são compostos principalmente por resíduos de banheiros e outros resíduos de limpeza e os resíduos orgânicos, que consistem em restos de alimentos e resíduos de jardim (MMA, 2017).

Estudos indicam que 90% dos resíduos urbanos gerados são passíveis de reaproveitamento – 60% são resíduos orgânicos e podem se compostados e 38% são papéis, vidros, metais, plásticos e embalagens que podem se tornar produtos reciclados (GRIMBERG, 2007).

A Tabela 1 ilustra a quantidade de municípios brasileiros com alguma iniciativa de coleta seletiva nos anos de 2014 e 2015.

**Tabela 1** - Iniciativas de coleta seletiva no Brasil, nos anos de 2014 e 2015.

Região	Norte		Nordeste		Centro-Oeste		Sudeste		Sul		Brasil	
	2014	2015	2014	2015	2014	2015	2014	2015	2014	2015	2014	2015
<b>Sim</b>	53%	57%	43%	49%	37,5%	43%	85%	87%	8%	90%	65%	69%
<b>Não</b>	47%	43%	57%	51%	62,5%	57%	15%	13%	15%	10%	35%	31%

Fonte: Adaptado ABRELPE (2015).

Em 2015, 3.859 municípios brasileiros (69%) apresentavam iniciativas de coleta seletiva, sendo 884 da região Nordeste, o que representa 49% das unidades federativas da região.

Os municípios que adotam a coleta seletiva estão não só preocupados, em dar uma destinação final aos resíduos sólidos urbanos, mas também com as questões econômicas, sociais e ambientais.

A coleta seletiva só terá sucesso, se estiver fundamentada sobre um componente essencial que é a educação ambiental, sendo o processo por meio do qual o indivíduo e a coletividade constroem valores sociais, conhecimentos, habilidades, atitudes e competências voltadas para a conservação do meio ambiente, bem de uso comum do povo, essencial à saudável qualidade de vida e sua sustentabilidade (MELO, 2011).

### 3.3 TRATAMENTO E DESTINAÇÃO FINAL DOS RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS

Define-se tratamento como uma série de procedimentos destinados a reduzir a quantidade ou o potencial poluidor dos resíduos sólidos, seja impedindo descarte de resíduos sólidos em ambiente ou local inadequado, seja transformando-o em material inerte ou biologicamente estável (IBAM, 2001).

Para Melo (2011) a forma mais eficaz de tratamento dos resíduos sólidos é oferecida pela própria população quando está empenhada em reduzir a produção de resíduos, evitando o desperdício, reaproveitando os materiais e contribuindo para a coleta seletiva.

A Lei nº 12.305/2010 define destinação ambientalmente adequada dos resíduos sólidos 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 Sistema Nacional do Meio Ambiente (SISNAMA), do Sistema Nacional de Vigilância Sanitária (SNVS) e do Sistema Unificado de Atenção à Sanidade Agropecuária (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 (BRASIL, 2010).

### 3.3.1 Triagem

De acordo com a Fundação Estadual do Meio Ambiente – FEAM (2005), a triagem é o processo de separação dos diversos componentes dos resíduos sólidos, que são divididos em grupos, de acordo com a sua natureza: Matéria orgânica, materiais recicláveis, rejeitos e resíduos sólidos específicos. A segregação adequada evita mistura de resíduos incompatíveis e reações químicas indesejadas, aumentando a possibilidade de reutilização, reciclagem e segurança no manuseio dos resíduos sólidos (MMA, 2014).

O processo de triagem é uma importante alternativa para minimizar os danos ambientais causados pelos resíduos sólidos urbanos. Além, também, de promover a melhoria social e econômica dos catadores de materiais recicláveis.

Para estruturar o processo de triagem é necessário selecionar a solução que melhor se adequa, quanto à adoção do processo de segregação: Esteira mecânica ou mesas de triagem. O Quadro 1 sintetiza uma análise comparativa entre o uso da mesa e esteira de triagem.

**Quadro 1-** Análise comparativa entre mesa e esteira de triagem.

Itens	Mesa Triagem	Esteira de Triagem
<b>Custo de Construção</b>	Equivalente	Equivalente
<b>Custo de Equipamento e Instalação</b>	Não há	Em torno de R\$ 30.000,00 para 12 m de esteira
<b>Custo de Manutenção</b>	Não há	Em torno de R\$ 1.000,00 por mês
<b>Número de Pessoas na Triagem</b>	Maior	Menor
<b>Rejeito</b>	5,0%	25 a 30%
<b>Ritmo</b>	Cada pessoa trabalha em seu ritmo (necessário uma coordenação efetiva)	Esteira impõe um ritmo, que exclui mais lentos e idosos
<b>Capacidade de Armazenamento na Pré-Triagem</b>	Maior	Menor

Fonte: Adaptado de Ministério das Cidades (2008).

### 3.3.2 Reciclagem

Define-se reciclagem como:

Processo de transformação dos resíduos sólidos que envolve a alteração de suas propriedades físicas, físico-químicas ou biológicas, com vista à transformação em insumo ou novo produto, observando as condições e os padrões estabelecidos pelos órgãos competentes (BRASIL, 2010).

Segundo Lomasso (2015) a reciclagem é o processo no qual, resíduos de produtos que já foram consumidos ou objetos que seriam descartados e considerados inutilizáveis; são reinseridos no ciclo produtivo através da sua utilização como matéria-prima para a fabricação de novos produtos.

Os principais benefícios ambientais da reciclagem dos resíduos recicláveis são: A economia de matérias-primas e de energia nos processos produtivos, além do aumento da vida útil dos aterros sanitários e a valorização do trabalho dos catadores. Sendo a alternativa que desperta o interesse da sociedade, pelo seu forte apelo ambiental e, muitas vezes, social (IPESA, 2013).

#### 3.3.2.1 Cadeia de reciclagem e os agentes envolvidos

O Instituto de Projetos e Pesquisas Socioambientais (2013) trata a reciclagem como um conjunto de operações interligadas cuja finalidade é a reintrodução dos materiais recicláveis nos processos produtivos. Onde essas operações são consideradas elos da cadeia produtiva da reciclagem, na qual são processados resíduos de outras cadeias, representadas pelo esquema da Figura 1.

**Figura 1-** Elos da cadeia produtiva de reciclagem.



FONTE: Adaptado de IPESA (2013).

A bibliografia supracitada descreve os elos da cadeia produtiva da reciclagem e os agentes envolvidos nessas operações da seguinte forma:

1. Corresponde à operação de segregação dos resíduos, em geral, realizada pelos mesmos agentes que os produziram.
2. Os resíduos são recolhidos nos locais, total ou parcialmente separados, e enviados às operações de triagem e classificação ou às unidades de beneficiamento. Atuam nesse elo os catadores, organizados ou não, as empresas privadas de coleta de resíduos sólidos e as prefeituras.
3. São às operações de separação, classificação mais fina, prensagem e enfardamento dos resíduos. Os principais agentes nessa fase são os catadores organizados, os sucateiros e aparistas, que são os compradores intermediários entre os catadores e a indústria.
4. Aplicação de procedimentos específicos para cada material, transformando-os em novos insumos para a indústria. Os agentes mais comuns são as empresas e alguns poucos núcleos de catadores mais organizados que já realizam esse tipo de operação.
5. Por fim, é quando os produtos provenientes das etapas anteriores são utilizados como insumos em processos industriais que utilizam somente materiais reciclados como matérias-primas virgens. Nessa etapa a maior participação é das empresas, com poucas cooperativas inseridas.

### **3.3.3 Compostagem**

Dentre as técnicas 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 (Centro de Operações e Apoio das Promotorias de Meio Ambiente, 2013).

De acordo com a NBR 13.591 (ABNT, 1996), a compostagem é 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.

Os resíduos sólidos domiciliares no Brasil apresentam alto percentual de resíduos orgânicos formados por restos de comida e cascas de frutas e legumes e

além de resíduos de jardinagem (MMA, 2010). Devido, a maior fração dos resíduos sólidos domésticos serem orgânica, cerca de 50%, o processo ideal para o tratamento é a compostagem (SCHMITZ, 2012).

De acordo com Malvestio (2009) os resíduos orgânicos compostáveis podem se classificar em dois grupos:

- I. Aqueles que contêm maior proporção de carbono em relação ao nitrogênio, que possuem como características: cor acastanhada, com baixo teor de umidade e de decomposição lenta.
- II. Aqueles que têm maior proporção de nitrogênio, que possuem como características: cor verde, alto teor de umidade e decomposição mais rápida que os castanhos.

A decomposição da matéria orgânica, sob condições ótimas de umidade, aeração e temperatura, é rápida e resulta em um produto com boas características químicas, podendo ser usado na agricultura e em jardinagem (EMBRAPA, 2000).

Malvestio (2009) destaca que para o bom andamento do processo de compostagem é importante que alguns aspectos sejam observados, tais como:

- *Aeração*: É necessária para que a atividade biológica entre em ação, possibilitando a decomposição da matéria orgânica de forma mais rápida (processo aeróbio). É interessante que sejam feitos revolvimentos a cada 02 (dois) ou 03 (três) dias. O reviramento da pilha faz liberar o excesso de umidade.
- *Temperatura*: O processo inicia à temperatura ambiente (situação mesófila), mas com passar do tempo e à medida que a ação microbiana se intensifica a temperatura se eleva, podendo atingir valores em torno de 60°C (situação termófila). A fase termófila é importante para a eliminação dos micróbios patogênicos e sementes de plantas doentes. Depois que a temperatura atinge este pico inicia-se um processo de abaixamento da temperatura chegando a valores próximos de 30°C.
- *Teor de Umidade*: O ideal é que não exceda a 50% em peso, durante o processo de compostagem. Se houver uma diminuição da umidade a atividade biológica será reduzida, por outro lado, se for muito elevada a geração biológica será prejudicada, podendo ocorrer anaerobiose (respiração celular na ausência de oxigênio), situação em que há produção de chorume. Para evitar esse problema é preferível que o local ou a própria composteira seja coberto. Para testar se a umidade está no teor adequado (50%) deve-se retirar um punhado de composto e espremer na mão, se formar apenas um bolo, mas não sair água, o material está

seco e deve ser regado. Se escorrer água por entre os dedos, está encharcado e deve ser espalhado para secar e, se apenas deixar sua mão úmida, a umidade está correta.

- *Granulometria*: Resíduos com dimensões grandes demoram muito para serem compostados, portanto é interessante que se pique os resíduos maiores (cascas de laranja, folhas e galhos grandes), o que pode ser feito com a ajuda de triturador. Porém, dimensões muito pequenas também são ruins, pois facilita a compactação da pilha de compostagem, o que pode levar a situação de anaerobiose nas camadas inferiores. Uma dimensão adequada são partículas com diâmetro médio de 3,5 cm.
- *Relação C/N (Carbono/Nitrogênio)*: Esses dois elementos químicos são de extrema importância para a atividade microbiana, pois o carbono é a fonte básica de energia e o nitrogênio fonte básica para a respiração protoplasmática. A relação mais interessante é de 30/1, pois os microrganismos absorvem o carbono e nitrogênio sempre na relação 30/1.

Esse produto final da decomposição é comumente utilizado para fins agrícolas, devendo deter de características físicas e químicas que facilitem o seu uso como fertilizante e/ou condicionador de solos, não podendo conter contaminação com metais pesados ou patógenos, uma vez que, havendo tais contaminantes, somente poderá ser empregado na adubação de plantas ornamentais e flores (OLIVEIRA, 2008).

### 3.4 USINA DE TRIAGEM E COMPOSTAGEM

A Usina de Triagem e Compostagem (UTC) é o local onde ocorre o processo de separação dos resíduos sólidos. Essa segregação pode ser feita manual ou automaticamente, ou mesmo semiautomática.

A UTC compõe-se de um conjunto de estruturas físicas edificadas como galpão de recepção e triagem de resíduos sólidos, pátio de compostagem, galpão para armazenamento de recicláveis, unidades de apoio (escritório, almoxarifado, instalações sanitárias/vestiários, copa/cozinha). Outras unidades também fazem parte da unidade, como valas de aterramento de rejeitos (FEAM, 2006).

De acordo com Santos (2016) as UTC's implantadas no país possuem características diferentes, sendo algumas mais simples e outras mais sofisticadas.

As usinas mais simples são aquelas, em que todo o processo de triagem é realizado manualmente, e o processo de compostagem é realizado em leiras, com reviramento manual. Nas usinas mais sofisticadas são empregados equipamentos mecanizados, como esteiras mecanizadas, trituradores de resíduos, baias de compostagem com insuflamento de ar para aeração da matéria orgânica.

Segundo SCHMITZ (2012) nos processos de triagem seguido por compostagem, em uma usina de triagem e compostagem, são realizadas as seguintes operações:

- *Recepção dos resíduos*: Local onde é realizada a descarga dos caminhões coletores, onde os resíduos permanecem, temporariamente, até passarem para a etapa seguinte.
- *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, essa operação localiza-se no final da esteira de triagem, com objetivo de triturar a fração orgânica.
- *Transporte dos inertes*: Geralmente realizado com carrinhos de mão, os inertes são colocados em baias e em seguida são enfardados.
- *Transporte da matéria orgânica*: A matéria orgânica é levada para o pátio de compostagem para que seja dado início ao processo de compostagem.
- *Transporte dos rejeitos*: Os materiais que não são enquadrados nos processos de reciclagem ou compostagem são descartados e dispostos no aterro sanitário.

Uma UTC só deve ser implantada, através da indicação de estudos técnicos e econômicos, levando-se em consideração a disponibilidade de área para aterros, mercado para o composto, custo da instalação e valor de mercado dos materiais potencialmente recicláveis (MELO, 2011)

### **3.4.1 Viabilidade econômica da implantação de uma usina de triagem e compostagem**

A viabilidade econômica da exploração desse setor veio principalmente do aumento considerável do nível de consumo nos centros urbanos nos últimos anos, o que acarretou, por um lado, o aumento de materiais a serem descartados na mesma proporção e, por outro, o encarecimento gradativo de matérias-primas para a produção dos produtos de consumo em geral, cada vez mais demandados na sociedade. Com isso, novas tecnologias foram desenvolvidas para possibilitar a transformação de resíduos em matérias-primas que retornam para o processo produtivo (IPEA, 2013).

Fazendo um comparativo à análise realizada por Freire (2010) do processo de reciclagem, com as operações desenvolvidas em uma usina de triagem e compostagem, esses processos têm implicações e desdobramentos em outras diferentes esferas, como: Organização espacial; Preservação e o uso racional dos recursos naturais; Conservação e economia de energia; Geração de empregos; Desenvolvimento de produtos; Finanças públicas; saneamento básico e proteção da saúde pública e a Redução de desperdícios.

Para Silva (2016) os custos de uma coleta seletiva são sempre mais altos que o custo de uma coleta convencional, porém, numa eventual comparação não devemos levar em conta apenas se o valor da venda do material será o suficiente para cobrir os custos maiores.

Desta forma devem-se levar em consideração de acordo com Freire (2010) os custos evitados pelo município com a coleta seletiva, reciclagem e compostagem, apresentados sob a forma de redução do volume dos resíduos sólidos encaminhado para os aterros sanitários.

Como também na redução de gastos com a saúde pública, pois, como por exemplo, se um catador de materiais recicláveis passa a trabalhar em uma situação digna, não mais no lixão, dentro do lixo, ele estará menos propenso a necessitar dos serviços de saúde no município.

Um fator importante a ser analisado são os benefícios econômicos gerados na cadeia produtiva do processo da reciclagem, que podem ser calculados com base na diferença entre os custos gerados pela produção a partir de matéria-prima

virgem e os custos gerados para a produção dos mesmos bens a partir de material reciclável.

O Instituto de Pesquisas Econômicas Aplicadas desenvolve esse comparativo conforme descrito na Tabela 2.

**Tabela 2** – Estimativa dos benefícios econômicos da reciclagem.

Material	Custo de Produção		Benefício líquido (R\$/ton)
	Primária (R\$/ton)	Custo de produção a partir da reciclagem (R\$/ton)	
Aço	552,00	425,00	127,00
Alumínio	6.162,00	3.447,00	2.715,00
Celulose	687,00	357,00	330,00
Plástico	1.790,00	626,00	1.164,00
Vidro	263,00	143,00	120,00

Fonte: Adaptado de IPEA (2013).

A utilização de material reciclado representa significativo benefício econômico para os custos dos insumos, sobretudo em relação a plásticos, alumínio e celulose, nos quais a proporção do ganho é muito elevada. O estudo concluiu que há um espaço não aproveitado para a geração de renda estimada da ordem de R\$ 8 bilhões por ano na economia brasileira, caso se universalizasse a reciclagem desses materiais (IPESA, 2013).

### 3.5 GERENCIAMENTO INTEGRADO DE RESÍDUOS SÓLIDOS

Gerenciamento Integrado de Resíduos Sólidos Urbanos (GRSU) é em síntese, o envolvimento de diferentes órgãos da administração pública e da sociedade civil com o propósito de realizar a limpeza urbana, a coleta, o tratamento e a disposição final do lixo, elevando assim a qualidade de vida da população e promovendo o asseio da cidade, levando em consideração as características das fontes de produção, o volume e os tipos de resíduos (IBAM, 2001).

Para Junior (2006) o gerenciamento integrado de resíduos sólidos urbanos é um método de gerenciamento que exige articulação e integração entre os sistemas

político, empresarial e da sociedade civil organizada para a superação de fatores restritivos ao equacionamento da problemática dos Resíduos Sólidos Urbanos.

Na gestão dos resíduos sólidos, a sustentabilidade ambiental e social se constrói a partir de modelos e sistemas integrados, que possibilitem tanto a redução dos resíduos sólidos gerado pela população, como a reutilização de materiais descartados e a reciclagem dos materiais que possam servir de matéria-prima para a indústria, diminuindo o desperdício e gerando renda (GALBIATI, 2012).

De acordo com a Política Nacional de Resíduos Sólidos, a gestão integrada de resíduos sólidos é caracterizada como o conjunto de ações voltadas para a busca de soluções para esses resíduos, de forma a considerar as dimensões política, econômica, ambiental, cultural e social, com controle social e sob a premissa do desenvolvimento sustentável (BRASIL, 2010).

### 3.6 POLÍTICA NACIONAL DE RESÍDUOS SÓLIDOS

Após décadas de discussões, em 02 de agosto de 2010 foi promulgada a Lei 12.305, que institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS).

A PNRS é mais um instrumento que veio para fortalecer o direito constitucional em que:

Todos têm direito ao meio ambiente ecologicamente equilibrado, bem de uso comum do povo e essencial à qualidade de vida, impondo-se ao Poder Público e à coletividade o dever de defendê-lo e preservá-lo para presentes e futuras gerações (art. 225, Constituição Federal, 1988).

Estão sujeitas à observância da Lei 12.305 de 2010 as pessoas físicas e jurídicas, de direito público ou privado, responsáveis, direta ou indiretamente, pela geração de resíduos sólidos e aquelas que desenvolvem ações relacionadas à gestão integrada ou ao gerenciamento de resíduos sólidos.

Como já é previsto no Art. 10º da Lei 12.305 de 2010 “Incumbe ao Distrito Federal e aos Municípios a gestão integrada dos resíduos sólidos gerados nos respectivos territórios, sem prejuízo das competências de controle e fiscalização dos órgãos federais e estaduais do SISNAMA, do SNVS e do SUASA, bem como da responsabilidade do gerador pelo gerenciamento de resíduos, consoante o estabelecido nesta Lei”.

A PNRS exige que estados e municípios apresentem seus respectivos planos para que possam firmar convênios e contratos com a União para repasses de recursos nos programas da União ou por ela controlados, destinados a empreendimentos e serviços relacionados à limpeza urbana e ao manejo de resíduos sólidos ou para serem beneficiados por incentivos ou financiamentos de entidades federais de crédito ou fomento para tal finalidade.

### 3.7 PLANO MUNICIPAL DE GERENCIAMENTO INTEGRADO DE RESÍDUOS SÓLIDOS DE SOLEDADE

O Plano Municipal de Gerenciamento Integrado de Resíduos Sólidos de Soledade (PMGIRS) insere-se na PNRS, para municípios com menos de 20.000 (vinte mil) habitantes, com conteúdo simplificado, na forma do regulamento.

O objetivo será a proteção à saúde pública e da qualidade ambiental, que surgirão como consequência dos novos hábitos inseridos na comunidade através de políticas públicas, bem como por meio do gerenciamento dos resíduos sólidos a partir de então, que passarão a ser reaproveitados e reciclados, ao passo que apenas os rejeitos deverão ter disposição final ambientalmente adequado (PMGIRS, 2013).

Segundo Batista (2015) o Plano Municipal de Gerenciamento de Resíduos Sólidos de Soledade tem uma perspectiva socioambiental, em que busca reduzir, de forma considerável, os impactos ambientais negativos, como também possibilitar a introdução de renda e situação digna de trabalho para os catadores de materiais recicláveis da cidade. Com a proposta de implantação da coleta seletiva, ocorrerá a inclusão dos catadores de materiais recicláveis e a destinação ambientalmente correta dos rejeitos.

A coleta seletiva, segundo o PMGIRS (2013), se fundamenta na segregação prévia na origem dos resíduos sólidos em três níveis básicos: recicláveis, orgânicos e rejeitos. Essa metodologia de segregação ampara a sistemática estrutural dos aspectos relativos à coleta, ao transporte, à disposição e destinação final. Conseqüentemente, a coleta deverá recolher os resíduos sólidos e dispô-los separados para que na Unidade de Gerenciamento Integrado de Resíduos Sólidos Urbanos (UGIRSU), realize a disposição e destinação finais conforme preceitua a PNRS.

A UGIRSU é uma obra de engenharia civil, sanitária e ambiental, de acordo com o PMGIRS (2013), que possivelmente se localizará no Sítio São Gonçalo à aproximadamente 3,5 km do centro da cidade. Essa unidade é desenvolvida e planejada, com o objetivo de receber os resíduos sólidos previamente da coleta seletiva e oferecer disposição final adequada, para a massa que ainda não possui viabilidade econômica ou sanitária para serem reciclados, os rejeitos.

Conforme o PMGIRS (2013) foi verificado a existência de 23 catadores organizados, burocraticamente, em uma associação sob a denominação de Associação dos Agentes Ambientais e Prestadores de Serviço do Município de Soledade (ASASP). No entanto, esses ainda não possuem nenhum tipo de trabalho coordenado em equipe.

A proposta contida no plano é que os resíduos sólidos recicláveis e orgânicos sejam destinados para uma UGIRSU. Ficando a cargo da associação, com o apoio do poder público municipal, o processo de gestão, assim como a comercialização dos materiais potencialmente recicláveis e do composto orgânico formado.

## **4 METODOLOGIA**

### **4.1 ÁREA DE ESTUDO**

#### ***4.1.1 Aspectos Históricos***

Segundo FILHO (1974), no livro “Malhado das Areias Brancas”, o processo de origem e evolução do município de Soledade ocorreu de maneira curiosa e diferente do surgimento de outros municípios paraibanos, pois se originou a partir da construção de um cemitério do qual se formou um aglomerado de casas.

Com o passar dos anos aquelas habitações constituíram um núcleo habitacional que progressivamente foi criando condições de trabalho e sobrevivência para os que decidiam viver naquela localidade, até então denominada Malhada das Areias Brancas e depois se originou o núcleo inicial da cidade conhecida por Vila de Soledade (FILHO, 1974).

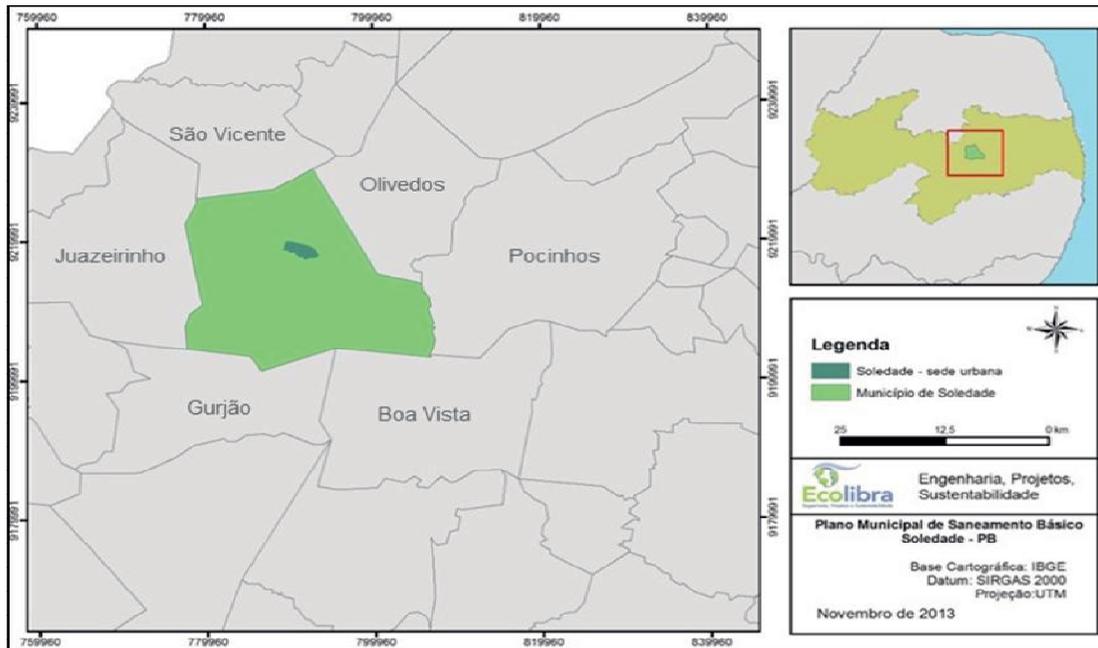
Em 03 de outubro de 1879 foi criado, pela Lei Provincial Nº 682, o Distrito de Soledade que em 24 de setembro de 1885 foi elevada à categoria de cidade sede do Município.

#### ***4.1.2 Localização***

Com uma área total de 560,044 km<sup>2</sup>, possui uma densidade demográfica de 24,53 hab.km<sup>-2</sup> e uma altitude de 521 m acima do nível do mar e coordenadas geográficas 07°03'34.80" S e 036°21'48.60" W. Sendo a sede do município localizada na área central do município (IBGE, 2017).

Segundo o Plano Municipal de Gerenciamento de Resíduos Sólidos (2013), o município está localizado (Figura 2) a aproximadamente 186,2 km da capital do estado (João Pessoa) e a 57,9 km da segunda cidade mais importante do estado (Campina Grande). Limita-se, ao norte com os municípios de São Vicente do Seridó (a 17 km) e Oivedos (a 24 km); ao sul com Gurjão (a 32 km); ao leste com Boa Vista (a 29 km) e Pocinhos (a 36 km) e ao oeste com Juazeirinho (a 25 km).

**Figura 2 – Localização da sede urbana de Soledade, PB.**



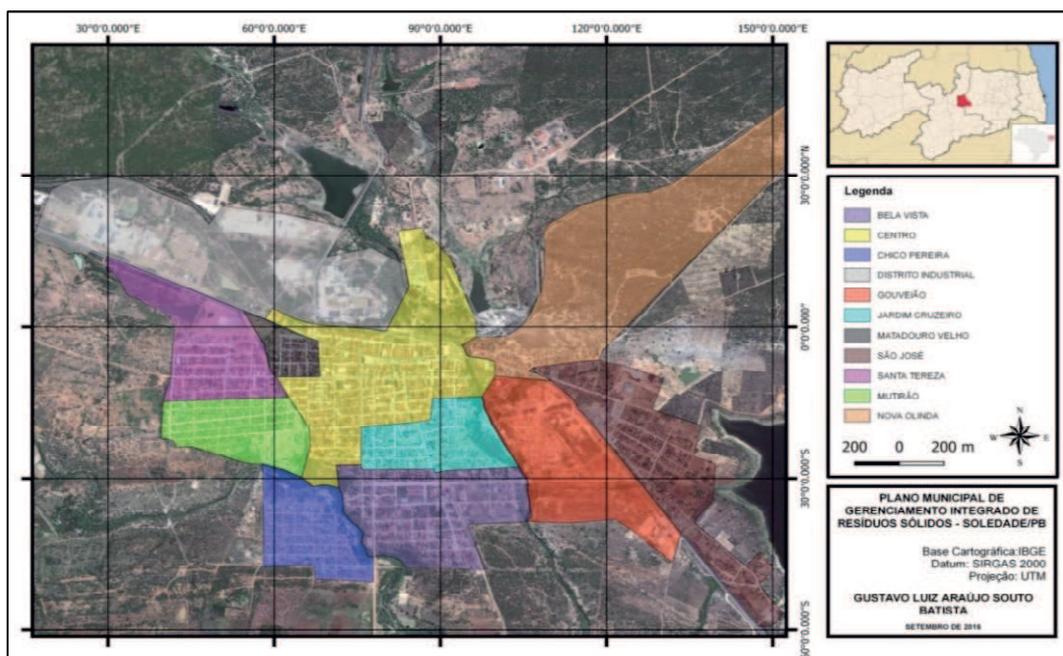
Fonte: PMSB (2014).

O quadro econômico sofre influência direta de sua localização já que o município é atravessado pelas rodovias PB 176, que liga Soledade à cidade de Gurjão e outras cidades do Cariri paraibano, e a PB 177, que liga o município à cidade de São Vicente do Seridó e outras cidades da região do Curimataú e do Rio Grande do Norte.

Além disso, é cortado ao meio pela BR-230, que atravessa o Estado da Paraíba na direção leste/oeste, do Litoral ao sertão, e se estende aos estados do Ceará, Piauí, Maranhão, Pará e Amazonas, constituindo um prolongamento da Rodovia Transamazônica.

O município de Soledade encontra-se dividido em 11 bairros: Distrito Industrial, Jardim Cruzeiro, Santa Tereza, Mutirão, Matadouro Velho, Centro, Alto da Bela Vista, Chico Pereira, Nova Olinda, Alto São José, Gouveião (Figura 3). Se enquadrando como parte urbana tem-se o Distrito de Bonsucesso, localizado a 18 km da sede do município (PMGIRS, 2013).

**Figura 3** – Divisão dos Bairros de Soledade, PB.

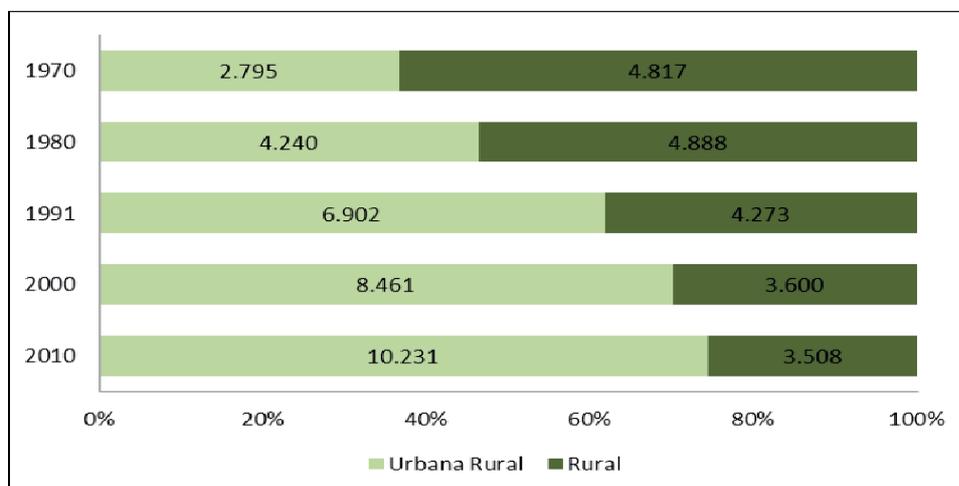


Fonte: Batista (2017).

#### 4.1.3 População

Segundo dados do IBGE a população de Soledade, desde a década de 1970, aumentou em cerca de 80% passando de 7.612 habitantes para 13.739 em 2010 (Figura 4). Estima-se que em 2017 a população de Soledade seja de 14.914 habitantes.

**Figura 4** – Evolução da população de Soledade pelos censos demográficos de 1970, 1980, 1991, 2000 e 2010.



FONTE: <http://www.ibge.gov.br>

#### 4.1.4 Estimativa de População

Para que o PMGIRS tenha sustentabilidade é necessário estimar a população para um determinado tempo de projeto, pois o dimensionamento de produção de resíduos sólidos é feito em valores unitários *per capita*.

Com o crescimento populacional, a demanda do sistema operacional da infraestrutura da gestão dos resíduos sólidos aumentará proporcional, e um subdimensionamento do sistema poderá causar impactos financeiros, ambientais e de saúde pública, inviabilizando o sistema por um longo tempo.

O crescimento populacional foi estimado para um horizonte de 20 anos, utilizando o método aritmético para estimar a taxa de crescimento.

Obteve-se uma taxa de crescimento de 167,8 habitantes por ano, sendo observada uma diminuição da população rural a uma taxa de menos 9,2 habitantes por ano e de 177,0 habitantes por ano na zona urbana (Tabela 3).

**Tabela 3** – Taxa de crescimento da população de Soledade, PB.

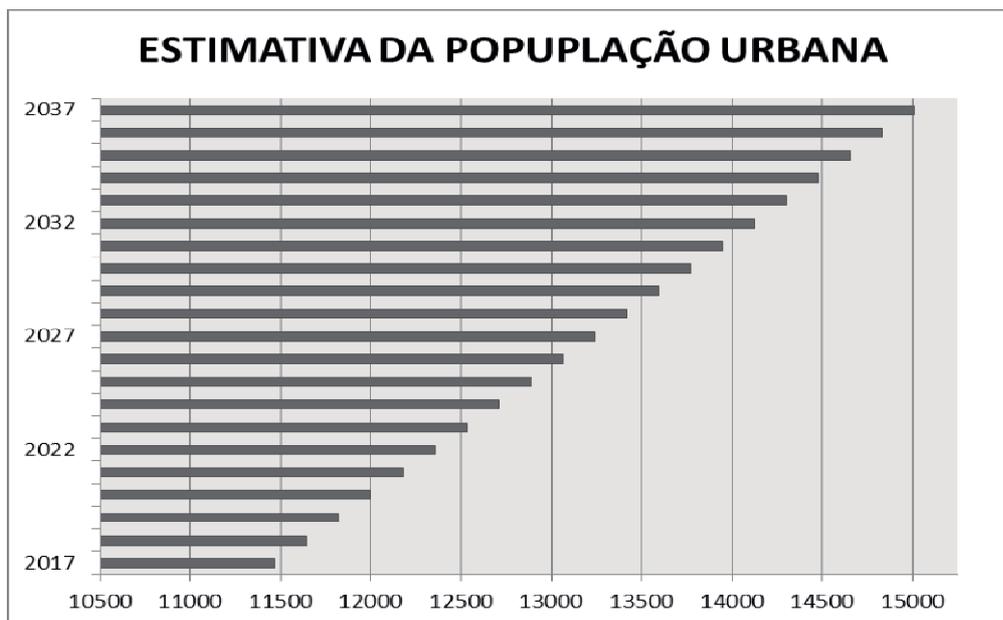
Ano	Pop. Total	Pop. Urbana	Pop. rural
2000	12.061	8.461	3.600
2010	13.739	10.231	3.508
Ka	167,8	177,0	-9,2

Fonte: Batista (2017).

Estima-se que a zona urbana de Soledade no ano de 2037 poderá ter uma população de quase 15,5 mil habitantes (Figura 5).

No horizonte de 20 anos a população municipal de Soledade ultrapassará 18 mil habitantes, tendo um crescimento negativo na zona rural, sendo que 15.010 mil habitantes serão residentes na zona urbana e 3.260 mil habitantes na zona rural.

**Figura 5 –** Projeção da população urbana de Soledade dos anos de 2017 a 2037.



Fonte: Batista (2017).

#### **4.1.5 Dados Climatológicos e Hidrológicos**

O estado da Paraíba, por sua localização dentro da faixa equatorial, é submetido à incidência de alta radiação solar com grande número de horas de insolação. Tal condição determina um clima quente, temperatura média anual de 26°C, pouca variação interanual e uma distribuição espacial da temperatura altamente dependente do relevo (PARAÍBA, 2011).

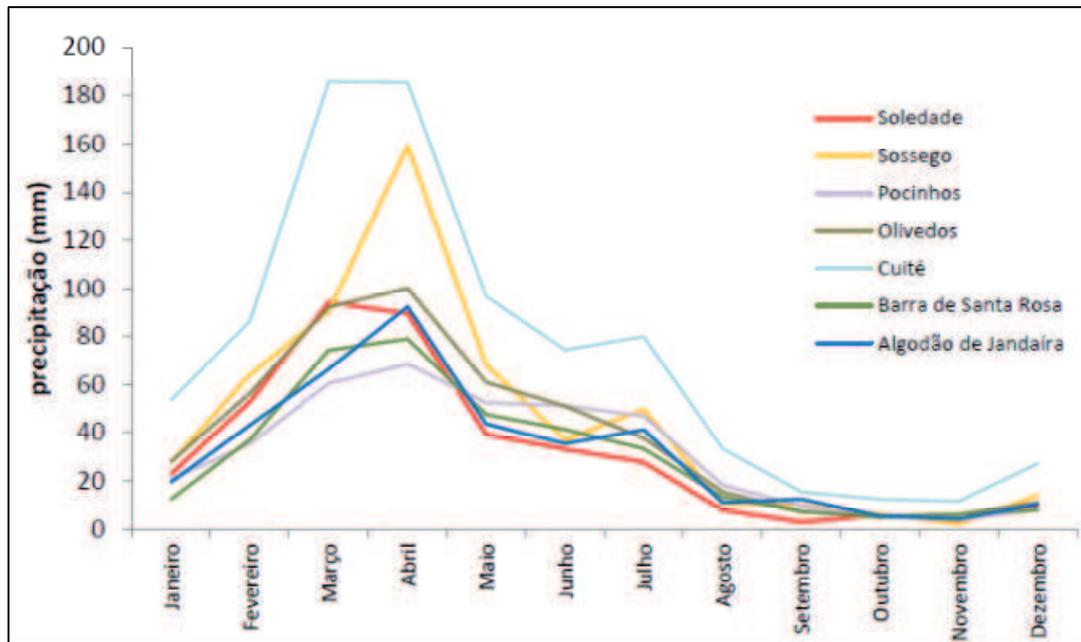
Soledade apresenta um clima quente e seco, mas muito ameno na estação das chuvas, de março a agosto, quando a temperatura decresce à 18°C. Durante o verão, a temperatura chega a alcançar 36°C, à sombra. Mesmo nessa época, as noites são suaves devido aos ventos alísios (PMSB, 2014).

Na Figura 6 é possível observar a série de precipitação ao longo dos meses, sendo os meses mais chuvosos de fevereiro a abril. Já entre agosto e dezembro ocorrem precipitações próximas de zero, evidenciando o período de estiagem.

O Município de Soledade, segundo Vieira (2010), sofre com a escassez de água, em que grande parcela da população é excluída dos serviços básicos de saneamento, caracterizando-se por altos índices de pobreza e alta taxa de emigração.

Conforme Vieira (2010) o índice pluviométrico de Soledade é de 300 mm em curta estação chuvosa, com até 11 meses de seca, considerado uma das zonas mais secas do Estado. Além disso, a presença de águas subterrâneas no município muito frequente é salobra, inviabilizando o consumo humano e dessedentação animal.

**Figura 6** – Séries históricas mensais registradas nos postos pluviométricos da microrregião do Curimataú Ocidental.



Fonte: PMSB (2014).

Quase 100% da área do município de Soledade está inserido na sub-bacia hidrográfica do rio Taperoá no semiárido paraibano. Esta bacia drena uma área em torno de 7.316 km<sup>2</sup>, e localiza-se na parte central do Estado da Paraíba. Seu principal rio é o Taperoá, de regime intermitente, que nasce na Serra de Teixeira e desemboca no rio Paraíba, no açude Eptácio Pessoa. O clima da bacia, segundo a classificação de Koeppen, é semiárido quente. Os dados pluviométricos indicam que a região apresenta precipitações médias que variam entre 350 e 600 mm (LACERDA, 2005).

## 4.2 DADOS DE DIMENSIONAMENTO DAS UNIDADES PROPOSTAS

### 4.2.1 Análise Gravimétrica

Os dados de análise gravimétrica foram obtidos a partir do estudo realizado para o PMGIRS (2013), no lixão municipal de Soledade localizado a aproximadamente 2,5 km do centro. Determinaram-se as características dos resíduos coletados, que servirão de subsídio para as tomadas de decisões quanto ao planejamento do gerenciamento futuro dos resíduos sólidos, e no dimensionamento dos transportes de coleta, das unidades de destinação e disposição final e tratamento.

A NBR 10.007 de 2004 estabelece os procedimentos a serem tomados para amostragem de resíduos sólidos. De acordo com o PMGIRS (2013) para a realização da análise gravimétrica foram selecionados dias e horários, de tal forma que fosse possível realizar o estudo de todas as características dos resíduos sólidos urbanos.

O Quadro 2 refere-se aos resultados, em síntese, da composição gravimétrica dos RSD coletados na zona urbana da cidade.

**Quadro 2** - Resultados da composição gravimétrica dos resíduos sólidos urbanos no município de Soledade, PB.

Material	Massa (kg)	Fração (%)	Percentual (%)	Tipologia
Plástico Mole	12,85	9,31	42,14	<b>RECICLÁVEIS</b>
Plástico Duro	19,1	13,84		
Papel	3,2	2,32		
Papelão	12,2	8,84		
Metal	7,1	5,14		
Vidro	3,7	2,68		
Matéria Orgânica	54,6	39,57	39,57	<b>ORGÂNICOS</b>
Fralda/Pap. Higiénico/Absorvente	21,55	15,62	18,30	<b>REJEITOS</b>
Roupas e Tecidos	3,7	2,68		
<b>TOTAL</b>	<b>138</b>	<b>100,0</b>	<b>100,0</b>	

FONTE: Adaptado de PMGIRS (2013).

#### **4.2.2 Geração Per Capita**

Segundo o PMGIRS (2013) a produção *per capita* de resíduos sólidos da população de Soledade é de 0,651 kg.hab<sup>-1</sup>.dia<sup>-1</sup>. No entanto, o próprio plano ressalta que esse valor não retrata a quantidade de resíduos sólidos urbanos gerados por cada habitante por dia, mas a quantidade que é coletada em cada domicílio e são depositados no lixão da cidade. Uma vez que existem vários focos de deposição clandestinos espalhados por todo o perímetro urbano, uma vez que para essa estimativa foram considerados apenas os resíduos destinados ao lixão.

Dessa forma, será considerado, para efeito de cálculo no município de Soledade/PB, o valor de geração médio *per capita* do estado da Paraíba indicado pela ABRELPE (2015) de 0,894 kg.hab<sup>-1</sup>.dia<sup>-1</sup>.

#### **4.2.3 Usina de Triagem e Compostagem**

Foram analisadas, por meio de pesquisas bibliográficas, diversas tipos de UTC's, com a finalidade de escolher o processo mais eficiente, que apresentasse bons resultados de tratamento dos RSU, por meio do processo de reciclagem e compostagem, que se adeque as características de Soledade.

O orçamento de implantação e operação foi baseado nos valores apresentados por empresas fornecedoras dos equipamentos, além da tabela do Sistema Nacional de Pesquisa de Custos e Índices da Construção Civil – SINAPI. Como, também, por pesquisa de orçamentos de municípios que apresentassem características comparáveis com o município em estudo.

### **4.3 ANÁLISE DO POTENCIAL ECONÔMICO**

Foi realizada uma simulação da viabilidade econômica da implantação da Usina de Triagem e Compostagem no município de Soledade, por meio da consideração que as despesas mensais fixas poderão ser reajustadas em até 7% ao ano. O estudo de viabilidade econômica considerou as receitas e despesas projetadas estimadas nos 5 (cinco) primeiros anos do projeto, de 2017 a 2022.

## 5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 5.1 DIAGNÓSTICO DA COLETA DE RESÍDUOS

A coleta de resíduos urbanos no município de Soledade foi feita diariamente na zona urbana do município, de segunda-feira a domingo. Nos dias de coleta a logística de transporte executava o serviço em dois turnos, transportando os resíduos pela manhã, a partir das 6h, e no início da tarde, a partir das 14h.

Para a coleta diária dos resíduos sólidos urbanos, o município teve à disposição um caminhão caçamba da marca Mercedes-Benz, além de um carroção e um “escrepe” basculante que pode ser acoplado a um trator, ambos, propriedade do município. O caminhão e o trator foram operados com três garis e um motorista. Em síntese a coleta, segundo o PMGIRS (2013), transporte e destinação final dos resíduos sólidos urbanos da cidade de soledade foram realizadas como descrito no Quadro 3.

**Quadro 3** – Síntese da logística do sistema de coleta, transporte e destinação dos resíduos sólidos urbanos de Soledade, PB.

Tipo de Resíduo Sólido	Setor	Dias de Coleta	Destinação Final	Equipe	Tipo de Veículo
Doméstico	Zona Urbana	Terça, quinta e sábado	Lixão	12 Funcionários <sup>(1)</sup>	Caçamba Mercedes Benz/Trator com Carroção
Varição	Zona Urbana	Segunda à sexta	Lixão	11 Funcionários <sup>(2)</sup>	Carrinhos de Varição/ Caçamba Mercedes Benz
Poda	Zona Urbana	Segunda, quarta e sexta	Lixão	8 Funcionários <sup>(1)</sup>	Caçamba Mercedes Benz
Tambores	Zona Urbana	Segunda, quarta e sexta	Lixão	8 Funcionários <sup>(1)</sup>	Caçamba Mercedes Benz

FONTE: Adaptado do PMGIRS (2013). <sup>(1)</sup> três (3) motoristas e nove (9) garis. Sendo que a equipe da caçamba era formada por dois (2) motoristas e seis (6) garis. E a equipe do trator composta por um (1) tratorista e três (3) garis. <sup>(2)</sup> 11 funcionários da varrição, mas trabalhando efetivamente diariamente foram nove (9) garis na varrição, pois eles revezaram mensalmente as férias.

## 5.2 SITUAÇÃO DO LIXÃO MUNICIPAL

Segundo o PMGIRS (2013) o atual lixão de Soledade (Figura 7) entrou em operação após a desativação do antigo lixão, por volta do ano de 2005. Possui uma área de aproximadamente 4,3 ha, sem incorporar o entorno que recebe todos os impactos negativos causados por este ambiente. Localiza-se a 2,5 km do centro da cidade.

**Figura 7** – Lixão de Soledade, PB.



FONTE: Batista (2017).

Além da poluição do ar, do solo e dos lençóis freáticos, o lixão localiza-se em uma área de drenagem da bacia hidrográfica que contribui para o maior açude da cidade, Açude José Américo, e do Açude dos Negrinhos, que possui um grande valor histórico para a cidade. Esses mananciais são usados para a dessedentação animal e para a pesca.

Foi observada a presença de onze (11) catadores que sobrevivem do lixão selecionando materiais recicláveis, além de crianças que acompanham os pais nessa prática. Além de oito (8) barracas fixas dos catadores, onde eles passam o dia e no fim da tarde retornam às suas casas.

Foi constatada a presença de animais como: porcos, bodes, galinhas, cachorros e gatos, que são criados nas proximidades do lixão e se alimentam dos materiais orgânicos que chegam ao local (Figura 8).

**Figura 8** – Presença de animais no lixão do município de Soledade, PB.



FONTE: Batista (2017).

Não há nenhum tipo de isolamento (muros, cercas) que proteja as pessoas ou os animais de entrarem em contato com este ambiente. Os despejos sólidos produzidos na sede municipal são depositados nessa área sem cobertura alguma, ou proteção do solo.

Os materiais mais leves, como plástico filme, são rapidamente dispersos em toda área do entorno do lixão. Há contaminação evidente das primeiras camadas de solo, sendo necessária uma avaliação mais acurada do perfil geotécnico da área para obter precisão da magnitude dos danos causados.

### 5.3 PROJEÇÃO DE PRODUÇÃO DOS RESÍDUOS SÓLIDOS DOMÉSTICOS

De acordo com estudos realizados pelo PMGIRS a massa específica aparente dos resíduos sólidos domésticos urbanos de Soledade é  $234,30 \text{ Kg.m}^{-3}$ . Com isso, encontramos um peso específico de 2,30 kN.

Comparando com estudos realizados por Silveira (2004) podemos constatar a coerência do resultado, pois está similar aos resultados de peso específico de Resíduos Sólidos Domésticos (RSD) não compactados.

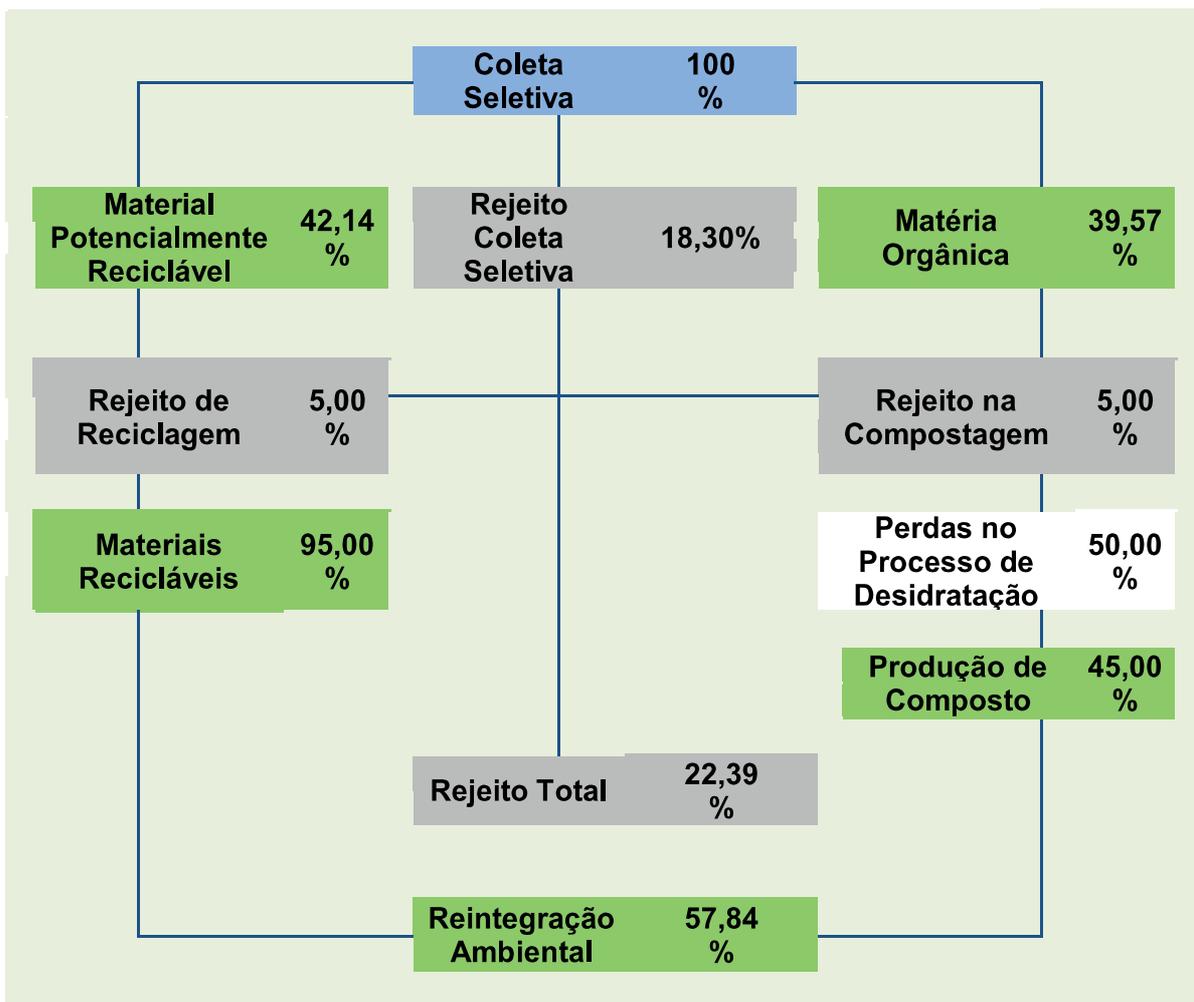
Levando em consideração a projeção da população urbana do ano de 2017 até 2037 e a geração *per capita*, podemos projetar a produção de RSD no município de Soledade, conforme apêndice A.

### 5.3.1 Projeção da Produção de Rejeitos, Recicláveis e Resíduos Orgânicos

Para a projeção da geração da produção desses resíduos deve-se levar em consideração bem mais que os percentuais da composição. Uma vez que no processo de triagem e compostagem parcelas desses resíduos são consideradas como perda ou rejeito. Sendo assim, deve-se considerar que os rejeitos são constituídos pelas parcelas da coleta seletiva e pelos rejeitos dos processos de triagem e compostagem.

A Figura 9 sintetiza os percentuais estimados de resíduos sólidos gerados (recicláveis, orgânicos e rejeitos) em Soledade, e as perdas nos processos de triagem e compostagem.

**Figura 9** - Percentuais de resíduos sólidos gerados desde o processo de coleta até a disposição e destinação final.



FONTE: Batista (2017).

### **5.3.1.1 Rejeitos**

A projeção dessa parcela de resíduo se faz necessária para que seja realizado o dimensionamento do aterro de rejeitos.

Para a estimativa do volume e produção dos rejeitos foi considerado que esses resíduos receberam no aterro de rejeitos uma compactação moderada, segundo classificação de Silveira (2004), deixando esses resíduos com uma massa específica aparente de  $642,2 \text{ kg.m}^{-3}$ . O apêndice B sintetiza a produção dos rejeitos no Município até o ano de 2037.

### **5.3.1.2 Recicláveis**

Para estimar a receita decorrente da venda desses produtos, a mão de obra para a triagem e a área necessária para o seu armazenamento é indispensável termos de posse as estimativas da geração e volume da parcela desses resíduos, conforme exposto no Apêndice C.

Considerando que os resíduos potencialmente recicláveis, após a triagem, para facilitar e viabilizar o seu armazenamento e transporte, passaram pelo processo de prensagem, segundo a classificação de Silveira (2004), os resíduos compactados possuem uma média de massa específica aparente na ordem de  $713,4 \text{ kg.m}^{-3}$ .

### **5.3.1.3 Resíduos Orgânicos**

Para dimensionar a área necessária para o pátio de compostagem e, também, a produção do composto orgânico (humos) se faz necessário realizar a projeção da geração e do volume dos resíduos sólidos orgânicos. Foi considerado o peso específico de resíduos antes da decomposição, segundo a classificação de Silveira (2004) é de  $611,4 \text{ Kg/m}^3$ , uma vez que esses tipos de resíduos serão decompostos para formação do composto (humos).

Podemos ver no Apêndice D a estimativa de produção de resíduos sólidos orgânicos no período de 2017 a 2037.

Na projeção da produção do composto orgânico foi considerado que uma massa 50% da umidade desses resíduos irá ser perdida pelo processo de desidratação.

Esses dados são importantes para a realização da estimativa da receita advinda de uma possível comercialização do composto, como também, para projetar pátio de compostagem, as dimensões das leiras e o galpão de armazenamento. Sendo assim, temos no apêndice D a estimativa da produção de composto orgânico.

#### 5.4 FUNCIONAMENTO DA USINA DE TRIAGEM E COMPOSTAGEM

Os resíduos sólidos urbanos chegaram a UTC por meio dos caminhões que realizaram a coleta seletiva no município, e passaram por uma balança para o controle da pesagem dos resíduos.

Em seguida os caminhões descarregaram as parcelas de resíduos orgânicos e recicláveis no silo de descarga, e os rejeitos no aterro de rejeitos.

O silo de descarga deve ser construído, preferencialmente, em uma cota superior ao da triagem para facilitar o escoamento dos resíduos até a mesa de triagem. Após a descarga, os resíduos foram encaminhados para a triagem, onde houve a separação das diversas categorias de resíduos: Orgânicos e recicláveis. Vale salientar que os resíduos devem ser rigorosamente separados.

Os resíduos recicláveis foram encaminhados à mesa de triagem, que deve ter uma altura de 90 cm, para que possibilite uma adequada operacionalização dos funcionários. Para o armazenamento dos materiais triados, os funcionários foram organizados à mesa em suas laterais bombonas de plástico de 200 litros, as quais são ideais, por sua massa, durabilidade e pela facilidade no manejo para a higienização.

Após a triagem dos resíduos, estes foram armazenados nas baias de recicláveis, até que fosse dada a destinação final adequada. As baias tinham cobertura fixa e eram localizadas em local de fácil acesso por veículos que carregaram os materiais para comercialização, além de possibilitar o desenvolvimento das atividades de prensagem e enfardamento dos recicláveis. Os fardos foram separados por tipos de materiais e empilhados de forma organizada. É necessário que nesta área seja instalada um sistema de combate a incêndio.

Os resíduos orgânicos foram conduzidos à unidade de trituração, após serem triturados a matéria orgânica foi encaminhada ao pátio de compostagem, por meio de carros de mão. O pátio de compostagem deverá ser pavimentado e impermeabilizado, além de possuir sistema de drenagem pluvial e permitir a incidência do sol em toda a área.

A disposição da matéria orgânica no pátio de compostagem deve ser formada por leiras cônicas (Figura 10) com diâmetro de 1,5 a 2,0 m e altura de 1,6 m, com espaçamento entre as leiras de 50 cm. Tendo em vista a otimização da utilização da área, quando a produção diária não for suficiente para a formação de uma leira devem-se agregar as contribuições até que se consiga a conformação geométrica nas dimensões de projeto.

**Figura 10** – Leiras cônicas de disposição da matéria orgânica no pátio de compostagem.



FONTE: Google Imagens (2017).

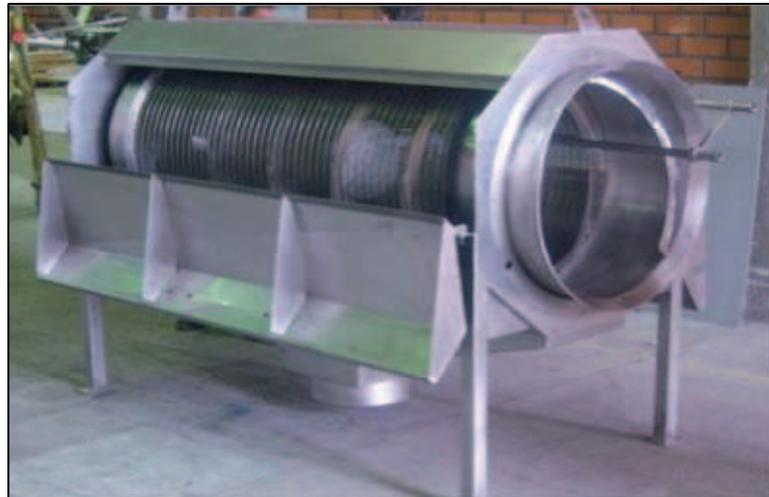
É fundamental que haja a verificação da umidade, caso haja excesso é necessário adicionar palha ou materiais fibrosos e caso o material esteja muito seco, é necessário a adição de água por aspersão. É importante fazer a identificação das leiras até os 90 dias de compostagem com placas numeradas e monitoradas a temperaturas diárias das mesmas durante a fase de degradação ativa, 60 dias, e durante a fase de maturação, 30 dias, até completar o ciclo da compostagem.

Também deve-se promover a aeração das leiras a cada 3 dias, por meio do reviramento manual.

Após a fase de degradação ativa foi iniciada a fase de maturação, na qual o composto maturado passou por peneiramento e em seguida foi estocado.

Com o auxílio de uma peneira rotativa (Figura 11), o peneiramento do composto realizou a homogeneização das partículas, e a separação dos rejeitos, que foram conduzidos a novas leiras ou ao aterro de rejeitos. O composto foi estocado em um local coberto e sobre piso pavimentado, no intuito de resguardar a sua qualidade para posterior utilização ou comercialização.

**Figura 11** – Peneira rotativa de homogeneização do composto orgânico.



FONTE: Google Imagens (2017).

É necessária a existência de valas de aterros de rejeitos, obedecendo às especificações da ABNT NBR 15.849/2010 (Figura 13) na usina de triagem e compostagem, para que sejam depositados os rejeitos da coleta seletiva, como também, os do processo de compostagem e reciclagem.

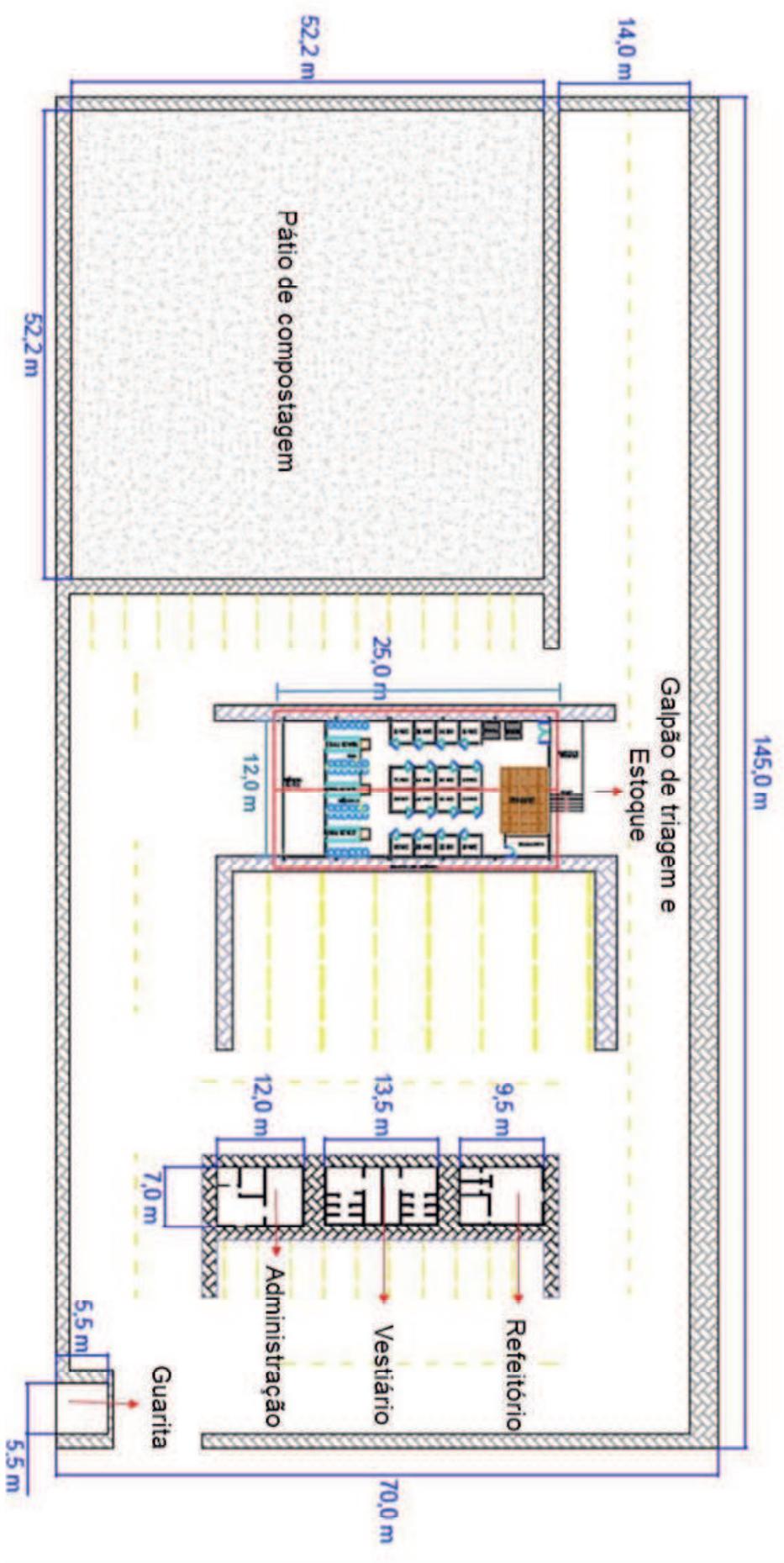
**Figura 13** – Vala de destinação final dos rejeitos.



FONTE: Google Imagens (2017).

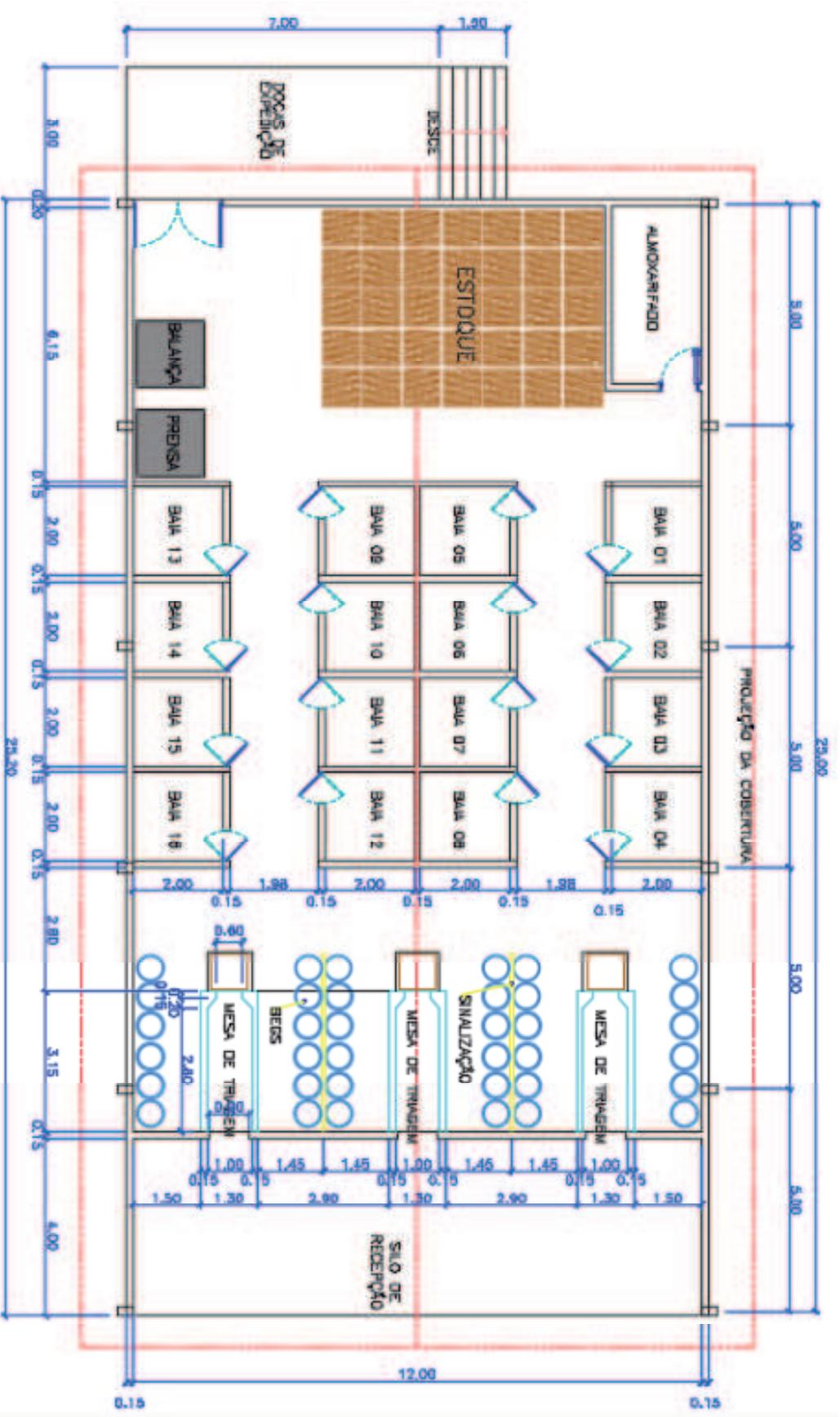
Na UTC deve haver unidades de apoio, que compreende: escritório, cozinha, banheiros e vestiários (Figura 14). A Figura 15 ilustra o funcionamento do galpão de triagem e reciclagem.

Figura 14 - Layout da Usina de Triagem e Compostagem, Soledade/PB.



Fonte: Batista (2017).

Figura 15 - Esquema de funcionamento do galpão de triagem e armazenamento.



Fonte: Batista (2017).

## 5.5 DIMENSIONAMENTO DA UTC

Como já foi visto, a estimativa da geração *per capita* de resíduos sólidos urbanos no município de Soledade foi considerado de  $0,894 \text{ kg.dia}^{-1}.\text{hab}^{-1}$  e que sua população urbana cresce a uma taxa de 177 habitantes por ano. Dessa forma, temos que a geração total de resíduos sólidos foi sempre crescente, proporcional ao crescimento da população.

O dimensionamento da UTC é realizado por meio de previsões e não de certezas, sendo assim, foi acrescentada uma taxa de segurança de 10% aos valores estimados de produção, pois no decorrer do tempo de projeto pode ocorrer alguma sazonalidade ou alteração na dinâmica do crescimento da população, que possa inviabilizar o bom funcionamento da unidade.

De acordo com as projeções realizadas e os percentuais da análise gravimétrica, a geração de RSU será de  $13,42 \text{ ton.dia}^{-1}$  no último ano de vigência do projeto. Assim sendo, com a taxa de segurança, a projeção de geração de resíduos sólidos no Município de Soledade será de  $14,76 \text{ Kg.dia}^{-1}$ . Conforme os percentuais para cada categoria de resíduos apresentados na gravimetria, a UTC será projetada para operar  $12,06 \text{ ton.dia}^{-1}$  de resíduos sólidos, sendo  $6,23 \text{ ton.dia}^{-1}$  de materiais recicláveis (42,14% da produção total) e  $5,83 \text{ ton.dia}^{-1}$  de matéria orgânica (39,57% da produção total).

No entanto, para dimensionar o aterro de rejeitos deve-se levar em consideração o somatório dos rejeitos coletados pela coleta seletiva de 2017 a 2037, mais o somatório de rejeitos gerados na UTC, durante sua vida útil. O que corresponde a 20.309,74 ton ou  $31.625,26 \text{ m}^3$  de rejeitos, conforme visto no Apêndice B. Quando acrescentado a taxa de segurança tem-se, 22.340,71 ton ou  $34.787,79 \text{ m}^3$ .

Para o processo de triagem foi necessário dimensionar o silo de recepção de resíduos, mesa de triagem, equipamentos e materiais acessórios e o galpão de armazenamento. O silo de recepção de resíduos recicláveis foi dimensionado para ter a capacidade de armazenar por um período de até dois dias esses resíduos antes de serem triados, representando um volume de aproximadamente  $36,5 \text{ m}^3$ . Sendo que galpão de armazenamento terá a capacidade de armazenar os resíduos triados por até dez dias.

O ciclo da compostagem será de 90 dias, com os 60 primeiros dias referentes a degradação ativa da matéria orgânica e os últimos 30 dias a maturação do composto. As leiras terão forma cônica, diâmetro de 2,00 m de base, altura de 1,6 m e espaçamento entre as leiras de 50 cm. Assim, cada leira terá capacidade de receber um volume diário de 1,67 m<sup>3</sup>.

Com o acréscimo de 10% da taxa de segurança, a produção de matéria orgânica no município será de 9,55 m<sup>3</sup>.dia<sup>-1</sup>. Dessa forma, será necessária 5,7 leiras por dia para comportar esses resíduos.

O pátio de compostagem terá uma área de 2.724,5 m<sup>2</sup>, e dimensões quadradas de 52,2 m. O galpão de armazenamento de compostos orgânicos com a capacidade de armazenar a produção dessa matéria por até 15 dias. As dimensões do galpão serão de 10,0 m largura por 3,4 m de comprimento, isso considerando que o composto irá ser empilhado a uma altura de até 2,0 m de altura.

#### **5.5.1 Mão de Obra, Equipamentos e Materiais necessários na UTC**

Os equipamentos e materiais que serão utilizados na usina de triagem e compostagem estão divididos de acordo com as unidades de processamento, tendo sido observada a capacidade de processar 12,06 ton.dia<sup>-1</sup> com carga horária de trabalho de 44 horas semanais.

No Quadro 4 estão descritos os equipamentos e materiais necessários para a operação da UTC, tendo sido utilizado como referência o Anexo A.

**Quadro 4** – Equipamentos e materiais que serão ser utilizados na UTC.

Unidade de Processamento	Equipamento/Material	Qtd.	Descrição
Recepção	Silo de recepção de concreto de 36,5 m <sup>3</sup>	1	Destinado à descarga de resíduos
Triagem	Mesa de triagem de concreto armado de 6 metros de comprimento	1	Destinado a segregação dos resíduos
	Bombonas de plástico de 200 litros	30	Destinadas a armazenar temporariamente os resíduos triados
	Carrinhos manuais com capacidade de 170 kg	4	Destinados a encaminhar as bombonas, os resíduos triados às baias
Trituração	Moinho triturador TR 500 E 15 cv	1	Destinado a triturar os resíduos orgânicos para ser posteriormente encaminhado ao pátio de compostagem
Armazenamento dos resíduos: prensagem, pesagem e armazenamento	Prensa hidráulica vertical para enfardamento de papéis, papelão e plásticos para fardos de até 80 kg	1	Destinado a comprimir papel, papelão e plástico
	Prensa hidráulica vertical para enfardamento de metais, para fardos de até 80 kg	1	Destinado a comprimir metais
	Balança mecânica com 1.000 kg de capacidade	1	Destinado a pesar os fardos de resíduos prensados
	Empilhadeira simples com capacidade de 1.000 kg de deslocamento manual	1	Destinado a empilhar os fardos de resíduos prensados nas baias
	Carrinho plataforma de dois eixos com 400 kg de capacidade	1	Destinados a encaminhar os fardos prensados, até o caminhão receptor
Funcionários	KIT de EPI's	35	Destinados a proteger os funcionários da UTC
	Pá quadrada com cabo de madeira	10	Reviramento e deslocamento das leiras de compostagem
Pátio de compostagem	Carroça de mão	5	Deslocamento das leiras do composto para o galpão de armazenamento
	Enxada	10	Reviramento e deslocamento das leiras de compostagem

**Qtd.:** Quantidade.

FONTE: Batista (2017).

## 5.6 ORÇAMENTO DE IMPLANTAÇÃO E OPERAÇÃO DA UTC

O orçamento de implantação e operação foi realizado tomando como base a produção diária dos resíduos sólidos recicláveis e orgânicos de 2037, último ano de vigência do projeto (Quadro 5).

No que se refere a sua implantação, o orçamento está dividido entre os equipamentos e materiais a serem utilizados, como também, as instalações que serão necessárias de serem construídas.

**Quadro 5-** Orçamento de implantação da Usina da Triagem e Compostagem no Município de Soledade, PB.

Descrição	Valor (R\$)
Equipamentos e Materiais	51.034,38
Administração, vestiários, refeitório e guarita (275,60 m <sup>2</sup> para R\$ 763,160 o m <sup>2</sup> )	82.421,28
Pátio de compostagem (2.476,79 m <sup>2</sup> para R\$ 24,48 o m <sup>2</sup> )	60.631,82
Galpão de Triagem (300 m <sup>3</sup> para R\$ 202,94 o m <sup>2</sup> )	60.947,61
Cerca c/mourões de madeira, espaçamento de 2 m, com 8 fios de arame farpado + 1 porteira de madeira com 4,5 m de largura (430 m para R\$ 30,04 o m- SINIS - 74142/003)	12.917,20
<b>TOTAL</b>	<b>267.952,29</b>

FONTE: Batista (2017).

Os valores dos orçamentos dos equipamentos e materiais, do galpão de triagem estão conforme os Apêndices E e F, respectivamente. Nos Apêndices G e H estão as composições de preços e materiais do silo de recepção dos recicláveis e da mesa de triagem, esses que são parte dos equipamentos e materiais.

A estimativa de preço dos pontos de apoio (administração, vestiário, refeitório e guarita) e do pátio de compostagem, foi tomada como base nos valores por metro quadrado do orçamento do Anexo B.

Já o orçamento de operação diz respeito às despesas mensais fixas: mão de obra, energia, água e manutenção, conforme a Tabela 4. Esses quantitativos foram feitos tomando como referência o Anexo C.

**Tabela 4** - Orçamento das despesas de operação da Usina da Triagem e Compostagem no Município de Soledade, PB.

<b>Despesas</b>	<b>Qtd.</b>	<b>Valor Unitário (R\$)</b>	<b>Valor Total (R\$)</b>
Triador	21	945,80	19.861,80
Deslocador de bombonas	5	945,80	4.729,00
Enfardador	2	945,80	1.891,60
Administrador	1	1.200,00	1.200,00
Gerente Técnico	1	1.200,00	1.200,00
Cozinha	1	947,80	947,80
Vigia	4	947,80	3.791,20
Água, energia, outros	-	2.600,00	2.600,00
Manutenção	-	650,00	650,00
<b>TOTAL</b>			<b>36.871,40</b>

FONTE: Adaptado de Santos (2016).

## 5.7 VIABILIDADE ECONÔMICA DE IMPLANTAÇÃO DA UTC

De acordo com o estudo de viabilidade econômica das receitas e despesas dos 5 primeiros anos do projeto (2017 a 2022), em menos de 2 anos o orçamento de implantação da UTC será pago com seus saldos anuais. Na Tabela 4 podemos observar as referidas receitas e despesas e os saldos advindos da implantação de uma UTC.

**Tabela 5** - Simulação das despesas, receitas e saldos da UTC no Município de Soledade, PB.

<b>ANO</b>	<b>Receita (R\$)</b>	<b>Despesas (R\$)</b>	<b>Saldo (R\$)</b>
<b>2017</b>	605.449,24	442.456,80	162.992,44
<b>2018</b>	614.792,27	473.428,78	172.335,47
<b>2019</b>	624.135,29	506.568,79	181.678,49
<b>2020</b>	633.478,32	542.028,61	191.021,52
<b>2021</b>	642.821,35	579.970,61	200.364,55
<b>2022</b>	652.164,37	620.568,55	209.707,57
<b>TOTAL</b>	<b>3.772.840,84</b>	<b>3.165.022,13</b>	<b>607.818,71</b>

FONTE: Batista (2017).

## 5.8 TEMPO DE VIDA ÚTIL DO ATERRO

Caso não haja a implantação de uma UTC no município de Soledade, seria necessário um aterro sanitário com capacidade de acondicionar um volume de 387.226,77m<sup>3</sup> até o ano de 2037. Por outro lado, com a implantação da usina, o volume de acondicionamento será reduzido para 31.625,26 m<sup>3</sup> no mesmo período, redução corresponde à aproximadamente 91,8%.

De forma geral, o volume de valas do aterro sanitário que seria necessário para a destinação de todas as frações dos RSU do município de Soledade/PB por dois anos sem a implantação da UTC, segundo as projeções realizadas, será o suficiente para destinar toda a fração de rejeitos produzidos de 2017 até 2037.

## 6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Por meio do estudo realizado, considera-se a necessidade de implantação da UTC para aumentar o tempo de vida útil do aterro de rejeitos que será implantado no município de Soledade. Obtendo uma redução de até 90% do requisito de área para um mesmo período de projeto.

Para a questão ambiental, a UTC irá oferecer a oportunidade da reutilização e reciclagem dos materiais descartados, como também, contribuir para a diminuição dos danos ambientais causados pelo mau descarte dos RSU no município. Com essa atividade haverá a preservação dos recursos naturais e do meio ambiente em geral, por meio 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.

Outro ponto que se deve analisar é referente aos custos, como a maior complexibilidade em um aterro sanitário para destinação de todas as frações de resíduos gerados. Pois seria necessária uma estrutura mais complexa de operação, proteção e monitoramento, principalmente, para os subprodutos da decomposição da matéria orgânica.

A UTC agregará ganhos financeiros para os municípios por meio da reciclagem e compostagem, com a geração de empregos e renda sendo um fator benfeitor, principalmente, para os catadores e a camada mais carente da população. A triagem, compostagem e venda dos resíduos recicláveis e do composto orgânico em curto prazo, admite a aplicação da renda dos recursos obtidos em benefícios e melhorias de infraestrutura na UTC, gerando empregos e integrando trabalhadores, antes marginalizados, na economia formal no município.

Enfim, espera-se que este estudo possa contribuir para a implantação da UTC no município de Soledade, onde se pode perceber que o mesmo necessita investir nesse projeto o mais rápido possível, devido ao aumento da geração de resíduos impulsionados pelo crescimento demográfico do município.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE EMPRESAS DE LIMPEZA PÚBLICA E RESÍDUOS ESPECIAIS – ABRELPE. **Panorama dos Resíduos Sólidos no Brasil 2015**. Brasil: ABRELPE, 2015.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT. **NBR 13.591/1996 – Compostagem**. Rio de Janeiro: 1996.

\_\_\_\_\_. **NBR 10.004/2004 – Resíduos Sólidos – Classificação**. Rio de Janeiro: 2004.

\_\_\_\_\_. **NBR 10.007/2004 – Amostragem de resíduos sólidos**. Rio de Janeiro: 2004.

\_\_\_\_\_. **NBR 15.489/2010 – Resíduos sólidos urbanos – Aterros sanitários de pequeno porte – Diretrizes para localização, projeto, implantação, operação e encerramento**. Rio de Janeiro: 2010.

BATISTA, G. L. A. S.; SILVA, A. O.; SANTOS, I. V.; LOPES, T. S. A.; MEDEIROS, K. M. **PLANO MUNICIPAL DE GESTÃO INTEGRADA DE RESÍDUOS SÓLIDOS DE SOLEDADE: BENEFÍCIOS SOCIOAMBIENTAIS DA IMPLANTAÇÃO DA COLETA SELETIVA NO MUNICÍPIO**. ABES, Rio de Janeiro, RJ, 2015.

BRASIL. Lei n. 12.305, de 02 de agosto de 2010: **Política nacional de resíduos sólidos; altera a Lei nº 9.605 de 12 de Fevereiro de 1998; e dá outras providencias**. Casa Civil República Federativa do Brasil, Brasília, DF, 02 de agosto de 2010.

BRASIL. Constituição (1988). **Constituição da República Federativa do Brasil**. Brasília, DF: Senado Federal: Centro Gráfico, 1988. 292 p.

CENTRO DE APOIO OPERACIONAL ÀS PROMOTORIAS DE PROTEÇÃO AO MEIO AMBIENTE – COAPMA. **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.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA – EMBRAPA.

**Compostagem de lixo orgânico urbano no município de Barcarena, Pará**. Belém, PA: Embrapa Amazônia Oriental, 2000. 25p.

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: 2006. Dissertação de Mestrado, Fundação Oswaldo Cruz, 2006.

FILHO, Inocêncio Nóbrega. **Malhadas das Areias Brancas**. Fortaleza: Escola Tipográfica. São Francisco, 1974.

FREIRE, T. S. C. **A Gestão de resíduos sólidos urbanos no município de Belém: uma análise do gerenciamento e da possibilidade de geração de renda através da reciclagem de resíduos (1997/2010)**. Belém, 2010.

FUNDAÇÃO ESTADUAL DO MEIO AMBIENTE – FEAM. **Orientações Básicas para Operação de Usinas de Triagem e Compostagem de Lixo**. Belo Horizonte: FEAM, 2005. 52 p.

GALBIATI, A. F. **O Gerenciamento Integrado de Resíduos Sólidos e a Reciclagem**.

GRIMBERG, Elisabeth. **Coleta seletiva com inclusão social: Fórum Lixo e Cidadania na Cidade de São Paulo. Experiência e desafios**. -- São Paulo: Instituto Pólis, 2007. 148p.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICAS – IBGE. **Censo demográfico 2010**. <http://www.cidades.ibge.gov.br>. Acesso em: 26 de janeiro de 2017.

INSTITUTO BRASILEIRO DE ADMINISTRAÇÃO MUNICIPAL – IBAM. **Manual gerenciamento integrado de resíduos sólidos**. Instituto Brasileiro de Administração Municipal, Rio de Janeiro, 2001.

INSTITUTO DE PROJETOS E PESQUISAS SOCIOAMBIENTAIS – IPESA. **Do Lixo à Cidadania: Guia para a Formação de Cooperativas de Catadores de Materiais Recicláveis**. São Paulo: Editora Peirópolis, 2013.

SANTO, D. L. **ANÁLISE DA VIABILIDADE DE IMPLANTTAÇÃO DE UMA USINA DE TRIAGEM E COMPOSTAGEM DE RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS NO MUNICÍPIO DE SANTA LUZIA/ PB**. Campina Grande, PB: UEPB, 2016. Originalmente apresentado como trabalho de conclusão de curso. Universidade Estadual da Paraíba, 2016.

**SILVA, I G. B. ANÁLISE DO POTENCIAL ECONÔMICO DOS MATERIAIS RECICLÁVEIS GERADOS NA CIDADE DE CAMPINA GRANDE – PB.**

Campina Grande, PB: UEPB, 2016. Originalmente apresentado como trabalho de conclusão de curso, Universidade Estadual da Paraíba, 2016.

**JUNIOR, A.B.C. – Gerenciamento de Resíduos Sólidos Urbanos com ênfase na proteção de corpos d’água: prevenção, geração e tratamento de lixiviados de aterros sanitários.** ABES, Florianópolis, SC, 2006.

**LACERDA, A.V. Levantamento Florístico do componente arbustivo-arbóreo da vegetação ciliar na bacia do Rio Taperoá, PB, Brasil.** Acta Bot. Bras. Vol. 19 nº 3, São Paulo: 2005.

**LOMASSO, A. L.; SANTOS, B. R.; ANJOS, F. A. S.; ANDRADE, J. C.; SILVA, L. A.; SANTOS, Q R.; CARVALHO, A. C. M. Benefícios e Desafios na Implementação da Reciclagem: Um Estudo de Caso no Centro Mineiro de Referência em Resíduos (CMRR).** Revista Pensar Gestão e Administração, v. 3, n. 2, jan. 2015.

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

**MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE. AGENDA AMBIENTAL NA ADMINISTRAÇÃO PÚBLICA.** Secretaria de Articulação Institucional e Cidadania Ambiental. Brasília, DF: 2009. 5 ed.

**MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE – MMA. MANUAL PARA IMPLANTAÇÃO DE COMPOSTAGEM E DE COLETA SELETIVA NO ÂMBITO DE CONSÓRCIOS PÚBLICOS.** Secretaria de Recursos Hídricos e Ambiente Urbano, 2010.

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

**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: 01 de março de 2017.

MINISTÉRIO DAS CIDADES. **ELEMENTOS PARA A ORGANIZAÇÃO DA COLETA SELETIVA E PROJETOS DE GALPÃO DE TRIAGEM.** Brasília, 2008.

OLIVEIRA, E. C. A.; SARTORI, R. H.; GARCEZ, T. B. **Compostagem.** Universidade de São Paulo. Piracicaba, São Paulo: 2008.

PARAÍBA. **Programa de ação estadual de combate à desertificação e mitigação dos efeitos da seca no estado da Paraíba: PAE – PB.** Secretaria Estadual dos Recursos Hídricos, do Meio Ambiente e da Ciência e Tecnologia. Superintendência de Administração do Meio Ambiente. João Pessoa, 2011.

PMGIRS. **Plano Municipal de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos de Soledade, PB.** Soledade, PB, 2013. 68 p.

PMSB. **Plano Municipal de Saneamento Básico de Soledade – PB: Diagnóstico Técnico Participativo.** Soledade: 2014. 172 p.

PINHEL, J. R. **Do lixo à cidadania: Guia para formação de cooperativas de catadores de materiais recicláveis.** Instituto de Pesquisas e estudos Socioambientais. Editora Petrópolis, 2013.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Cidades.** Disponível em: <http://www.cidades.ibge.gov.br>. Acesso em: 29 de Janeiro de 2017.

INSTITUTO DE PESQUISAS ECONÔMICA APLICADA – IPEA. **Situação social das catadoras e dos catadores de material reciclável e reutilizável – BRASIL.** Brasília, 2013.

SILVEIRA, A. M. M. **ESTUDO DO PESO ESPECÍFICO DE RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS.** Rio de Janeiro, RJ: UFRJ, 2004. Originalmente apresentado como dissertação de mestrado, Universidade Federal do Rio de Janeiro, 2004.

SISTEMA NACIONAL DE PESQUISAS DE CUSTOS E ÍNDICES DA CONSTRUÇÃO CIVIL – SINAPI. **Tabela SINAPI – Paraíba, Janeiro/2017.** Caixa Econômica Federal: 2017.

SISTEMA NACIONAL DE PESQUISAS DE CUSTO E ÍNDICES DA CONSTRUÇÃO CIVIL – SINAPI. **TABELA SINAPI – PARAÍBA, JANEIRO/2017.** CAIXA ECONÔMICA FEDERAL: 2016.

SISTEMA NACIONAL DE INFORMAÇÕES SOBRE SANEAMENTO – SNIS.  
**Diagnóstico de Resíduos Sólidos.** Disponível em:  
<http://www.snis.gov.br/diagnostico-residuos-solidos/diagnostico-rs-2015>.  
Acesso em: 04 de Março de 2017.

SCHMITZ, M. **Gerenciamento de resíduos sólidos domésticos: Estudo de caso na central de triagem, tratamento e destinação final dos resíduos sólidos domésticos do Município de Estrela/RS.** Lajeado, RS: 2012.  
Monografia de Graduação, Centro Universitário Univates, 2012.

VIEIRA, R. **O gênero e a gestão das águas no Semiárido da Paraíba: O caso da comunidade de Lajedo de Timbaúba – Soledade/PB.** Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa, 2010.

## APÊNDICES

**APÊNDICE A -** Projeção da geração de RSD por semana na zona urbana do Município de Soledade do ano de 2017 a 2037.

<b>ANO</b>	<b>POP. URBANA</b> (Habitantes)	<b>per capita RSU</b> (Kg/hab/dia)	<b>PROD. DIÁRIA</b> (Ton/dia)	<b>PROD. MENSAL</b> (Ton/mês)	<b>PROD. ANUAL</b> (Ton/ano)	<b>VOLUME MÊS</b> (m³/mês)	<b>VOLUME ANUAL</b> (m³/ano)
2017	11.470		10,25	307,63	3.742,78	1.312,96	15.974,29
2018	11.647		10,41	312,37	3.800,53	1.333,22	16.220,80
2019	11.824		10,57	317,12	3.858,29	1.353,48	16.467,30
2020	12.001		10,73	321,87	3.916,05	1.373,74	16.713,81
2021	12.178		10,89	326,61	3.973,80	1.394,00	16.960,32
2022	12.355		11,05	331,36	4.031,56	1.414,26	17.206,83
2023	12.532		11,20	336,11	4.089,32	1.434,52	17.453,34
2024	12.709		11,36	340,86	4.147,07	1.454,78	17.699,85
2025	12.886		11,52	345,60	4.204,83	1.475,04	17.946,35
2026	13.063		11,68	350,35	4.262,59	1.495,30	18.192,86
2027	13.240	0,894	11,84	355,10	4.320,34	1.515,56	18.439,37
2028	13.417		11,99	359,84	4.378,10	1.535,83	18.685,88
2029	13.594		12,15	364,59	4.435,86	1.556,09	18.932,39
2030	13.771		12,31	369,34	4.493,62	1.576,35	19.178,89
2031	13.948		12,47	374,09	4.551,37	1.596,61	19.425,40
2032	14.125		12,63	378,83	4.609,13	1.616,87	19.671,91
2033	14.302		12,79	383,58	4.666,89	1.637,13	19.918,42
2034	14.479		12,94	388,33	4.724,64	1.657,39	20.164,93
2035	14.656		13,10	393,07	4.782,40	1.677,65	20.411,44
2036	14.833		13,26	397,82	4.840,16	1.697,91	20.657,94
2037	15.010		13,42	402,57	4.897,91	1.718,17	20.904,45
<b>TOTAL ACUMULADO EM 2037</b>					<b>90.727,23</b>	<b>-</b>	<b>387.226,77</b>

### APÊNDICE B - Projeção da produção de rejeitos na zona urbana do Município de Soledade de 2017 a 2037.

ANO	REJ. RECICLÁVEIS			REJ. ORGÂNICOS			REJ. COLETADO			REJEITO TOTAL	
	PROD. ANUAL (Ton/ano)	VOLUME ANUAL (m³/ano)									
2017	78,86	74,05	684,93	837,84	1.304,64						
2018	80,08	75,19	695,50	850,77	1.324,77						
2019	81,29	76,34	706,07	863,70	1.344,90						
2020	82,51	77,48	716,64	876,63	1.365,04						
2021	83,73	78,62	727,21	889,56	1.385,17						
2022	84,94	79,76	737,78	902,48	1.405,30						
2023	86,16	80,91	748,34	915,41	1.425,43						
2024	87,38	82,05	758,91	928,34	1.445,57						
2025	88,60	83,19	769,48	941,27	1.465,70						
2026	89,81	84,34	780,05	954,20	1.485,83						
2027	91,03	85,48	790,62	967,13	1.505,96						
2028	92,25	86,62	801,19	980,06	1.526,10						
2029	93,46	87,76	811,76	992,99	1.546,23						
2030	94,68	88,91	822,33	1.005,92	1.566,36						
2031	95,90	90,05	832,90	1.018,85	1.586,50						
2032	97,11	91,19	843,47	1.031,78	1.606,63						
2033	98,33	92,33	854,04	1.044,71	1.626,76						
2034	99,55	93,48	864,61	1.057,63	1.646,89						
2035	100,77	94,62	875,18	1.070,56	1.667,03						
2036	101,98	95,76	885,75	1.083,49	1.687,16						
2037	103,20	96,91	896,32	1.096,42	1.707,29						
<b>TOTAL 2037</b>	<b>1.911,62</b>	<b>1.795,04</b>	<b>16.603,08</b>	<b>20.309,74</b>	<b>31.625,26</b>						

**APÊNDICE C-** Projeção da geração dos materiais potencialmente recicláveis na zona urbana do Município de Soledade de 2017 a 2037.

ANO	PROD. DIÁRIA	PROD. MENSAL	PROD. ANUAL	VOLUME DIÁRIO
	(Ton/dia)	(Ton/mês)	(Ton/ano)	(m³/dia)
2017	4,32	129,63	1.577,21	6,06
2018	4,39	131,63	1.601,54	6,15
2019	4,45	133,63	1.625,88	6,24
2020	4,52	135,63	1.650,22	6,34
2021	4,59	137,64	1.674,56	6,43
2022	4,65	139,64	1.698,90	6,52
2023	4,72	141,64	1.723,24	6,62
2024	4,79	143,64	1.747,58	6,71
2025	4,85	145,64	1.771,92	6,80
2026	4,92	147,64	1.796,25	6,90
2027	4,99	149,64	1.820,59	6,99
2028	5,05	151,64	1.844,93	7,09
2029	5,12	153,64	1.869,27	7,18
2030	5,19	155,64	1.893,61	7,27
2031	5,25	157,64	1.917,95	7,37
2032	5,32	159,64	1.942,29	7,46
2033	5,39	161,64	1.966,63	7,55
2034	5,45	163,64	1.990,96	7,65
2035	5,52	165,64	2.015,30	7,74
2036	5,59	167,64	2.039,64	7,83
2037	5,65	169,64	2.063,98	7,93
<b>TOTAL ACUMULADO EM 2037</b>			<b>38.232,46</b>	

**APÊNDICE D** - Projeção da geração dos resíduos sólidos orgânicos na zona urbana do Município de Soledade/PB de 2017 a 2037.

ANO	PROD. DIÁRIA	PROD. MENSAL	PROD. ANUAL	VOLUME DIÁRIO
	(Ton/dia)	(Ton/mês)	(Ton/ano)	(m <sup>3</sup> /dia)
2017	4,06	121,73	1.481,02	6,64
2018	4,12	123,61	1.503,87	6,74
2019	4,18	125,48	1.526,73	6,84
2020	4,25	127,36	1.549,58	6,94
2021	4,31	129,24	1.572,43	7,05
2022	4,37	131,12	1.595,29	7,15
2023	4,43	133,00	1.618,14	7,25
2024	4,50	134,88	1.641,00	7,35
2025	4,56	136,75	1.663,85	7,46
2026	4,62	138,63	1.686,71	7,56
2027	4,68	140,51	1.709,56	7,66
2028	4,75	142,39	1.732,41	7,76
2029	4,81	144,27	1.755,27	7,87
2030	4,87	146,15	1.778,12	7,97
2031	4,93	148,03	1.800,98	8,07
2032	5,00	149,90	1.823,83	8,17
2033	5,06	151,78	1.846,69	8,28
2034	5,12	153,66	1.869,54	8,38
2035	5,18	155,54	1.892,40	8,48
2036	5,25	157,42	1.915,25	8,58
2037	5,31	159,30	1.938,10	8,68
<b>TOTAL ACUMULADO EM 2037</b>			<b>35.900,77</b>	

**APÊNDICE E – Orçamento dos equipamentos que serão necessários na operação da UTC.**

ITEM	Código	TIPO DE SERVIÇO	UNIDADE DE RECEPÇÃO	UND	QTD	VALOR UNIT	SUBTOTAL	TOTAL
1.0			<b>UNIDADE DE RECEPÇÃO</b>					<b>R\$ 15.959,54</b>
1.1	pesq. Mercado		Silo de recepção com capacidade de armazenar 36,5 m <sup>3</sup>	und	1,00	15.959,54	15.959,54	
2.0			<b>UNIDADE DE TRIAGEM</b>					<b>R\$ 6.730,48</b>
2.1	pesq. Mercado		Bombonas de Plástico - 200 litros	und	30	79,00	2.370,00	
2.2	pesq. Mercado		Carinhos manuais com capacidade de 170 Kg	und	4	129,90	519,60	
2.3	pesq. Mercado		Mesa de Triagem em concreto Armado	und	1	3.840,88	3.840,88	
3.0			<b>TRITURAÇÃO</b>					<b>R\$ 11.561,65</b>
3.1	pesq. Mercado		Moinho triturador de galhos, troncos e resíduos orgânicos TR 500 E 15 cv	und	1	11.561,65	11.561,65	
4.0			<b>PESAGEM, PRESAGEM E ARMAZENAMENTO</b>					<b>R\$ 15.180,21</b>
4.1	pesq. Mercado		Pressa hidráulica vertical para enfiamento de papéis, papelão e plásticos para fardos de até 80 Kg	und	1	6.500,00	6.500,00	
4.2	pesq. Mercado		Balança Mecânica De Piso 1000kg / 500g Plataforma 100x100cm	und	1	3.399,99	3.399,99	
4.3	pesq. Mercado		Empilhadeira simples com capacidade de 1.000 Kg de deslocamento manual	und	1	3.347,50	3.347,50	
4.4	pesq. Mercado		Carrinho plataforma de dois eixos com 400 Kg de capacidade	und	2	966,36	1.932,72	
5.0			<b>EQUIPAMENTOS DE PROTEÇÃO INDIVIDUAL</b>					<b>R\$ 958,30</b>
5.1			Kit EPI	und	35	27,38	958,3	
6.0			<b>OUTROS</b>					<b>R\$ 644,20</b>
6.1			Pá quadrada com cabo de madeira	und	10	37,82	378,2	
6.2			Enxada com cabo	und	10	26,60	266	
<b>TOTAL GERAL</b>								<b>R\$ 51.034,38</b>

**APÊNDICE F – Orçamento do Galpão de Triagem, valores com BDI de 20%.**

ITEM	CÓDIGO SINAPI	TIPO DE SERVIÇO	UND	QTD	VALOR UNIT	SUBTOTAL	TOTAL
<b>SERVIÇOS PRELIMINARES</b>							
1.0							<b>R\$ 423,60</b>
1.1	73859/001	Desmatamento e limpeza terrenos c/ trator de esteira	m <sup>2</sup>	500,00	0,15	75,00	
1.2	74077/002	Locação convencional de obra, através de gabarito de tábuas corridas pontaladas, com reaproveitamento de 10 vezes	m	105,00	3,32	348,6	
<b>FUNDAÇÕES E INFRAESTRUTURA</b>							
2.0							<b>R\$ 18.240,30</b>
2.1	93358	Escavação manual em solo-prof. Até 1,50 m	m <sup>3</sup>	33,00	45,34	1.496,22	
2.2	72131	Alvenaria em tijolo cerâmico furado 10x20x20cm, 1 vez, assentado em argamassa traço 1:5 (cimento e areia), e=1cm	m <sup>2</sup>	91,00	79,36	7.221,76	
2.3	73936/002	Concreto 1:2:4 (14 Mpa), c/ brita 1 e 2, c/betoneira para Sapatas e Pilares	m <sup>3</sup>	11,00	279,33	3.072,63	
2.4	55835	Aterro interno (edificações) compactado manualmente	m <sup>3</sup>	160,80	40,11	6.449,69	
<b>SUPERESTRUTURA</b>							
3.0							<b>R\$ 27.297,28</b>
3.1	72132	Alvenaria em tijolo cerâmico furado 10x20x20cm, 1/2 vez, assentado em argamassa traço 1:4 (cimento e areia), e=1cm	m <sup>2</sup>	110,00	46,05	5.065,50	
3.2	73923/001	Piso cimentado rústico traço 1:4 (cimento e areia), espessura 2,0 cm, preparo manual	m <sup>2</sup>	300,00	27,98	8.394,00	
3.3	87620	Contra piso em argamassa traço 1:4 (cimento e areia), espessura 4cm, preparo manual	m <sup>2</sup>	300,00	19,30	5.790,00	
3.4	94204	Cobertura em telha cerâmica tipo canal	m <sup>2</sup>	338,00	23,81	8.047,78	
<b>ESQUADRIAS</b>							
4.0							<b>R\$ 1.282,96</b>
4.1	90823	Kit de Porta de madeira compensada lisa para pintura, 0,90x2,10m, inclusa arruela 2a, alisar 2a e dobradiça	und	2,00	641,48	1.282,96	

ITEM	CÓDIGO SINAPI	TIPO DE SERVIÇO	UND	QTD	VALOR UNIT	SUBTOTAL	TOTAL
<b>INSTALAÇÕES HIDROSSANITÁRIAS</b>							
5.0							<b>R\$ 150,75</b>
5.2	73959/002	Ponto de água fria pvc 1/2" - media 5,00m de tubo de pvc roscaavel água fria 1/2" e 2 joelhos de pvc rosável 90graus água fria 1/2" - fornecimento e instalação	Pt	3,00	50,25	150,75	
<b>INSTALAÇÕES ELÉTRICAS</b>							
6.0							<b>R\$ 2.486,61</b>
6.1	74094/001	Ponto de luz (caixa, eletroduto, fios e interruptor)	und	5,00	47,43	237,15	
6.2	72339	Tomada 3p+t 30a - 440v - fornecimento e instalação	und	3,00	37,31	111,93	
6.3	73953/004	Luminária tipo calha, de sobrepor, com reator de partida rápida e lâmpada fluorescente 4x20w, completa, fornecimento e instalação	und	15,00	137,60	2064	
6.4	74131/001	Quadro de distribuição de energia em chapa metálica, de embutir, sem porta, para 3 disjuntores termomagnéticos monopolares, sem dispositivo para chave geral, sem barramentos fases e com barramento neutro, fornecimento e instalação	und	1,00	41,10	41,1	
6.5	74130/001	Disjuntor termomagnético monopolar padrão nema (americano) 10 a 30A 240v, fornecimento e instalação	und	3,00	10,81	32,43	
<b>PINTURA</b>							
7.0							<b>R\$ 908,18</b>
7.1	73954/002	Pintura látex acrílica ambientes internos/externos, duas demãos	m²	91,00	9,98	908,18	
<b>TOTAL GERAL</b>							<b>R\$ 50.789,68</b>
<b>TOTAL GERAL COM BDI DE 20%</b>							<b>R\$ 60.947,61</b>

**APÊNDICE G – Orçamento do Silo de Recepção dos resíduos a serem triados, valores com BDI de 20%.**

ITEM	CODIGO SINAPI	TIPO DE SERVIÇO	UND	QTD	VALOR UNIT	SUBTOTAL	TOTAL
<b>SERVIÇOS PRELIMINARES</b>							
1.0							<b>R\$ 66,40</b>
1.1	74077/002	Locação convencional de obra, através de gabarito de tábuas corridas pontaleadas, com reaproveitamento de 10 vezes	m	20,00	3,32	66,4	
<b>FUNDAÇÕES E INFRAESTRUTURA</b>							
2.0							<b>R\$ 8.649,41</b>
2.1	93358	Escavação manual em solo-prof. Ate 1,50 m	m³	19,20	45,34	870,53	
2.2	72131	Alvenaria em tijolo cerâmico furado 10X20x20cm, 1 vez, assentado em argamassa traço 1:5 (cimento e areia), e=1cm	m²	49,50	79,36	3.928,32	
2.3	55835	Aterro interno (edificações) compactado manualmente	m³	96,00	40,11	3.850,56	
<b>SUPERESTRUTURA</b>							
3.0							<b>R\$ 4.583,80</b>
3.1	72131	Alvenaria em tijolo cerâmico furado 10X20x20cm, 1 vez, assentado em argamassa traço 1:5 (cimento e areia), e=1cm	m²	16,00	79,36	1.269,76	
3.2	72131	Alvenaria em tijolo cerâmico furado 10X20x20cm, 1 vez, assentado em argamassa traço 1:5 (cimento e areia), e=1cm	m²	5,60	79,36	444,42	
3.3	73923/001	Piso cimentado rústico traço 1:4 (cimento e areia), espessura 2,0 cm, preparo manual	m²	102,56	27,98	2.869,63	
<b>TOTAL GERAL</b>							<b>R\$ 13.299,61</b>
<b>TOTAL GERAL COM BDI DE 20%</b>							<b>R\$ 15.959,54</b>

**APÊNDICE H – Orçamento da Mesa de Triagem, valores com BDI de 20%.**

ITEM	CODIGO SINAPI	TIPO DE SERVIÇO	UND	QTD	VALOR UNIT	SUBTOTAL	TOTAL
<b>SERVIÇOS PRELIMINARES</b>							
1.0							<b>R\$ 92,96</b>
1.1	74077/002	Locação convencional de obra, através de gabarito de tábuas corridas pontaleadas, com reaproveitamento de 10 vezes	M	28,00	3,32	92,96	
2.0							<b>R\$ 518,39</b>
<b>FUNDAÇÕES E INFRAESTRUTURA</b>							
2.1	93358	Escavação manual em solo-prof. Até 1,50 m	m³	0,96	45,34	43,53	
2.2	73936/002	Concreto 1:2:4 (14 Mpa), c/ brita 1 e 2, c/betoneira para Sapatas e Pilares	m³	1,70	279,33	474,86	
3.0							<b>R\$ 2.589,39</b>
<b>SUPERESTRUTURA</b>							
3.1	73936/002	Concreto 1:2:4 (14 Mpa), c/ brita 1 e 2, c/betoneira para Sapatas e Pilares	m³	9,27	279,33	2.589,39	
<b>TOTAL GERAL</b>							<b>R\$ 3.200,74</b>
<b>TOTAL GERAL COM BDI DE 20%</b>							<b>R\$ 3.840,88</b>

## **ANEXOS**

**ANEXO A – Equipamento e materiais que serão utilizados na UTC.**

Unidade de Processamento	Equipamento/ Material	Descrição
Recepção	1 Silo de recepção de concreto de 36,0 m <sup>3</sup>	Destinado a descarga de resíduos
Triagem	1 Mesa de triagem de concreto armado de 6 metros de comprimento	Destinado a segregação dos resíduos
Triagem	30 Bombonas de plástico de 100 litros	Destinadas a armazenar temporariamente os resíduos triados
Triagem	4 Carrinhos manuais com capacidade de 170 kg	Destinados a encaminhar as bombonas os resíduos triados às baias
Trituração	1 Moinho triturador TR 500 E 15 cv	Destinado a tritar os resíduos orgânicos para ser posteriormente encaminhados ao pátio de compostagem
Trituração	1 Prensa hidráulica vertical para enfardamento de papéis, papelão e plásticos para fardos de até 80 kg	Destinado a comprimir papel, papelão e plástico
Armazenamento dos resíduos: prensagem, pesagem e armazenamento	1 Prensa hidráulica vertical para enfardamento de metais para fardos de até 80 kg	Destinada a comprimir metais
	1 Balança micênica com 1.000 kg de capacidade	Destinada a pesar os fardos de resíduos prensados
	1 Empilhadeira simples com capacidade de 1.000 kg de deslocamento manual	Destinada a empilhar os fardos de resíduos prensados nas baias
	1 Carrinho plataforma de dois eixos com 400 kg de capacidade	Destinado a encaminhar os fardos prensados até o caminhão receptor
	24 KIT de EPIs	Destinados a proteger os funcionários da UTC

FONTE: Santos (2016).

**ANEXO B – Orçamento da UTC.**

<b>Descrição</b>		<b>Total (R\$)</b>
	Equipamentos e Materiais	94.042,75
Obras Civis	Pátio de Compostagem (1.789 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>235.559,47</b>

FONTE: Santos (2016).

**ANEXO C – Despesa mensal na UTC com salários dos funcionários.**

<b>Funcionários</b>		
<b>Quantidade</b>	<b>Função</b>	<b>Total (R\$)</b>
16	Triador	880,00
4	Deslocador de bombonas	880,00
2	Enfardador	880,00
1	Administrador	880,00
1	Gerente Técnico	1.000,00
1	Cozinha	880,00
2	Vigia	880,00
Água, energia outros		2.000,00
Manutenção		500,00
<b>Total</b>		<b>26.380,00</b>

FONTE: Santos (2016).