



UNIVERSIDADE DE RIBEIRÃO PRETO
MESTRADO EM TECNOLOGIA AMBIENTAL

ALACID RODRIGUES DE VILHENA

**DIAGNÓSTICO E PROPOSIÇÕES PARA O GERENCIAMENTO DOS
RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS DO MUNICÍPIO DE SANTA
BÁRBARA DO PARÁ**

Ribeirão Preto
2017

ALACID RODRIGUES DE VILHENA

**DIAGNÓSTICO E PROPOSIÇÕES PARA O GERENCIAMENTO DOS
RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS DO MUNICÍPIO DE SANTA
BÁRBARA DO PARÁ**

Dissertação apresentada como requisito parcial para a obtenção do título de Mestre pelo programa de Mestrado Profissionalizante em Tecnologia Ambiental do Centro de Ciências Exatas, Naturais e Tecnologias da Universidade de Ribeirão Preto.

Orientador: Prof. Dr. Reinaldo Pisani Júnior.

Ribeirão Preto
2017

Ficha catalográfica preparada pelo Centro de Processamento Técnico da
Biblioteca Central da UNAERP

- Universidade de Ribeirão Preto -

V711d Vilhena, Alacid Rodrigues de, 1974-
Diagnóstico e proposições para o gerenciamento
dos resíduos sólidos urbanos do município de Santa Bárbara do
Pará / Alacid Rodrigues de Vilhena. – Ribeirão Preto, 2017.
161 f.: il. color.

Orientador: Prof. Dr. Reinaldo Pisani Júnior.

Dissertação (mestrado) - Universidade de Ribeirão Preto,
UNAERP, Tecnologia Ambiental. Ribeirão Preto, 2017.

1. PNRS. 2. RSU. 3. Gerenciamento. 4. Aterro em valas. 5.
Compostagem. I. Título.

CDD 628

Alacid Rodrigues de Vilhena

**“ DIAGNÓSTICO E PROPOSIÇÕES PARA O GERENCIAMENTO DOS
RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS DO MUNICÍPIO DE SANTA BÁRBARA DO
PARÁ”.**

Dissertação apresentada como requisito parcial para a obtenção do título de Mestre pelo programa de Mestrado Profissionalizante em Tecnologia Ambiental do Centro de Ciências Exatas, Naturais e Tecnologias da Universidade de Ribeirão Preto.

Orientador: Prof. Dr. Reinaldo Pisani Junior.

Área de concentração: Tecnologia Ambiental

Data de defesa: 10 de fevereiro de 2017

Resultado: aprovado

BANCA EXAMINADORA


Prof. Dr. Reinaldo Pisani Junior
Universidade de Ribeirão Preto - UNAERP
Presidente


Prof. Dr. Marcus Cesar Avezum Alves de Castro
Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho – UNESP


Prof. Dr. Valdir Schalch
Universidade de Ribeirão Preto - UNAERP

Ribeirão Preto
2017

A Deus pela vida. Aos meus pais pelo carinho e direcionamento que me deram. Aos meus irmãos. A minha esposa Vanessa Mello pelo amor, incentivo e paciência. As minhas filhas Adria, Ágatha e Lorena e aos meus filhos Matheus e Gabriel Vilhena, por suas existências.

AGRADECIMENTOS

A Deus, que desde o primeiro momento, mostrou-me que tudo é possível quando se é perseverante.

Aos meus pais Zaqueu Vilhena e Rosalina Rodrigues, que além da vida, me deram o direcionamento necessário para enfrentar as dificuldades que a vida nos proporciona.

Aos meus irmãos, cunhadas e sobrinhos pela torcida e carinho.

A minha esposa Vanessa Mello pelo amor, incentivo, paciência e companhia no decorrer deste trabalho. As minhas filhas Adria, Ágatha e Lorena Vilhena e em especial aos meus filhos Matheus e Gabriel Vilhena, por mostrarem que por mais difícil que possa ser, os desafios encontrados em nossas vidas devem ser superados em busca de um sonho maior chamado VITÓRIA.

Ao meu orientador, Prof^o. Dr. Reinaldo Pisani Júnior, pela oportunidade, orientação e valiosa contribuição na execução deste trabalho, e pela oportunidade de crescimento profissional.

A Prof^a. Dra. Luciana Rezende Alves de Oliveira por acreditar na parceria realizada, pelo carinho e pelo incentivo demonstrado nestes anos de curso.

Ao Prof^o. Dr. Valdir Schalch pelo direcionamento nos ensinamentos sobre resíduos sólidos.

Aos professores do curso Prof^o. Dr. Lucas Lehfel, Prof^o. Dr. Luciano Farias de Novaes, Prof^a. Dra. Maristela Silva Martinez, Prof^a. Dra. Cristina Paschoalato e Prof^a. Dra. Angela Di Bernardo.

Aos amigos do curso e a todos aqueles que direta ou indiretamente contribuíram, por meio de seus conhecimentos, no direcionamento deste trabalho.

E nossa história não estará, pelo avesso, assim, sem final feliz. Teremos coisas bonitas pra contar. E até lá, vamos viver, temos muito ainda por fazer. Não olhe pra trás, apenas começamos. O mundo começa agora. Apenas começamos.

Renato Russo.

RESUMO

Este estudo apresenta o diagnóstico do gerenciamento dos resíduos sólidos urbanos (RSU) do município de Santa Bárbara do Pará e propõe alternativas de um novo modelo de gerenciamento de forma a melhorar o atendimento deste serviço à população local. Os procedimentos metodológicos utilizados contaram com 4 (quatro) etapas a saber: Caracterização do município nos seus aspectos geográficos, populacional e econômicos; descrição do modelo e procedimentos atuais do gerenciamento referentes aos RSU; levantamento dos dados de geração, coleta e disposição final dos RSU e; proposição de um novo modelo e etapas de gerenciamento dos RSU em consonância com a Política Nacional de Resíduos Sólidos, Lei nº 12.305/2010, e com a realidade do município. Os resultados obtidos demonstraram que a cidade apresenta dificuldades, como a grande maioria dos municípios de pequeno porte paraense, principalmente nas áreas da saúde, infraestrutura urbana e saneamento. O modelo e os procedimentos do gerenciamento dos RSU adotados no município são, basicamente, os mesmos utilizados na maioria dos pequenos municípios brasileiros, onde a falta de mão de obra qualificada para os trabalhos que envolvem os RSU torna-se prejudicial para o gerenciamento dos serviços. Nesta etapa verificou-se que a forma como se desenvolve o gerenciamento dos RSU fica sob a responsabilidade da Secretaria de Infraestrutura do município, e conta com as atividades de geração, acondicionamento, coleta, transporte e disposição final ambientalmente inadequada, ou seja, lixão a céu aberto. Por meio do diagnóstico realizado, caracterizou-se os RSU do município qualitativamente e quantitativamente, verificando-se uma produção de 191 t/mês de RSU, ou seja, 6,40 t diárias, sendo que 51% são de resíduos sólidos orgânicos. Buscou-se, para as proposições do novo modelo e etapas do gerenciamento dos RSU, alternativas que visam à implementação de um sistema mais econômico e eficaz ao município, e que tenha a inclusão social dos catadores de resíduos como premissa. A implantação de projeto de coleta seletiva em 5% da sede do município, unidade central de triagem que receberá os resíduos secos produzidos na coleta seletiva, sendo que estes deverão ser separados por tipos e armazenados para serem encaminhados aos processos de reciclagem, além da compostagem de 20% dos resíduos sólidos orgânicos produzidos na área urbana, permitirão ao município se adequar ao que é preconizado na Política Nacional de Resíduos Sólidos. Dessa forma espera-se que este trabalho possa ajudar a administração pública local na busca por um meio ambiente mais sustentável no que diz respeito aos procedimentos adotados para os RSU.

Palavras-chave: PNRS. RSU. Gerenciamento. Aterro em valas. Compostagem.

ABSTRACT

This study presents the diagnosis of urban solid waste (USW) management in the municipality of Santa Bárbara do Pará and proposes alternatives for a new management model in order to improve the offering of this service to the local population. The methodological procedures consisted of 4 (four) steps: Characterization of the municipality in its geographic, population and economic aspects; description of the current USW management model and procedures; data collection on generation, collection and final disposal of USW and; proposition of a new model and stages of USW management in consonance with the National Solid Waste Policy (NSWP), Law nº 12.305/2010, and with the reality of the municipality. The results showed that the city presents difficulties, such as the great majority of small municipalities of Pará, mainly in the fields of health, urban infrastructure and sanitation. The model and procedures of USW management adopted in the municipality are basically the same as those used in most small Brazilian municipalities, where the lack of skilled labor for the work involving the USW is detrimental to the management of the services. At this stage, it was verified that the way in which the USW management is developed is under the responsibility of the municipal infrastructure department, and has the activities of generation, conditioning, collection, transportation and final disposition which is environmentally inadequate, that is, "clear sky". By means of a diagnostic carried out, the USW of the municipality was characterized qualitatively and quantitatively, with a yield of 191 t / month of USW, that is, 6.40 t / day, with 51% being organic solid waste. For the propositions of the new model and stages of USW management, we sought alternatives that aim at the implementation of a more economical and effective system to the municipality, which also has the social inclusion of waste collectors as a premise. The implementation of a waste sorting project in 5% of the municipality's urban area, a central sorting unit that will receive the dry waste produced in the waste sorting, which must be separated by types and stored to be sent to the recycling processes, in addition to the composting of 20% of the organic solid waste produced in the urban area, will allow the municipality to become adapted to what is required by the National Solid Waste Policy. Thus, it is hoped that this work will help the local public administration in the search for a more sustainable environment, considering the procedures adopted for USW.

Keywords: NSWP. USW. Management. Landfill in trenches. Composting.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Áreas temáticas do saneamento básico.	23
Figura 2 - Divisão dos resíduos sólidos quanto à origem.....	31
Figura 3 - Participação das regiões do País no total de RSU coletado.....	36
Figura 4 - Índice de cobertura da coleta de RSU (%).	37
Figura 5 - Disposição final dos RSU coletados no Brasil.	38
Figura 6 - Disposição final dos RSU no Brasil por tipo de destinação (t/dia).	38
Figura 7 - Geração de RSU <i>per capita</i> nos estados e no Distrito Federal.....	39
Figura 8 - Composição gravimétrica dos RSU no Brasil.	41
Figura 9 - Caracterização física dos RD – Método de Quarteamento.....	42
Figura 10 - Modelo de gerenciamento dos RSU da cidade de Eskisehir, Turquia. ...	51
Figura 11 - Modelo de gerenciamento dos RSU da cidade de Mahdasht, Irã	52
Figura 12 - Modelo de gerenciamento dos RSU da cidade de Roma, Itália.....	53
Figura 13 - Modelo de gerenciamento proposto para cidade de Paranavaí, Paraná	53
Figura 14 - Modelo de gerenciamento utilizado na grande maioria dos municípios de pequeno porte do Brasil.	54
Figura 15 - Veículo compactador.	60
Figura 16 - Caminhão coletor do tipo poliguindaste.	60
Figura 17 - Caminhão basculante trucado.	61
Figura 18 - Pátio de Compostagem cimentado com leiras montadas.	70
Figura 19 - Localização do município de Santa Bárbara do Pará em relação à região metropolitana de Belém.	72
Figura 20 - Localização do município de Santa Bárbara do Pará em relação ao Estado do Pará e ao Brasil.....	81
Figura 21 - Estoque de emprego em 2010 por atividade econômica.	85
Figura 22 - Traçado viário do município de Santa Bárbara do Pará.....	89
Figura 23 - Caixa d'água da área urbana de Santa Bárbara do Pará	90
Figura 24 - Gestão dos RSU do município de Santa Bárbara do Pará.	92
Figura 25 - Fachada da Prefeitura Municipal.....	92
Figura 26 - Pátio da Prefeitura, onde se abriga os veículos da Secretaria Municipal de Infraestrutura.....	92
Figura 27 - Atividades encontradas no gerenciamento dos RSU da cidade.	93
Figura 28 - Tambor como forma de armazenamento de resíduos em via pública.....	94

Figura 29 - <i>Container</i> de armazenamento de resíduos no canteiro da área urbana.	94
Figura 30 - Disposição Inadequada dos resíduos na margem da via pública.	95
Figura 31 - Disposição Inadequada dos resíduos na via pública.	95
Figura 32 - Equipe realizando varrição.	96
Figura 33 - Resíduos de varrição a espera de coleta.	96
Figura 34 - Tipo de pavimentação da área urbana do município.	97
Figura 35 - Recipientes improvisados utilizados como cestos para acondicionamento de resíduos.	98
Figura 36 - Lixeira para acondicionamento de resíduos.	98
Figura 37 - Equipe realizando capina manual.	99
Figura 38 - Equipe realizando capina mecânica.	99
Figura 39 - Resíduos de podas de árvores na via pública.	99
Figura 40 - Resíduos de podas de árvores na margem da via pública.	99
Figura 41 - Fachada da Feira de Santa Bárbara do Pará.	100
Figura 42 - Boxes do Mercado de Santa Bárbara do Pará.	100
Figura 43 - Pneus espalhados na área de lixão de Santa Bárbara do Pará.	101
Figura 44 - Caminhão basculante utilizado na coleta dos Resíduos Sólidos.	102
Figura 45 - Portão de madeira que dá acesso a área do lixão.	103
Figura 46 - Acesso à área do lixão.	103
Figura 47 - Catadores na área do lixão.	103
Figura 48 - Área do lixão da cidade de Santa Bárbara do Pará.	104
Figura 49 - Pesagem dos resíduos – Método do quarteamento.	106
Figura 50 - Organograma proposto para GIRSU de Santa Bárbara do Pará.	108
Figura 51 - Etapas de gerenciamento dos RSU de Santa Bárbara do Pará.	110
Figura 52 - Modelo de coletor de resíduos de limpeza pública	111
Figura 53 - Mapa esquemático da sede urbana dividida em 2 setores de coleta.	113
Figura 54 - Método heurístico de traçado de itinerários de coleta regular que deverá ser adotado em Santa Bárbara do Pará.	115
Figura 55 - Desenho esquemático da CT.	122
Figura 56 – Dimensões das leiras.	126
Figura 57 - Desenho esquemático do pátio de compostagem e unidades da CT.	128
Figura 58 - Simulação do pátio de compostagem com as 120 leiras.	129
Figura 59 - Proposta de locação para as unidades do sistema de RSU de Santa Bárbara do Pará	130

Figura 60 - Proposição do <i>layout</i> da disposição das 335 valas no aterro sanitário de pequeno porte.	137
Figura 61 - Abertura de vala com quantidade de terras apenas de um lado.	138
Figura 62 – Sequência da operação de disposição dos resíduos.	139
Figura 63 - Execução da camada de cobertura diária.	139
Figura 64 - Efetivação da cobertura final da vala.	140
Figura 65 - Aterro em valas finalizado.	141
Figura 66 - Modelo de sacolas plásticas.	142
Figura 67 - Modelos propostos de PEV: ECORIO.	142
Figura 68 - Modelos propostos de PEV: ECORIO.	142
Figura 69 - Setor 1 – Coleta seletiva.	145
Figura 70 - Modelo de transporte para coleta de porta a porta pelos catadores.	147
Figura 71 - Modelo Proposto de coletores móveis para Logística Reversa.	147
Figura 72 - Ordem de prioridade da gestão dos resíduos	148
Figura 73 - Atividades de produção propostas para os catadores	149

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Classificação dos resíduos da construção civil.	28
Quadro 2 - Legislações que devem ser seguidas com relação aos resíduos agrossilvopastoris.....	29
Quadro 3 - Regulamentações dos resíduos de mineração.	30
Quadro 4 - Procedimentos operacionais adotados para o funcionamento adequado de aterros em valas.....	67
Quadro 5 - Componentes mais comuns da composição gravimétrica	105
Quadro 6 - Características do horário de coleta proposto.....	114
Quadro 7 - Critérios para a seleção da área do aterro sanitário em valas para o município de Santa Bárbara do Pará, segundo a NBR 15.849/2010.	130
Quadro 8 - Descrição do método construtivo e do método de operação do aterro sanitário em valas para Santa Bárbara do Pará.....	134
Quadro 9 - EPI propostos para o uso dos garis.	150

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Faixas populacionais e taxa de geração de resíduos <i>per capita</i> segundo classe de municípios – 2009.	33
Tabela 2 - Taxa de cobertura de coleta domiciliar direta em relação à população urbana.	34
Tabela 3 - Geração de RSU no Brasil.	35
Tabela 4 - Geração <i>per capita</i> de RSU.	35
Tabela 5 - Massa coletada <i>per capita</i> de RSU por região e no Brasil no ano de 2014.	35
Tabela 6 - Coleta de RSU no Brasil.	36
Tabela 7 - Situação dos RSU na região norte do Brasil – 2015.	39
Tabela 8 - Situação dos RSU no estado do Pará – 2015.	40
Tabela 9 - Projeção populacional no período de 2017 a 2036 a partir da fórmula aritmética e geração dos RSU para o mesmo período.	76
Tabela 10 - Evolução Demográfica 2000 – 2011.	83
Tabela 11 - Distribuição da população de Santa Barbara do Pará nas zonas rural e urbana.	84
Tabela 12 - Número de estabelecimentos por atividade econômica 2000-2010.	84
Tabela 13 - Estoque de emprego segundo o setor de atividade econômica.	85
Tabela 14 - Produto Interno Bruto, <i>per capita</i> preço de mercado corrente - 2002-2013.	86
Tabela 15 - Principais rebanhos existentes 2005-2010.	86
Tabela 16 - Estabelecimentos de ensino.	87
Tabela 17 - Unidades de Saúde do município.	88
Tabela 18 - Composição dos RSU coletados pela Secretaria de Infraestrutura do município.	105
Tabela 19 - Composição gravimétrica dos RSU de Santa Bárbara do Pará.	106
Tabela 20 - Estimativa da composição gravimétrica dos RSU coletados no município de Santa Bárbara do Pará em 2016 – Método do quarteamento.	107
Tabela 21 - Composição gravimétrica dos resíduos sólidos no Brasil.	107
Tabela 22 - Frequência e horário de coleta.	113
Tabela 23 - Equipamentos a serem usados no galpão da CT.	121

Tabela 24 - Estimativas de custos para implantação da CT e do pátio de compostagem.....	123
---	-----

LISTA DE ABREVIATURAS

ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
ABRELPE	Associação Brasileira de Empresa de Limpeza Pública e Resíduos Especiais
ANVISA	Agência Nacional de Vigilância Sanitária
ART	Anotação de Responsabilidade Técnica
ASPP	Aterro Sanitário de Pequeno Porte
CDR	Combustíveis Derivados de Resíduos
REDE CELPA	Central Elétrica do Pará
CETESB	Companhia Ambiental do Estado de São Paulo
CNEN	Comissão Nacional de Energia Nuclear
CODEVASF	Companhia de Desenvolvimento dos Vales do São Francisco e do Parnaíba
COIMP	Consórcio Integrado dos Municípios Paraenses
CONAMA	Conselho Nacional do Meio Ambiente
CREA	Conselho Regional de Engenharia e Agronomia
CT	Central de Triagem
EPI	Equipamento de Proteção Individual
ETA	Estação de Tratamento de Água
ETE	Estação de Tratamento de Esgoto
GIRSU	Gerenciamento Integrado de Resíduos Sólidos Urbanos
IBAM	Instituto Brasileiro de Administração Municipal
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
IDESP	Instituto de Desenvolvimento Econômico, Social e Ambiental do Estado do Pará
NBR	Norma Brasileira
OMS	Organização Mundial da Saúde
PCI	Poder Calorífico Inferior
PCS	Poder Calorífico Superior
PEAD	Polietileno de Alta Densidade
PEV	Posto de Entrega Voluntária
pH	Potencial Hidrogeniônico
PIB	Produto Interno Bruto
PMGIRS	Plano Municipal de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos
PNRS	Política Nacional de Resíduos Sólidos
PNSB	Política Nacional de Saneamento Básico
RD	Resíduos Domiciliares
RDF	<i>Refuse Derived Fuel</i>
RS	Resíduos Sólidos
RSU	Resíduos Sólidos Urbanos
SISNAMA	Sistema Nacional do Meio Ambiente
SNIS	Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento

SNSA	Secretaria Nacional de Saneamento Ambiental
SNVS	Sistema Nacional de Vigilância Sanitária
SUASA	Sistema Único de Atenção à Sanidade Agropecuária
USEPA	<i>United States Environmental Protection Agency</i>

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	18
2	OBJETIVOS	20
2.1	OBJETIVO GERAL	20
2.2	OBJETIVOS ESPECÍFICOS	20
3	REVISÃO DE LITERATURA	21
3.1	SANEAMENTO BÁSICO – BREVE HISTÓRICO	21
3.2	RESÍDUOS SÓLIDOS	24
3.2.1	Classificação dos resíduos sólidos segundo a NBR 10.004/2004	25
3.2.2	Classificação dos resíduos sólidos segundo a Lei nº 12.305/2010	27
3.2.2.1	Quanto à origem	27
3.2.2.2	Quanto à periculosidade	31
3.3	RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS	32
3.3.1	Características dos RSU	40
3.4	GESTÃO DOS RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS	44
3.4.1	Planos Municipais de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos (PMGIRS)	45
3.5	GERENCIAMENTO DOS RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS	48
3.5.1	Modelos de gerenciamento de RSU em diferentes cidades	51
3.5.2	Atividades técnico-operacionais do Sistema de Gerenciamento Integrado dos RSU	54
3.5.2.1	Geração	54
3.5.2.2	Acondicionamento	55
3.5.2.3	Coleta	55
3.5.2.4	Transporte	59
3.5.2.5	Tratamento	62
3.6	ATERROS DE PEQUENO PORTE	65
3.6.1	Aterro sanitário de pequeno porte em Valas	66
3.7	COMPOSTAGEM	68
3.7.1	Pátio de Compostagem	69
3.7.2	Formato e tamanhos das leiras	69
4	MATERIAL E MÉTODOS	72
4.1	CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO	72
4.2	DESCRIÇÃO DAS ETAPAS METODOLÓGICAS	73
5	RESULTADOS E DISCUSSÃO	80
5.1	CARACTERIZAÇÃO DO MUNICÍPIO DE SANTA BÁRBARA DO PARÁ NOS SEUS ASPECTOS GEOGRÁFICOS, POPULACIONAIS E ECONÔMICOS	80
5.1.1	Histórico e Localização	80
5.1.2	Geologia e Relevo	81
5.1.3	Vegetação	82
5.1.4	Clima	82
5.1.5	Aspectos Demográficos	82
5.1.6	Economia	83
5.1.7	Produto Interno Bruto (PIB)	85
5.1.8	Agricultura e Pecuária	86

5.1.9 Comércio	87
5.1.10 Aspectos Sociais	87
5.1.11 Infraestrutura Urbana	88
5.1.12 Saneamento Básico	89
5.2 DESCRIÇÃO DO ATUAL MODELO E OS PROCEDIMENTOS DO GERENCIAMENTO ADOTADOS NO MUNICÍPIO	91
5.2.1 Estrutura Administrativa	92
5.2.2 Geração dos RSU	93
5.2.3 Acondicionamento dos RSU	94
5.2.4 Sistema de Coleta	95
5.2.5 Serviço de limpeza em vias e logradouros públicos	96
5.2.6 Transporte	102
5.2.7 Disposição Final dos RSU de Santa Bárbara do Pará	102
5.3 LEVANTAMENTO DE DADOS DA GERAÇÃO, COLETA E DISPOSIÇÃO FINAL DOS RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS DA CIDADE	104
5.3.1 Caracterização quantitativa dos RSU	104
5.3.2 Caracterização qualitativa dos RSU	105
5.4 PROPOSIÇÃO DO MODELO E ETAPAS DE GERENCIAMENTO DOS RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS EM CONSONÂNCIA COM A LEI Nº 12.305/2010 E COM A REALIDADE DO MUNICÍPIO	108
5.4.1 Acondicionamento dos RSU	111
5.4.2 Coleta regular	111
5.4.3 Transporte dos RSU	119
5.4.4 Central de Triagem dos RSU	119
5.4.5 Sistema de Compostagem dos resíduos sólidos orgânicos	123
5.4.5.1 Dimensionamento das leiras.....	125
5.4.6 Disposição final ambientalmente adequada	129
5.4.6.1 Localização.....	129
5.4.6.2 Etapas de projeto do aterro sanitário em valas.....	131
5.4.6.3 Procedimentos Operacionais.....	132
5.4.6.4 Dimensões das valas.....	132
5.4.6.5 Treinamento dos operadores do aterro sanitário em valas.....	134
5.4.6.6 Dimensionamento das valas.....	135
5.4.6.7 <i>Layout</i> da disposição das valas no aterro sanitário para Santa Bárbara do Pará.....	136
5.4.6.8 Sequência de abertura e fechamento de valas.....	138
5.4.6.9 Proposição para implantação de coleta seletiva dos RSU recicláveis e reutilizáveis.....	141
5.4.6.9.1 Modelo para coleta seletiva extensiva e de baixo custo.....	143
5.4.6.9.2 Proposta de transporte para os resíduos da coleta seletiva.....	146
5.4.6.10 Proposição da Coleta e armazenamento de resíduos com logística reversa.....	147
5.4.6.11 Proposição de implantação de uma Associação e/ou cooperativa de catadores de RD reciclável ou reutilizável e a infraestrutura.....	148
5.4.6.12 Proposta de equipamentos de segurança e saúde do trabalhador da coleta dos RSU.....	150
6 CONCLUSÃO	152
REFERÊNCIAS	155

1 INTRODUÇÃO

A obrigatoriedade de se implantar os Planos de Resíduos Sólidos a nível federal, estadual e municipal é condição para que estados e municípios possam usufruir dos recursos da União, conforme preconizado nos Artigos 16 e 18 da Lei nº 12.305/2010, que instituiu a Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS) regulamentada pelo Decreto nº 7.404/2010, a qual determinou que o prazo para que estados e municípios brasileiros apresentassem seus referidos planos foi até o mês de agosto do ano de 2012.

A falta de uma visão do futuro, as questões políticas, e principalmente a falta de informações, tanto por parte dos governantes, quanto por parte de uma parcela significativa da população, contribuem para que o cenário dos Resíduos Sólidos (RS), na grande maioria dos municípios brasileiros, torne-se preocupante.

O caput do art. 1º da referida Lei aponta que é de responsabilidade dos geradores e do poder público as questões relativas aos resíduos sólidos. O inciso III do art. 2º da Lei nº 11.445, de 05 de janeiro de 2007, que estabelece as diretrizes nacionais para o saneamento básico, preconiza que o manejo dos resíduos sólidos seja realizado de forma adequada à saúde pública e à proteção do meio ambiente.

Indubitavelmente a problemática ocasionada pela disposição irregular dos resíduos sólidos está se agravando, cada vez mais, nas principais regiões do país, principalmente em aglomerados populacionais que fazem parte de regiões metropolitanas. A questão está tendo uma maior dimensão, e consequências já podem ser observadas, como a escassez de locais apropriados para o acondicionamento adequado dos resíduos.

A sociedade civil organizada, o setor privado e todas as entidades em geral, deverão prover grandes esforços para o cumprimento das metas estabelecidas no Plano Municipal de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos (PMGIRS). Ampliar a coleta seletiva, implantar a logística reversa e a compostagem dos resíduos orgânicos, objetivos estabelecidos pela Lei Federal, serão processos desafiadores para o município impondo um salto na qualidade gerencial, provando a capacidade em todas as dimensões, e forçando a criatividade técnica para cada peculiaridade na superação das novas condições e responsabilidades.

Para que o plano possa ter sucesso os estados e municípios deverão implementar um modelo de gestão que busque a melhoria contínua da população e

do meio ambiente. A operacionalização de um sistema de gestão de resíduos sólidos deve se dar a partir de uma visão integrada, que facilite a ação sinérgica dos atores sociais, em suas diversas dimensões, envolvidos na administração dos resíduos sólidos. Deve ser participativo, universalizador, sustentável e viabilizar o controle social, incorporando os princípios da Política Nacional de Saneamento Básico (PNSB) e da Política Nacional de Resíduos Sólidos.

Os Resíduos Sólidos Urbanos (RSU), de acordo com a PNRS de 2010, são formados pelos Resíduos Domiciliares e Resíduos de Limpeza Urbana, sendo que os domiciliares são aqueles produzidos no domicílio de uma determinada localidade, já os serviços de limpeza urbana envolvem atividades como: varrição, limpeza de logradouros e vias públicas e outros serviços de limpeza urbana como: raspagem; capina e roçagem; corte e poda de árvores; limpeza de ralos, bocas de lobo, galerias e córregos; limpeza de feiras e mercados; serviços de remoção de materiais diversos; serviços de remoção de animais mortos; limpeza de praias; pintura de meio fio; desobstrução de ramais e galerias; desinfestação e desinfecções; lavagem de logradouros públicos (ESPÍRITO SANTO, 2013). Essas atividades devem ser realizadas mediante ordens de serviço, especificando com detalhes o tipo de serviço a ser realizado e o dimensionamento dos recursos necessários.

O município de Santa Bárbara do Pará faz parte da Região Metropolitana de Belém, capital do estado do Pará. Como em vários municípios do estado, e até mesmo do país, Santa Bárbara do Pará sofre com as consequências da disposição final inadequada dos resíduos sólidos urbanos gerados na cidade. Aliado a isso, a falta de mão de obra especializada nos órgãos municipais e a falta de gestores capacitados no assunto, juntamente com a falta de informações por parte da população, torna o cenário ainda mais preocupante.

Justifica-se esse trabalho de pesquisa na tentativa de tornar o Gerenciamento dos Resíduos Sólidos Domiciliares e os Serviços de Limpeza Urbana nas vias e logradouros públicos do município de Santa Bárbara do Pará mais eficaz e eficiente em consonância com a PNRS de 2010, por meio da proposição de alternativas que busquem um atendimento mais adequado à população, bem como, mais viável economicamente para a gestão municipal, pois se adotando tecnologias adequadas, implantando-se projeto de coleta seletiva e diminuindo-se a quantidade de resíduos produzidos, o município passa a ter equilíbrio em suas finanças ligadas à área de resíduos sólidos.

2 OBJETIVOS

Neste tópico são apresentados o objetivo geral e os objetivos específicos do trabalho.

2.1 OBJETIVO GERAL

Diagnosticar o gerenciamento dos Resíduos Sólidos Urbanos do município de Santa Bárbara do Pará e propor alternativas de um novo modelo de gerenciamento para melhorar o atendimento deste serviço à população local.

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Para o atendimento ao objetivo geral foram estabelecidos os seguintes objetivos específicos:

- Caracterizar o município de Santa Bárbara do Pará nos seus aspectos geográficos, populacional e econômicos;
- Descrever o atual modelo e os procedimentos do gerenciamento dos RSU adotados no município;
- Levantar dados referentes aos RSU do município;
- Propor modelo e etapas de gerenciamento dos RSU em consonância com a PNRS de 2010 e com a realidade do município.

3 REVISÃO DE LITERATURA

Neste item apresenta-se um breve histórico do saneamento básico, assim como, a classificação, origem e composição dos resíduos sólidos.

3.1 SANEAMENTO BÁSICO – BREVE HISTÓRICO

De acordo com Rosen (2006), com maior ou menor ênfase, as ações de saneamento sempre fizeram parte do processo civilizatório, ou seja, as populações passadas, estabelecidas em diferentes locais e em diferentes épocas, chegaram à conclusão que o investimento em ações de saneamento básico se tornam salutar à sociedade de uma forma geral. A promoção do saneamento básico é um fator primordial para a promoção e manutenção da saúde pública, por isso a unanimidade quanto a sua importância.

O termo “saneamento” provém do verbo “sanear”, que significa tornar higiênico, salubrificar, remediar, tornar habitável, tornar apto à cultura. Segundo Ferreira (2010) Saneamento significa “Ação de Sanear”, tendo como efeito dessa ação a limpeza, o asseio.

A Organização Mundial da Saúde (OMS) define saúde como um estado de completo bem-estar físico, social e mental, e não apenas a ausência de doenças. No entanto, o conceito de saúde pode ser muito mais amplo do que normalmente se considera, o que torna a condição “saudável” bastante difícil de ser obtida, praticamente uma utopia, embora sua definição esteja correta.

A relação entre saúde e saneamento, embora essencial, ganhou grande significância em diferentes encontros e reuniões internacionais. Destacam-se as Conferências Internacionais sobre Promoção da Saúde, onde foi afirmado em um de seus eventos sobre a influência que um ambiente ecologicamente equilibrado exerce sobre a saúde da população em geral, sendo tais fatores considerados interdependentes e inseparáveis.

Conforme a OMS saneamento ambiental é definido como o controle de todos os fatores do meio físico, onde o homem atua que exercem ou podem exercer efeitos contrários sobre seu bem-estar físico, social ou mental, ou seja, que possam interferir na sua saúde. Essa definição de saneamento ambiental, embora essencialmente

coerente, está pouco clara. Ela não traz, de fato, quais são as ações que controlam ou poderiam controlar os fatores que influenciam na saúde das pessoas.

Saneamento ambiental pode ser definido como o conjunto de ações técnicas e socioeconômicas que, quando aplicadas, resultam em maiores níveis de salubridade ambiental. Estas ações compreendem o abastecimento de água em quantidade e em qualidade adequada; a coleta, o tratamento e a disposição adequada dos resíduos sólidos, efluentes líquidos e emissões atmosféricas; o manejo de águas pluviais; o controle ambiental de vetores e reservatórios de doenças; a promoção sanitária e o controle ambiental do uso e ocupação do solo; e a prevenção e controle do excesso de ruídos.

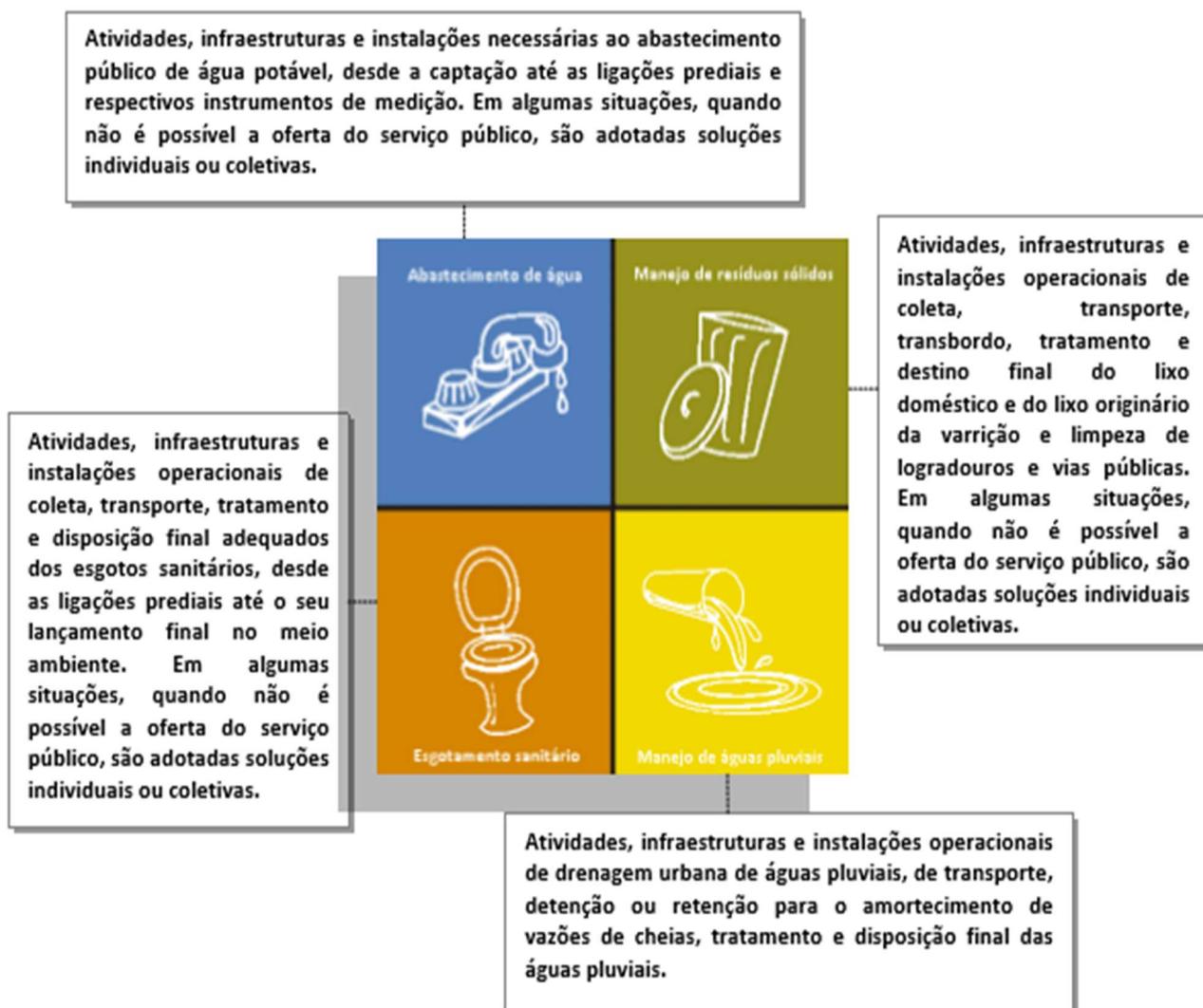
O saneamento é algo bastante complexo, que envolve ações de naturezas distintas. O controle de todos esses fatores exige um grande esforço tanto por parte da população, quanto do poder público, visando harmonizar as relações nas cidades. Dentro deste contexto, o saneamento básico pode ser compreendido como um recorte do saneamento ambiental.

Portanto, a importância de se tratar o saneamento em toda a sua complexidade, significa pensar e desenhar adequadamente as soluções tecnológicas e a infraestrutura, assim como considerar todas as variáveis socioculturais e ambientais envolvidas na formulação das soluções de saneamento, desde a adequação às necessidades, expectativas e valores culturais da população, até as vocações econômicas e preocupações ambientais das cidades.

No que se refere ao marco legal, apesar de prevista na Constituição Federal de 1988, a União só editou lei com as diretrizes para o saneamento básico em 2007, com a Lei nº 11.445/2007 tendo-se convivido com um vazio legal durante quase duas décadas, o que influenciou negativamente na prestação dos serviços e nos investimentos.

Na Figura 1 são mostrados os quatro eixos do saneamento básico, identificando suas áreas temáticas, conforme a Lei nº 11.445, de 05 de janeiro de 2007, que estabelece as diretrizes nacionais para o saneamento básico e definiu uma Política Nacional de Saneamento Básico.

Figura 1 - Áreas temáticas do saneamento básico.



Fonte: BRASIL, 2011.

Na referida lei o saneamento básico é entendido como o conjunto de serviços, infraestruturas e instalações operacionais de:

Abastecimento de água potável: constituído pelas atividades, infraestruturas e instalações necessárias ao abastecimento público de água potável, desde a captação até as ligações prediais e respectivos instrumentos de medição.

Esgotamento sanitário: constituído pelas atividades, infraestruturas e instalações operacionais de coleta, transporte, tratamento e disposição final adequados dos esgotos sanitários, desde as ligações prediais até o seu lançamento final no meio ambiente.

Limpeza urbana e manejo de resíduos sólidos: conjunto de atividades, infraestruturas e instalações operacionais de coleta, transporte, transbordo,

tratamento e destino final dos resíduos domésticos e dos resíduos originários da varrição e limpeza de logradouros e vias públicas.

Drenagem e manejo das águas pluviais urbanas: conjunto de atividades, infraestruturas e instalações operacionais de drenagem urbana de águas pluviais, de transporte, detenção ou retenção para o amortecimento de vazões de cheias, tratamento e disposição final das águas pluviais drenadas nas áreas urbanas.

Neste trabalho a questão dos resíduos sólidos foi abordada com mais ênfase, no entanto, sabe-se que para um atendimento adequado, visando à saúde da população, os serviços de abastecimento de água, esgotamento sanitário e drenagem e manejo de águas pluviais são essenciais para a qualidade de vida de todos.

3.2 RESÍDUOS SÓLIDOS

Para iniciar uma abordagem textual sobre Resíduos Sólidos (RS), vale destacar a importância sobre o assunto com o passar do tempo, culminando nas preocupações dos dias atuais, como sendo uma das maiores prioridades em termos de preservação ambiental. Vale ressaltar que os serviços de abastecimento de água, esgotamento sanitário, serviços de drenagem e de manejo de águas pluviais, possuem o mesmo grau de importância e de preocupação que devem ser dispostos à população de forma adequada visando à saúde pública e a proteção do meio ambiente, conforme prevê os incisos III e IV do art. 2º da Lei nº 11.445/2007.

De acordo com a Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT), em sua Norma Brasileira (NBR) 10.004/2004 – Resíduos Sólidos – Classificação define Resíduos Sólidos como:

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

Como pode ser observado na definição anteriormente citada, alguns resíduos líquidos também são incluídos entre os resíduos sólidos, o que pode confundir um pouco quem tenha contato inicial com estes resíduos (SANTOS, 2012). Ribeiro e Morelli (2009) concordam que, talvez a criação de um índice (porcentagem em

sólidos) que separe os resíduos entre sólidos e líquidos pudesse solucionar o problema.

Segundo a definição da NBR 10.004/2004 os resíduos sólidos são classificados conforme apresentado a seguir.

3.2.1 Classificação dos resíduos sólidos segundo a NBR 10.004/2004

A seguir apresenta-se a classificação dos resíduos sólidos de acordo com a NBR 10.004/2004.

Resíduos Classe I – Perigosos, característica apresentada por um resíduo que, em função de suas propriedades físicas, químicas ou infectocontagiosas, pode apresentar:

- a) Risco à saúde pública, provocando mortalidade, incidência de doenças ou acentuando seus índices;
- b) Riscos ao meio ambiente, quando o resíduo for gerenciado de forma inadequada.

Estes resíduos são classificados pelas suas características de inflamabilidade, corrosividade, reatividade e patogenicidade e são codificados conforme indicado a seguir:

- D 001 - qualifica o resíduo como inflamável;
- D 002 - qualifica o resíduo como corrosivo;
- D 003 - qualifica o resíduo como reativo;
- D 004 - qualifica o resíduo como patogênico;
- D 005 a 052 - identificam resíduos perigosos devido a sua toxicidade.

Resíduos Classe II – Não perigosos, estes são subdivididos em inertes e não inertes.

Os Resíduos Inertes - Classe II B: consistem nos Resíduos Sólidos que, ao serem amostrados de acordo com a NBR 10.007/2004, e submetidos a um contato estático e dinâmico com água destilada ou desionizada, a temperatura ambiente, em conformidade com a NBR 10.006/2004, não tiverem nenhum de seus constituintes solubilizados a concentrações superiores aos padrões de potabilidade da água, salvo aspecto, turbidez, cor, dureza e sabor.

Já os Resíduos Não Inertes - Classe II A: constituem os resíduos que não se enquadram nas classificações de Resíduos Classe I (perigosos) ou de Resíduos

Classe II B (inertes). Esses resíduos são passíveis de ter propriedades, tais como: a combustibilidade, biodegradabilidade ou solubilidade em água.

Torna-se possível, a partir dessa classificação, estabelecer metodologias e logísticas apropriadas, visando aos corretos manejo e destinação final dos resíduos em conformidade com as classes nas quais se enquadram. Vale ressaltar que os resíduos de origem radioativa não são de responsabilidade da NBR 10.004/2004, estes são de competência exclusiva da Comissão Nacional de Energia Nuclear (CNEN).

Para efeitos de classificação dos Resíduos Sólidos, a ABNT por meio da NBR 10.004/2004 elaborou as normas apresentadas a seguir:

- NBR 10.005/2004 – Procedimento para obtenção de extrato lixiviado de resíduos sólidos;
- NBR 10.006/2004 – Procedimento para obtenção de extrato solubilizado de resíduos sólidos, objetivando tornar uma amostra de um resíduo solúvel em água e analisar a concentração dos materiais ou elementos presentes no extrato;
- NBR 10.007/2004 – Amostragem de resíduos sólidos, a ser analisada como representativa de um todo.

Além das normas supracitadas, as referências a seguir também contêm disposições que, ao serem mencionadas no texto da NBR 10.004/2004, consistem em prescrições para esta norma:

- NBR 12.808/1993 – Resíduos de Serviços de Saúde – Classificação;
- NBR 14.598/2012 – Produtos de petróleo – Determinação do ponto de fulgor pelo aparelho de vaso fechado pensky-Martens;
- USEPA – SW 846 – *Test methods for evaluating solid waste – Physical/chemical methods*, de autoria da *United States Environmental Protection Agency (USEPA)*. No entanto, a NBR 10.004/2004 refere-se à necessidade do uso da versão mais recente da SW 846, não se apresentando a referência ao ano da mesma (BARROS, 2012).

Para a Lei nº 12.305, de 02 de agosto de 2010, a definição de resíduos sólidos é a seguinte:

É todo o material, substância, objeto ou bem descartado resultante de atividades humanas em sociedade, a cuja destinação final se procede, se propõe proceder ou se está obrigado a proceder, nos estados sólido ou semissólido, bem como gases contidos em recipientes e líquidos cujas particularidades tornem inviável o seu lançamento na rede pública de esgotos

ou em corpos d'água, ou exijam para isso soluções técnica ou economicamente inviáveis em face da melhor tecnologia disponível (BRASIL, 2010b).

3.2.2 Classificação dos resíduos sólidos segundo a Lei nº 12.305/2010

De acordo com a PNRS de 2010 em seu art. 13, os RS podem ser classificados quanto à origem e quanto a sua periculosidade. A classificação quanto à origem é dividida conforme apresentado a seguir.

3.2.2.1 Quanto à origem

a) resíduos domiciliares: resíduos originários de atividades domésticas em residências urbanas. Constituem-se de uma grande diversidade de itens, em geral, sobras de alimento, produtos deteriorados, garrafas de vidro ou de plástico, embalagens, papel higiênico, fraldas descartáveis, entre outros. Entretanto, contêm, ainda, alguns resíduos passíveis de serem tóxicos e, por vezes, descartados inapropriadamente, como lâmpadas fluorescentes, pilhas e baterias, solventes, inseticidas, herbicidas, etc.;

b) resíduos de limpeza urbana: são os resíduos procedentes de varrição, limpeza de logradouros e vias públicas, e demais serviços de limpeza urbana. São compostos por folhas, galhos de árvore, terra e areia. Como no caso dos resíduos domiciliares, podem conter também os resíduos descartados inadequadamente, como pneus, entulhos, troncos de árvores, etc;

c) resíduos sólidos urbanos: são os constituídos pelo somatório dos resíduos domiciliares e os resíduos de limpeza urbana;

d) resíduos de estabelecimentos comerciais e prestadores de serviços: são os resíduos compostos, sobretudo pelo resultado da atividade comercial praticada, a exemplo de restos alimentares de restaurantes e lanchonetes. Possui grande quantidade de material de escritório, papelão, plástico, embalagens em geral, entre outros. Dentre os resíduos gerados nestas atividades são excluídos os resíduos de limpeza urbana, resíduos dos serviços públicos de saneamento básico, resíduos de serviços de saúde, resíduos da construção civil e resíduos de serviços de transportes;

e) resíduos dos serviços públicos de saneamento básico: são os resíduos das Estações de Tratamento de Esgoto (ETE) e das Estações de Tratamento de Água

(ETA) que produzem lodos que devem ser desidratados e tratados. Dentre os resíduos gerados nos serviços públicos de saneamento básico excetuam-se os geradores de resíduos sólidos urbanos;

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

g) resíduos de serviços de saúde: são aqueles gerados nos serviços de saúde, conforme definido em regulamento ou em normas estabelecidas pelos órgãos do Sistema Nacional do Meio Ambiente (SISNAMA) e do Sistema Nacional de Vigilância Sanitária (SNVS);

h) resíduos da construção civil: constituem-se nos resíduos gerados nas construções, reformas, reparos e demolições de obras de construção civil, incluídos os resultantes de preparação e escavação de terrenos para obras civis. Constitui-se por materiais agregados para concreto, fragmentos de concreto armado, madeira, cerâmica, argamassa, solos, restos de alimentação das equipes de funcionários, tijolos, et. Possuem também, resíduos passíveis de proporcionarem toxicidade, como sobras de tintas lâmpadas fluorescentes, solventes, amianto, entre outros. O Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA) qualificou por intermédio da Resolução nº 307/2002, que estabelece diretrizes, critérios e procedimentos para a gestão dos resíduos da construção civil, esses tipos de resíduos de acordo com o Quadro 1.

Quadro 1 - Classificação dos resíduos da construção civil.

I – Classe A	Resíduos reutilizáveis ou recicláveis como agregados.
II – Classe B	Resíduos recicláveis para outras destinações, como papelão, plástico, metais, vidros, papel, madeira e gesso.
III - Classe C	Resíduos para os quais não foram desenvolvidas tecnologias ou aplicações economicamente viáveis que permitam a sua reciclagem/recuperação.
IV – Classe D	Resíduos perigosos oriundos do processo de construção como solventes, tintas, óleos, e outros, ou, ainda, aqueles contaminados ou prejudiciais à saúde, originários de reforma, demolições e reparos de clínicas radiológicas, instalações industriais, e outros, assim como telhas e demais materiais e objetos que contenham amianto ou outros produtos nocivos à saúde.

Fonte: BRASL, 2002.

i) Resíduos agrossilvopastoris: são os resíduos gerados nas atividades agropecuárias e silviculturais, incluídos os relacionados a insumos utilizados nessas atividades. Constituem os resíduos perigosos utilizados na agricultura, como restos de fertilizantes químicos e pesticidas. Algumas recomendações, devido à

periculosidade desses tipos de resíduos devem ser observadas, conforme o Quadro 2.

Quadro 2 - Legislações que devem ser seguidas com relação aos resíduos agrossilvopastoris.

Lei	Artigo	Recomendações
Lei nº 12.305/2010	art. 20 Inciso V	Estão sujeitos à elaboração de Plano de gerenciamento de resíduos sólidos, dentre outros, os responsáveis por atividades agrossilvopastoris, se exigido pelo órgão competente do SISNAMA ou do Sistema Único de Atenção à Sanidade Agropecuária (SUASA).
Resolução CONAMA nº 334/2003	Anexo I	Estabelece alguns critérios técnicos mínimos exigidos para o licenciamento ambiental de postos e centrais de recebimento de embalagens vazias de agrotóxicos.
	Anexo II	Estabelece as exigências mínimas para instalações, destacando-se a necessidade de área coberta específica para armazenagem temporária de embalagens contaminadas, que devem ser separadas das lavadas. Utilização de canaletas e caixas para contenção de águas pluviais, pé direito com abertura superior para garantir ventilação, piso cimentado, entre outras.
Resolução CONAMA nº 316/2002	art. 25	Estabelece que o tratamento térmico dos agrotóxicos e afins, assim como os materiais, produtos ou resíduos por eles contaminados, quando exigível pela legislação específica, devem atender às disposições desta resolução, obedecendo aos mesmos parâmetros e critérios adotados para os resíduos industriais.
Lei nº 6.934/1981		Dispõe sobre a inspeção e fiscalização da produção e do comércio de fertilizantes, corretivos, inoculantes, estimulantes, ou biofertilizantes, destinados à agricultura, e dá outras providências.
Decreto nº 4.074/2002	art. 51	Prevê a obrigatoriedade da devolução pelos usuários das embalagens vazias dos produtos aos estabelecimentos comerciais em que foram adquiridos pelos usuários de agrotóxicos, seus componentes e afins, em conformidade com as instruções constantes nas respectivas bulas.
	art. 56	Os estabelecimentos cujas atividades abarquem embalagens vazias de agrotóxicos, componentes ou afins, assim como produtos em desuso ou impróprios para utilização, deverão obter licenciamento ambiental.

Fonte: Elaborado pelo autor, 2016.

j) resíduos de serviços de transportes: são os originários de portos, aeroportos, terminais alfandegários, rodoviários e ferroviários e passagens de fronteira. Este tipo de resíduo recebe atenção especial em decorrência do fato de que o tráfego de cargas e pessoas representa o risco de transmissão de doenças e

disseminação de pragas em agriculturas, por exemplo, por esse motivo, medidas sanitárias expressas por meio de regulamentação do setor são de tamanha importância. Na NBR 8.843/1996 são estabelecidos os procedimentos apropriados a gestão de resíduos sólidos em aeroportos e as alternativas utilizáveis em caso de emergência, objetivando a preservação da saúde pública e a qualidade do meio ambiente;

k) resíduos de mineração: são os resíduos gerados na atividade de pesquisa, extração ou beneficiamento de minérios. Algumas normas e resoluções destacam-se para este tipo de resíduos, principalmente as específicas para remoção de poluentes como o Bário solúvel, Sulfetos, Arsênio, Óleos e Graxas, Cianetos, Zinco, Cádmiio e Chumbo. Devido à periculosidade desses tipos de resíduos devem ser observados alguns critérios que devem ser seguidos. Conforme o Quadro 3 pode-se visualizar algumas dessas regulamentações.

Quadro 3 - Regulamentações dos resíduos de mineração.

ABNT	Especificações
NBR 13.028/2006 Código secundário NB 1464	Especifica os requisitos mínimos para elaboração e apresentação de projeto de barragens para disposição de rejeitos de beneficiamento, contenção de sedimentos e reservação de água em mineração, objetivando o atendimento às condições de operacionalidade, economicidade, segurança e desativação, de modo a tornar mínimos os impactos ao meio ambiente.
NBR 13.029/2006 Código secundário NB 1465	Especifica os requisitos mínimos visando à elaboração e a apresentação de projeto de pilha para disposição de estéril gerado por lavra de mina a céu aberto ou de mina subterrânea, objetivando o atendimento às condições de economicidade, segurança, operacionalidade e desativação, reduzindo os impactos ao meio ambiente.
Resolução CONAMA Nº 404/2008	No § 3º do art. 3º proíbe a disposição em aterros sanitários de pequeno porte, os resíduos perigosos que apresentem risco ao meio ambiente e à saúde pública em decorrência de suas características de periculosidade (inflamabilidade, corrosividade, reatividade, toxicidade, carcinogenicidade, teratogenicidade, mutagenicidade e perfurocortantes), assim como os resíduos de construção civil, os oriundos de atividades agrossilvopastoris, dos serviços de transportes, de mineração, de serviços de saúde classificados na Resolução CONAMA nº 358/2005 com exigência de destinação especial.

Fonte: Elaborado pelo autor, 2016.

3.2.2.2 Quanto à periculosidade

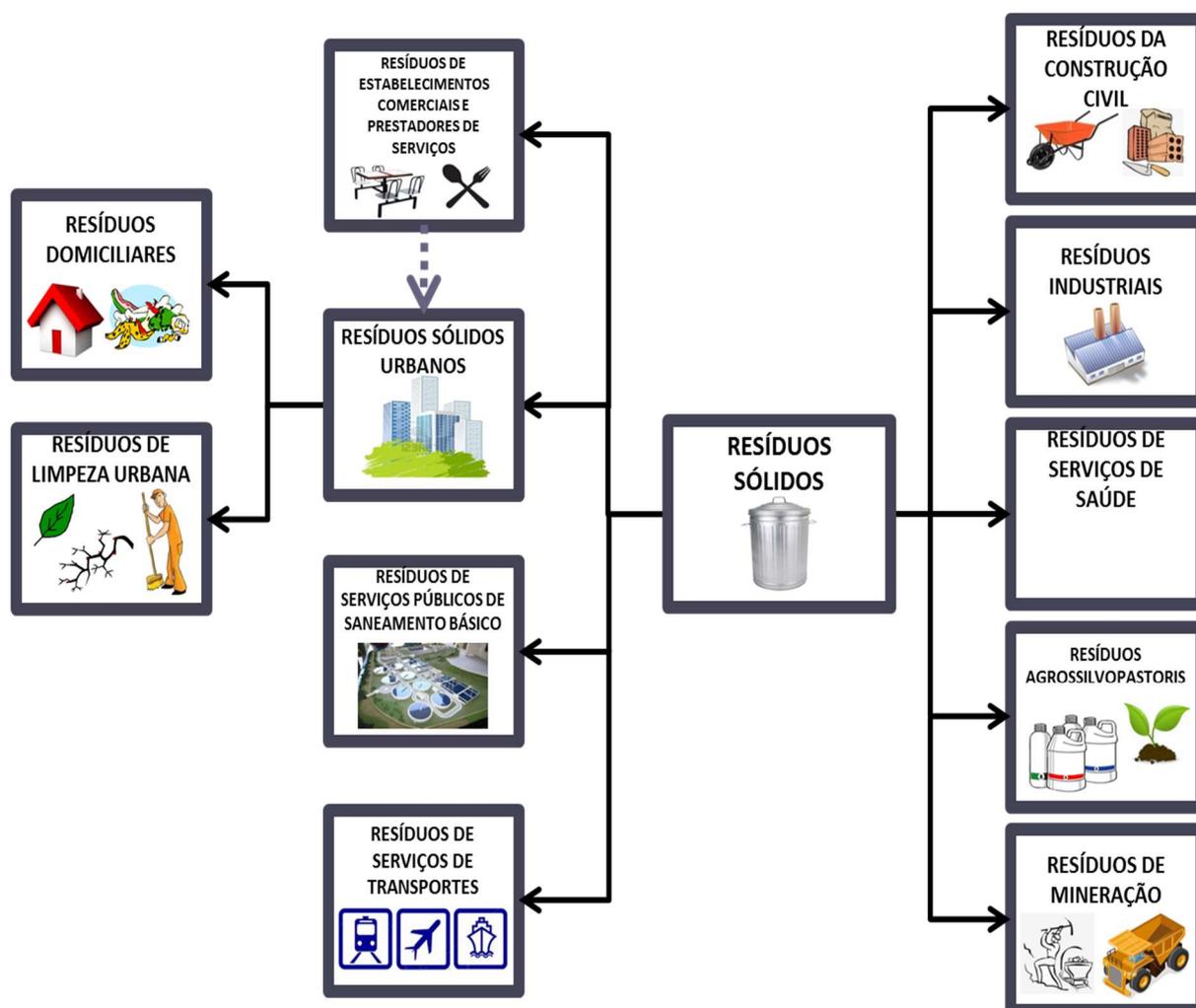
A seguir são conceituados os tipos de resíduos quanto à periculosidade.

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”.

Na Figura 2, apresenta-se um esquema da divisão dos resíduos sólidos quanto à origem conforme o art. 13 da PNRS de 2010.

Figura 2 - Divisão dos resíduos sólidos quanto à origem.



Fonte: Schalch, 2014.

3.3 RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS

De acordo com a PNRS de 2010 em seu art. 13, os Resíduos Sólidos Urbanos (RSU), são os originários de atividades domésticas em residências urbanas, resíduos domiciliares (RD), e os originários da varrição, limpeza de logradouros e vias públicas e outros serviços de limpeza urbana, ou seja, os resíduos de limpeza urbana.

Para a Lei nº 11.445, de 05 de janeiro de 2007, em seu art. 6º, diz que os resíduos originários de atividades comerciais, industriais e de serviços cuja responsabilidade pelo manejo não seja atribuída ao gerador pode, por decisão do poder público, ser considerado resíduo sólido urbano. Portanto, os RSU englobam os resíduos domiciliares e os resíduos de limpeza urbana e são de responsabilidade das cidades.

Essa responsabilidade municipal tem como fundamento legal a Constituição Federal de 1988, que em seu art. 30 define como competência municipal “organizar e prestar diretamente ou sob regime de concessão ou permissão os serviços públicos de interesse local, incluindo o de transporte coletivo, que têm caráter essencial” (BRASIL, 1988).

De acordo com Teixeira (2005) e Gouvêa (2005), neste contexto, deve-se ressaltar a sobreposição de responsabilidade existente nas Regiões Metropolitanas, onde a gestão de RS, pelo fato de constituir uma das funções públicas de interesse comum, também é objeto de ação dos órgãos de gestão metropolitana, com vistas ao desenvolvimento de políticas integradas entre os municípios metropolitanos.

Os RSU apresentam grande heterogeneidade, sendo compostos principalmente por matéria orgânica, papel, plásticos, metais e vidros. Sua composição varia de acordo com os hábitos e costumes da população, poder aquisitivo, padrões de consumo e grau de urbanização (LIMA, 2001; PHILLIPI JR.; AGUIAR, 2005).

O modo de vida que a população mundial está adotando, somado ao acelerado processo de urbanização das cidades, gera, também, um incremento representativo na produção *per capita* dos RSU. Esse aumento na geração está intimamente relacionado ao consumo crescente de bens não duráveis e descartáveis, aliado ao acelerado processo de concentração da população em centros urbanos.

Dados da Pesquisa Nacional de Saneamento Básico do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) do ano de 2010 corroboram com o exposto, sendo

possível observar que as 14 maiores cidades brasileiras (0,2% do total) eram responsáveis pela produção de 19,06% do volume total de RSU gerados no país em 2008 (IBGE, 2010).

De acordo com dados da Companhia de Desenvolvimento dos Vales do São Francisco e do Parnaíba (CODEVASF) no ano de 2009, é possível identificar uma tendência de incremento do volume de RSU gerados *per capita* em proporção direta com o número de habitantes dos municípios analisados, como mostrado na Tabela 1.

Tabela 1 - Faixas populacionais e taxa de geração de resíduos *per capita* segundo classe de municípios – 2009.

Faixas populacionais (hab.)	Taxa de geração de resíduos <i>per capita</i> (kg.hab.dia)
Até 10.000	0,60
De 10.001 a 30.000	0,65
De 30.001 a 50.000	0,65
De 50.001 a 100.000	0,70
De 100.001 a 150.000	0,80
De 150.001 a 200.000	0,80
De 200.001 a 250.000	0,90

Fonte: Adaptado de CODEVASF, 2009.

Esse panorama permite a identificação da correlação entre a geração de resíduos, o modo de vida adotado e as atividades econômicas realizadas em cada comunidade.

Estudos demonstram que, como regra geral aproximada, a taxa de geração *per capita* de RD por habitante é maior nas cidades maiores, e também nas regiões e países mais desenvolvidos. Isso se deve, entre outros fatores, à maior circulação de mercadorias, ao maior consumo de embalagens descartáveis e a rápida obsolescência de objetos e equipamentos. Influenciam nesta alta geração de resíduos: as necessidades artificiais geradas pelos ciclos dos modismos; o avanço e a obsolescência cada vez mais rápidos das novidades tecnológicas, a poluição de informação que gera necessidade de embalagens cada vez maiores e mais chamativas para os produtos de consumo, e o estilo de vida que tem como base o consumo de alimentos super processados (PHILLIPI JR.; AGUIAR, 2005).

De acordo com dados do Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento (SNIS), no ano de 2014 a população urbana brasileira atendida com serviços regulares de coleta domiciliar foi de 96,3% da população total do Brasil, percebe-se uma queda em relação ao ano de 2013 que teve percentual de 96,6%. Na Tabela 2 é mostrada a taxa de cobertura de coleta domiciliar direta em relação à população urbana.

Tabela 2 - Taxa de cobertura de coleta domiciliar direta em relação à população urbana.

Região	Taxa de cobertura de coleta domiciliar direta em relação à população urbana (%)
Norte	93,7
Nordeste	94,4
Sudeste	96,3
Sul	98,6
Centro Oeste	98,8
Brasil - 2013	96,6
Brasil - 2014	96,3

Fonte: Adaptado de Brasil, 2014c.

Pelos resultados do ano de 2014 do SNIS, estima-se, então, em 17,3 milhões de habitantes o contingente de população total (urbana e rural) ainda a ser atendido com o serviço regular de coleta domiciliar no País. Vale ressaltar que a maior parte desta população sem atendimento se encontra na zona rural, e que o déficit de cobertura do serviço de coleta domiciliar da população urbana seja de aproximadamente 2,6 milhões de habitantes, tem-se, portanto, um contingente de 14,7 milhões de habitantes nas zonas rurais sem atendimento, o que significa 47% da população rural do País.

Pesquisas da Associação Brasileira de Empresa de Limpeza Pública e Resíduos Especiais (ABRELPE) mostram que a geração total de RSU no Brasil no ano de 2015 foi de aproximadamente 79,9 milhões de toneladas, cerca de 218.874 t/dia de resíduos, representando um aumento de 1,6% em relação ao ano de 2014, como pode ser observado na Tabela 3.

Tabela 3 - Geração de RSU no Brasil.

Ano	Montante – (t/ano)
2013	76.387.200
2014	78.583.405
2015	79.889.010

Fonte: Adaptado de ABRELPE, 2015.

Na mesma pesquisa a geração *per capita* de RSU, apresenta um aumento de 3,2 t no ano de 2015 em relação ao ano anterior, gerando uma média por habitante de 1,071 kg.hab⁻¹.d⁻¹, como mostrado na Tabela 4.

Tabela 4 - Geração *per capita* de RSU.

Ano	Taxa de geração (kg.hab.ano ⁻¹)	Taxa de geração (kg.hab.dia)
2013	379,96	1,040
2014	387,63	1,062
2015	390,915	1,071

Fonte: Adaptado de ABRELPE, 2015.

A massa coletada *per capita* dos RSU no ano de 2014, de acordo com dados do SNIS foi de 1,05 kg.hab.dia, aumento de 0,4 kg.hab.dia em relação ao ano de 2013 que foi de 1,01 kg.hab.dia. Na Tabela 5 é mostrada a massa coletada *per capita* de RSU por região e no Brasil no ano de 2014.

Tabela 5 - Massa coletada *per capita* de RSU por região e no Brasil no ano de 2014.

Região	Massa de RSU coletada <i>per capita</i> em 2014 (kg.hab.dia)
Norte	1,09
Nordeste	1,21
Sudeste	1,02
Sul	0,83
Centro Oeste	1,26
Brasil - 2013	1,01
Brasil - 2014	1,05

Fonte: Adaptado de Brasil, 2014c.

De acordo com ABRELPE (2015) em relação à coleta dos RSU no Brasil, houve um aumento de 3,20% nesse ano, se relacionados ao ano de 2014, como são

apresentados na Tabela 6 os valores em toneladas por ano, toneladas por dia, bem como os valores *per capita* anual e diário dos RSU.

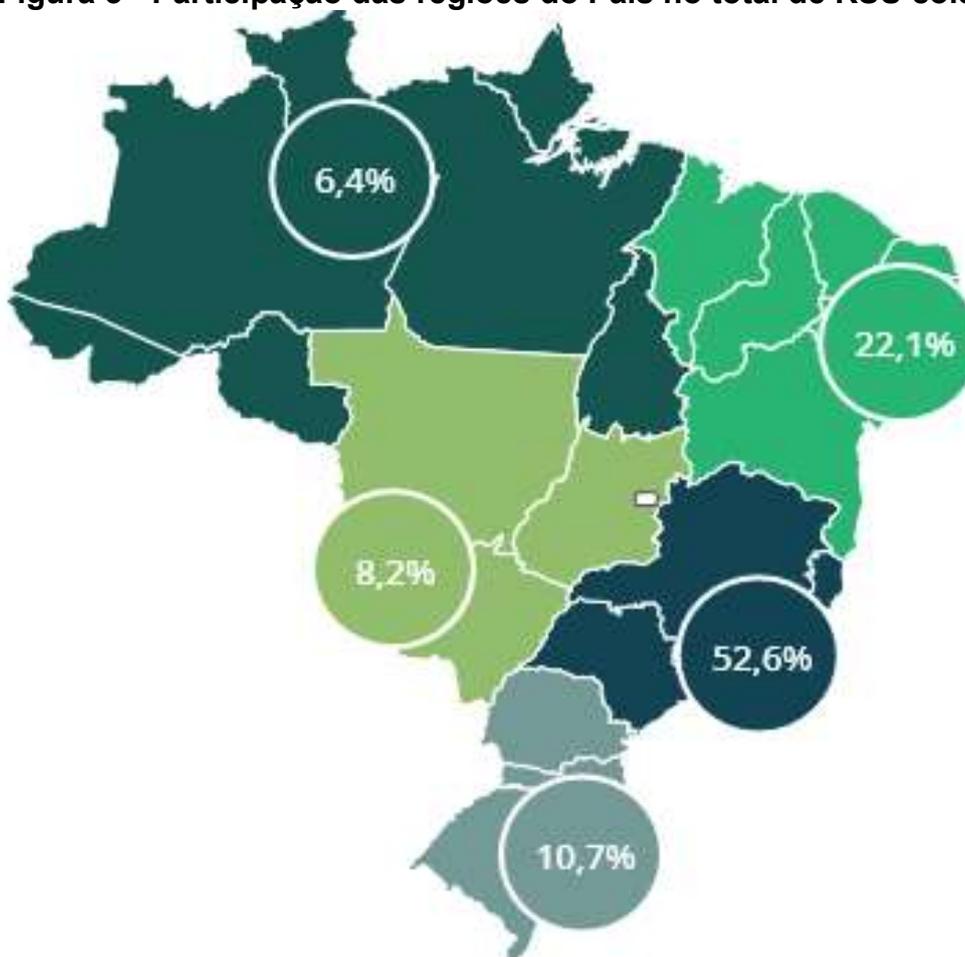
Tabela 6 - Coleta de RSU no Brasil.

Ano	t/ano	t/dia	kg/hab/ano	kg/hab/dia
2013	69.064.935	189.219	343,46	0,940
2014	71.260.045	195.233	351,49	0,963
2015	72.543.750	198.750	354,78	0,972

Fonte: Adaptado de ABRELPE, 2015.

De acordo com esses dados, a quantidade de RSU gerada e coletada em 2015 mostra que o país contou com um índice de cobertura de coleta de 90,8%, levando à constatação de que pouco mais de 7,3 milhões de toneladas deixaram de ser coletadas neste ano e, conseqüentemente, tiveram destino impróprio. A distribuição percentual do total de RSU coletado em 2015 nas diversas regiões do país é apresentada na Figura 3.

Figura 3 - Participação das regiões do País no total de RSU coletado.



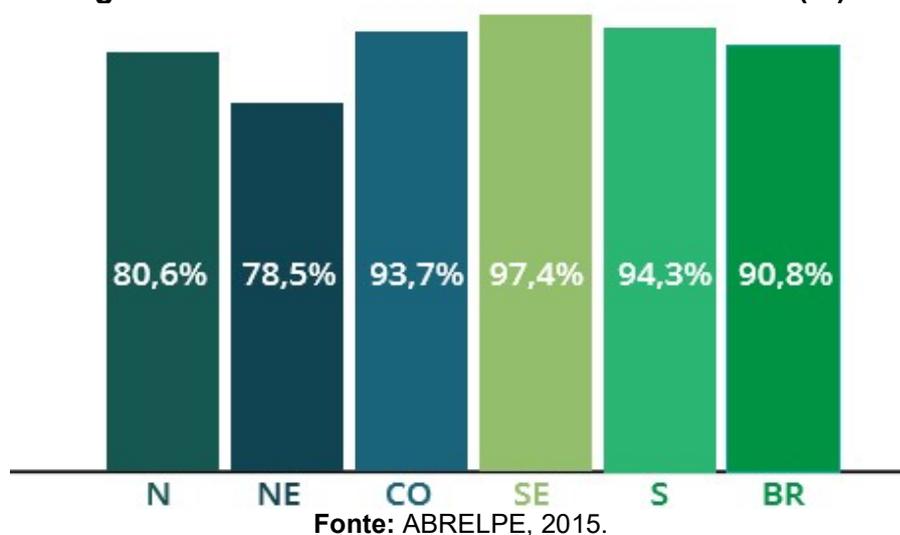
Fonte: ABRELPE, 2015.

De acordo com a pesquisa, as quantidades de RSU coletado por regiões em 2015 no Brasil foram às seguintes:

- ✓ Região Norte: 12.692 t/dia;
- ✓ Região Nordeste: 43.894 t/dia;
- ✓ Região Centro-oeste: 16.217 t/dia;
- ✓ Região Sudeste: 104.631 t/dia;
- ✓ Região Sul: 21.316 t/dia;
- ✓ Brasil: 198.750 t/dia.

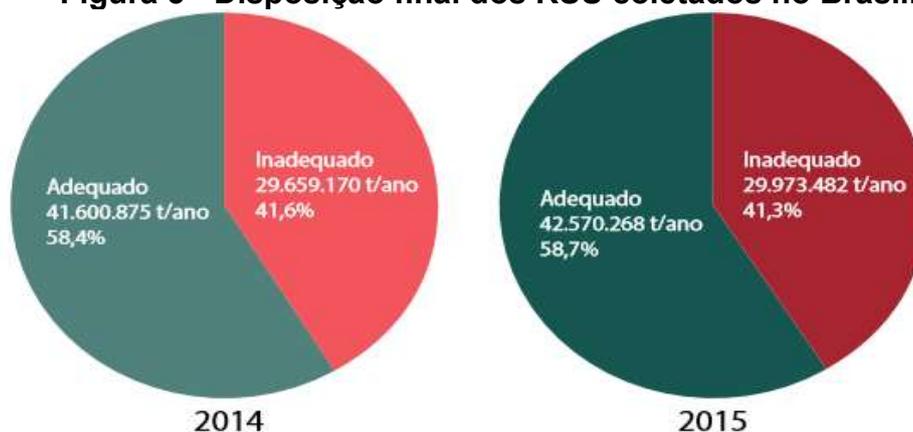
No Brasil, o índice de cobertura da coleta dos RSU teve um percentual de 90,8%, sendo que a região nordeste obteve o menor índice que foi de 78,5% e a região sudeste foi à região com maior índice, obtendo 97,4%, como pode ser observado na Figura 4.

Figura 4 - Índice de cobertura da coleta de RSU (%).



Na Figura 5 foi indicada a situação da disposição final dos RSU no Brasil em 2015 manteve-se estável em relação a 2014. O índice de 58,7% de destinação final adequada em 2015 permanece significativo, porém a quantidade de RSU destinada a locais inadequados totaliza 29.973.482 t/ano, que seguiram para lixões ou aterros controlados, os quais do ponto de vista ambiental pouco se diferenciam dos lixões, pois não possuem o conjunto de sistemas necessários para a proteção do meio ambiente e da saúde pública (ABRELPE, 2015).

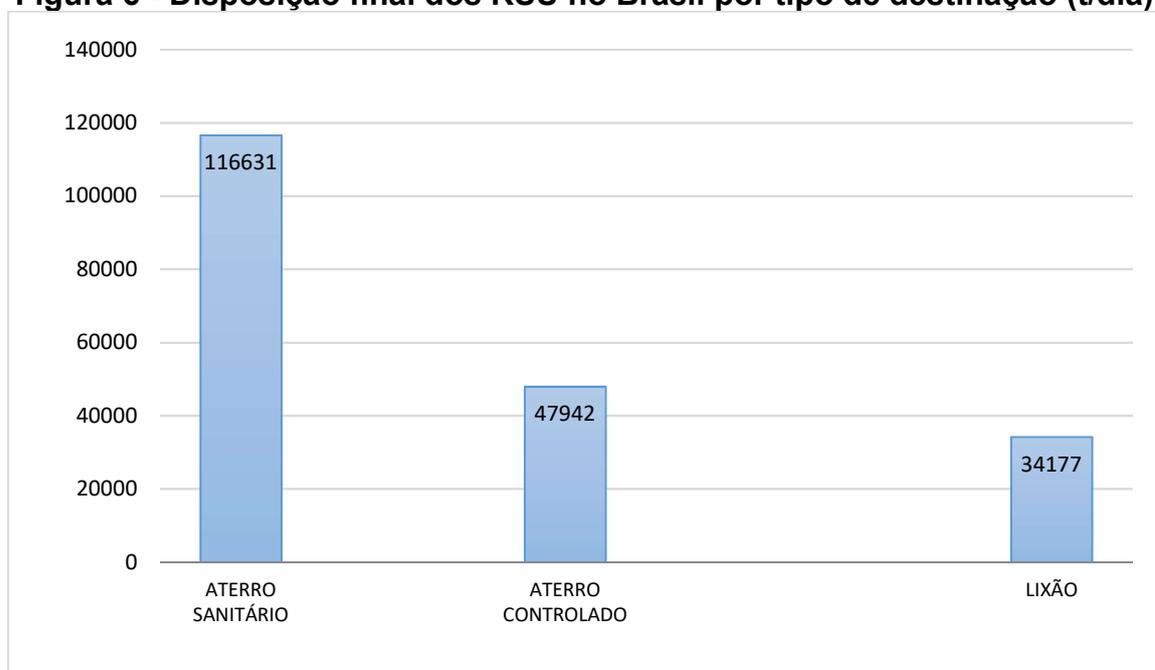
Figura 5 - Disposição final dos RSU coletados no Brasil.



Fonte: ABRELPE, 2015.

A disposição final de RSU por tipo de destinação mostrada na Figura 6, apresenta sinais de evolução e aprimoramento, com a maioria dos resíduos coletados, cerca de 116.631t (58,7%) sendo encaminhados para aterros sanitários, que se constituem como unidades adequadas. Porém, as unidades inadequadas, ainda estão presentes em todas as regiões do país e recebem mais de 82.000t (41,3%) de resíduos por dia, com elevado potencial de poluição ambiental (ABRELPE, 2015).

Figura 6 - Disposição final dos RSU no Brasil por tipo de destinação (t/dia).



Fonte: Adaptado de ABRELPE, 2015.

A taxa de geração *per capita* dos RSU foi maior no Distrito Federal, maior que 1,55 kg.hab⁻¹.d⁻¹ e menor no Estado de Santa Catarina, com produção menor que 0,750 kg.hab⁻¹.d⁻¹ em 2015, como mostrado na Figura 7.

Figura 7 - Geração de RSU *per capita* nos estados e no Distrito Federal.



Fonte: ABRELPE, 2015.

A situação dos RSU na região norte do país é bastante preocupante, principalmente no que se refere à disposição final ambientalmente adequada desses resíduos. Apenas 35,80% dos municípios da região utilizam aterro sanitário como forma de disposição final de seus RSU, sendo que 64,20% utilizam aterro controlado ou lixões como disposição final dos referidos resíduos, como mostrado na Tabela 7.

Tabela 7 - Situação dos RSU na região norte do Brasil – 2015.

População Total (hab)	Geração Total (t/dia)	Geração <i>Per Capita</i> (kg.hab.dia)	Coleta Total (t/dia)	Coleta <i>Per Capita</i> (kg.hab.dia)	Disposição em Aterro Sanitário	Disposição em Aterro Controlado	Disposição em Lixões
17.472.636	15.745	0,901	12.692	0,726	35,80%	29,90%	34,30%

Fonte: Adaptado de ABRELPE, 2015.

Já a situação dos RSU no estado do Pará é mais grave ainda, pois menos de 30% dos municípios paraenses possuem uma disposição final ambientalmente adequada dos resíduos, ou seja, são dispostos em aterros sanitários. Em mais de 70% dos municípios paraenses os RSU são dispostos de forma irregular, como pode ser visualizado na Tabela 8.

Tabela 8 - Situação dos RSU no estado do Pará – 2015.

População Total (hab)	Geração Total (t/dia)	Geração Per Capita (kg.hab.dia)	Coleta Total (t/dia)	Coleta Per Capita (kg.hab.dia)	Disposição em Aterro Sanitário	Disposição em Aterro Controlado	Disposição em Lixões
8.175.113	7.067	0,865	5.375	0,657	28,20%	36,50%	35,30%

Fonte: Adaptado de ABRELPE, 2015.

3.3.1 Características dos RSU

Para a elaboração de um projeto de aterro sanitário é de fundamental importância o conhecimento das características e das propriedades dos RSU.

Devido à alta heterogeneidade dos RSU, que varia de região para região de acordo com as condições socioeconômicas, a falta de procedimentos de amostragem e ensaios padronizados, a alteração das propriedades dos RSU com o tempo, a determinação de certas propriedades são pouco limitadas (SANTOS, 2012).

➤ Geração per capita: é a quantidade diária de resíduos gerada por cada habitante.

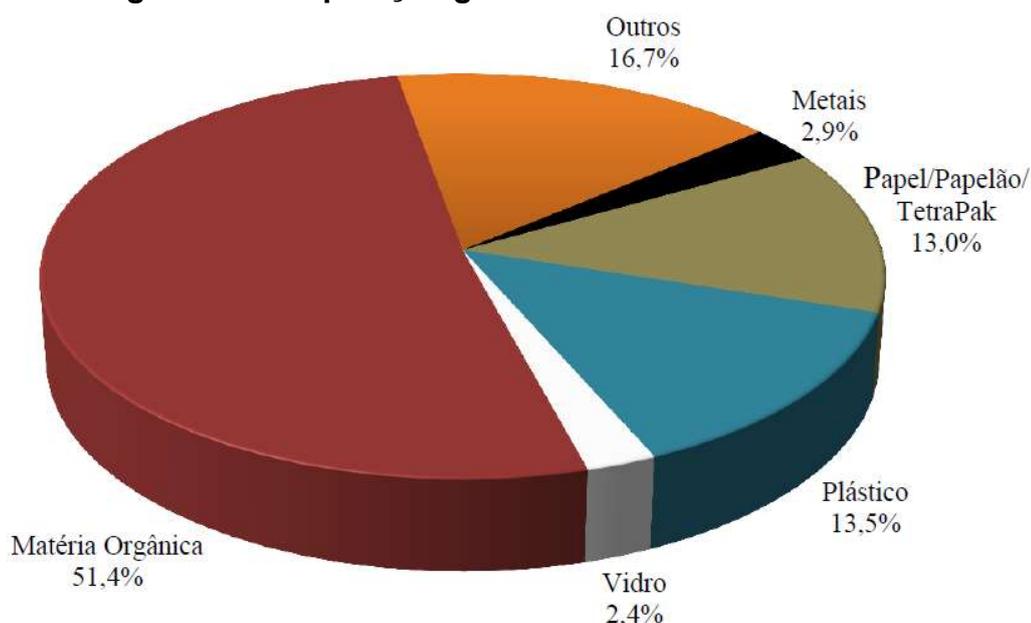
➤ Teor de Umidade: reflete o percentual (em peso) de água de uma amostra de resíduo sólido. O teor de umidade exibe papel fundamental da velocidade de degradação aeróbia ou anaeróbia, como, respectivamente, por compostagem ou disposição em aterro sanitário.

➤ Composição Gravimétrica: reflete os valores percentuais dos diferentes componentes dos resíduos sólidos em uma amostra dos mesmos. As categorias de resíduos podem ser as mais comumente encontradas, como por exemplo, resíduos orgânicos, plástico, papel, papelão, vidro, metal, têxteis e diversos. Segundo Boscov (2008), a composição gravimétrica dos RSU é a característica mais influente no seu comportamento geomecânico. Ela representa o percentual em peso de cada componente encontrado nos resíduos em relação ao seu peso total. A determinação da composição gravimétrica é realizada por meio de ensaios com amostras coletadas. É feita a pesagem da amostra, a separação e a pesagem de cada material encontrado nela. Então, a proporção em peso de um material "A" encontrado na amostra é dada pela Equação 1 (CEMPRE, 2008).

$$\text{Material "A"(\%)} = \frac{\text{Peso da Fração do material "A" (kg)}}{\text{Peso total da amostra (kg)}} \times 100 \quad (1)$$

A composição gravimétrica dos RSU é uma característica que costuma variar de região para região. Pode-se esperar que regiões mais ricas apresentem uma percentagem de matéria orgânica inferior a uma região menos favorecida devido a uma menor manipulação de alimentos (LAMARE NETO, 2004 apud SANTOS, 2012). Na Figura 8 é mostrada a composição gravimétrica dos RSU no Brasil em 2012.

Figura 8 - Composição gravimétrica dos RSU no Brasil.



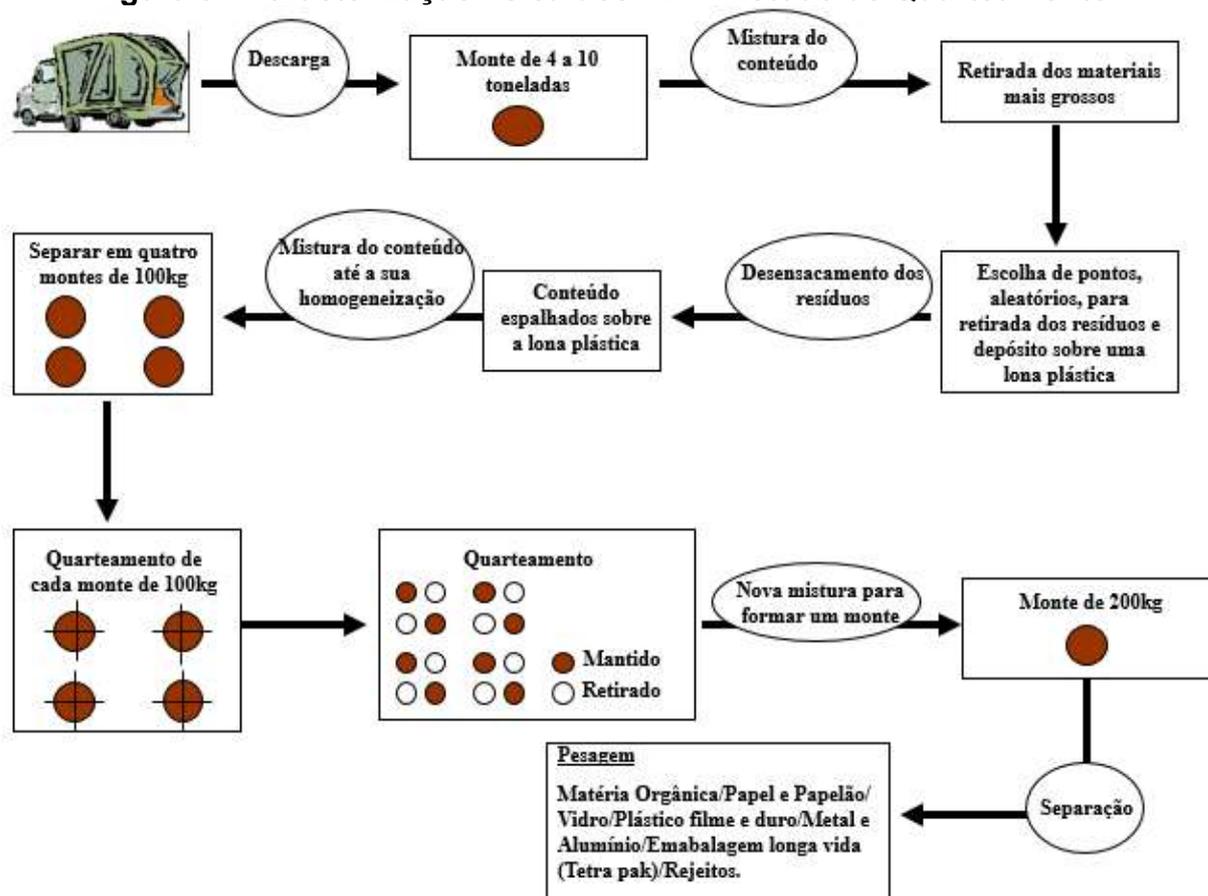
Fonte: ABRELPE, 2012.

De acordo com Boscov (2008) a proporção da matéria orgânica é de grande importância, pois ela influencia diretamente na quantidade de lixiviado e gás produzido pelo aterro sanitário.

A determinação da composição gravimétrica dos RD pode se dar empregando-se a metodologia do quarteamento que é um procedimento utilizado para se obter uma amostra significativa do volume total, que conforme CEMPRE (2008), consiste em dividir uma amostra pré-homogeneizada, sendo três amostras retiradas da base e laterais e outra com o mesmo volume retirada do topo, em quatro partes iguais, procedendo-se o descarte dos quartis vis a vis realizando nova homogeneização em etapas subsequentes até a obtenção do volume desejado.

Schalch (2014) corrobora com o exposto e descreve as etapas da caracterização dos RD, por meio do método do quarteamento visualizadas na Figura 9.

Figura 9 - Caracterização física dos RD – Método de Quarteamento.



Fonte: Schalch, 2014.

Segundo Schalch (2014), as etapas de caracterização do quarteamento dos RD são realizadas na seguinte ordem:

- Planejamento:** Nesta etapa devem ser definidas a data, o tipo de transporte utilizado, a equipe que vai realizar a tarefa, os equipamentos, as possíveis autorizações de órgãos municipais, local e quais setores devem participar;
- Execução:** preparação do local; descarregamento do material; mistura manual e espalhamento; retirada de material volumoso; formação do monte e homogeneização; quarteamento; separação e pesagem dos resíduos;
- Sistematização dos dados:** elaboração de planilhas; confecção de gráficos; registro visual.
 - **Peso Específico Aparente:** consiste na relação entre o peso do resíduo (em kg) não compactado, ou seja, livre, solto, em relação ao volume que ocupa (em

m³), resultando na variável kg/m³. É importante para o dimensionamento dos equipamentos de coleta e transporte e resistência mecânica associadas.

➤ Compressividade: traduz o potencial de redução de volume de dado resíduo sob a ação de uma pressão. Assim como o peso específico aparente, é importante para o dimensionamento dos equipamentos de coleta e transporte de resíduos, assim como para a vida útil do aterro sanitário onde se busca reduzir, nestes locais, os resíduos sólidos ao menor volume possível, visando assegurar a estabilidade dos taludes, a redução do recalque e otimizar o aproveitamento da área do aterro.

As características químicas dos RSU podem incluir a proporção carbono/nitrogênio (C/N), o poder calorífico, o Potencial Hidrogeniônico (pH), Composição Química, Hidrogênio (H), Nitrogênio (N), Cloro (Cl), Enxofre (S), Oxigênio (O), etc., conforme se pode verificar a seguir.

➤ Proporção Carbono/Nitrogênio – C/N: revela o grau de decomposição de determinada massa de resíduos, quer seja em condições aeróbias, quer seja em condições anaeróbias, ou seja, em uma compostagem ou em deposição em aterros sanitários;

➤ Poder Calorífico: traduz a energia, na forma de calor, que dada massa de resíduos irá desprender ao ser submetida a um processo térmico, como por exemplo, a incineração, podendo ser classificado como Poder Calorífico Superior (PCS) e Poder Calorífico Inferior (PCI). O PCS refere-se à quantidade de calor liberadas por um material em sua combustão completa, expresso em calorias por grama (cal/g) ou quilocaloria/quilograma (kcal/kg) (QUIRINO et al., 2005). Quanto maior for este parâmetro, maior será a energia contida no combustível (CARVALHO JÚNIOR, 2010). Já o PCI é a quantidade de calor (energia) liberada quando um material entra em combustão e os gases de descarga são resfriados até o ponto de ebulição da água (ANDRADE, 2015).

➤ pH: traduz se o ambiente da massa de resíduos é ácido (valores baixos de pH), neutro (pH=7) ou alcalinos (valores altos de pH), e é de relevância para o ambiente ideal para as espécies de micro-organismos, por exemplo;

➤ Composição química: importante para os processos biológicos de tratamento, uma vez que compreende as análises de presença de macro e micronutrientes, fundamentais para o metabolismo dos microorganismos durante a degradação da matéria orgânica.

As características biológicas traduzem as espécies microbiológicas presentes em dada massa de resíduos. Há de ressaltar a importância do conhecimento de fundamentos da microbiologia, e, portanto, as reações microbiológicas em ambientes na presença de oxigênio (aeróbios), na ausência de oxigênio e na presença de nitratos (anóxicos), e na ausência de oxigênio (anaeróbios).

A degradação da matéria orgânica, nestes ambientes, pode se dar por oxidação, em que a matéria orgânica perde elétrons e quem recebe é o aceptor de elétrons, passível de ser, em função do ambiente, o oxigênio (aeróbio), o Nitrato (anóxico) ou o Dióxido de Carbono e o Sulfato (anaeróbio). Em ambiente anaeróbio, além das vias de oxidação da matéria orgânica, ocorre também a fermentação da mesma, sendo que ambas as vias produzem metano em proporções diferentes. Desse modo, a presença e o metabolismo dos microorganismos estão intimamente relacionados com as condições desses ambientes e as afinidades naturais pelos ambientes. Portanto, as espécies microbiológicas que irão desempenhar papel fundamental nas diversas fases da compostagem são distintas dos que irão ser relevantes para as diversas fases da digestão anaeróbia. Exemplo disso, é que na compostagem, bactérias, fungos e actinomicetos são fundamentais, cada qual em seu papel. Já, na digestão anaeróbia, deve ocorrer à simbiose entre as espécies hidrolíticas, acidogênicas, acetogênicas, metanogênicas e sulfetogênicas, para que a produção de biogás com o teor adequado de metano possa acontecer (BARROS, 2012).

3.4 GESTÃO DOS RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS

A Gestão Integrada dos Resíduos Sólidos de acordo com a PNRS de 2010 no inciso XI do art. 3º é o “conjunto de ações voltadas para a busca de soluções para os resíduos sólidos, de forma a considerar as dimensões política, econômica, ambiental, cultural e social, com controle social e sob a premissa do princípio do desenvolvimento sustentável” (BRASIL, 2010b).

Para *United Nations* (2009), a Gestão Integrada dos Resíduos Sólidos está baseada no conceito que todos os aspectos de um sistema de Gestão de Resíduos (técnica e não técnica) deverão ser analisados conjuntamente, desde que eles inter-relacionam e desenvolvam na área frequentemente afetada, a partir da prática ou de referências de atividades em outras áreas.

Memom (2009) cita que o sistema de gestão integrada de resíduos sólidos é um processo evolutivo e não um revolucionário processo.

O crescimento acelerado da população, juntamente com falta de estrutura que o poder público proporciona nos aglomerados urbanos, e a falta de recursos financeiros que os municípios (principalmente os de pequeno porte) vem enfrentando, faz com que várias cidades brasileiras estejam com o seu quadro agravado no que diz respeito à gestão dos serviços públicos, aumentando com isso os índices do déficit de saneamento básico.

Muitos dos colapsos em gestão de resíduos sólidos são relacionados a uma análise inadequada do problema para o qual conduz emergências e tomada de decisões ineficiente (*UNITED NATIONS*, 2009).

A problemática ocasionada pela má gestão dos RSU no país é grave, desde sua produção, acondicionamento, coleta e disposição final, fazendo com que os municípios e a sociedade em geral busquem equacionar este problema. Atrelado a isso, a falta de gestores capacitados em vários municípios do interior dos estados, em áreas de interesse social, como é o caso do saneamento básico, faz com que este quadro não tenha perspectiva de melhoras para um futuro próximo.

Para amenizar esse quadro, a capacitação dos agentes municipais responsáveis pelos serviços ligados aos RSU e a existência de um referencial técnico para auxiliá-los na preparação e implementação de programas e, principalmente, a participação da sociedade em geral, constituem fatores essenciais para aplicação adequada dos recursos e a busca das soluções dos problemas nas cidades.

Portanto, “[...] a gestão de resíduos sólidos não é possível através de uma ou duas instituições. É estabelecida com responsabilidade compartilhada” (*UNITED NATIONS* 2009, p.35).

3.4.1 Planos Municipais de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos (PMGIRS)

De acordo com o art. 18 da PNRS de 2010, a elaboração de PMGIRS é condição para o Distrito Federal e os municípios terem acesso a recursos da União, ou por ela controlados, destinados a empreendimentos e serviços relacionados à limpeza urbana e ao manejo de RS, ou para serem beneficiados por incentivos ou financiamentos de entidades federais de crédito ou fomento para tal finalidade. Sendo que serão priorizados no acesso aos recursos da União os municípios que:

I - optarem por soluções consorciadas intermunicipais para a gestão dos RS, incluída a elaboração e implementação de plano intermunicipal, ou que se inserirem de forma voluntária nos planos microrregionais de RS;

II - implantarem a coleta seletiva com a participação de cooperativas ou outras formas de associação de catadores de materiais reutilizáveis e recicláveis formadas por pessoas físicas de baixa renda.

O PMGIRS, de acordo com a PNRS de 2010, deverá conter o seguinte conteúdo mínimo:

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

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

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

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

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

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

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

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

O PMGIRS pode estar inserido no plano de saneamento básico previsto no art. 19 da Lei nº 11.445/2007 e para municípios com menos de 20.000 (vinte mil)

habitantes o PMGIRS terá conteúdo simplificado, no entanto, municípios integrantes de áreas de especial interesse turístico, inseridos na área de influência de empreendimentos ou atividades com significativo impacto ambiental de âmbito regional ou nacional, ou que cujo território abranja, total ou parcialmente, unidades de conservação não deverá ter o seu PMGIRS simplificado.

A existência de PMGIRS não exime o município do licenciamento ambiental de aterros sanitários e de outras infraestruturas e instalações operacionais integrantes do serviço público de limpeza urbana e de manejo de resíduos sólidos pelo órgão competente do SISNAMA.

O PMGIRS contemplará ações específicas a serem desenvolvidas no âmbito dos órgãos da administração pública, com vistas à utilização racional dos recursos ambientais, ao combate a todas as formas de desperdício e à minimização da geração de resíduos sólidos. O município que optar por soluções consorciadas intermunicipais para a gestão dos RS, assegurando que o plano intermunicipal preencha os requisitos estabelecidos na PNRS de 2010, pode ser dispensado da elaboração do PMGIRS.

3.5 GERENCIAMENTO DOS RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS

O gerenciamento de RS é o conjunto de ações exercidas, direta ou indiretamente, nas etapas de coleta, transporte, transbordo, tratamento e destinação final ambientalmente adequada dos RS e disposição final ambientalmente adequada dos rejeitos, de acordo com PMGIRS ou com plano de gerenciamento de resíduos sólidos, exigidos na forma desta Lei (BRASIL, 2010b).

De acordo com o inciso VII do art. 3^a da PNRS de 2010 a destinação final ambientalmente adequada dos RS é a destinação de resíduos que inclui a reutilização, a reciclagem, a compostagem, a recuperação e o aproveitamento energético ou outras destinações admitidas pelos órgãos competentes do SISNAMA, do SNVS e do SUASA, entre elas a disposição final, observando normas operacionais específicas de modo a evitar danos ou riscos à saúde pública e à segurança e a minimizar os impactos ambientais adversos.

Segundo Monteiro et al. (2001) gerenciar os resíduos de forma integrada demanda trabalhar integralmente os aspectos sociais com o planejamento das ações técnicas e operacionais do sistema de limpeza urbana.

O gerenciamento de RSU deve ser integrado, ou seja, deve englobar etapas articuladas entre si, desde a não geração até a disposição final, com atividades

compatíveis com as dos demais sistemas do saneamento ambiental, sendo essencial a participação ativa e cooperativa do primeiro, segundo e terceiro setor, respectivamente, governo, iniciativa privada e sociedade civil organizada.

Além disso, o gerenciamento dos RS é matéria com previsão constitucional, enquadrando-se tanto nos dispositivos que prevêm a obrigação de “conservação da natureza, defesa do solo e dos recursos naturais, proteção do meio ambiente e controle de poluição” (art. 24, VI) quanto naqueles que estabelecem competência legislativa e administrativa ambiental, especialmente “assuntos de interesse local” e “serviços públicos de interesse local” (art. 30, I e V).

Para Monteiro et al. (2001) o Gerenciamento Integrado de RSU 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 dos resíduos, 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, para a eles ser dado tratamento diferenciado e disposição final técnica e ambientalmente corretas, as características sociais, culturais e econômicas dos cidadãos e as peculiaridades demográficas, climáticas e urbanísticas locais.

O mesmo autor aborda que o foco do gerenciamento integrado é a elevação da urbanidade em um contexto mais nobre para a vivência da população, onde haja manifestações de afeto à cidade e participação efetiva da comunidade no sistema, sensibilizada a não sujar as ruas, a reduzir o descarte, a reaproveitar os materiais e reciclá-los antes de encaminhá-los a lixeira.

Portanto, o gerenciamento integrado e compartilhado dos RSU tem por objetivo primordial a máxima redução da produção de resíduos ainda na fonte geradora. Visa, ainda, ao maior reaproveitamento e reciclagem de materiais por meio de programas de coleta seletiva e de iniciativas de educação ambiental para posteriormente promover a adequada disposição dos resíduos sólidos, trazendo benefícios ambientais e financeiros.

Nesse contexto, estão incluídos os catadores de resíduos, pois sem eles esse processo se tornaria inviável. O modelo de gestão compartilhada que envolve prefeituras, associações de catadores e sociedade local propiciam benefícios socioambientais e financeiros ao selecionar parte dos resíduos para a reciclagem, assegurando renda para os catadores e/ou associações de catadores de resíduos. Do ponto de vista da administração pública, esse modelo de gestão é positivo, pois

apresenta um aumento da eficiência e uma significativa redução dos custos dos programas de coleta seletiva.

Mas para que isso aconteça, é necessário que a sociedade civil organizada, lideranças, poder público e políticos discutam, planejem conjuntamente, nos moldes como tem sido construído o planejamento urbano, através dos planos diretores, isto é, com participação de todos em busca de soluções integradas, pois o gerenciamento de resíduos é apenas mais um dos componentes do planejamento que visa à construção das cidades sustentáveis.

Os conceitos de gestão e gerenciamento de RSU apresentam conotações distintas e complementares. Conforme a PNRS de 2010 enquanto a gestão envolve as ações voltadas para a busca de soluções para os RS, de forma a considerar as dimensões política, econômica, ambiental, cultural e social, sob a premissa do desenvolvimento sustentável, o gerenciamento está diretamente ligado ao desenvolvimento, implantação e operacionalização do sistema de manejo de RS.

De acordo com Lima (2001) e Castilhos Jr. (2003) as atividades de gestão e gerenciamento distinguem-se unicamente pelo nível operacional em que são realizadas as atividades. Assim, enquanto os aspectos políticos e estratégicos do manejo dos RS se concentram no campo da gestão, os aspectos operacionais estão diretamente ligados ao gerenciamento.

Castilhos Jr. (2003, p.10) corrobora com o exposto, afirmando que “as ações de gerenciamento podem ser promovidas por meio de instrumentos presentes em políticas de gestão”. Assim, a prioridade da administração pública na adoção de determinada tecnologia de destinação final é uma decisão tomada no nível da gestão, que somente pode ser viabilizada se forem estabelecidas condições políticas, institucionais, legais, financeiras e socioambientais adequadas.

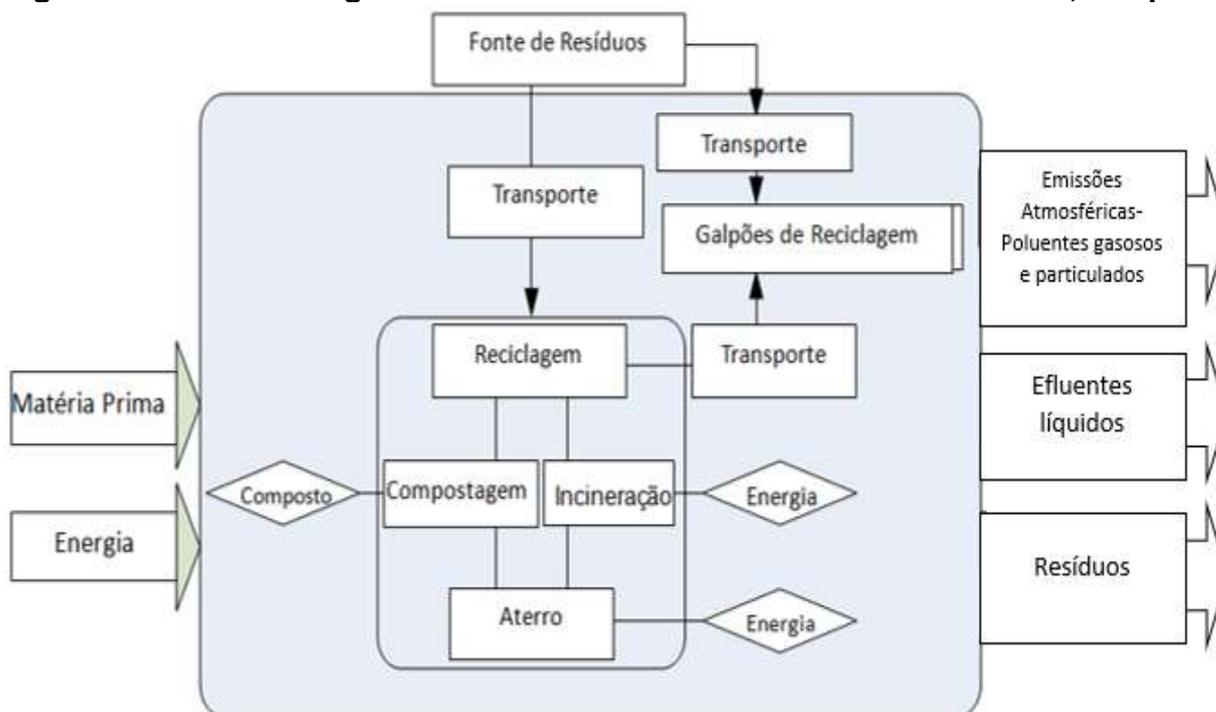
De acordo com a PNRS de 2010, em seu art. 9º, na gestão e gerenciamento dos RS, deve ser observada a seguinte ordem de prioridade: não geração, redução, reutilização, reciclagem, tratamento dos resíduos sólidos e disposição final ambientalmente adequada dos rejeitos. Sendo que o § 1º complementa que:

[...] poderão ser utilizadas tecnologias visando à recuperação energética dos RSU, desde que tenha sido comprovada sua viabilidade técnica e ambiental e com a implantação de programa de monitoramento de emissão de gases tóxicos aprovado pelo órgão ambiental, sendo que as políticas de RS dos Estados, Municípios e Distrito Federal deverão ser compatíveis com o mencionado no referido artigo (BRASIL, 2010b).

3.5.1 Modelos de gerenciamento de RSU em diferentes cidades

A seguir são apresentados, por meio de diagramas de fluxo, alguns modelos de gerenciamento de RSU em diferentes cidades do mundo. Na Figura 10 é representado o modelo de gerenciamento dos RSU da cidade de Eskisehir, que é uma das cidades em desenvolvimento da Turquia, onde um total de cerca de 750 t/dia é gerado de resíduos. O cenário desenvolvido como alternativas para o sistema de gestão de resíduos atual conta com a coleta e transporte de resíduos, estação de transbordo, onde os materiais reciclados são selecionados e separados, compostagem para os resíduos orgânicos, incineração e destinação ambientalmente adequada em aterro sanitário. Neste cenário, estudos de alternativas de manejo foram investigados apenas do ponto de vista ambiental. Por essa razão, pode ser apoiado com outras ferramentas de tomada de decisão que consideram os efeitos econômicos e sociais da gestão dos RS (BANAR; COKAYGIL; OZKAN, 2009).

Figura 10 - Modelo de gerenciamento dos RSU da cidade de Eskisehir, Turquia.

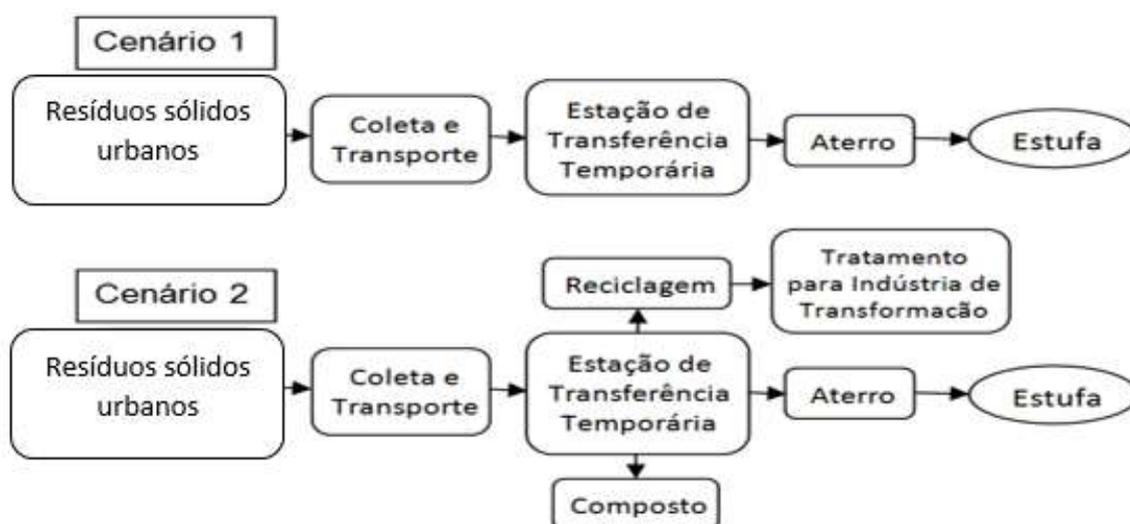


Fonte: Banar; Cokaygil e Ozkan, 2009.

De acordo com a Figura 11 pode-se observar o modelo de gerenciamento dos RSU da cidade de Mahdasht- Irã. Dois cenários foram definidos em Mahdasht, sendo que os dois possuem estação de transferência temporária que é o local intermediário onde se faz o traslado dos resíduos recolhidos pelos caminhões coletores para outro

veículo de maior capacidade que transporta os resíduos para seu sítio de destinação final, localizadas próximas aos centros geradores de RSU. O primeiro cenário inclui direta e completa transferência de resíduos para o aterro, e o segundo inclui a transferência de 76% do total de resíduos para o aterro sanitário, processo de reciclagem de 20% e compostagem de 4% (NADERI et al., 2014).

Figura 11 - Modelo de gerenciamento dos RSU da cidade de Mahdasht, Irã



Fonte: Naderi et al., 2014.

O modelo de gerenciamento utilizado na cidade de Roma – Itália, mostrado na Figura 12, inclui captação de gás e aproveitamento energético. Na Central de Triagem (CT) são separadas as frações orgânicas e inorgânicas. A fração inorgânica dos resíduos é entregue a uma fábrica de produção de tijolos *Refuse Derived Fuel (RDF)*, Combustíveis Derivados de Resíduos (CDR), onde estes são queimados em incineradores para gerar energia elétrica. Parte da fração dos resíduos e das cinzas provenientes da combustão dos CDR, bem como do tratamento dos gases de combustão são encaminhados ao aterro sanitário. Os componentes ferrosos são recuperados e enviados para reciclagem. Em relação à fração orgânica, separada na triagem, parte é transformada em composto por meio da digestão anaeróbia dos resíduos, e outra parte transformada em biogás.

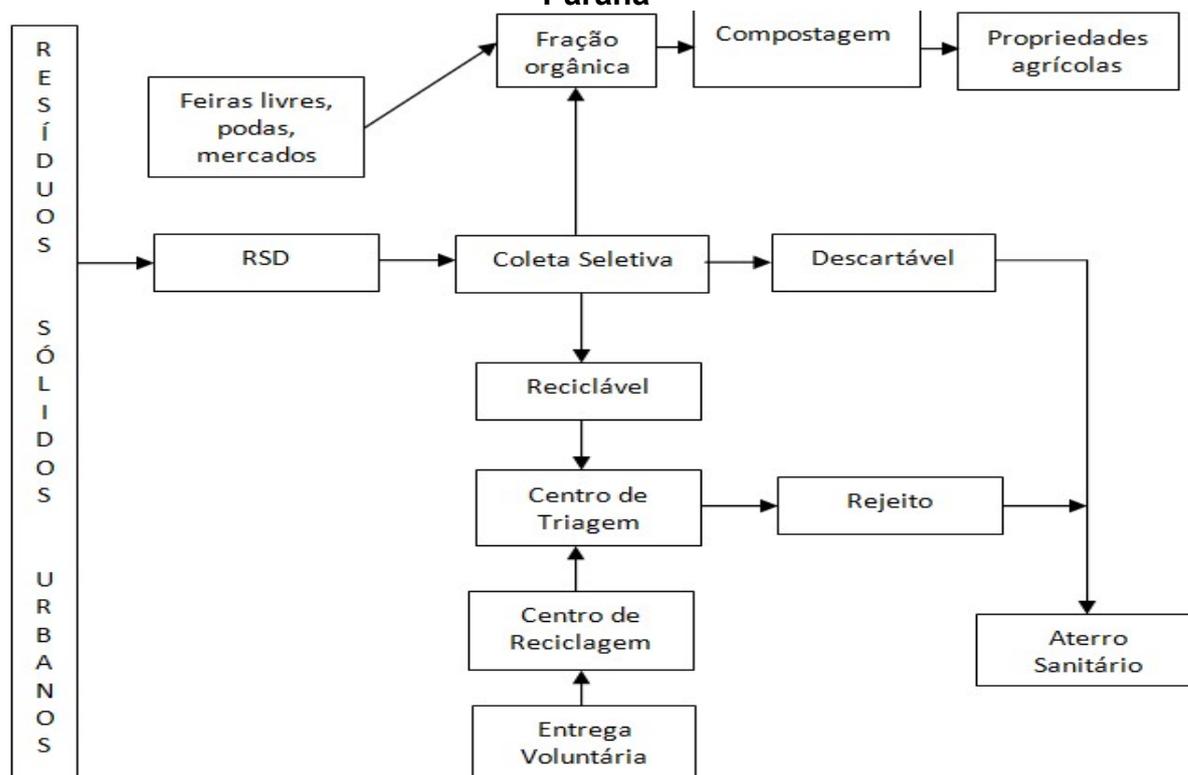
Figura 12 - Modelo de gerenciamento dos RSU da cidade de Roma, Itália.



Fonte: Cherubini, Bargigli e Ulgiati, 2008.

O modelo proposto por Nagashima et al. (2011) para a cidade de Paranaíba/PR, representado na Figura 13, apresenta o desenvolvimento de gerenciamento de resíduos de forma sustentável. A fração orgânica gerada em atividades como feiras livres, mercados e podas de árvores são encaminhadas à usina de compostagem, onde o composto produzido é encaminhado para propriedades agrícolas. Os resíduos coletados seletivamente ou entregues voluntariamente são separados na central de triagem, os rejeitos e os resíduos descartáveis na coleta seletiva são encaminhados ao aterro sanitário.

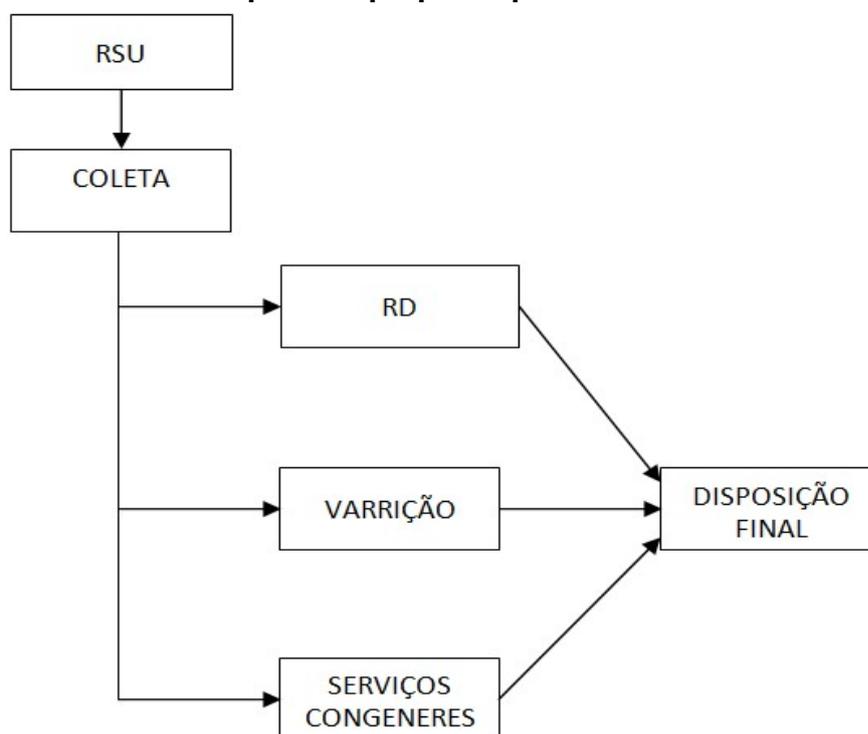
Figura 13 - Modelo de gerenciamento proposto para cidade de Paranaíba, Paraná



Fonte: Adaptado de Nagashima et al., 2011.

O modelo convencional de gerenciamento que ocorre na maioria dos municípios brasileiros de pequeno porte conta com os serviços de geração, coleta dos resíduos domiciliares, dos serviços de varrição, e dos serviços congêneres e são geralmente encaminhados para disposição final ambientalmente inadequada como mostrado na Figura 14.

Figura 14 - Modelo de gerenciamento utilizado na grande maioria dos municípios de pequeno porte do Brasil.



Fonte: Adaptado de Lima, 2001.

3.5.2 Atividades técnico-operacionais do Sistema de Gerenciamento Integrado dos RSU

O sistema de gerenciamento integrado dos RSU pode ser composto por atividades relacionadas às etapas de geração, acondicionamento, coleta e transporte, tratamento e disposição final ambientalmente adequada.

3.5.2.1 Geração

Na etapa de geração dos resíduos, deve-se buscar a alteração no padrão de consumo da sociedade que promova a não geração, incentive o consumo de produtos

mais apropriados ambientalmente ou mesmo o compartilhamento de bens contribui para melhoria da condição de vida da comunidade. Ainda nessa etapa, a ação de segregar os resíduos com base em suas características possibilitará a valorização dos resíduos e maior eficiência das demais etapas subsequentes de gerenciamento por evitar a contaminação de quantidades significativas de materiais reaproveitáveis em decorrência da mistura de resíduos.

3.5.2.2 Acondicionamento

Acondicionar os RD significa prepará-los para a coleta de forma sanitariamente adequada. A qualidade da operação de coleta e transporte de resíduos depende da forma adequada do seu acondicionamento, armazenamento e da disposição dos recipientes no local, dias e horários estabelecidos pelo órgão de limpeza urbana para a coleta, portanto, a população tem participação decisiva nesta operação. A importância do acondicionamento adequado está em: evitar acidentes; evitar a proliferação de vetores causadores de doenças; minimizar o impacto visual e olfativo; reduzir a heterogeneidade dos resíduos (no caso de haver coleta seletiva); facilitar a realização da etapa da coleta. O acondicionamento dos RS, por sua vez, deve ser compatível com suas características qualitativas e quantitativas, facilitando a identificação e possibilitando o manuseio seguro dos resíduos, durante as etapas de coleta, transporte e armazenamento.

A instalação de lixeiras tem por objetivo conscientizar a população sobre a importância de manter a cidade limpa e visa fortalecer a coleta de RS e melhorar o aspecto estético da cidade, promovendo mudança de atitudes, envolvimento da comunidade e despertando o sentido de corresponsabilidade promovendo a qualidade ambiental.

3.5.2.3 Coleta

Coletar os RS significa recolher esses materiais já acondicionados pelos imóveis residenciais, estabelecimentos públicos e comércios e encaminhá-los, mediante transporte adequado para tratamento, caso necessário, e disposição final. A coleta desses resíduos deve ser realizada a partir de um planejamento básico, para

que se evitem problemas de saúde aos trabalhadores e impactos negativos ao meio ambiente.

AABNT, por meio da NBR 12.980/1993 – Coleta, Varrição e Acondicionamento de Resíduos Sólidos Urbanos, classifica os diferentes tipos de RS e define a coleta de RS como sendo o ato de recolher e transportar RS de qualquer natureza, utilizando veículos e equipamentos apropriados para tal fim.

➤ Coleta domiciliar: coleta dos resíduos domiciliares, (formado por resíduos gerados em residências e estabelecimentos comerciais), industriais, públicos e de prestação de serviços, cujos volumes e características sejam compatíveis com a legislação municipal vigente;

➤ Coleta ambulatorial: coleta regular dos resíduos produzidos nas farmácias, centros de saúde, laboratórios, ambulatórios, clínicas veterinárias e estabelecimentos congêneres, executada por veículos apropriados;

➤ Coleta contratada: coleta efetuada por empresa privada contratada por órgão público municipal, que continua arrecadando a taxa ou a tarifa do serviço correspondente e efetuando a fiscalização e o pagamento devido;

➤ Coleta especial: coleta destinada a remover e transportar resíduos especiais não recolhidos pela coleta regular, em virtude de suas características próprias, tais como: origem, volume, peso e quantidade. Enquadram-se neste caso: móveis velhos; monturos; restos de limpeza e de poda de canteiros, praças e jardins; entulhos; animais mortos de pequeno, médio e grande porte e similares;

➤ Coleta hospitalar externa: coleta dos resíduos de serviços de saúde gerados em estabelecimentos hospitalares. Esta coleta é executada por veículos exclusivos, de forma a não ocorrerem problemas de espalhamento de resíduos e derramamento de líquidos nas vias públicas ou problemas de contato manual;

➤ Coleta particular: coleta de qualquer tipo de RSU pelas quais pessoas físicas ou empresas, individualmente ou em grupos limitados, executam-na ou pagam a terceiros para executá-la;

➤ Coleta regular: coleta de RS executada em intervalos determinados;

➤ Coleta de resíduos de feiras, praias e calçadões: coleta regular dos resíduos oriundos da limpeza e varrição de feiras, praias e calçadões;

➤ Coleta de resíduos com riscos para saúde: coleta regular que remove resíduo proveniente de estabelecimentos que apresentam riscos de contaminação, tais como: presídios, portos, aeroportos internacionais e similares;

➤ Coleta de resíduos de serviços de saúde: coleta regular que remove resíduos provenientes de hospitais, casas de saúde, sanatórios, prontos-socorros, clínicas médicas e veterinárias, ambulatórios, centros de saúde, laboratórios, farmácias e estabelecimentos similares. Está dividida em: coleta ambulatorial e coleta hospitalar externa;

➤ Coleta seletiva: coleta que remove os resíduos previamente separados pelo gerador, tais como: papéis, latas, vidros e outros;

➤ Coleta de varredura: coleta regular dos resíduos oriundos da varrição de vias e logradouros públicos.

O principal objetivo da remoção regular dos RS gerados pelas comunidades é evitar a proliferação de vetores causadores de doenças. Diversos animais, como ratos, baratas, moscas, etc, encontram nos resíduos as condições ideais de abrigo e alimentos para se desenvolverem.

Contudo, se os resíduos sólidos não forem coletados regularmente os efeitos sobre a saúde pública aparecem logo em seguida, pois quando as doenças ocorrem à população nem sempre associa essa à questão dos RS dispostos de maneira inadequada.

Segundo Monteiro et al. (2001), no Manual de Gerenciamento Integrado de Resíduos Sólidos do Instituto Brasileiro de Administração Municipal (IBAM):

A limpeza das ruas é de interesse comunitário e deve ser tratada priorizando o aspecto coletivo em relação ao individual, respeitando os anseios da maioria dos cidadãos. Uma cidade limpa inspira orgulho a seus habitantes, melhora a aparência da comunidade, ajuda a atrair novos residentes e turistas, valoriza os imóveis e movimenta os negócios (MONTEIRO et al., 2001, p. 35).

Os serviços de limpeza dos logradouros envolvem atividades como: varrição e raspagem; capina e roçagem; limpeza de ralos, bocas de lobo, galerias e córregos; limpeza de feiras e mercados; serviços de remoção de materiais diversos e resíduos de construções e demolições; serviços de remoção de animais mortos; poda e corte de árvores; limpeza de praias; e pintura de meio fio. Contemplam, ainda, atividades como: desobstrução de ramais e galerias, desinfestação e desinfecções, e lavagem de logradouros públicos. Essas atividades devem ser realizadas mediante ordens de serviço, especificando com detalhes o tipo de serviço a ser realizado e o dimensionamento dos recursos necessários.

A varrição consiste na remoção sistemática dos resíduos acumulados junto às sarjetas e aos meios-fios de vias e logradouros públicos, visando minimizar riscos à saúde pública, manter a cidade limpa e prevenir enchentes.

Na maioria das cidades, a responsabilidade pela limpeza dos passeios (calçadas) compete aos moradores dos imóveis fronteiros às mesmas. A origem destes resíduos pode ser de causas naturais, como: queda de folhas de árvores, resíduos e sedimentos carregados pela chuva ou como de atitudes ilícitas da população, por meio do lançamento de resíduos em locais inadequados. O objetivo da varrição é evitar o acúmulo excessivo de resíduos nas ruas, o qual pode causar o assoreamento do sistema de drenagem pluvial e estimular o descaso de parte da população. A varrição das ruas e logradouros públicos pode ser feita manualmente ou mecanicamente, devendo ser definido no Plano de Varrição. A frequência de prestação deste serviço varia conforme as características de ocupação dos logradouros, a intensidade do trânsito e o fluxo de transeuntes, podendo ser semanal (alternada – duas, três ou cinco vezes por semana) ou diária.

A velocidade da varrição é normalmente expressa em metros lineares de sarjeta por homem/dia ($m \cdot h^{-1} \cdot d^{-1}$). A unidade “dia” refere-se a uma jornada normal de trabalho. Para determinar a velocidade da varrição, é preciso antes classificar os logradouros de acordo com as características que mais influem na produtividade do varredor. A velocidade média, geralmente, adotada em trabalhos acadêmicos, para um só gari é de 180 m/h, seguindo a Cartilha de Limpeza Urbana do Ministério da Ação Social, sendo assim, durante uma jornada de 8 (oito) horas, 1 (um) dia, a produção será de 1.440 metros de linha d’água (sarjeta) limpa (BRASIL, 2009a). O número líquido de trabalhadores, isto é, a mão-de-obra estritamente necessária para a varredura, é determinado pela Equação 2.

$$N^{\circ} \text{ de Gari} = \frac{\text{Extensão linear total diária necessária a ser varrida}}{\text{Produção média diária de cada Gari}} \quad (2)$$

A varrição deve ocorrer diariamente e em todas as diversas áreas da comunidade, tais como: residencial, comercial, feiras, etc.

- média de varrição: 1 a 2 km. gari⁻¹.d⁻¹;
- média de remoção: 0,850 a 1,26 m³/km/dia;
- média de varredor/1.000 habitantes: 0,40 a 0,80 (BRASIL, 2006a).

A capina deve ser executada pelos serviços de limpeza pública, não apenas em vias e passeios sem asfalto, mas também as margens de rios e canais. Visa à limpeza rotineira de logradouros públicos por meio, respectivamente, de remoção ou corte rente ao solo, da cobertura vegetal herbácea ou arbustiva em passeios, canteiros centrais e nas faixas de rolamento das vias junto às sarjetas, por meios manuais e/ou mecânicos.

A limpeza de bueiros, bocas de lobo e galerias são atividades que devem ser executadas regularmente junto com a varrição. Tem por objetivo garantir o perfeito escoamento das águas pluviais e impedir que o material sólido, retido durante as chuvas, seja levado para os ramais e galerias.

Comumente o sistema de limpeza manual é o mais utilizado e, se bem planejado, poderá atender eficientemente as necessidades de serviço. Uma enxada, uma pá e uma chave de ralo são os utensílios usados. Veículos com equipamentos especiais de sucção somente deverão ser adotados em cidades de grande porte, devido ao seu alto custo de aquisição e manutenção. Costuma-se incumbir ao próprio varredor do logradouro a tarefa de limpeza das caixas de ralo.

As feiras livres e o mercado são os mais importantes mecanismos de abastecimento de alimentos de famílias, portanto, conhecer e apoiar estas estruturas de comercialização é de fundamental importância para a garantia da saúde e qualidade de vida da população do município.

3.5.2.4 Transporte

O transporte dos RSU deve ser feito por veículos cujas características estejam adequadas com o porte do município. De acordo com Vilhena (2010), os veículos de coleta e transporte de RSU domiciliar podem ser de carroceria convencional ou com compactador. O tipo de veículo a ser empregado está condicionado aos seguintes fatores: quantidade de resíduos, forma de acondicionamento do resíduo e condições de acesso ao ponto de coleta.

Os veículos com compactador possuem carrocerias fechadas, contendo dispositivos mecânicos ou hidráulicos que possibilitam a distribuição e compressão dos resíduos no interior da carroceria. O sistema de carregamento pode ser traseiro, lateral ou frontal. Os veículos compactadores de carregamento traseiro, modelos mais utilizados no Brasil, possuem capacidade volumétrica útil podendo variar de 10, 12, 15

e 19 m³ (Figura 15), podendo ter dispositivo hidráulico para basculamento automático e independe de contêineres plásticos padronizados (MONTEIRO et al., 2001; VILHENA, 2010).

Figura 15 - Veículo compactador.



Fonte: Autor, 2016.

O veículo compactador com mecanismo para basculamento de recipiente estacionário pode proporcionar maior eficiência na coleta, em particular em locais que apresentam grande concentração de resíduos (MONTEIRO et al., 2001; VILHENA, 2010). Para grandes volumes de RSU, podem ser utilizadas várias caixas compactadoras, com capacidade de 7 m³.

Para ser produtivo, esse equipamento deve operar pequenas distâncias, entre o local onde as caixas ficam estacionadas e o local de descarga. Na Figura 16 é ilustrado o caminhão tipo poliguidaste.

Figura 16 - Caminhão coletor do tipo poliguidaste.



Fonte: Autor, 2016.

Os caminhões basculantes podem ser do tipo toco ou trucado, ambos são utilizados para a remoção de RSU. O caminhão basculante toco é um veículo com apenas dois eixos, com caçamba de 5 a 8 m³ de capacidade.

O caminhão basculante trucado é um veículo com três eixos, a caçamba deve ter capacidade de 12 m³ de capacidade. O caminhão tipo basculante trucado é mostrado na Figura 17.

Figura 17 - Caminhão basculante trucado.



Fonte: Autor, 2016.

Os veículos de maior capacidade são do tipo *roll-on/roll-off* e as carretas. O *roll-on/roll-off* é um veículo próprio para transporte de caixas compactadoras estacionárias, com capacidade de 7 m³ a 15 m³ e caçamba *roll-on/roll-off* com capacidade de 26 m³. As carretas, conjunto transportador formado pelo semirreboque basculante com capacidade de 25 m³, tracionado por um cavalo mecânico (4x2) com força de tração de 45 t, é utilizado para transporte de grande quantidade de resíduos. Seu carregamento é feito por pá carregadeira e a descarga, no destino, pelo basculamento da caçamba.

Os veículos de transporte de RSU de menor capacidade são convenientes para municípios de pequeno porte com geração reduzida de resíduos, pois, o mesmo pode ser utilizado para o transporte, sem custos adicionais com a aquisição, manutenção e operação de veículos de maior capacidade. No entanto, para municípios em que é grande a geração de RSU os custos com veículos de maior capacidade podem se tornar economicamente viável. Nesse caso é fundamental a presença de uma infraestrutura de apoio para o depósito dos resíduos e posterior

transbordo para veículos de maior capacidade. Sendo esta infraestrutura conhecida como Estações de Transferência.

3.5.2.5 Tratamento

a) Tratamento dos RSU: pode ser realizado de algumas formas para que possa ser feita a disposição final ambientalmente adequada dos mesmos. No Brasil, o gerenciamento dos RSU é de responsabilidade das Prefeituras Municipais. Ainda é bastante reduzido o número de municípios que possuem um bom gerenciamento de RSU, com sistemas adequados de coleta, tratamento e disposição final dos resíduos. Os processos de tratamento dos RSU podem ser:

➤ **Compostagem**: processo no qual a matéria orgânica putrescível (restos de alimentos, aparas, troncos, podas de jardins etc.) é degradada biologicamente, obtendo-se um produto que pode ser utilizado como adubo. A compostagem permite aproveitar os resíduos orgânicos, que constituem mais da metade dos RD. A compostagem pode ser feita em casa ou em unidades de compostagem;

➤ **Incineração**: é a transformação da maior parte dos resíduos em gases, por meio da queima em altas temperaturas (mínima de 800° C, de acordo com a Resolução CONAMA 316/2002 que dispõe sobre procedimentos e critérios para o funcionamento de sistemas de tratamento térmico de resíduos), em um ambiente rico em oxigênio, por um período pré-determinado, transformando os resíduos em material inerte e diminuindo sua massa e volume. Não se deve confundir a incineração com a simples queima dos resíduos. Os incineradores geralmente são dotados de filtros, evitando que gases tóxicos sejam lançados na atmosfera. De qualquer forma, devido a aspectos técnicos, a incineração não é o tratamento mais indicado para a maioria dos resíduos gerados e não é adequado à realidade das cidades brasileiras;

➤ **Pirólise**: diferentemente da incineração, na pirólise a queima acontece em ambiente fechado e com ausência de oxigênio;

➤ **Digestão Anaeróbica**: processo baseado na degradação biológica, com ausência de oxigênio e ambiente redutor. Neste processo há a formação de gases e líquidos. Este princípio é bastante utilizado em todo o mundo em aterros sanitários.

b) Disposição final ambientalmente adequada: distribuição ordenada de rejeitos em aterros, 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, 2010b).

Como todo processo de tratamento produz um rejeito, isto é, um material que não pode ser utilizado, a disposição final em aterros acaba sendo imprescindível para todo tipo de tratamento. Os tipos de disposição final utilizados para os RSU podem ser:

➤ **Aterro Sanitário:** de acordo com a NBR 8.419/1992 - Apresentação de projetos de aterros sanitários de RSU - aterro sanitário é a técnica de disposição de RSU no solo, sem causar danos à saúde pública e à sua segurança, minimizando os impactos ambientais, método este que utiliza princípios de engenharia para confinar os RS à menor área possível e reduzi-los ao menor volume permissível, cobrindo-os com uma camada de terra na conclusão de cada jornada de trabalho, ou a intervalos menores, se necessário.

É um método de aterramento dos resíduos em terreno preparado para a disposição dos resíduos, de maneira a causar o menor impacto ambiental possível. Neste método de disposição final dos resíduos algumas medidas técnicas empregadas para proteger o meio ambiente são necessárias: o solo é protegido por uma manta isolante (geomembrana) ou por uma camada espessa de argila compactada, impedindo que os líquidos poluentes, lixiviados, se infiltrem e atinjam as águas subterrâneas. Os aterros sanitários são construídos, na maioria das vezes, em locais distantes dos centros urbanos, devido o mau cheiro e possibilidade de contaminação do solo e de águas subterrâneas. Porém, existem, atualmente, normas rígidas que regulam a implantação de aterros sanitários. Estes devem possuir um controle da quantidade e tipo de lixo, sistemas de proteção ao meio ambiente e monitoramento ambiental.

➤ **Aterro controlado:** o aterro controlado não é considerado uma forma adequada de disposição de resíduos, porque os problemas ambientais de contaminação da água, do ar e do solo não são evitados, já que não são utilizados todos os recursos de engenharia e saneamento que evitariam a contaminação do ambiente. No entanto, representa uma alternativa melhor do que os lixões, e se diferenciam destes por possuírem a cobertura diária dos resíduos com solo e o controle de entrada e saída de pessoas;

➤ **Lixões:** forma inadequada de se dispor os RSU porque provoca uma série de impactos ambientais negativos. Portanto, os lixões ou vazadouros devem ser recuperados para que tais impactos sejam minimizados. Teoricamente, a maneira correta de se recuperar uma área degradada por um lixão seria proceder à remoção completa de todos os resíduos depositados, colocando-os num aterro sanitário e recuperando a área escavada com solo natural da região (MONTEIRO et al., 2001).

Na tentativa de minimizar os impactos causados pelo lançamento indevido dos RSU no meio ambiente, recomenda-se a sua reutilização e reaproveitamento como forma de reinserção dessa matéria-prima em outro ciclo produtivo, elaborando novos produtos que evitem danos ao meio ambiente, beneficie a população e proporcione a economia de recursos naturais. O reaproveitamento dos RSU está diretamente ligado ao princípio dos 3R, ou seja, reduzir, reutilizar e reciclar os resíduos.

➤ **Reduzir:** significa consumir menos produtos e preferir aqueles que ofereçam menor potencial de geração de resíduos e tenham maior durabilidade. A redução dos resíduos sólidos depende da mudança de padrões de produção e consumo da sociedade e pode ser obtida pelo controle do desperdício, pelo reuso de produtos e pela reciclagem (RIBEIRO; BESEN, 2007). Para se alcançar a redução de RSU podem ser adotadas algumas medidas, tais como o menor uso de embalagens, a produção de bens materiais mais duráveis, ou com peças mais facilmente substituíveis, e o aumento da reciclagem e da compostagem.

➤ **Reutilizar:** de acordo com a PNRS de 2010 a reutilização dos resíduos é o processo de aproveitamento dos RS sem sua transformação biológica, física ou físico-química, observadas as condições e os padrões estabelecidos pelos órgãos competentes do SISNAMA e, se couber, do SNVS e do SUASA.

A redução e a reutilização são ações e atitudes que simplificam o processo de destinação final dos RS, pois diminuem a quantidade de resíduos gerados. Quanto menor a quantidade de resíduo gerado em um local, menores são os gastos com seu gerenciamento. Assim, ao incentivar a redução da geração, não se alcança somente a preservação ambiental, mas também se obtém ganhos econômicos, a partir da redução de gastos públicos com coleta, tratamento e disposição final (LOPES, 2003).

No Brasil, a questão da redução e da reutilização de resíduos é abordada legalmente pela PNRS de 2010, a mesma enfatiza que as três ações prioritárias de

gestão e gerenciamento dos RS são, respectivamente, a não geração, a redução e a reutilização de recursos. O objetivo dessa ordem de prioridades é reduzir a quantidade de resíduos encaminhados para a disposição final.

➤ **Reciclar:** a reciclagem dos resíduos é o processo de transformação dos RS que envolve a alteração de suas propriedades físicas, físico-químicas ou biológicas, com vistas à transformação em insumos ou novos produtos, observadas as condições e os padrões estabelecidos pelos órgãos competentes do SISNAMA e, se couber, do SNVS e do SUASA (BRASIL, 2010b).

3.6 ATERROS DE PEQUENO PORTE

De acordo com Brasil (2004a) que apresenta os dados do Atlas do Desenvolvimento Humano, no ano de 2002, o porte de um município é definido conforme sua população em:

- Pequeno porte I – até 20.000 hab;
- Pequeno porte II – até de 20.001 a 50.000 hab;
- Médio porte – de 50.001 a 100.000 hab;
- Grande porte – de 100.001 a 900.000 hab;
- Metrópole – mais de 900.000 hab.

A NBR 15.849/2010 – Resíduos sólidos urbanos – Aterros sanitários de pequeno porte - diretrizes para localização, projeto, implantação, operação e encerramento - define aterro sanitário de pequeno porte como:

[...] aterro sanitário para disposição no solo de RSU, até 20 t/dia ou menos, quando definido por legislação local, em que, considerados os condicionantes físicos locais, a concepção do sistema possa ser simplificada, adequando os sistemas de proteção ambiental sem prejuízo da minimização dos impactos ao meio ambiente e à saúde pública (ABNT, 2010).

A Resolução CONAMA nº 404, de 11 de novembro de 2008, que estabelece critérios e diretrizes para o licenciamento ambiental de aterro sanitário de pequeno porte de RSU, define, no § 1º do art. 1º, aterros sanitários de pequeno porte como sendo aqueles com disposição diária de até 20 t (vinte toneladas) de RSU.

Nos municípios de pequeno porte, em razão da pequena quantidade de resíduos gerados diariamente, é possível considerar sistemas de disposição final simplificados, como a operação em valas.

Os Aterros Sanitários de Pequeno Porte (ASPP) são instalações bastante específicas pela possibilidade da operação manual e pela simplicidade em relação a instalações de grande porte, bem mais onerosas e complexas. Em diversas regiões brasileiras experiências práticas têm sido desenvolvidas, tornando possível a sua incorporação nos procedimentos para implantação e operação dos ASPP (ABNT, 2010). Esta tecnologia simplificada é aceita e indicada por órgãos ambientais, por compatibilizar o projeto, a operação, os requisitos ambientais às potencialidades locais, minimizando os impactos ao meio ambiente e à saúde pública.

3.6.1 Aterro sanitário de pequeno porte em Valas

Instalação para disposição no solo de RSU, em escavação com profundidade limitada e largura variável, confinada em todos os lados, oportunizando operação não mecanizada (ABNT, 2010).

O aterro sanitário em valas é uma técnica para a disposição de RSU no solo, em municípios de pequeno porte, onde a produção diária de resíduo não deve ultrapassar 10 (dez) toneladas (CETESB, 2010).

O aterro em valas se enquadra para municípios de pequeno porte, portanto, de acordo com o caput do art. 3º e § 1º da Resolução nº 404/2008 do CONAMA, é admitida a disposição final de RD, de resíduos de serviços de limpeza urbana, de resíduos de serviços de saúde, bem como de resíduos sólidos provenientes de pequenos estabelecimentos comerciais, industriais e de prestação de serviços. Será aplicado aos resíduos que não sejam perigosos, conforme definido em legislação específica, e que tenham características similares aos gerados em domicílios, bem como aos resíduos de serviços de saúde que não requerem tratamento prévio à disposição final e aqueles que pela sua classificação de risco necessitam de tratamento prévio à disposição final, de acordo com a regulamentação técnica dos órgãos de saúde e de meio ambiente, conforme RDC 306/2004 da Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA) e Resolução CONAMA nº 358/2005.

Complementando, o § 3º da Resolução nº 404/2008 do CONAMA informa que não podem ser dispostos nos aterros em valas os resíduos perigosos que, em função de suas características de inflamabilidade, corrosividade, reatividade, toxicidade, carcinogenicidade, teratogenicidade, mutagenicidade e perfurocortantes, apresentem risco à saúde pública e ao meio ambiente, bem como os resíduos da construção civil, os provenientes de atividades agrosilvopastoris, dos serviços de transportes, de mineração, de serviço de saúde classificados na RDC Anvisa 306/2004 e Resolução CONAMA nº 385/2006 com exigência de destinação especial.

Tendo em vista que para a implantação desse tipo de aterro sanitário, o órgão ambiental não exige a impermeabilização complementar das valas com mantas de Polietileno de Alta Densidade (PEAD) ou outro tipo semelhante de material e nem a colocação de solo argiloso no seu fundo, para a escolha do terreno do aterro deverão ser considerados o tipo de solo do local e sua permeabilidade, o nível do lençol freático (nível d'água) e o excedente hídrico da região. O terreno a ser selecionado para a implantação do aterro deverá, ainda, possuir uma área que propicie uma vida útil mínima do aterro de 15 anos, além de respeitar algumas distâncias mínimas, tais como: 500 metros de núcleos habitacionais e 200 metros de qualquer corpo d'água superficial existente nas proximidades (CETESB, 2010).

Para um funcionamento adequado dos aterros em valas alguns procedimentos operacionais devem ser adotados, conforme mostrados no Quadro 4.

Quadro 4 - Procedimentos operacionais adotados para o funcionamento adequado de aterros em valas.

Continua.

Aterro em Valas	Procedimentos operacionais adotados
Tipos de resíduos permitidos	De acordo com a Resolução CONAMA Nº 404/2008.
Operação – Dimensões das valas	A separação entre as bordas superiores das valas deve ser, no mínimo, de 1 m, deixando espaço suficiente para operação e manutenção; Altura: 3 m, observadas as condições de estabilidade dos taludes e o nível do lençol freático; Largura: Recomenda-se que a largura da vala na superfície não supere 3 m (ABNT, 2010); Comprimento: será delimitado em função da vida útil esperada.
Abertura das valas	Executada de uma só vez e o seu dimensionamento feito de modo a permitir a disposição dos resíduos por um período aproximado de 30 dias.

Conclusão

Disposição dos resíduos	Iniciada pelo mesmo lado que a vala começou a ser escavada; Evitar o espalhamento em outros locais; Imediato cobrimento sanitário com solo.
Cobertura diária	Realizados diariamente, no final de cada jornada de trabalho, sendo recomendada uma camada mínima de 0,20 m.
Cobertura final	Deverá ser executada com uma camada de solo de, aproximadamente 0,60 m, com uma declividade de, no mínimo, 7% na menor dimensão da vala; Posteriormente deve ser coberta com solo orgânico e cobertura vegetal com gramíneas, para evitar erosões, bem como minimizar a infiltração de águas de chuva.
Drenagem superficiais	Manter a área do aterro sanitário em condições normais de operação, além de se evitar o acúmulo excessivo de águas e o aumento de lixiviado. Estruturas definitivas e provisórias, para evitar a entrada de águas de chuva na vala em operação.
Controle de acesso	Portaria.
Treinamento da equipe	As formas de inspeção, controle, permissão de acesso ao aterro e orientação do lançamento de resíduos; Os adequados procedimentos de operação, manutenção e monitoramento do aterro e todos os seus sistemas, com ênfase nas funções e atribuições específicas de cada funcionário; Os procedimentos a serem adotados em situações de emergência; Os procedimentos de segurança operacional e a correta utilização de Equipamentos de Proteção Individual (EPI) e Equipamentos de Proteção Coletiva (EPC).

Fonte: Adaptado de CETESB, 2010.

3.7 COMPOSTAGEM

A compostagem, segundo a NBR 13.591/1996, 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.

De acordo com Nunes (2009) compostagem é uma técnica idealizada para obter, no mais curto espaço de tempo, a estabilização ou humificação da matéria orgânica que na natureza se dá em tempo indeterminado. É um processo controlado de decomposição microbiana de uma massa heterogênea de resíduos no estado sólido e úmido. Para a mesma autora, o composto orgânico é o produto final da compostagem da matéria orgânica crua que é uma massa de textura fina e

homogênea, sem cheiro característico dos resíduos que lhe deram origem. Constitui fonte de nutrientes para as plantas por apresentar os mesmos na forma mineralizada. Excelente condicionador e melhorador das propriedades físicas, químicas e biológicas do solo.

Existem 3 (três) tipos básicos de compostagem: a do tipo Windrow ou em leiras com reviramento manual, em que os resíduos são dispostos sobre o solo em leiras com dimensões predefinidas e se faz um procedimento periódico de seu reviramento e, eventualmente, de umidificação, até que o processo seja terminado. O segundo método consiste em se fazer uma aeração forçada nas leiras, sem reviramento do material, colocando a massa a ser compostada sobre um sistema de tubulação perfurada pela qual se fará a aeração da pilha de resíduos, já o terceiro tipo consiste na colocação da massa de resíduos a ser compostada em um reator biológico, fechado, que permite controlar os parâmetros sem interferência do ambiente externo.

3.7.1 Pátio de Compostagem

O pátio de compostagem é o local onde são montadas e conduzidas as leiras de resíduos para serem compostados. O piso desse local deve ser impermeabilizado com cimento ou asfalto ou apenas compactado, de modo que não haja mistura de solo com o composto durante o reviramento da leira de compostagem. Deve ter declive de 2% a 3% para não haver acúmulo de água na parte inferior da leira (NUNES, 2009).

3.7.2 Formato e tamanhos das leiras

As leiras de compostos montadas na época de chuva devem ter o formato triangular, o que contribui para minimizar a entrada excessiva de água no interior da mesma. Na época seca as leiras devem ser montadas em formato trapezoidal para facilitar a entrada de água na parte interna. As leiras com largura de 3m a 4m e altura de 1m a 1,5m facilitam o manejo durante o reviramento. O comprimento é variável de acordo com o espaço disponível, normalmente de 20m a 50m. A Figura 18 mostra o pátio de compostagem com piso cimentado e as leiras montadas.

Figura 18 - Pátio de Compostagem cimentado com leiras montadas.



Fonte: Cortez, 2008.

Os materiais orgânicos com relação C/N menor decompõem-se mais rapidamente do que aqueles os quais essa relação é maior. Como exemplo de materiais em relação à decomposição tem-se:

- **materiais de fácil decomposição:** sobras de frutas e legumes, resíduos de frutos suculentos, como cascas e bagaços de banana, abacaxi, laranja, mamão, folhas tenras, restos de alimentos, esterco de curral;
- **materiais de decomposição lenta:** folhas fibrosas, ramos, capins;
- **materiais de difícil decomposição:** caroço de açaí, casca de coco, serragem de madeiras, bagaços de cana-de-açúcar.

Alguns fatores devem ser levados em consideração, pois podem prejudicar os resultados de uma boa compostagem, entre eles: oxigenação (aeração), temperatura, umidade, nutrientes, tamanho das partículas e pH.

A oxigenação deverá ser controlada pelo reviramento manual, na fase de bioestabilização (cura) do material, por um período de 65 a 70 dias. O ciclo de reviramento é de três em três dias, o que permite o bom arejamento da massa em decomposição e o controle da temperatura, depois segue para a maturação que é o período onde o material é transportado para uma área coberta e deixado em montes de até 2,5m de altura, por um período de 55 a 60 dias (TEIXEIRA, et al., 2000).

A temperatura deverá ser medida em diferentes partes da leira de compostagem, com utilização de termômetro digital. Sendo que na fase de cura, a temperatura deverá ficar entre 45°C e 65°C, esta fase se finalizará quando a

temperatura máxima atingir valores inferiores a 40°C, por alguns dias, sendo procedida pela fase de maturação (TEIXEIRA, et al., 2000).

A umidade deverá seguir os seguintes critérios:

- Deverá ser controlada entre 40% a 60%;
- No término da compostagem deverá ser reduzida para valores próximos de 40%, para facilitar o peneiramento e a separação do material que não sofreu decomposição.

Com a finalização da compostagem, o produto gerado, ou seja, o composto orgânico poderá ser utilizado nas seguintes atividades:

- Propriedades agrícolas: de preferência por produtores que praticam a agricultura familiar;
- Na produção de hortaliças;
- Em canteiros: recomenda-se aplicar o composto misturando-se bem com o solo, ou em sulcos (TEIXEIRA, et al., 2000).

O composto orgânico, produzido de resíduos orgânicos urbanos, deve apresentar características apropriadas para a utilização na agricultura e jardinagem, especialmente, em propriedades agrícolas onde se pratica a agricultura familiar, próximas de unidades de compostagem de resíduos orgânicos.

O composto ou adubo orgânico pode ser utilizado na adubação de plantas arbustivas/trepadeiras (ex. acerola, mamão, maracujá, uva, bananeiras, laranja, etc) ou arbóreas (ex. laranjeiras, limoeiros, coqueiro, etc) ou plantas ornamentais de grande porte, quando atingir 50% a 60% da humificação. Esse ponto pode ser identificado esfregando um pouco do material na palma da mão detectando a presença de massa fina e fragmentos maiores que ainda não decompôs. Para adubação de hortaliças e plantas medicinais em canteiros deve-se usar o material em estágio de 80% a 100% de humificação (NUNES, 2009).

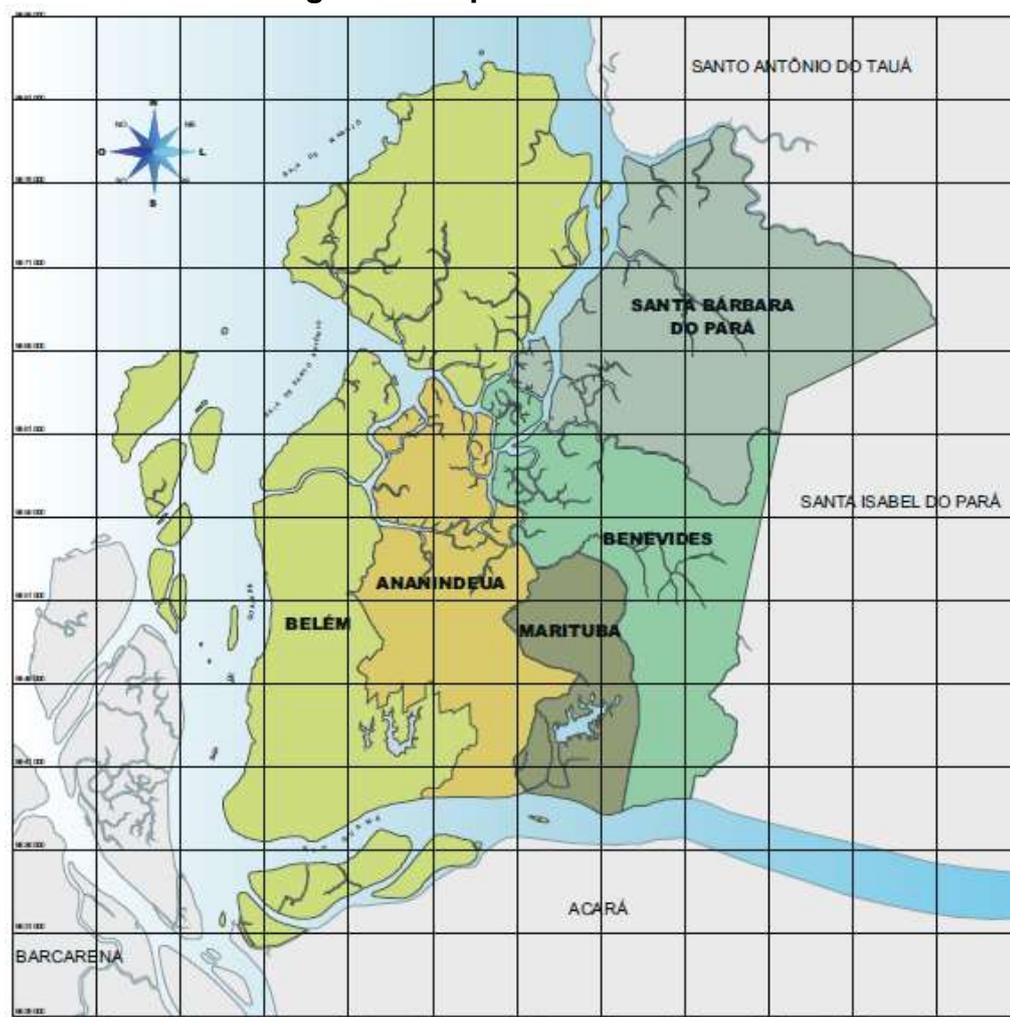
4 MATERIAL E MÉTODOS

Neste item foi apresentada a caracterização da área de estudo e a descrição das etapas metodológicas.

4.1 CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

O trabalho foi desenvolvido no município de Santa Bárbara do Pará que pertence à região metropolitana de Belém capital do Estado do Pará. O município localiza-se na Mesorregião Metropolitana de Belém e a Microrregião de Belém, aproximadamente 40 km da capital do Estado do Pará. Na Figura 19 é mostrada a localização do município em relação à região metropolitana de Belém (IDESP, 2012).

Figura 19 - Localização do município de Santa Bárbara do Pará em relação à região metropolitana de Belém.



Fonte: BELÉM, 2016.

4.2 DESCRIÇÃO DAS ETAPAS METODOLÓGICAS

Para o atendimento dos objetivos específicos deste trabalho, foram realizadas 4 (quatro) etapas metodológicas. Para a **1ª etapa**, ou seja, a caracterização do município de Santa Bárbara do Pará nos seus aspectos geográficos, populacionais e econômicos foram consultados bancos de dados de fontes como IBGE e Prefeitura do município, além de pesquisas individuais realizadas diretamente na cidade, nas Secretarias de Saúde, de Educação e de Infraestrutura, sendo que esta primeira etapa foi concluída no 2º semestre de 2015.

A descrição do modelo e os procedimentos do gerenciamento dos RSU adotados no município, referente à **2ª etapa** foram realizadas diretamente com o Secretário de Infraestrutura do município, com a participação de engenheiros do Consórcio Integrado dos Municípios Paraenses (COIMP), responsáveis pela elaboração da proposta de Plano Municipal de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos (PMGIRS) para o município, no período janeiro a março de 2016.

A **3ª Etapa**, que trata do levantamento de dados da geração, coleta e disposição final dos RSU da cidade, foi realizada por meio de visitas técnicas feitas no município entre os meses de março e junho de 2016, contando com o apoio do secretário de infraestrutura e trabalhadores que fazem parte do quadro dos serviços de limpeza pública do município. Nesta etapa foi realizada a caracterização dos resíduos encaminhados ao lixão da cidade. A metodologia utilizada para a caracterização quantitativa e qualitativa dos RSU de Santa Bárbara do Pará contou com 4 fases, descritas a seguir:

➤ **1ª Fase - Caracterização quantitativa:** para o cálculo da geração *per capita* de resíduos se contou com informações básicas como a quantidade de resíduos produzidos na unidade de estudo e o número de pessoas que a habitam. A produção *per capita* deve ser obtida a partir da razão entre a quantidade de resíduos e a população, o qual no caso de Santa Bárbara do Pará se utilizou a população estimada pelo IBGE no ano de 2015. Assim, foi possível calcular a geração média mensal de resíduos no município, de acordo com informações repassadas pela Secretaria de Infraestrutura, que realiza a coleta e o transporte dos RSU da cidade;

➤ **2ª Fase - Caracterização qualitativa:** a caracterização qualitativa foi obtida por meio de amostragens representativas baseadas em procedimentos adaptados, propostos pela Companhia Ambiental do Estado de São Paulo (CETESB,

2010). Os componentes analisados nesta caracterização foram os seguintes: matéria orgânica, papel e papelão, plástico, metal; vidro e rejeitos;

➤ **3ª Fase - Infraestrutura:** todo o processo de amostragem, desde a descarga dos resíduos até a segregação dos componentes foi realizado na própria área do lixão da cidade, em área acessível para o trabalho, com a participação de dois catadores que realizam coleta de materiais recicláveis no local. Os materiais utilizados no quarteamento foram: luvas; balança; tambor plástico e lona preta;

➤ **4ª Fase - Técnica do quarteamento:** para a realização da técnica do quarteamento se utilizou duas caracterizações, cada uma com amostras de 200 kg de resíduos coletados na área urbana do município. Os passos da técnica do quarteamento realizados no município de Santa Bárbara do Pará que aconteceram nos dias 31/03 e 05/05/2016 são descritos a seguir, na seguinte ordem:

- Descarga dos resíduos;
- Revolvimento da pilha e abertura das sacolas para sua máxima homogeneização;
- Primeiro quarteamento, ou seja, dividiu-se o montante em quatro partes aparentemente iguais e se tomaram duas partes opostas em diagonal, descartando as duas restantes;
- Repetiu-se a técnica do quarteamento, coletando novamente duas partes opostas em diagonal e descartando as demais;
- Na pilha que restou após realização dos dois quarteamentos, coletou-se os resíduos em quatro pontos diferentes, dando preferência aos resíduos do topo e na base da pilha;
- Pesagem do recipiente plástico vazio, depois o mesmo foi preenchido;
- Os resíduos do recipiente foram despejados sobre uma lona preta, de modo a proceder à segregação de seus componentes;
- De acordo com a definição dos componentes: matéria orgânica; papel e papelão; plástico; metal; vidro; rejeitos, os resíduos foram separados;
- A penúltima ação foi à pesagem dos resíduos e posteriormente o registro dos valores;
- A última ação da 4ª fase foi à tabulação dos dados (SCHALCH, 2014).

A **4ª e última etapa**, proposição do modelo e etapas de gerenciamento dos RSU em consonância com a Lei nº 12.305/2010 e com a realidade do município foi

realizada entre os meses de agosto a novembro de 2016, e contou com as propostas para criação de:

- Aterro sanitário de pequeno porte em valas;
- Central de triagem;
- Compostagem dos resíduos sólidos orgânicos;
- Coleta seletiva;
- Criação de associação/cooperativa de catadores de resíduos recicláveis;
- Coleta de resíduos de logística reserva;
- EPI a serem utilizados pelos trabalhadores.

Tendo em vista as propostas de criação apresentadas na 4ª etapa, em relação ao dimensionamento tanto do aterro sanitário de pequeno porte em valas, quanto da compostagem dos resíduos sólidos orgânicos fez-se necessária a elaboração da estimativa populacional, para o atendimento dos 20 anos do projeto.

A projeção populacional do município de Santa Bárbara do Pará foi realizada levando em consideração a população do município no último censo do IBGE (2010), as estimativas da população residente nos municípios brasileiros com data de referência em 1º de julho dos anos de 2011 a 2016 do IBGE, e a partir de 2017 utilizou-se progressão aritmética constante ou estacionária, que é toda progressão em que todos os termos são iguais, sendo que para isso a razão “r” tem que ser sempre igual à zero (ANDRADE, 2014).

As nomenclaturas dos anos, assim como as populações são apresentadas a seguir:

t0 = 2016	P0 = 12.488 habitantes
t1 = 2017	P1 = 12.793 habitantes
t2 = 2018	P2 = 13.096 habitantes
...	
t20 = 2036	P20 = 18.571

$$K_a = p_2 - p_0 / t_2 - t_0$$

$$P_t = p_0 + K_a \cdot (t - t_0)$$

Formando a equação aritmética a partir das variáveis (P0 e P1) e dos intervalos (t0 e t1), projeta a população (Pt) correlacionada ao ano (t). Na Tabela 9 é apresentada a tabulação da população futura, identificando a projeção populacional

para a área urbana do município de Santa Bárbara do Pará nos próximos 20 anos e geração dos RSU por dia, mês e ano.

Tabela 9 - Projeção populacional no período de 2017 a 2036 a partir da fórmula aritmética e geração dos RSU para o mesmo período.

Total Período	Ano	Taxa de crescimento (%)	População urbana (hab)	Per capita RSU (kg)	RSU/dia (kg)	RSU/mês (t)	RSU/ano (t)
0	2010	0,00000	10.662	0,6	6.397	192	2.303
0	2011	0,02580	10.937	0,6	6.562	197	2.362
0	2012	0,02440	11.204	0,57	6.386	192	2.299
0	2013	0,04020	11.654	0,55	6.410	192	2.308
0	2014	0,02460	11.941	0,6	7.165	215	2.579
0	2015	0,02330	12.219	0,6	7.332	220	2.639
0	2016	0,02200	12.488	0,6	7.493	225	2.697
1	2017	0,02438	12.793	0,6	7.676	230	2.763
2	2018	0,02375	13.096	0,6	7.858	236	2.829
3	2019	0,02325	13.401	0,6	8.041	241	2.895
4	2020	0,02270	13.705	0,6	8.223	247	2.960
5	2021	0,02220	14.009	0,6	8.406	252	3.026
6	2022	0,02170	14.313	0,7	10.019	301	3.607
7	2023	0,02123	14.617	0,7	10.232	307	3.684
8	2024	0,02082	14.922	0,7	10.445	313	3.760
9	2025	0,02040	15.226	0,7	10.658	320	3.837
10	2026	0,01995	15.530	0,7	10.871	326	3.913
11	2027	0,01960	15.834	0,8	12.667	380	4.560
12	2028	0,01919	16.138	0,8	12.910	387	4.648
13	2029	0,01882	16.442	0,8	13.153	395	4.735
14	2030	0,01850	16.746	0,8	13.397	402	4.823
15	2031	0,01818	17.050	0,8	13.640	409	4.910
16	2032	0,01782	17.354	0,7	12.148	364	4.373
17	2033	0,01753	17.658	0,7	12.361	371	4.450
18	2034	0,01723	17.963	0,7	12.574	377	4.527
19	2035	0,01695	18.267	0,7	12.787	384	4.603
20	2036	0,01665	18.571	0,7	13.000	390	4.680
TOTAL					221.065	6.632	79.583

Fonte: Elaborado pelo autor, 2017.

Por meio da Tabela 9, é possível observar que a população urbana do município de Santa Bárbara do Pará, pela projeção aritmética, chegará próximo de 20.000 habitantes (18.571) no ano de 2036. A geração de RSU nos 20 anos de projeto

será de 79.583t, no entanto, como forma de se obter uma margem de segurança foi utilizado neste trabalho 85.000 t para os dimensionamentos da compostagem dos RS orgânicos e do aterro sanitário em valas. Além disso, a Taxa de resíduos *per capita* (Pdh) – 0,60 kg.hab.dia, encontrada na caracterização quantitativa dos RSU foi mantida para os próximos 5 anos (2017 – 2021). Optou-se por um período simbólico a partir de 2022 a 2026 uma evolução constante de 0,10 kg.hab.dia e de 0,20 kg.hab.dia para os anos de 2027 a 2031. Projetou-se hipoteticamente por volta de 2032 uma regressão nos índices de geração *per capita* de 0,10 kg.hab.dia até o ano de 2036, ano de encerramento do aterro, devido a possíveis consequências da ampliação dos programas ambientais, principalmente Educação Ambiental, onde se espera uma mudança de atitudes e comportamento da população e a legislação municipal mais restritiva.

Em relação ao **Aterro sanitário de pequeno porte em valas** foi feita a proposição de implementação do mesmo, para um horizonte de 20 anos, de acordo com as normas estabelecidas pela NBR 15.849/2010, cujo dimensionamento é apresentado a seguir.

Em decorrência das limitações operacionais, algumas dimensões das valas devem ser pré-fixadas de acordo com o recomendado pela NBR 15.849/2010.

L = Largura da vala = 4,00 m;

H = Profundidade da vala = 3 m;

γ = Peso específico dos resíduos no interior da vala = 0,50 t/m³;

P_{dh} = Produção diária de resíduos por habitante – *per capita* (kg/dia \Rightarrow t. dia);

C = Comprimento da vala (m);

V_d = Volume diário de resíduos gerado na cidade (m³);

V_t = Volume de terra para cobertura dos resíduos (m³);

Taxa de cobertura = 20% a 25% do volume dos resíduos (CETESB, 2005);

P_u = População urbana;

V_v = Volume das valas.

A seguir apresentam-se as equações utilizadas para o dimensionamento das valas.

Volume das valas (V_v), Equação 4:

$$V_v = \frac{P_u \times P_{dh}}{\gamma} \quad (3)$$

Comprimento das valas: decorrente dos volumes das valas, essas devem ter vida útil de 30 dias (1 mês).

Volume da vala = C x H x L

C.H.L = VV x 30 dias

$$C = \frac{Vv. 30 (m)}{H. L} \quad (4)$$

Quantidade de RSU para Aterramento: t x 30 dias x 12 meses x 20 anos. (5)

$$t / \gamma = m^3 \text{ de RSU} \quad (6)$$

❖ Dados do município de Santa Bárbara do Pará:

- 1 População Urbana – 12.793 habitantes (população estimada para 2017);
- 2 Taxa de resíduos *per capita* (Pdh) – 0,60 kg.hab.dia;
- 3 Período – 20 anos.

Já em relação à **compostagem dos resíduos orgânicos** o pátio de compostagem deverá ser cimentado e as dimensões das leiras deverão seguir os seguintes critérios:

- Produção de RSU = 7,7 t/dia (para o ano de 2017) – como margem de segurança será adotado 8 t/dia;
- Proposta - trabalhar com 20% de RSU = 1600 kg de RSU;
- Porcentagem de RS orgânicos na composição gravimétrica = 51%;
- Portanto \cong **816 kg** – adotado - **820 kg de RS Orgânicos**;
- Tempo de maturação do composto de 120 dias;
- Seção triangular;
- Altura 1,5 m e largura com 1,5 m;
- Fórmula para encontrar a área da seção, onde H = Altura e L = Largura:

$$A_{\text{seção}} = (H \times L) / 2 \quad (7)$$

- Densidade dos resíduos (ρ) = 550 kg/m³;
- Volume da leira:

$$V = \text{RS orgânico.dia (kg)} / \rho \text{ (kg/m}^3\text{)} \quad (8)$$

- Comprimento - C

$$C = V / A_{\text{seção}} \quad (9)$$

➤ Dimensões da leira (C x L x H)

Em relação à **coleta regular dos resíduos** as equipes que realizarão as atividades devem ser dimensionadas de acordo com as características do município. Os serviços de coleta dos resíduos de limpeza urbana devem contar com equipe de acordo com a Equação 3 utilizada para o dimensionamento da mesma.

$$\text{N}^\circ \text{ de garis} = \frac{\text{Extensão linear total (m)}}{\text{Velocidade média de varrição}} \quad (10)$$

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Neste item são apresentados os resultados do trabalho, tendo em vista os objetivos propostos no mesmo, dando ênfase a caracterização do município de Santa Bárbara do Pará nos seus aspectos geográficos, populacionais e econômicos, a descrição do atual modelo e os procedimentos de gerenciamento adotados no município, e por fim, as propostas para a melhoria das atividades relacionadas aos RSU da cidade.

5.1 CARACTERIZAÇÃO DO MUNICÍPIO DE SANTA BÁRBARA DO PARÁ NOS SEUS ASPECTOS GEOGRÁFICOS, POPULACIONAIS E ECONÔMICOS

Neste item foi caracterizado o município de Santa Bárbara do Pará identificando seu histórico, localização, geografia, relevo, vegetação, clima, aspectos demográficos, economia, produto interno bruto, agricultura, pecuária, comércio, educação, saúde e infraestrutura.

5.1.1 Histórico e Localização

O município de Santa Barbara do Pará teve sua origem, por volta de 1920, a partir de três adensamentos: Traquateua, Candeuca e Santa Rosa, onde foram instaladas as primeiras escolas: Mista de Candeuca, Mista de Traquateua e Mista de Santa Rosa, que administravam o ensino primário básico de 1º a 4º séries. O acesso capital do Estado do Pará se dá pela rodovia BR-316 até Benevides e depois pela PA-391 - Rodovia Augusto Meira Filho (IDESP, 2012).

O município está na latitude 01°13'25" S e longitude de 48°17'40" W, a uma altitude de 21 m e possui uma área de 278,154 km² (IBGE, 2011). Limita-se ao Norte com o município de Santo Antônio do Tauá; ao Sul com o município de Benevides; a Leste com o município de Santa Izabel do Pará e a Oeste com o município de Belém. Sua localização no estado do Pará e no Brasil pode ser observada na Figura 20.

Figura 20 - Localização do município de Santa Bárbara do Pará em relação ao Estado do Pará e ao Brasil



Fonte: IDESP, 2012.

A expansão populacional do município de Santa Bárbara está relacionada com o estabelecimento de muitas granjas ao longo da rodovia inaugurada que liga Belém a ilha de Mosqueiro. Atualmente o município de Santa Bárbara do Pará apresenta em seu território, além da sede, as comunidades de Pau D'arco, Coleipa, Caiçua, Genipaúba e comunidade do Paraíso do Tamatateua.

5.1.2 Geologia e Relevo

Formada por sedimentos Terciários da Formação Barreiras, constituído por arenitos, silitos e argilitos e pela acumulação de material inconsolidado do Quaternário Subatual e Recente. A topografia do município caracteriza-se por apresentar uma altimetria de cotas baixas e de variação inexpressiva, sendo a altitude, na sede municipal, em torno de 21 m. Os solos do município são representados em

sua maior parte, em associações pelo Concrecionário Laterítico indiscriminado distrófico textura indiscriminada e pelo Latossolo Amarelo distrófico textura média.

5.1.3 Vegetação

A cobertura vegetal original da terra firme, composta pelo subtipo floresta densa dos baixos platôs da Sub-região Pará-Maranhão, foi substituída pela ação dos desmatamentos, pela Floresta Secundária em vários estágios de regeneração. Atualmente, a predominância da cobertura vegetal do município é de Florestas Secundárias, consequência dos desmatamentos ocorridos com grande intensidade e extensão, cujo objetivo foi o cultivo de espécies agrícolas de ciclo curto e implantação de pastagens artificiais. Ao longo das margens dos rios encontram-se, ainda preservadas a mata de galeria, a floresta de várzea e, no baixo curso do rio Tauá, a floresta de mangue.

5.1.4 Clima

O clima é correspondente ao equatorial, tipo AM, da classificação de Köppen. Apresenta temperaturas elevadas com média de 26° C e pequena amplitude térmica, como em toda a região Nordeste do Pará. Os meses mais quentes são os de setembro a dezembro, sendo, que nessa época, a média das máximas vai acima de 32°. Com regime pluviométrico elevado, chega a ultrapassar, normalmente, os 2.500 mm/ano. As chuvas não se distribuem, igualmente, por todo o ano e apresenta maior incidência de janeiro a junho, enquanto o período mais quente coincide com o menos chuvoso. A umidade relativa do ar gira em torno de 85%.

5.1.5 Aspectos Demográficos

O último censo realizado pelo IBGE, em 2010, indicou uma população residente, em Santa Barbara do Pará de 17.141 habitantes distribuídos em 5.458 habitantes na área urbana e 11.683 habitantes na área rural, com uma densidade demográfica de 61,62 hab./km², e uma taxa de crescimento populacional de 50,65% em 10 anos, considerando o período de 2000 a 2010. No entanto, o mais recente trabalho de atualização do referido censo, elaborado pelo IBGE, estima uma

população para 2011 de 17.583 habitantes, e um taxa de crescimento populacional de 2,58% ao ano (IBGE, 2015).

Importante salientar que apesar dos dados do IBGE demonstrarem apenas 5.458 habitantes na zona urbana, o município possui diversas comunidades contíguas a sede com características eminentemente urbana e que devem ser consideradas em virtude da coleta de resíduos sólidos nestas áreas. Levantamento da Secretaria Municipal de Saúde informa que são atendidos pelos agentes comunitários de saúde um total de 10.662 habitantes entre a sede e as demais comunidades consideradas urbanas pela prefeitura, sendo 5.048 pessoas na sede, 2.515 na comunidade de Pau D'arco, 1.326 na comunidade de Coleipa, 933 na comunidade de Caiçaua e 840 na comunidade de Paraíso do Tamatateua. É mostrada na Tabela 10 a evolução demográfica do município de Santa Bárbara entre os anos de 2000 a 2011.

Tabela 10 - Evolução Demográfica 2000 – 2011.

Ano	População total (hab)	Área (km²)	Densidade (hab/km²)
2000	11.378	278,10	40,72
2010	17.141	278,10	61,62
2011	17.583	278,10	63,21

Fonte: Adaptado de IBGE, 2010.

5.1.6 Economia

O processo de evolução econômica do município de Santa Bárbara do Pará, inicialmente partiu da extração e beneficiamento de madeira de lei, por meio das serrarias e também da confecção de telhas e tijolos, por meio das olarias até os dias atuais, além do cultivo do milho, da mandioca, da pesca artesanal e extração de lenha e carvão vegetal, sendo que, a produção, em sua maior parte, é exportada para fora do município, principalmente para a ilha de Mosqueiro, o distrito de Icoaraci e para a capital Belém.

Segundo dados do Censo de 2010 do IBGE, Tabela 11, Santa Barbara do Pará conta com uma população de 17.141 habitantes, sendo uma população economicamente ativa de cerca de 6.584 habitantes e 1.872 habitantes não alfabetizados o que representa 10,92% da população do município.

Tabela 11 - Distribuição da população de Santa Barbara do Pará nas zonas rural e urbana.

Ano	Total Pop.	Pop. Urbana		Pop. Rural	
		Habitantes	%	Habitantes	%
1996	11.549	3.325	28,79	8.224	71,21
2000	11.378	4.009	35,23	7.369	64,77
2010	17.141	5.458	31,84	11.683	68,16

Fonte: Adaptado de IBGE, 2010.

Neste contexto pode-se visualizar que a população rural é bastante superior a população urbana, no entanto, conforme Lei complementar nº 003, de 21 de setembro de 2006, que instituiu o plano diretor do município de Santa Bárbara do Pará, as comunidades de pau D'arco, Coleipa, Caiçaua e Paraíso do Tamatateua, são consideradas área urbana do município. Essas 4 (quatro) comunidades, segundo dados da Secretaria Municipal de Saúde, possuem contingente populacional de 5.204 habitantes, totalizando 10.662 habitantes na área urbana somados a sede e mais as referidas comunidades (SANTA BÁRBARA, 2006).

A taxa média de crescimento da população estimada é de 2,58% ao ano, enquanto que o IDH é de 0,686. O crescimento demográfico, embora aparentemente pequeno, quando comparado aos últimos 10 (dez) anos que foi de 50,65%, trouxe consequências econômicas graves como a forte pressão sobre os serviços ofertados pelo poder público. Quando analisado a oferta de emprego, observa-se um desequilíbrio entre a oferta de oportunidades no setor público (Administração Municipal) e os setores agropecuário, serviço e comércio, construção civil e extrativismo mineral conforme pode ser observado nas Tabelas 12 e 13 e Figura 21.

Tabela 12 - Número de estabelecimentos por atividade econômica 2000-2010.

Setor de Atividade	2000	2005	2010
Comércio	8	8	16
Administrativo	1	2	2
Agropecuária	3	5	4
Serviços	1	5	5
Construção Civil	1	2	3
Extrativismo Mineral	0	1	2
Indústria de Transformação	5	16	15

Fonte: IBGE, 2010.

Tabela 13 - Estoque de emprego segundo o setor de atividade econômica.

Setor de Atividade	2000	2005	2010
Comércio	38	13	48
Administrativo	204	378	631
Agropecuária	18	80	94
Serviços	3	113	16
Construção Civil	187	1	52
Extrativismo Mineral	0	14	22
Indústria de Transformação	647	371	442

Fonte: IBGE, 2010.

Figura 21 - Estoque de emprego em 2010 por atividade econômica.

5.1.7 Produto Interno Bruto (PIB)

O Produto Interno Bruto (PIB) municipal é composto por 12% de participação do setor agropecuário, 21,91% do setor industrial e 66,09% do setor de serviços, conforme censo do IBGE do ano de 2010. É apresentado na Tabela 14 o PIB a preços correntes e *per capita* nos anos de 2002, 2005, 2009 e 2013.

Tabela 14 - Produto Interno Bruto, per capita a preço de mercado corrente - 2002-2013.

ANO	PIB a preços correntes		PIB per capita preços correntes	
	(Valor R\$ - Mil)	Ranking Estado	(Valor R\$ - Mil)	Ranking Estado
2002	29.161,00	105	2.405,00	51
2005	36.415,00	112	2.797,00	67
2009	59.371,00	109	4.028,00	66
2013	104.520	104	5.578,55	61

Fonte: IBGE, 2010.

5.1.8 Agricultura e Pecuária

As principais atividades econômicas do município atualmente são: agricultura e a pesca artesanal de camarões em regime familiar e a avicultura em escala maior, além do cultivo de dendê. Tem-se observado uma queda nas áreas de cultivo da pimenta do reino, base da agricultura do município no passado recente com um crescimento da cultura do dendê, fruto do incentivo das empresas Biopalma da Amazônia S.A. e Dendê do Tauá S.A.

Em relação à criação de animais, percebe-se uma queda de cerca de 30% do rebanho existente em 2005, conforme mostrado na Tabela 15 com levantamento de 2005 e 2010. Percebe-se uma evolução crescente em relação à criação de pequenos animais, mais especificamente, aves. Houve uma queda acentuada na criação de ovinos e bubalinos em razão da falta de incentivos para a criação desses animais.

Tabela 15 - Principais rebanhos existentes 2005-2010.

Rebanhos	Efetivo	
	2005	2010
Bovinos	1.137	712
Suínos	1.320	1.005
Bubalinos	70	4
Equinos	70	57
Assinino	-	-
Muare	40	4
Ovinos	840	22
Caprinos	45	94
Galinhas	34.000	314.778
Galos, Frangas, Frangos e Pintos	116.000	65.456
Vacas Ordenhadas	75	64

Fonte: IBGE, 2010.

5.1.9 Comércio

O setor terciário tem pequena importância na geração de empregos para o município de Santa Barbara do Pará, predominando os estabelecimentos destinados à comercialização de gêneros alimentícios e bares.

5.1.10 Aspectos Sociais

Dentre os aspectos sociais, os itens abordados serão a educação, a saúde e o transporte.

Em relação à educação segundo dados estatísticos do IBGE (2010), em torno de 85% da população está alfabetizada. A estrutura educacional (escolas e creches) está alocada no centro, nos bairros e na zona rural. O município possui uma boa estrutura de ensino alcançando índices satisfatórios nesta área, conforme Tabela 16.

Tabela 16 - Estabelecimentos de ensino.

Escolas – Nível	Municipal	Estadual	Particular
Ensino Fundamental	19	6	0
Ensino Médio	0	2	0
Ensino Pré-escolar	19	0	0

Fonte: IBGE, 2012.

Em se tratando da saúde o município é atendido por 9 (nove) estabelecimentos de saúde, todos municipais, conforme mostra a Tabela 17, sendo que apenas 6 (seis) leitos estão aptos a receber pacientes para internação. Devido ao grande número de atendimentos e de demanda nessas unidades, o espaço físico atual tem se tornado insuficiente, prejudicando com isso a oferta e o serviço de qualidade para a população local, sendo que a transferência para outras localidades, principalmente para a capital Belém, é bastante comum para suprir a necessidade dos moradores.

Tabela 17 - Unidades de Saúde do município.

Unidades/Leitos	Municipal	Estadual	Particular
Estabelecimento de saúde	9	0	0
Leitos para internação	6	0	0

Fonte: IBGE, 2012.

Atualmente a cidade possui dentro de sua estrutura de atendimento na área de saúde 35 agentes de saúde e 17 agentes comunitários de saúde. De acordo com o levantamento da Secretaria Municipal de Saúde são atendidos pelos agentes comunitários de saúde, somente nas zonas consideradas urbanas, um total de 10.662 pessoas, entre as sedes de Pau D'arco, Coleipa, Caiçaua, Paraíso do Tamatateua e Genipaúba.

Os meios de transporte de Santa Barbara do Pará favorecem a economia municipal e o acesso ao município, e se dá pela rodovia federal BR 316 até a cidade de Benevides e depois pela rodovia estadual PA 391 (Rodovia Augusto Meira Filho) com excelente acessibilidade e conexão com o Estado e com o País, facilitando o escoamento da produção local e permitindo a convergência de pessoas e mercadorias.

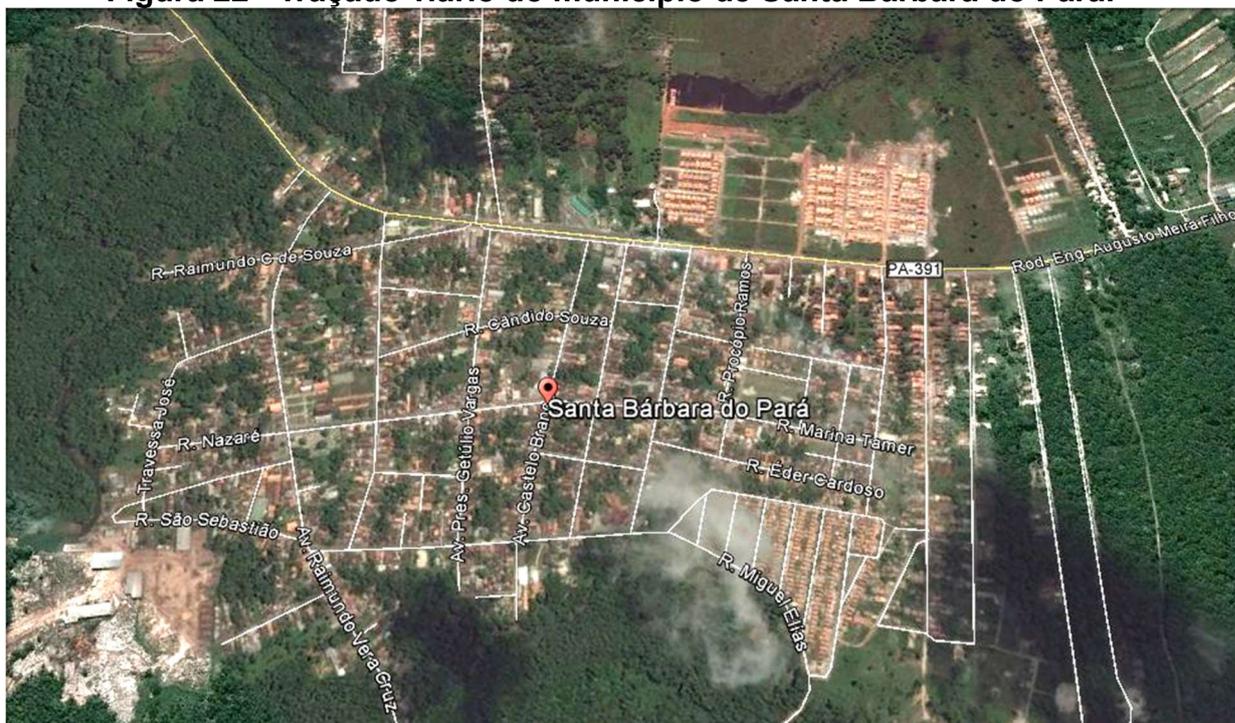
O meio rodoviário é o meio de transporte mais usado pelo município, que fica distante cerca de 40 km da capital do Estado. O meio fluvial também é muito utilizado para escoamento da produção ribeirinha.

5.1.11 Infraestrutura Urbana

Em se tratando de infraestrutura urbana, neste item foi abordado sobre o sistema viário, a pavimentação das vias urbanas e rurais e a energia elétrica.

O sistema viário da sede do município de Santa Bárbara do Pará apresenta ocupações regulares e com infraestrutura básica, em toda cidade é bastante perceptível o aumento de áreas com contingente populacional, como pode se observar na Figura 22.

Figura 22 - Traçado viário do município de Santa Bárbara do Pará.



Fonte: Adaptado de Google Earth, 2016.

Tendo em vista a pavimentação das vias urbanas e rurais do município, a principal rodovia de acesso de Santa Bárbara do Pará é a PA-391 - Rodovia Augusto Meira Filho, que liga a Rodovia BR 316 à Ilha de Mosqueiro e apresenta pavimentação asfáltica em todo o seu trecho. As vias públicas da sede do município dispõem em sua totalidade de pavimentação básica (asfalto ou piso sextavado) com sistema de drenagem de águas pluviais, porém, esses serviços de infraestrutura contemplam somente a área do centro do município estando as demais ruas e bairros com problemas estruturais.

Já em relação à energia elétrica, de acordo com dados das Centrais Elétricas do Pará (REDE CELPA), 98% da área urbana da cidade de Santa Bárbara do Pará possui energia elétrica.

5.1.12 Saneamento Básico

Neste item são apresentadas informações do município sobre o abastecimento de água, o esgotamento sanitário, a drenagem de águas pluviais e os resíduos sólidos.

De acordo com dados do IBGE (2010) cerca de 68% das residências possuem abastecimento de água fornecidos pela rede de abastecimento de água da prefeitura. No entanto, segundo dados informados pela secretaria de infraestrutura do município, atualmente cerca de 85% da população da cidade é abastecida com água potável.

O sistema de abastecimento público de água foi implantado pela Prefeitura Municipal onde a captação se dá por meio de poços artesianos.

Parte da cidade que não é abastecida pelo sistema público utiliza poços freáticos e caçimbas, totalizando um percentual de 15%. Na Figura 23 pode-se visualizar a caixa d'água que abastece a sede do município.

Figura 23 - Caixa d'água da área urbana de Santa Bárbara do Pará



Fonte: Autor, 2015.

Em relação ao esgotamento sanitário, de acordo com dados do Instituto de Desenvolvimento Econômico, Social e Ambiental do Estado do Pará (IDESP), apenas 1% das residências do município possuem esgotamento sanitário, ou seja, rede de

esgoto geral ou pluvial; 9% possuem fossas sépticas e 90% possui sistema inadequado de esgotamento sanitário como fossa rudimentar, valas, rios e outros escoadouros, o que demonstra a precariedade do município neste quesito. Esses índices demonstram uma grande necessidade do município em se adequar imediatamente no que tange ao saneamento básico, tanto na zona urbana como rural. Já o sistema de drenagem de águas pluviais do município atende somente o centro urbano da cidade, inexistindo dados sobre a extensão projetada e instalada no município.

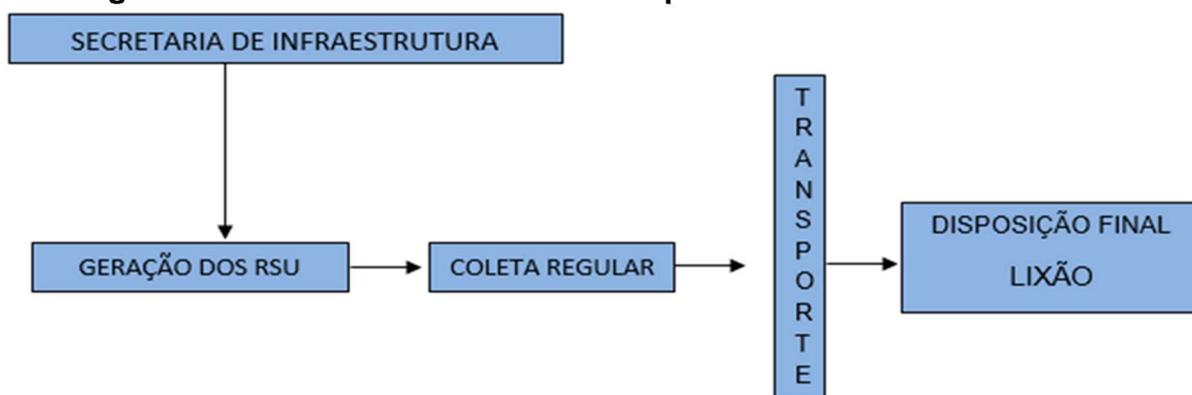
No processo do diagnóstico dos RS do município de Santa Bárbara do Pará verificou-se que este, como a maioria dos municípios paraenses e brasileiros, não está atuando de forma eficaz no gerenciamento dos resíduos produzidos, deixando a céu aberto esses resíduos, sem o ordenamento de gerenciamento dos resíduos de construção civil, resíduos volumosos e de saúde, todos sendo depositados no mesmo local. Os resíduos da construção civil são lançados em local distante cerca de 500 m dos RD e os resíduos dos serviços de saúde também são dispostos no mesmo local.

5.2 DESCRIÇÃO DO ATUAL MODELO E OS PROCEDIMENTOS DO GERENCIAMENTO ADOTADOS NO MUNICÍPIO

Neste item são apresentados o atual modelo de gerenciamento dos RSU de Santa Bárbara do Pará e os procedimentos utilizados no gerenciamento dos serviços.

O modelo de gerenciamento do município é basicamente o mesmo utilizado na maioria dos municípios brasileiros de pequeno porte, sendo que a responsabilidade dos serviços fica a cargo da secretaria de infraestrutura, não existindo departamento de limpeza pública e nem fiscalização relativa aos serviços. A Secretaria de Infraestrutura realiza a coleta dos RD, dos serviços de varrição, capinação e congêneres e destina todos os resíduos coletados para a área do lixão da cidade. Na Figura 24 é apresentado o modelo de gestão administrativa dos RSU da cidade.

Figura 24 - Gestão dos RSU do município de Santa Bárbara do Pará.



Fonte: Autor, 2016.

5.2.1 Estrutura Administrativa

A gestão dos RSU do Município de Santa Bárbara do Pará é realizada de maneira centralizada e está sob a responsabilidade da Secretaria Municipal de Infraestrutura que possui a sua sede dentro da Prefeitura do município, assim como as outras secretarias, conforme pode ser visualizado nas Figuras 25 e 26.

Figura 25 - Fachada da Prefeitura Municipal.



Fonte: Autor, 2016.

Figura 26 - Pátio da Prefeitura, onde se abriga os veículos da Secretaria Municipal de Infraestrutura.



Fonte: Autor, 2016.

Observou-se durante as visitas na Secretaria a ausência de pessoal capacitado para trabalhar na gestão dos RS. Assim, grande parte das dificuldades de gerenciamento e operação apontados tem origem na falta de técnicos especializados nesta área no quadro de funcionários da Secretaria.

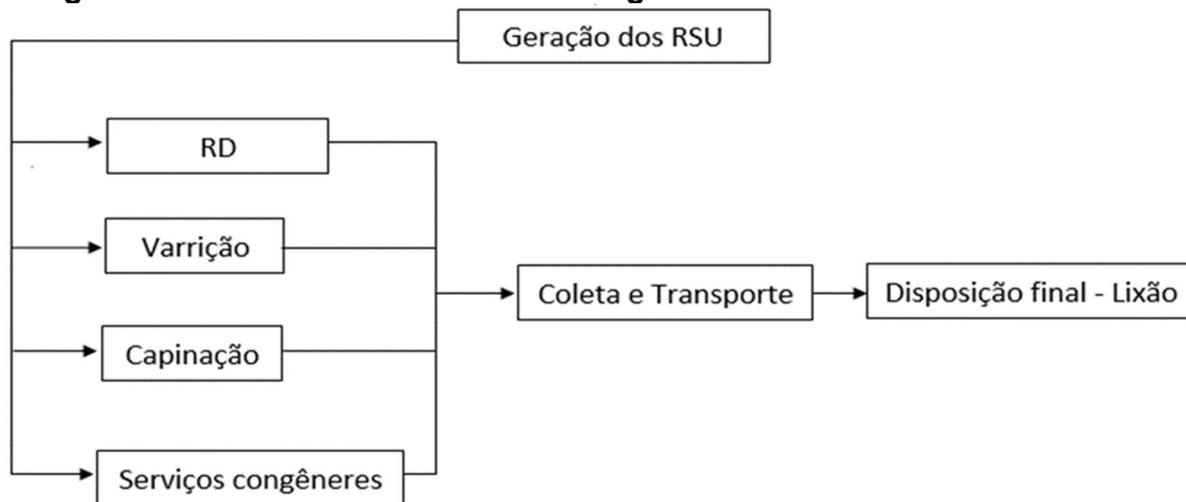
A gestão integrada dos RSU pressupõe a descentralização, não só do recurso ou do planejamento, mas também da implementação de propostas, respeitando a

cultura e os hábitos da população e incentivando as parcerias, isto é, significa buscar uma atuação conjunta entre os diferentes setores da prefeitura e também da sociedade. Como não existe departamento de limpeza atrelado a secretaria de infraestrutura, outros setores da administração municipal também poderiam e deveriam participar desse processo.

Dimensões técnico-operacionais, econômicas, ambientais, educacionais, sociais, institucionais e políticas precisam atuar de forma integrada, como por exemplo: Enquanto a Secretaria de Educação deveria ser responsável pela Educação Ambiental no município, a Secretaria de Saúde poderia cuidar da prevenção de doenças veiculadas pelos RSU.

A forma como se desenvolve o gerenciamento dos RSU de Santa Bárbara do Pará, ou seja, as atividades de geração, acondicionamento, coleta, transporte e disposição final irregular dos RSU podem ser visualizados na Figura 27.

Figura 27 - Atividades encontradas no gerenciamento dos RSU da cidade.



Fonte: Autor, 2016.

5.2.2 Geração dos RSU

A geração dos RSU do município conta com a parcela, em sua grande maioria, dos RD, dos resíduos comerciais, estes de pequenos comerciantes existentes no município (principalmente relacionados com a venda de açaí), dos originários da varrição, limpeza de logradouros e vias públicas, dos serviços de capinação e podas de árvores, além de outros serviços de limpeza urbana.

5.2.3 Acondicionamento dos RSU

O acondicionamento dos RSU do município é realizado pela população na sua maior parte em sacolas plásticas provenientes de supermercados e caixas de papelão. São colocadas em frente aos imóveis, em alguns *contêineres* de armazenamento que estão instalados em poucos pontos da cidade, e geralmente dispostos no chão, para que os trabalhadores da limpeza pública realizem a coleta como mostram as Figuras 28 e 29.

Figura 28 - Tambor como forma de armazenamento de resíduos em via pública.



Fonte: Autor, 2016.

Figura 29 - Container de armazenamento de resíduos no canteiro da área urbana.



Fonte: Autor, 2016.

Durante as pesquisas de campo foi possível observar a existência de vários tipos de armazenamento de resíduos dispostos em alguns pontos do município, no entanto, a inexistência de um sistema de coleta eficiente faz com que esses recipientes transbordem tornando-se mais um ponto crítico na gestão dos resíduos sólidos. Muitos pontos de disposição inadequada pela população acabam dificultando a coleta, fazendo com que ela seja mais demorada. Os resíduos dispostos ao chão atraem cachorros, gatos e outros animais que acabam espalhando-os, prejudicando a velocidade com que a coleta é realizada. Foi observada a ocorrência de pontos de acumulação de RD nos logradouros e um elevado número de reclamações por parte da população local, indicativos da irregularidade da coleta de resíduos sólidos no município, como se pode observar nas Figuras 30 e 31.

Figura 30 - Disposição Inadequada dos resíduos na margem da via pública.



Fonte: Autor, 2016.

Figura 31 - Disposição Inadequada dos resíduos na via pública.



Fonte: Autor, 2016.

5.2.4 Sistema de Coleta

Segundo a Secretaria de Infraestrutura do município, a coleta regular, que envolve a coleta dos RD, resíduos de estabelecimentos comerciais e prestadores de serviços, mercado e feira livre, abrange aproximadamente 100% da sede do município, com frequência alternada em toda a cidade.

No município de Santa Bárbara do Pará a coleta domiciliar na área urbana é realizada de modo convencional, no sistema porta a porta, em dois roteiros realizados por veículos tipo caçamba basculantes que trabalham em dois turnos até atingir sua capacidade de carga.

A secretaria possui calendário escrito com frequência e horários estabelecidos. A coleta de resíduos acontece alternadamente, de segunda a sábado, em todos os bairros, (manhã e tarde), incluindo nas comunidades de Pau d'arco, Coleipa, Caiçaua e Paraíso do Tamatateua.

Na comunidade de Genipauba a coleta de resíduos ainda não é feita, existindo estudo técnico para que a referida comunidade possa ser atendida pelo serviço de coleta, transporte e disposição final dos RSU o mais breve possível.

De acordo com informações repassadas pela direção da Secretaria de Infraestrutura do município, não existe coleta regular ou qualquer outro tipo de coleta na zona rural do município. Portanto, 37,80% da população do município, ou seja, 6479 habitantes, não possuem coleta de resíduos sólidos em suas residências.

Como na caracterização quantitativa dos RSU do município foi encontrado uma produção *per capita* de 0,60 kg.hab.⁻¹.dia⁻¹, logo, o déficit com relação à coleta

dos resíduos produzidos na área rural é de 3887 kg/dia ou 117t de resíduos não estão sendo coletados mensalmente na área rural do município. Este cenário gera uma grande preocupação, pois com a implantação da PNRS de 2010, é imprescindível que os municípios colem 100% dos RS gerados, tanto na em sua área urbana, quanto na sua área rural.

5.2.5 Serviço de limpeza em vias e logradouros públicos

Dentre os serviços de limpeza em vias e logradouros públicos tem-se a varrição que possui equipe formada por 4 (quatro) servidores da prefeitura. A varrição das vias públicas, também é de responsabilidade da Secretaria de Infraestrutura do município, sendo que esta conta com equipamentos específicos para esta finalidade.

A equipe de varrição atuando no município é mostrada na Figura 32 e os resíduos de varrição à espera da coleta são mostrados na Figura 33.

Figura 32 - Equipe realizando varrição.



Fonte: Autor, 2016.

Figura 33 - Resíduos de varrição a espera de coleta.



Fonte: Autor, 2016.

No momento em que foi realizado o diagnóstico dos serviços de limpeza urbana do município de Santa Bárbara do Pará os resíduos provenientes da varrição eram gerados e colocados em carros de mão comuns para poderem ser coletados junto com a coleta convencional.

As áreas de maior abrangência das referidas atividades atingem principalmente o centro da cidade. Na Figura 34 pode ser visualizado o tipo de

frequência de prestação deste serviço na cidade de Santa Bárbara é diária, sendo executado conforme solicitação da Secretaria Municipal de Infraestrutura.

Como suporte às atividades de varrição e coleta de RSU no município de Santa Bárbara do Pará, alguns moradores instalaram cestos coletores de resíduos leves (lixeiros), distribuídos nos principais corredores viários da cidade, como mostrados nas Figuras 35 e 36.

Figura 35 - Recipientes improvisados utilizados como cestos para acondicionamento de resíduos.



Fonte: Autor, 2016.

Figura 36 - Lixeira para acondicionamento de resíduos.



Fonte: Autor, 2016.

O serviço de capina compreende também a remoção dos resíduos gerados por essa atividade. Em Santa Bárbara do Pará a mesma equipe que realiza a varrição de ruas e logradouros públicos, também realiza os serviços de capina, pintura de meio fio e poda de árvores. Assim como nos serviços de varrição, não existe a quantidade gerada dos serviços de capina, sendo que este resíduo também é encaminhado para o mesmo local dos RD, ou seja, para a área do lixão da cidade.

Nas Figuras 37 e 38 são mostradas esta atividade sendo executada pela equipe da secretaria de infraestrutura.

Figura 37 - Equipe realizando capina manual.



Fonte: Autor, 2016.

Figura 38 - Equipe realizando capina mecânica.



Fonte: Autor, 2016.

Assim como ocorre em outras atividades realizadas pela secretaria, a poda das árvores na área urbana da cidade também não segue um calendário. A escolha das árvores a serem podadas é feita a partir da observação do fiscal ou da própria guarnição que realiza a coleta de resíduos. Esses resíduos são colocados no passeio enquanto aguardam ser coletados. Geralmente este procedimento ocorre no mesmo dia da poda e os resíduos são encaminhados ao lixão da cidade.

A atividade de coleta de podas de árvores é realizada pela mesma equipe da coleta de RSU. O transporte é realizado pelos veículos que são responsáveis por toda a coleta de resíduos no município. Este serviço necessita de agendamento prévio por parte da população junto à Secretaria de Infraestrutura do município. São apresentados nas Figuras 39 e 40 os resíduos de podas de árvores em Santa Bárbara do Pará.

Figura 39 - Resíduos de podas de árvores na via pública.



Fonte: Autor, 2016.

Figura 40 - Resíduos de podas de árvores na margem da via pública.



Fonte: Autor, 2016.

Em relação à limpeza de bueiros, bocas de lobo e galerias, no município de Santa Bárbara do Pará não existe equipe específica para este serviço, todas as atividades relacionadas à limpeza urbana são executadas por uma única equipe. Esta atividade é realizada pela equipe de varrição, e ocorre com mais frequência no período do inverno devido à ocorrência de chuvas mais frequentes. Os resíduos destas atividades são constituídos basicamente de areia, RD provenientes de lançamento de alguns moradores, além de resíduos comerciais. Assim como as outras atividades não se tem a quantidade gerada destas atividades, sendo que estes resíduos também são encaminhados para o lixão do município.

Já em relação à limpeza de feiras e mercados (Figuras 41 e 42), observou-se que a feira do município não possui funcionamento regular e conta com um número muito reduzido de vendedores, ficando durante a maior parte da semana fechada, gerando, conseqüentemente, uma quantidade de resíduos pouco significativa, o mercado municipal conta com 4 (quatro) boxes em funcionamento e uma estrutura em péssimas condições, o resíduo gerado neste estabelecimento também é de pouca significância para este projeto de pesquisa. A limpeza deste espaço é realizada pelas próprias pessoas beneficiadas em vender seus produtos, e acontece diariamente, após o término de suas atividades.

Figura 41 - Fachada da Feira de Santa Bárbara do Pará.



Fonte: Autor, 2016.

Figura 42 - Boxes do Mercado de Santa Bárbara do Pará.



Fonte: Autor, 2016.

Para a coleta de resíduos depositados clandestinamente em logradouros públicos, terrenos abandonados e outros, o município utiliza o mesmo veículo (caçamba basculante) que são operados na coleta. Os resíduos coletados são

predominantemente compostos por terra, resíduos provenientes de construções e demolições, podas de árvores, caroços de açaí, carcaças de geladeiras e televisores e outros objetos volumosos, que em geral encontram-se sem acondicionamento adequado e também são encaminhados para o mesmo destino dos outros tipos de resíduos.

Quanto à disposição final dos pneumáticos inservíveis, a Secretaria de Infraestrutura do município coleta os pneus e encaminha para uma área no lixão do município. Em algumas épocas do ano a Secretaria Municipal de Saúde realiza campanhas para a coleta de todos os resíduos passíveis de acumular água, inclusive de pneus, pois os mesmos podem servir de criadouros dos mosquitos causadores da dengue e malária. A secretaria de infraestrutura está analisando novas formas para a destinação desse material. No município não há programa para reaproveitamento desses materiais. A ausência de um destino final adequado traz inúmeros impactos negativos ao meio ambiente e a saúde pública, pois os mesmos são coletados e encaminhados para o lixão da cidade. Na Figura 43 é ilustrada a grande quantidade desses resíduos na área do lixão do município.

Figura 43 - Pneus espalhados na área o lixão de Santa Bárbara do Pará.



Fonte: Autor, 2016.

Quanto ao recolhimento de pilhas e baterias, de acordo com informações da Secretaria de Infraestrutura do município não há postos para a entrega de pilhas e baterias nos estabelecimentos que comercializam esses materiais. Os próprios municípios descartam para serem coletados juntamente com os RD.

5.2.6 Transporte

Para a realização da coleta dos RSU a Secretaria de Infraestrutura de Santa Bárbara do Pará possui 3 (três) caminhões, um com capacidade de 8 m³ e dois com capacidade de 10 m³ adaptados para suportar até 12 m³ de resíduos. Na Figura 44 é mostrado um dos caminhões basculantes utilizados pela Secretaria de Infraestrutura para os diferentes tipos de coleta dos resíduos do município.

Figura 44 - Caminhão basculante utilizado na coleta dos Resíduos Sólidos.



Fonte: Autor, 2016.

5.2.7 Disposição Final dos RSU de Santa Bárbara do Pará

Todos os RSU do município são encaminhados para uma área pertencente à prefeitura de Santa Bárbara do Pará. Esta área fica distante cerca de 1200m da área urbana da cidade. A pavimentação da área urbana até a entrada da área do lixão é asfáltica, e na entrada não existe guarita e nem responsável pelo acesso, um portão de madeira (Figura 45) bloqueia a entrada principal. O acesso ao local de lançamento dos resíduos, no dia que foi feita a visita, é bastante comprometido por buracos e pontos alagados devido a não manutenção da via (Figura 46). Foi observada a presença de 3catadores (Figura 47) de recicláveis na área do lixão (Figura 48) que trabalham vendendo o material para uma cooperativa da capital paraense.

Figura 45 - Portão de madeira que dá acesso a área do lixão.



Fonte: Autor, 2016.

Figura 46 - Acesso à área do lixão.



Fonte: Autor, 2016.

Figura 47 - Catadores na área do lixão.



Fonte: Autor, 2016.

Figura 48 - Área do lixão da cidade de Santa Bárbara do Pará.



Fonte: Autor, 2016.

5.3 LEVANTAMENTO DE DADOS DA GERAÇÃO, COLETA E DISPOSIÇÃO FINAL DOS RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS DA CIDADE

O diagnóstico realizado caracterizou qualitativamente e quantitativamente os tipos de RSU gerados em Santa Barbara do Pará e que são encaminhados ao lixão.

5.3.1 Caracterização quantitativa dos RSU

Segundo dados de Santa Bárbara do Pará (2012), do Plano Municipal de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos (PMGIRS), e conforme levantamento do Consórcio Integrado dos Municípios Paraenses (COIMP), o município de Santa Bárbara deposita na área do lixão da cidade, em média, 191 t/mês de RSU. A partir desse dado, estimou-se a carga média diária em 6,40 t. No que diz respeito à geração *per capita* de resíduos pelos habitantes da unidade de estudo, considerou-se o cálculo da população registrada pelo IBGE (2010) na área urbana do município que é de 5458 habitantes mais os habitantes das comunidades com características urbanas, atendidas pela secretaria de saúde, totalizando 10.662 habitantes na área urbana. Vale ressaltar que, de acordo com a Lei complementar nº 003, de 21 de setembro de 2006, que instituiu o Plano Diretor do Município de Santa Bárbara do Pará, as comunidades de Pau D'arco, Coleipa, Caiçaua e Paraíso do Tamatateua, também são consideradas como área urbana do município (SANTA BÁRBARA, 2006).

Considerando o exposto acima, estimou-se que a produção *per capita* de RSU seja, portanto, de 0,60 kg.hab.⁻¹.dia⁻¹, ou seja, a estimativa produzida diariamente é de 6.397 kg de RSU. Valor esse, aproximado ao descrito por Monteiro et al. (2001),

no qual a geração *per capita* de 0,50 kg.hab.⁻¹.dia⁻¹, é característica de municípios de pequeno porte com até 30 mil habitantes, como é o caso de Santa Bárbara do Pará.

5.3.2 Caracterização qualitativa dos RSU

Na mesma pesquisa, o COIMP, realizou a caracterização qualitativa dos RSU do município de Santa Bárbara do Pará. A composição dos resíduos coletados pela Secretaria de infraestrutura do município e encaminhados até a área do lixão da cidade é mostrada na Tabela 18 (SANTA BÁRBARA DO PARÁ, 2012).

Tabela 18 - Composição dos RSU coletados pela Secretaria de Infraestrutura do município.

Tipo de Resíduos	Percentual (kg)
Limpeza urbana	15 %
Domiciliar/Estabelecimentos comerciais e prestadores de serviços	74 %
Coleta seletiva	0 %
RCC	8 %
Resíduo de serviços de saúde	3 %
Total	100%

Fonte: Adaptado de Santa Bárbara do Pará, 2012.

De acordo com o levantamento realizado, a grande maioria dos resíduos encaminhados ao lixão são provenientes das residências e estabelecimentos comerciais e prestadores de serviços da cidade, 74%, os resíduos provenientes da limpeza urbana somam 15%, enquanto 8% são de resíduos da construção civil, os resíduos de serviços de saúde somam 3%. Verifica-se que, não existem dados de recolhimento de resíduos de coleta seletiva.

De acordo com Monteiro et al. (2001) os componentes mais utilizados na determinação da composição gravimétrica dos RSU encontram-se no Quadro 5.

Quadro 5 - Componentes mais comuns da composição gravimétrica

Componentes mais comuns encontrados na Composição Gravimétrica dos RS		
Matéria Orgânica	Metal Ferroso	Borracha
Papel	Metal não-ferroso	Couro
Papelão	Alumínio	Pano/Trapo
Plástico Rígido	Vidro Claro	Ossos
Plástico Maleável	Vidro Escuro	Cerâmica
PET	Madeira	Agregado fino

Fonte: Adaptado de Monteiro et al., 2001.

Entretanto, muitos técnicos tendem a simplificar, considerando apenas alguns componentes, tais como papel/papelão; plásticos; vidros; metais; matéria orgânica e

outros. A estimativa da composição gravimétrica dos resíduos coletados em Santa Bárbara do Pará segundo a pesquisa do COIMP realizada em 2012 pode ser observada na Tabela 19 (SANTA BÁRBARA DO PARÁ, 2012).

Tabela 19 - Composição gravimétrica dos RSU de Santa Bárbara do Pará.

Composição de Resíduos	Percentual (kg)
Matéria orgânica	56%
Papel/papelão	8%
Plástico	25%
Metal	1%
Vidro	1%
Rejeitos	9%

Fonte: Santa Bárbara do Pará, 2012.

Os itens a seguir descrevem os resultados obtidos a partir da realização da caracterização dos RSU por meio do método do quarteamento (Figura 49) provenientes da sede de Santa Bárbara do Pará e das 4 (quatro) comunidades que abrangem a área urbana do município. Vale ressaltar que foram realizadas duas caracterizações, cada uma com amostras de 200 kg de resíduos.

Figura 49 - Pesagem dos resíduos – Método do quarteamento.



Fonte: Autor, 2016.

Apresenta-se na Tabela 20 a síntese dos resultados obtidos. Vale destacar que a referida caracterização não deve resultar em dados estatísticos, devido ao número reduzido de amostras. Para tanto, seria necessário um número maior de campanhas realizadas sistematicamente em diferentes períodos do ano, as quais contemplassem as particularidades do serviço de coleta do município.

Tabela 20 - Estimativa da composição gravimétrica dos RSU coletados no município de Santa Bárbara do Pará em 2016 – Método do quarteamento.

Tipo de Resíduos	Percentual (kg)
Matéria Orgânica	51 %
Papel/Papelão	11 %
Plástico	24 %
Metal	1%
Vidro	2 %
Rejeitos	11 %
Total	100%

Fonte: Elaborado pelo autor, 2016.

Como se pode observar, a porcentagem de matéria orgânica dos RSU do município de Santa Bárbara do Pará é de 51%, passível de tratamento pelo processo de compostagem, está quase equiparada com a média brasileira que é de 51,4% (IBGE, 2010), com relação ao resultado obtido por Santa Bárbara do Pará (2012), da proposta do COIMP, verifica-se uma diferença de 5% em relação aos resíduos sólidos orgânicos. A porcentagem de papel/papelão encontrada foi de 11%, um pouco acima do resultado obtido pelo COIMP em 2012, e abaixo da metade da porcentagem de plástico que foi de 24%. A quantidade de metais recolhido na área urbana da cidade com porcentagem de 1% está equiparado com o resultado do COIMP, ficando abaixo da média nacional que é de 2,9%, os vidros somaram 2% e os rejeitos encontraram-se com uma porcentagem de 11%.

A Tabela 21 apresenta a composição gravimétrica dos resíduos sólidos no Brasil, segundo estimativa do IBGE (2010).

Tabela 21 - Composição gravimétrica dos resíduos sólidos no Brasil.

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

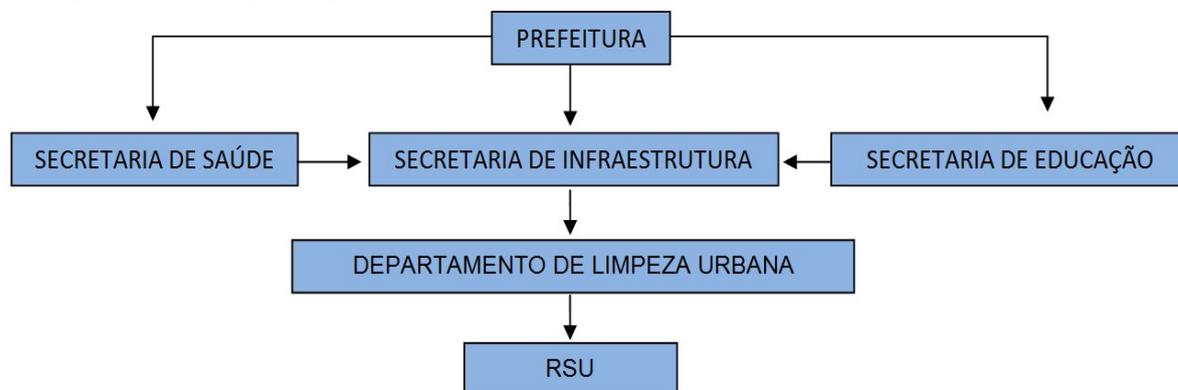
Fonte: IBGE, 2010.

5.4 PROPOSIÇÃO DO MODELO E ETAPAS DE GERENCIAMENTO DOS RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS EM CONSONÂNCIA COM A LEI Nº 12.305/2010 E COM A REALIDADE DO MUNICÍPIO.

As proposições do modelo e as etapas do gerenciamento deverão estar baseadas na PNRS de 2010 e de acordo com as características que a cidade apresenta, principalmente as características econômicas encontradas no município, para que o atendimento dos serviços de RSU não possam trazer problemas financeiros para a gestão do município. Para que se possa obter sucesso tanto na gestão, quanto no gerenciamento das atividades relacionadas aos RSU, alguns órgãos municipais deverão cooperar com a secretaria de infraestrutura.

O organograma mostrado na Figura 50 aponta os órgãos que deverão estar envolvidos no Gerenciamento Integrado de Resíduos Sólidos Urbanos (GIRSU) do município de Santa Bárbara do Pará, sendo que, para atender o que preconiza a PNRS de 2010, as secretarias de saúde e de educação deverão trabalhar integradas com a secretaria de infraestrutura do município, no que diz respeito à parte de prevenção e educação voltadas aos RSU.

Figura 50 - Organograma proposto para GIRSU de Santa Bárbara do Pará.



Fonte: Autor, 2016.

As etapas do gerenciamento proposto para o município de Santa Bárbara do Pará foram adaptadas do modelo utilizado pela grande maioria dos municípios de pequeno porte brasileiro. As etapas do gerenciamento dos RSU contam com as atividades de geração, acondicionamento, coleta (RD, varrição, capinação, podas de árvores e serviços congêneres), transporte, tratamento e disposição final ambientalmente adequada e ficarão sob a responsabilidade do Departamento de

Limpeza Urbana (DLU) que deverá ser implementado pela Secretaria de Infraestrutura.

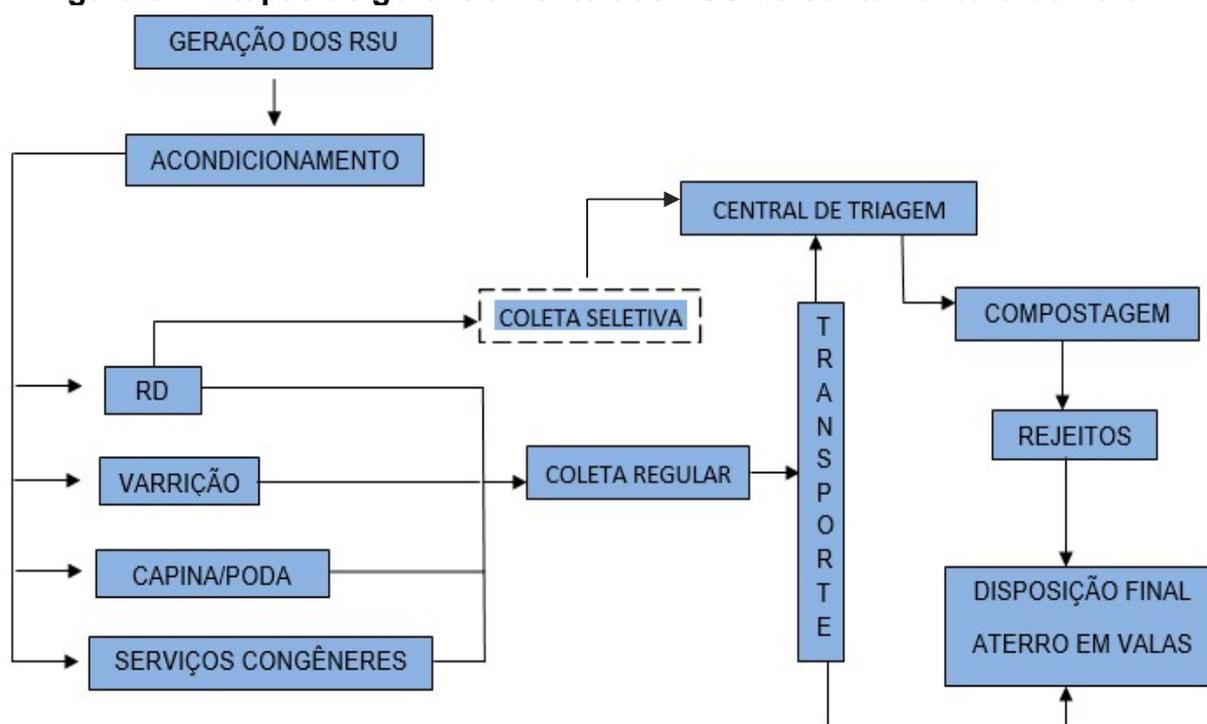
Para atender o inciso II do § 1º, do art. 18 da PNRS de 2010, deverá ser implementada programa de coleta seletiva, inicialmente em 5%, aproximadamente 300 moradores, da sede do município, que irá abranger parte do bairro centro que fica localizado próximo a prefeitura do município. Os materiais recicláveis deverão ser separados por funcionários da associação e/ou cooperativa de catadores, que deverá ser implementada no município, e encaminhados para indústria de beneficiamento.

A coleta regular deverá atender 100% da área urbana da cidade e deverá ser realizada por funcionários pertencentes ao quadro do DLU que estará atrelado a secretaria de infraestrutura. O transporte dos RSU até a área da disposição final ficará a cargo dos veículos que pertencem à Secretaria de Infraestrutura, estes se encontram em boas condições, pois foram adquiridos há pouco tempo.

Dentro da área onde ficará à disposição final dos RSU, deverá ser construída uma CT para atender 20% (inicial) dos resíduos provenientes da coleta regular, com o objetivo de separar os resíduos orgânicos. Estes resíduos deverão ser encaminhados para o tratamento por meio de compostagem, sendo que o composto produzido poderá ser vendido para os pequenos agricultores existentes na área rural do município. Ressalta-se que tanto a CT dos RSU, quanto à usina de compostagem, deverão ser instalados dentro da área onde se dará a disposição final ambientalmente adequada dos RSU, pois esta pertence à Prefeitura Municipal de Santa Bárbara do Pará. A disposição final dos rejeitos provenientes do tratamento de compostagem e 80% dos RSU coletados regularmente deverão ser encaminhados ao aterro em valas, atendendo os procedimentos técnico operacionais, dispostos na PNRS de 2010 e na Resolução nº 404/2008 do CONAMA para municípios de pequeno porte.

As etapas do gerenciamento dos RSU de Santa Bárbara do Pará em consonância com a PNRS de 2010 e de acordo com a realidade do município pode ser visualizada na Figura 51.

Figura 51 - Etapas de gerenciamento dos RSU de Santa Bárbara do Pará.



Fonte: Autor, 2016.

A garantia da eficiência desse modelo de gerenciamento está associada a quatro componentes: (1) conscientização e motivação da comunidade participante; (2) implantação de uma estrutura operacional compatível com o desenvolvimento das atividades de coleta, triagem e comercialização, em função do quantitativo de resíduos coletados e a eficiência na recuperação de material reciclável pretendida; (3) mudanças de hábitos e costumes da população, e (4) sustentabilidade financeira, sendo que esta pressupõe a capacidade de manter os serviços públicos com eficácia, eficiência e efetividade, na medida em que a gestão pública utiliza recursos e meios distintos para que se possa alcançar um fim coletivo. Assim, a captação e a distribuição de recursos públicos devem buscar maximizar a relação custo-benefício (BARACHO, 2000).

Assim, segundo Abreu et al. (2000 apud BARROS JÚNIOR, 2003), para o sucesso do sistema, deve-se buscar a ampliação e a otimização dos programas de reciclagem por meio de participação social e formação de parcerias (escolas, comunidades religiosas, clubes, condomínios, conjuntos habitacionais, universidades, entre outras) e campanhas educativas (investir em publicidade de massa como TV, *outdoor* e jornais).

5.4.1 Acondicionamento dos RSU

O correto acondicionamento dos RSU deverá evitar a ocorrência de acidentes, a proliferação de vetores, com o objetivo de diminuir os impactos visuais e olfativos, contribuindo para a coleta e facilitando assim os trabalhos da equipe que realizará a mesma. Os RD gerados pelos moradores deverão ser colocados em sacos plásticos e encaminhados aos cestos coletores para posterior coleta. Os resíduos gerados pelos serviços de limpeza urbana deverão ser acondicionados em recipiente armazenador próprio para cada atividade, até que o serviço de coleta faça o seu recolhimento. Os resíduos dos serviços de limpeza urbana poderão ser coletados e acondicionados em veículos do tipo lutocar com capacidade de 100 a 200 L e destinados aos contêineres estacionários. Na Figura 52 é apresentado o modelo de coletor de resíduos de limpeza pública.

Figura 52 - Modelo de coletor de resíduos de limpeza pública



Fonte: Pesquisa direta, 2015.

5.4.2 Coleta regular

A coleta regular dos RD deve ser efetuada em cada domicílio, sempre nos mesmos dias e horários em que o veículo coletor passar, para que os resíduos não

fiquem expostos nas ruas em grandes períodos, assim ocasionando a rupturas dos sacos por animais.

No planejamento da coleta poderão ser usados alguns critérios para o perfeito funcionamento do serviço, como:

- Divisão da área urbana em setores de coleta: Como a sede do município de Santa Bárbara é basicamente pequena, pode-se dividi-la em 2 (dois) setores;
- Roteiro da coleta: verificar sentido das vias durante a fase de planejamento da coleta, para não incorrer em erros;
- Levantamento quantitativo dos resíduos gerados nos diferentes setores de coleta regular. A geração é dada em função:
 - Tipo de edificação (residências, edifícios);
 - Renda local;
 - Atividade predominante (residencial e comercial);
 - Estações do ano (primavera, verão, outono e inverno);
- Levantamentos dos dados: condições de tráfego, relevo e pavimentação das ruas, ocupação dos lotes;
- Informações sobre equipamentos, itinerários, tempos, distâncias, volumes e pesos coletados;
- Divulgação à população: como horas e dias de coleta;
- Avaliação dos resultados e ajustes.

Em relação à frequência da coleta regular dos RD na zona urbana esta será semanalmente, sendo que na sede acontecerá 3 dias na semana (segundas, quartas e sextas-feiras) com parada deste serviço apenas aos domingos. Enquanto nas comunidades de Pau d'arco, Coleipa, Caiçaua e Paraíso do Tamatateua a coleta ocorrerá nas terças, quintas e sábados. Para redução significativa dos custos e otimização da frota de veículos coletores, a coleta deve ser realizada em dois turnos.

A sede urbana do município será dividida em dois setores (1 e 2) de coleta (Figura 53) e as 4 comunidades, Pau d'arco, Coleipa, Caiçaua e Paraíso do Tamatateua, representarão o setor 3.

Figura 53 - Mapa esquemático da sede urbana dividida em 2 setores de coleta.



Fonte: Adaptado de Google Earth, 2016.

A Tabela 22 apresenta a frequência e horário de coleta proposto para a área urbana da cidade de Santa Bárbara do Pará.

Tabela 22 - Frequência e horário de coleta.

SETORES	DIAS DE COLETA	PRIMEIRO TURNO	SEGUNDO TURNO
SETOR1	Segundas, quartas e sextas	½ dos itinerários	½ dos itinerários
SETOR 2		½ dos itinerários	½ dos itinerários
SETOR 3	Terças, quintas e sábados	½ dos itinerários	½ dos itinerários

Fonte: Autor, 2016

Será pertinente estabelecer turnos de 4 h, trabalhando efetivamente cerca de 8 h diárias. A frequência da coleta será diária (exceto domingos), que se torna ideal para o usuário, principalmente no que diz respeito à saúde pública, não precisando guardar os resíduos por mais de um dia. Para o dimensionamento da frequência de coleta em cada setor, deve-se levar em consideração a densidade populacional da área; tipos de recipientes (lixeiros) utilizados no acondicionamento dos sacos plásticos; mão de obra, condições e acessos existentes.

Para a definição do horário de coleta, é de fundamental importância evitar ao máximo perturbar a população. Para decidir se a coleta será diurna ou noturna é preciso avaliar as vantagens e desvantagens com as condicionantes do município, conforme demonstra o Quadro 6.

Quadro 6 - Características do horário de coleta proposto.

Horário	Vantagens	Desvantagens
DIURNO	Possibilita melhor fiscalização do serviço; mais econômica.	Interfere muitas vezes no trânsito de veículos; Maior desgaste dos trabalhadores em dias quentes, com a consequente redução da produtividade;
NOTURNO	Indicada para áreas comerciais e turísticas; Não interfere no trânsito em áreas de tráfego muito intenso; Os resíduos não ficam à vista das pessoas durante o dia.	Causa incômodo pelo excesso de ruído provocado pela manipulação dos recipientes e pelos veículos coletores; Dificuldade a fiscalização; Aumenta o custo de mão de obra (há um adicional pelo trabalho noturno).

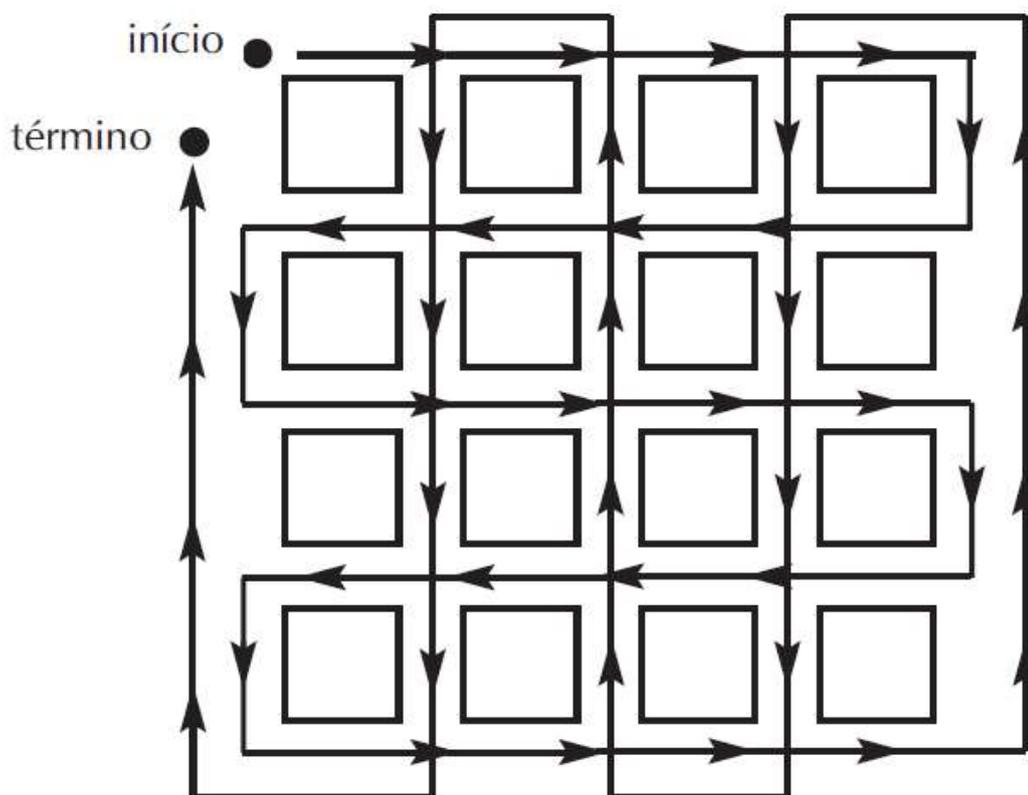
Fonte: Brasil, 2006a.

É interessante, sempre que possível, que a atividade de varrição seja efetuada após a coleta convencional para recolher os eventuais resíduos derramados durante a operação, uma vez que será utilizado caminhão basculante para a coleta dos RSU.

Vale lembrar que há necessidade de redimensionamento dos roteiros de coleta, devido à alteração de alguns fatores municipais, tais como, aumento da população, as mudanças das características dos bairros ou recolhimento irregular dos RSU, e, principalmente, aumento dos custos dos serviços. Esse redimensionamento deverá ser proposto de 4 em 4 anos, com a revisão geral da Prefeitura Municipal de Santa Bárbara do Pará.

Os itinerários de coleta devem ser projetados de maneira a minimizar os percursos improdutos, isto é, ao longo dos quais não há coleta. O método que deverá ser adotado para coleta de RSU será o “**Heurístico**”, levando-se em conta o sentido do tráfego, as declividades acentuadas e as possibilidades de acesso e manobra dos veículos. A Figura 54 apresenta o desenho esquemático do método heurístico de traçado de itinerários de coleta que deverá ser adotado no município.

Figura 54 - Método heurístico de traçado de itinerários de coleta regular que deverá ser adotado em Santa Bárbara do Pará.



Fonte: Monteiro et al., 2001.

Para orientação da gestão é necessário que seja apresentado os princípios do método, que consiste, basicamente, em:

- Dividir a cidade em setores como estabelecida na Figura 53;
- Levantar e sistematizar as características de cada roteiro;
- Analisar as informações levantadas;
- Redimensionar os roteiros, tendo como premissas: a exclusão (ou minimização) de horas extras de trabalho; o estabelecimento de novos pesos de coleta por jornada e as concentrações de RD em cada área.

A coleta regular dos RD será realizada nos imóveis residenciais, em estabelecimentos públicos, pequenos comércios da zona urbana por meio do DLU que estará atrelado a Secretaria de infraestrutura do município. É importante, esclarecer para a população, a importância dos resíduos estarem bem acondicionados em sacolas plásticas ou recipientes coletores e armazenados em locais longes da presença de animais e insetos e na parte externa do domicílio com fácil acesso aos trabalhadores, conforme preconiza a NBR 9.191/1993. Esse tipo de

informação poderia ser repassado à população por meio de ações educativas que poderiam ser realizadas juntamente com a Secretaria de Educação ou com a Secretaria de Saúde do município, para atendimento da PNRS de 2010 que preconiza a integralização das diversas áreas do setor público relacionado aos serviços dos RSU.

A coleta dos resíduos dos serviços de limpeza urbana deverá ser realizada assim que a atividade que está sendo desenvolvida for finalizada, ficando sob responsabilidade do DLU o transporte e a disposição final desses tipos de resíduos.

A coleta dos resíduos de serviços originários da varrição, limpeza de logradouros e vias públicas deverá ser feita conforme as atividades desenvolvidas diariamente, como varrição, capinação, roçagem, limpezas de bocas de lobo, limpeza de córregos, pinturas de meio fio, podas de árvore e remoção de entulhos.

A atividade de varrição do município deverá ser executada ao longo das vias pavimentadas e não pavimentadas em cada uma das margens e canteiro centrais, calçadas, pavimentadas ou não, em sua totalidade, praças, pátios de escolas e ruas humanizadas (em sua totalidade).

Conforme dados fornecidos pela Secretaria de Infraestrutura, tem-se:

- (1) extensão linear total de varrição = entre 7.000m e 10.000m (será adotado 8.000m de varrição);
- (2) velocidade média de varrição = 200 m/h (adotado) – 1.600 m/dia (metros por gari no dia).

Nº de garis = 5 garis(Fator de correção de 50% - devido às faltas, férias, licenças médicas, punição, demissão, realização de outras atividades)≅ **8 garis (Equipe padrão)**.

A remoção dos resíduos varrido poderá ser feita com a utilização de equipamentos destinados para esse fim,ou seja, carrinho de ferro com rodas de pneus, carrinho de mão convencional, carrinho lutocar e caçambas estacionárias, além de poder ser utilizados para o acondicionamento sacos plásticos. Recomendando-se o seguinte quantitativo de trabalhadores para a coleta:

- ❖ Caminhão com caçamba basculante - 10 m³ - 3 homens

A Equipe padrão, estimada de 8 (oito) garis realizará varrição 2 (duas) vezes por semana, utilizando equipamentos como carro lutocar, vassouras apropriadas, pá com cabo alongado e sacos plásticos de filme nº 10, sendo os resíduos dispostos nos

passeios ou locais apropriados para sua posterior coleta e remoção pelo caminhão e encaminhados a futura instalação do aterro sanitário. A Equipe padrão de varrição poderá ser deslocada para realização de outros serviços, sob solicitação do DLU do município.

Os serviços serão realizados de 2ª feira a sábado, no período diurno (matutino/vespertino).

➤ **Capinação**

Deverá ser realizada nas ruas, alamedas e avenidas do município. Esta atividade deverá ser realizada manualmente através de enxada que é um equipamento de fácil manuseio, além da utilização de pás e carrinhos de mão.

➤ **Roçagem**

Os serviços de roçagem no município servem para a retirada do mato e do capim, sem, no entanto, prejudicar o terreno, mantendo sempre sobre eles uma cobertura vegetal, de proteção. A roçagem poderá ser manual, utilizando-se foices, aplicada a pequenas áreas, em locais de difícil acesso, impossível ou inconveniente o uso de máquinas. Pode ser mecânica com roçadeiras costais ou laterais sendo utilizadas em grandes áreas com rendimento superior ao serviço manual.

➤ **Limpeza de bocas de lobo**

Para garantir o perfeito escoamento das águas pluviais nas vias urbanas e impedir que o material sólido, retido durante as chuvas, seja levado para os ramais e galerias, será necessário realizar os serviços de limpeza das bocas de lobo do município. Esta atividade deverá ser realizada manualmente, que é o sistema mais utilizado e, se bem planejado, poderá atender eficientemente às necessidades de serviço. Uma enxada, uma pá, uma picareta e alavancas são os utensílios usados.

➤ **Limpeza de córregos**

Para a limpeza dos córregos que existem no município, alguns métodos podem ser adotados como:

- ✓ Realizar a roçagem das áreas superiores às margens, que facilitará a remoção da vegetação roçada das encostas, com permanência de uma cobertura

vegetal, pois evita a quantidade de material carreado para o interior do córrego ou canal;

- ✓ Efetuar a limpeza do leito manualmente. A limpeza deverá ser feita sempre de jusante para montante (de baixo para cima), retirando-se os materiais depositados no leito do córrego e possibilitando o livre escoamento da água.

➤ **Pintura do meio fio**

Quando forem finalizados os serviços de capina, varrição, retirada de RCC dispostos irregularmente e limpeza de bueiros, se faz necessário a pintura do meio fio das vias urbanas, indicando a conclusão dos trabalhos, concedendo um ar de embelezamento nas ruas, alamedas e avenidas atendidas e de grande utilidade na orientação do tráfego de veículos.

➤ **Podas de árvores**

A atividade de podas de arvores deverá ser realizada nas vias públicas do município, e deverá ser precedida de cuidados especiais, como:

- ✓ Isolamento da área de trabalho com fitas plásticas de cores chamativas, cones e placas de sinalização para proteger os operadores concentrados no trabalho e também para garantir a segurança de pedestres, veículos e animais;
- ✓ Utilização de coletes refletivos de todos os envolvidos no serviço, para facilitar a visualização por parte de terceiros.

➤ **Destinação ambientalmente adequada de RCC dispostos irregularmente**

De acordo com o diagnóstico realizado é comum o despejo em ruas, em alamedas, nos canteiros e outras áreas públicas, desse tipo de resíduo. Além de ações práticas de combate a este tipo de transtorno à cidade, como a fiscalização dos pontos mais comuns, deverá ser realizado investimento permanentemente na educação da população e na consequente mudança de hábitos e costumes que causem danos ao município. Os resíduos mais comuns, presentes nos RCC dispostos irregularmente, são pequenas quantidades de materiais inservíveis como móveis, eletrodomésticos, resíduos de construção e demolição, pneus e outros. Geralmente, são encontrados animais mortos nas vias e logradouros públicos, sendo o recolhimento dos mesmos sendo executado por demanda pontual.

Os serviços de varrição, capinação, roçagem, limpeza de bocas-de-lobo, limpeza de córregos, pintura de meio fio, podas de árvores e remoção de RCC dispostos irregularmente que constituem os serviços de limpeza urbana, poderão ser realizados pela Equipe padrão, dimensionada anteriormente.

5.4.3 Transporte dos RSU

Esta atividade se inicia quando o veículo coletor tem sua capacidade de armazenamento completada e inicia o percurso para o local de disposição final. Durante o transporte deve ser tomado algumas precauções para o não derramamento de lixiviado nas vias públicas. Os veículos que serão utilizados para o transporte dos RSU do município de Santa Bárbara do Pará serão os mesmos que estão em atividades atualmente, pois foram adquiridos há pouco tempo e permanecem em excelente estado de conservação. O município possui hoje 3 (três) caminhões basculantes, um com capacidade de 8 m³ e dois com capacidade de 10 m³ adaptados para suportar até 12 m³ de resíduos.

As vantagens dos caminhões basculantes são:

- ✓ Possibilidade de utilização em outros serviços da Prefeitura;
- ✓ Recomendado para cidades de pequeno porte, onde a população não está concentrada.

As desvantagens dos caminhões basculantes são:

- ✓ Os resíduos podem se espalhar na rua devido à ação do vento;
- ✓ Dificulta a colocação no interior da carroceria;
- ✓ Poderá haver derramamento do lixiviado nas vias urbanas.

A equipe de guarnição que deverá ser adotada nos caminhões basculantes que fazem a coleta dos RSU será composta por 1 motorista e mais 2 coletores, ou seja, a mesma quantidade que realiza essa atividade atualmente.

5.4.4 Central de Triagem dos RSU

A Central de Triagem (CT) é uma unidade de tratamento e destinação final ambientalmente adequada dos RSU, visando ao controle da poluição, da contaminação e à minimização de seus impactos ambientais e deverá ser composta por uma série de outras unidades que garantem o seu funcionamento, de natureza

administrativa e operacional. As referidas unidades deverão ser construídas sob a ótica da sustentabilidade e da acessibilidade, levando em conta o custo de implantação e de manutenção das mesmas.

A CT poderá ser construída por etapas, pois nem sempre os recursos necessários estão disponíveis para a execução completa da unidade.

Como no Plano Diretor e na Lei orgânica do município não existe nenhuma indicação sobre a construção de CT para os RSU, alguns critérios para a implantação desta CT devem ser seguidos, como:

- ✓ O local deve ser longe de cursos d'água, nascentes de rio, mananciais e vegetação nativa;
- ✓ Evitar bairros residenciais – principalmente de grande densidade demográfica;
- ✓ Deverá ser afastado do centro urbano, mas com infraestrutura viária para fácil acesso ao local;

O projeto arquitetônico da CT deverá possuir 5 (cinco) unidades, sendo elas: Guarita, administração, vestiários, refeitório e galpão.

O controle de acesso a CT deverá atender aos associados/cooperados, visitantes, fornecedores e clientes, para isso, é necessária uma guarita de controle de acesso, que poderá ser feito com cancela manual.

A Administração deverá ser localizada próximo da guarita para receber clientes (compradores do material reciclável beneficiado), funcionários da Prefeitura e outros visitantes, impedindo assim o fluxo desnecessário de pessoas no interior da unidade.

Assim como as outras unidades, os vestiários e sanitários também deverão estar adequados de acordo com a NBR 9.050/2004 - Acessibilidade a edificações, mobiliário, espaços e equipamentos urbanos. Os vestiários deverão estar próximos ao acesso principal da CT, para minimizar a contaminação do associado/cooperado após seu horário de trabalho, assim como evitar o fluxo de pessoas sem uniforme no ambiente de trabalho.

O refeitório, local de alimentação dos associados/cooperados, deve ser o mais afastado possível do barracão de triagem e deve ficar próximo ao vestiário para higienização e troca de roupa. Deverá possuir em sua entrada um lavatório para ressaltar o cuidado com a higiene pessoal. As refeições deverão ser recebidas prontas, em forma de marmitas, por intermédio de empresas de alimentação

terceirizadas, para serem consumidas apenas no local; a cozinha será utilizada, prioritariamente, para a elaboração de café, chá e lanche nos intervalos dos trabalhos.

O galpão de triagem deverá ser construído, de preferência, com estruturas pré-moldadas de concreto e as dimensões de acordo com o projeto modelo apresentado, porém, poderá ser adaptado à realidade local e as condições financeiras do município, podendo ser utilizado outro tipo de material, como madeira por exemplo.

Em uma CT de pequeno porte alguns equipamentos são essenciais para o início da operação, dentre eles destacam-se: Prensa enfardadeira; balança; carro plataforma e empilhadeira simples.

Para um funcionamento adequado do galpão da CT, estes equipamentos devem ser utilizados para que facilitem o trabalho e o manuseio dos resíduos que serão encaminhados a CT.

Os custos desses equipamentos, assim como suas especificações são apresentados na Tabela 23.

Tabela 23 - Equipamentos a serem usados no galpão da CT.

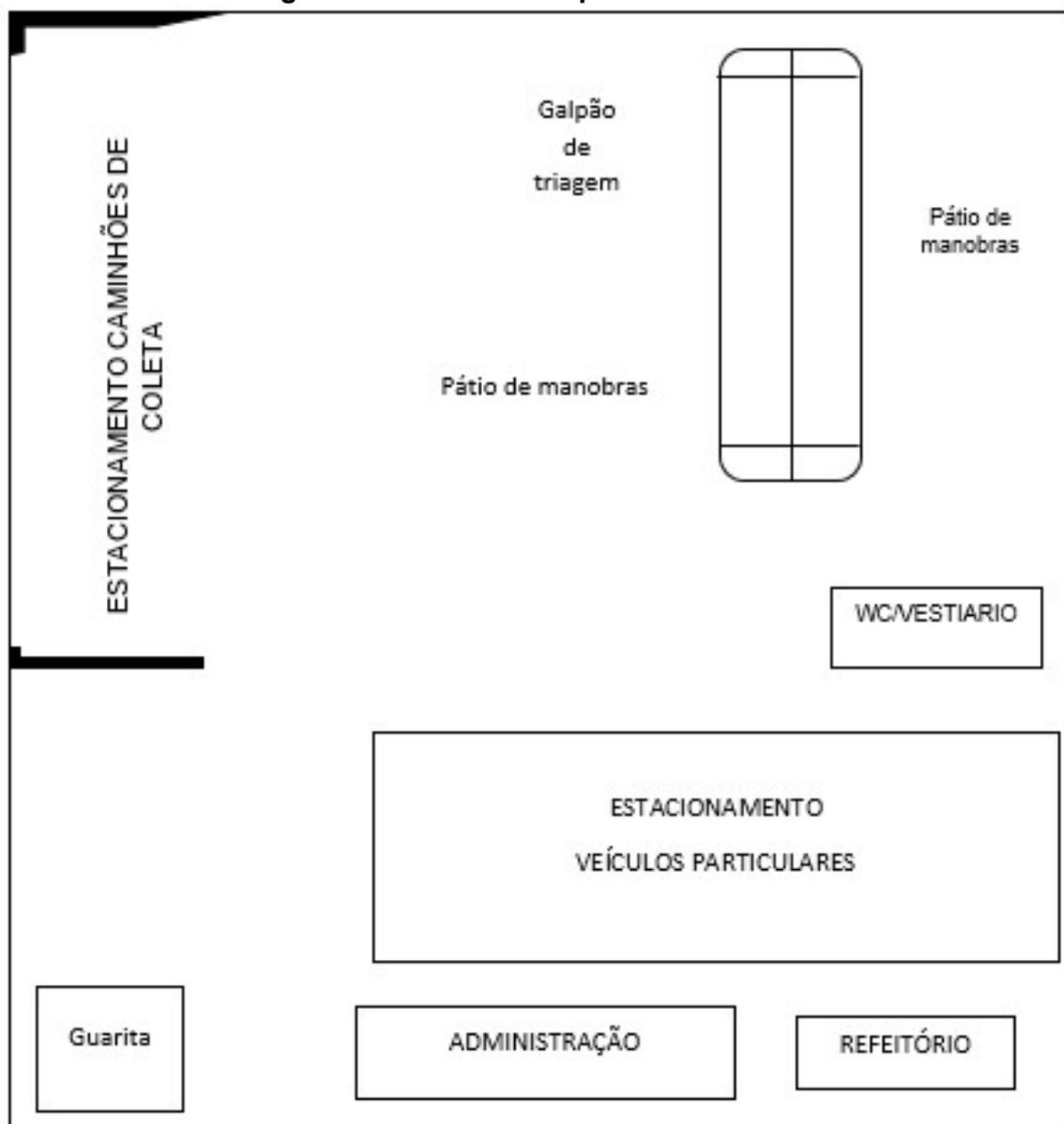
Equipamento	Especificação	Imagem	Custos R\$ Fornecedor 1	Custos R\$ Fornecedor 2
Prensa enfardadeira	Vertical, com capacidade de até 15 ton. PHV - 150		42.231,72	52.257,50
Balança	Mecânica, capacidade de 1000 kg		3.846,06	3.654,25
Carrinho plataforma	2 eixos, capacidade de 400 kg		1.633,78	1.765,00
Empilhadeira simples	LE 1034 C Capacidade 100 kg Elevação 3400 mm		15.151,50	17.675,20
TOTAL R\$			62.863,06	75.351,95

Fonte: Adaptado de MCIDADES/SNSA, 2012.

Pode-se perceber que os custos com os equipamentos mínimos utilizados em uma CT são relativamente baixos para atender municípios com população pequena.

A proposição de locação da CT pode ser visualizada no esquema apresentado na Figura 55, é possível visualizar as unidades que deverão compor o sistema, bem como o espaço para circulação de veículos e os estacionamentos dos mesmos.

Figura 55 - Desenho esquemático da CT.



Fonte: Adaptado de MCIDADES/SNSA, 2008.

Baseado nos estudos realizados por MELO (2011) e adaptado para realidade do trabalho, os custos estimados para implantação de uma CT de pequeno porte, com 400 m², Instalações elétricas e hidrossanitárias, Pátio de compostagem cimentado com 550 m² para atender 120 leiras, 4 (quatro) equipamentos: Prensa enfardadeira,

Balança, Carrinho plataforma e Empilhadeira simples, além de taxas e projetos executivos do empreendimento, gira em torno de R\$ R\$ 432.159,25. Sendo R\$ 356.807,30 de obras civis e R\$ 75.351,95 de equipamentos. Na Tabela 24 são mostradas as estimativas de custos para implantação da CT e do pátio de compostagem para o município de Santa Bárbara do Pará.

Tabela 24 - Estimativas de custos para implantação da CT e do pátio de compostagem.

Galpão de Triagem	400 m ²	R\$ 237.585,50
Instalações Elétricas/Hidrosanitárias	Instalação e mão de obra	R\$ 67.565,80
Pátio de compostagem	120 leiras – 550 m ²	R\$ 23.675,50
Equipamentos da CT	Prensa Enfardadeira, Balança, Carrinho plataforma e Empilhadeira	R\$ 75.351,95
Serviços preliminares	Taxas/projetos	R\$ 27.980,50
Total		R\$ 432.159,25

Fonte: Adaptado de Melo, 2011.

Além dos custos com a implantação da CT e do pátio de compostagem, outros custos devem ser levados em consideração, como os custos para desempenhar as atividades técnicas, operacionais e administrativas (mão de obra administrativa, operacional, energia elétrica, água, telefone, combustível, impostos) e os custos com uniformes e EPI, para cumprir normas para o bom desempenho das atividades de segurança do trabalho na CT e no pátio de compostagem.

5.4.5 Sistema de Compostagem dos resíduos sólidos orgânicos

Para que seja contemplado o que preconiza o inciso V do art. 36 da Lei nº 12.305/2010, e de acordo com os resultados obtidos na composição gravimétrica realizada, onde se encontrou uma porcentagem de mais de 50% de matéria orgânica, deve ser implantado no município um sistema de compostagem para os resíduos sólidos orgânicos e articular com os agentes econômicos e sociais formas de utilização do composto produzido.

A aplicação do sistema de compostagem pelo município torna-se, portanto, uma imposição legal, e não mais uma escolha tecnológica, uma opção para destino dos resíduos orgânicos gerados. Procede do próprio espírito da lei, de privilegiar

soluções que reduzam a disposição final dos resíduos, ainda que realizados de forma ambientalmente adequada.

No município de Santa Bárbara do Pará o método que será utilizado será o da compostagem natural, devido à grande quantidade encontrada na composição gravimétrica e nas características do composto orgânico presente nos RSU, que basicamente são de caroços de açaí, devido à grande quantidade de pequenos vendedores existentes na cidade.

Como no município não existe um cadastro sobre as fontes de resíduos orgânicos, em função das características logísticas da coleta de cada uma, a CT ficará sob a responsabilidade inicial dessa atividade, onde os referidos resíduos serão separados e encaminhados ao pátio de compostagem, este por sua vez, ficará próximo da CT, no mesmo terreno pertencente à prefeitura da cidade.

Para que esta atividade possa dar certo, é preciso que seja realizado o cadastro dos estabelecimentos comerciais, escolas, hospitais e etc., que geram composto orgânico, para que este resíduo não seja coletado pela coleta convencional e sim por uma coleta auxiliar e levado diretamente a unidade de compostagem. O cadastro dos estabelecimentos que geram este tipo de resíduo deverá ser realizado e classificado de acordo com os seguintes geradores:

a) **geradores comerciais e de serviços:** os principais tipos de estabelecimento comerciais e de serviços que geram percentuais de resíduos orgânicos significativos são: feiras, sacolões, supermercados, quitandas, entrepostos de hortifrutigranjeiros, restaurantes e produtores de alimentos para entrega a domicílio, bares e lanchonetes, cantinas escolares e de empresas, floriculturas, shopping centers, hospitais, barracas de frutas, e carrinhos de venda de alimentos preparados na hora.

b) **residências e geradores comerciais e de serviços equiparados aos geradores domiciliares:** no caso dos resíduos de origem domiciliar, para avaliar quanto e onde estão sendo gerados, deve-se conhecer a distribuição da população do município e ter uma correta visão da quantidade de resíduos que é gerada em diferentes áreas da cidade;

c) **atividades de poda, remoção de árvores e jardinagem pública e privada:** galhos, folhas, sementes, flores e frutos – é preciso conhecer as características da arborização da cidade e quais são os tipos e ocorrências das espécies, frequência da

poda e da remoção, e características dos resíduos do ponto de vista de seu melhor aproveitamento.

Deve-se considerar que há galhos mais grossos e troncos cuja utilização não deve ser a compostagem, mas a utilização como lenha ou carvão ou mesmo para aproveitamento da madeira para produção de mobiliário urbano, pequenas peças construtivas e pequenos objetos de madeira.

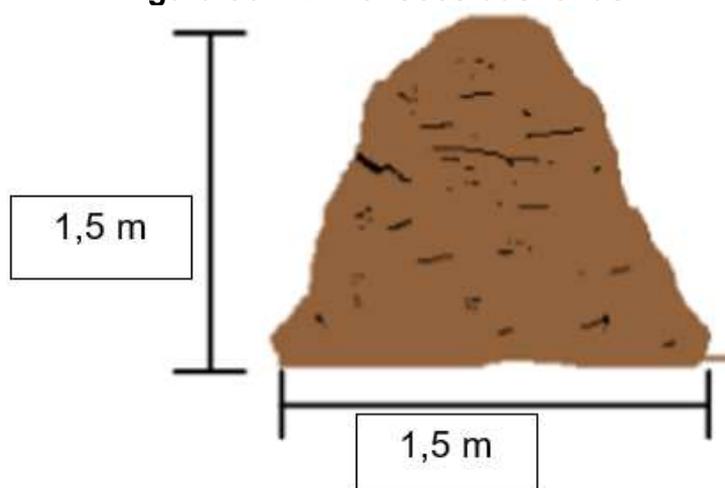
5.4.5.1 Dimensionamento das leiras

As caçambas basculantes que fazem a coleta convencional na área urbana do município, geralmente, fazem 5 viagens para atender 100% da referida área. Como o município produz cerca de 7,7 t de RSU diariamente, de acordo com a estimativa populacional para o ano de 2017. Será adotado como margem de segurança 8 t. Inicialmente será proposto trabalhar com 20% destes resíduos, ou seja, 1600 kg de RSU, o que representa, basicamente, uma caçamba basculante. A porcentagem de resíduos sólidos orgânicos encontrada na composição gravimétrica realizada foi de 51%, portanto, aproximadamente 816 kg, o qual foi adotado para este trabalho 820 kg. Cada unidade deve dispor de um pátio dimensionado para um tempo de maturação do composto de 120 dias.

As leiras podem chegar a ter até 2,0 m de altura. Entretanto, para melhor aeração dos resíduos, se deve evitar leiras muito altas, pois os resíduos da base são compactados e a aeração fica comprometida. Para se calcular o tamanho de uma leira, alguns parâmetros devem ser arbitrados.

Serão admitidas leiras com seção triangular, altura de 1,5 m e largura de 1,5 m conforme Figura 56. Sendo assim, calcula-se a área média de cada leira.

Figura 56 – Dimensões das leiras.



Fonte: Adaptado de Brasil, 2010c.

$$✓ A_{seção} = (1,5 \times 1,5) / 2 = 1,125 \text{ m}^2$$

Admitindo-se a massa específica aparente dos resíduos como 550 kg/m^3 (MMA, 2010), o volume da leira pode ser calculado:

$$✓ V = 820 \text{ kg} / 550 \text{ kg/m}^3 = 1,49 \text{ m}^3$$

Com o volume e a seção média, encontra-se o comprimento:

$$✓ C = V / A_{seção} = 1,49 / 1,125 = 1,32 \text{ m} \cong \mathbf{1,35 \text{ m}}$$

$$✓ \text{Dimensões da leira (C x L x H)} = 1,35 \text{ m} \times 1,5 \text{ m} \times 1,5 \text{ m}$$

Assim, o comprimento da leira será de 1,35 m;

$$✓ \text{A base da leira terá } 2,025 \text{ m}^2 \text{ de área;}$$

Tamanho do pátio: considerar uma área equivalente para reviramento da leira e mais 20% do total da área de operação para segurança e circulação. O pátio deverá ser cimentado, impermeabilizado e com declive de 2% para circulação e captação do lixiviado produzido.

Para 120 leiras simultaneamente. Portanto:

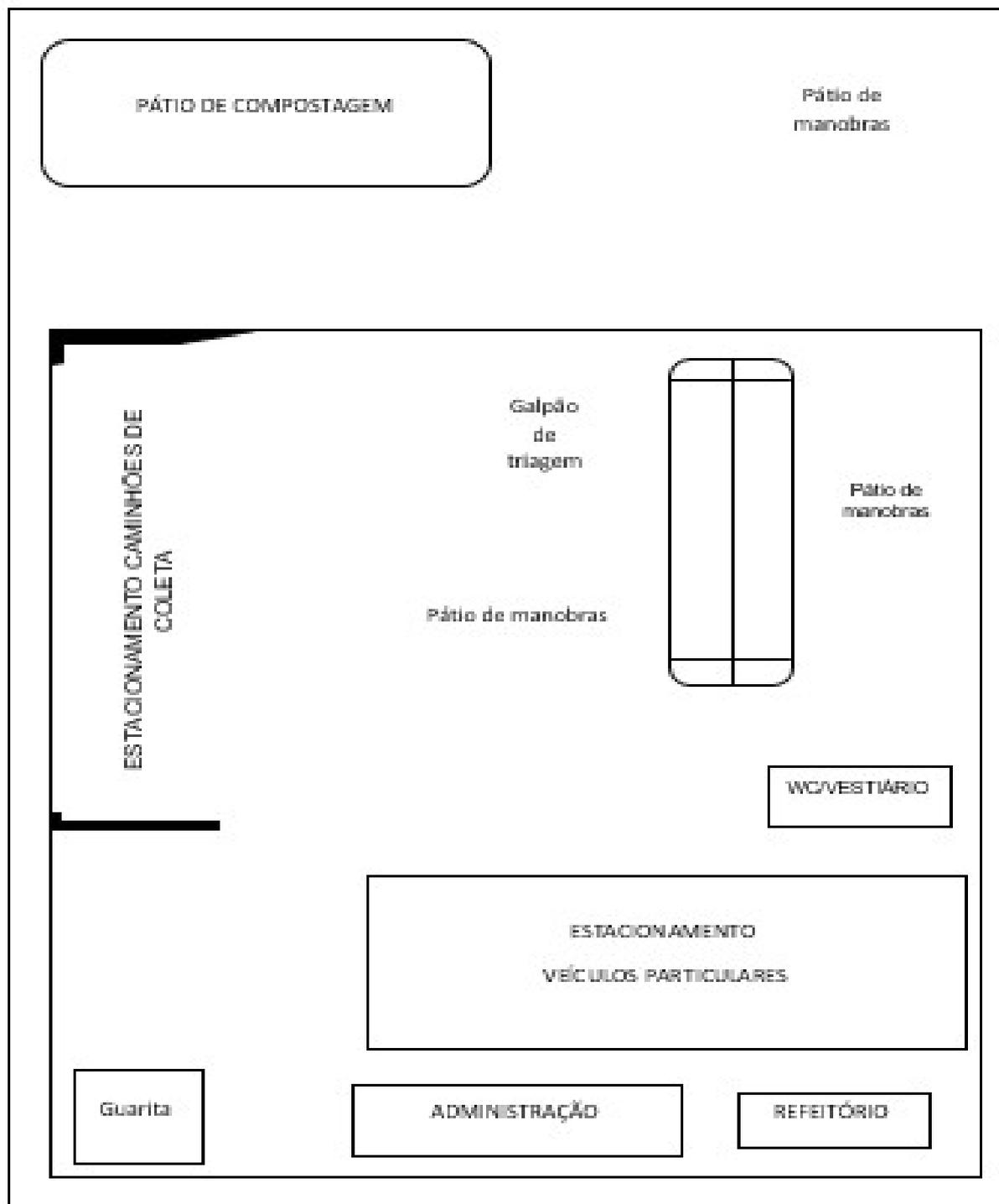
- ✓ Área de uma leira = 2,025 m²
- ✓ Área de reviramento = 2,025 m²
- ✓ Área de circulação = 40 cm²
- ✓ Total da área necessária para cada leira = 4,45 m² será adotado **4,50 m²**;
- ✓ Área de pátio para 120 leiras = **540 m²**

Além disso, a unidade deve dispor de sistema de captação e tratamento de efluentes líquidos, que pode ser em fossa séptica com sumidouro ou lagoas de tratamento. Canaletas de drenagem em concreto instaladas em torno do pátio conduzirão os líquidos ao ponto de tratamento.

Estima-se que uma unidade para processamento de até 1 tonelada de composto orgânico por dia trabalhem 2 pessoas, que deverão realizar as atividades de recepção e expedição de material, trituração de galhos e separação de galhos grossos que não serão utilizados, montagem e reviramento de leiras, controle de temperatura e umidade das leiras, rega das leiras, limpeza do pátio, peneiramento de composto, ensacamento do composto, registros de entrada e saída de material, e controles técnicos do processo de compostagem e do tratamento dos efluentes.

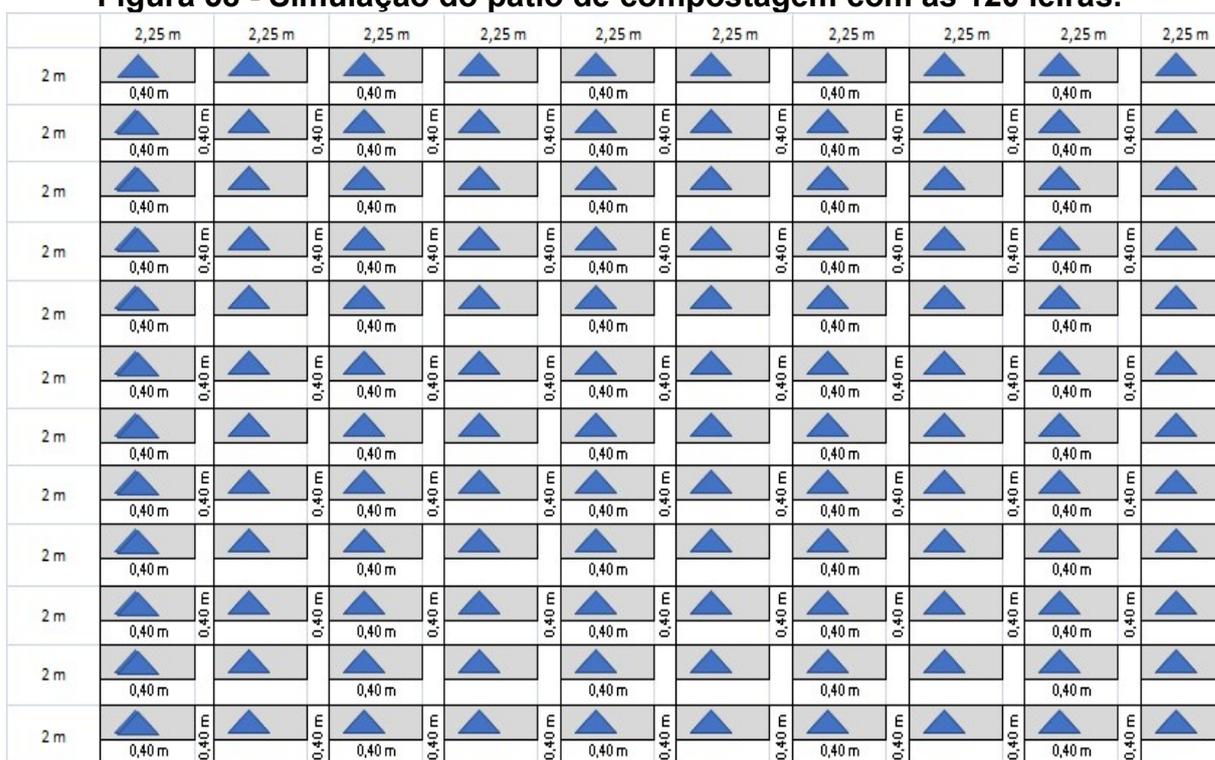
Na Figura 57 é mostrado o desenho esquemático e o posicionamento do pátio de compostagem com relação às unidades da CT na área da disposição ambientalmente adequada.

Figura 57 - Desenho esquemático do pátio de compostagem e unidades da CT.



Fonte: Adaptado de Brasil, 2014.

Na Figura 58 é mostrada uma simulação do pátio de compostagem com o posicionamento das 120 leiras que deverão atender, inicialmente, o projeto para os RS orgânicos do município de Santa Bárbara do Pará.

Figura 58 - Simulação do pátio de compostagem com as 120 leiras.

Fonte: Autor, 2017.

5.4.6 Disposição final ambientalmente adequada

A proposta que deverá ser adotada para a cidade de Santa Bárbara do Pará com relação à disposição final ambientalmente adequada para os rejeitos produzidos na CT e no pátio de compostagem, atendendo a Lei nº 12.305/2010 e a Resolução nº 404/2008 do CONAMA, além de seguir as diretrizes estabelecidas na NBR 15.849/2010, principalmente no que diz respeito à minimização dos custos envolvidos, será a de implantação de aterros em valas, próprios para municípios de pequeno porte.

5.4.6.1 Localização

A localização das futuras instalações do aterro sanitário em valas do município será na mesma área utilizada pelo lixão que recebe os RSU da cidade, pois o terreno pertence à prefeitura da cidade, desta forma, evita-se aquisição de áreas privadas que possam gerar futuras dívidas econômicas para o município. Na Figura 59 é mostrado a proposta de locação das unidades da CT, do pátio de compostagem e da futura instalação do aterro sanitário em valas do município.

Figura 59 - Proposta de locação para as unidades do sistema de RSU de Santa Bárbara do Pará



Fonte: Adaptado de Google Earth, 2016.

De acordo com a NBR 15.849/2010 alguns critérios devem ser observados para a avaliação da área utilizada para o aterro. No Quadro 7 verifica-se se o município contempla o que está sendo solicitado para os referidos critérios de seleção da área escolhida, além de se propor algumas sugestões para que se possa ter segurança na indicação da área do futuro aterro sanitário de pequeno porte em valas do município de Santa Bárbara do Pará.

Quadro 7 - Critérios para a seleção da área do aterro sanitário em valas para o município de Santa Bárbara do Pará, segundo a NBR 15.849/2010.

Continua

Critérios	Atende a NBR (Sim/Não)	Sugestão
Solo	Sim Argiloso-arenoso	Mesmo sabendo que o solo da região é pouco permeável, ensaios devem ser realizados na área futura do aterro.
Corpos d'água	Sim Acima de 1000 m	Deverá ser sempre mantida esta distância para segurança do afluente do rio Pará.
Lençol freático	Sim Acima de 18 m	Dados da secretaria de saúde informam que o primeiro lençol freático da região encontra-se há 18 m de profundidade, sendo necessário a perfuração de poços de monitoramento na área futura do aterro de acordo com o estabelecido na NBR 15.495-1/2007 e na NBR 15.495-2/2008 (Poços de monitoramento de água subterrânea – Projeto e construção/Desenvolvimento).

		Conclusão
Inundações	Sim	A futura área não possui características para inundações, deverá somente ser evitado o que foi encontrado no diagnóstico realizado, onde o acesso até a área do lixão encontrava-se alagado devido a não manutenção da via.
Topografia	Sim Plano	O terreno é basicamente plano com pouca declividade, sendo necessária a realização de ensaios topográficos na área do aterro.
Núcleos populacionais	Sim Acima de 1000 m	Tanto a comunidade de Coleipa, quanto a sede do município encontram-se há mais de 1000 m de distância da futura área do aterro. Devem ser evitadas invasões e/ou aglomerados populacionais na área próxima as unidades do sistema.
Vida útil do aterro	Sim 20 anos	Com o sistema proposto para o município e juntamente com a cooperação de outras secretarias e da população local, principalmente na questão da educação ambiental, a vida útil do aterro sanitário em valas poderá ser superior a 20 anos.

Fonte: Adaptado de ABNT, 2010.

Além dos critérios apresentados no Quadro 7, deverá ser adotado um sistema de proteção ambiental envolvendo:

- ✓ Proteção de águas superficiais e subterrâneas;
- ✓ Drenagem de águas pluviais;

5.4.6.2 Etapas de projeto do aterro sanitário em valas

O projeto do aterro sanitário em valas do município de Santa Bárbara do Pará, que deverá ter vida útil de 20 anos, necessitará conter obrigatoriamente as seguintes etapas:

a) **memorial descritivo**: com informações sobre o responsável técnico pelo projeto, sobre os rejeitos a serem dispostos no aterro, local do aterro e seu entorno, jazidas de solos a serem utilizadas, sobre o aterro sanitário em valas projetado, descrição do método construtivo e do método de operação, descrição dos procedimentos do plano de monitoramento, descrição dos procedimentos de controle operacional e manutenção do aterro, descrição do encerramento, registro de operação e monitoramento, além do cronograma das etapas do aterro;

b) **memorial técnico (memorial de cálculo)**: deverá conter as proposições conceituais, metodológicas e memorial de cálculo de forma detalhada, utilizados para o dimensionamento do aterro;

c) **Projeto gráfico**: deverá conter desenhos em escala não inferior a 1:1000, e deverá conter a topografia da área; as etapas e sequências construtivas; a configuração final do aterro; cortes transversais e longitudinais; acessos, portões

cercamento, e cerca viva no perímetro, guarita e outras edificações consideradas necessárias; sistema de proteção ambiental definidos como necessários; e localização dos poços de monitoramento e dos pontos de coleta de água superficial.

O projeto deverá ser escrito por profissional habilitado no Conselho Regional de Engenharia e Agronomia (CREA), que também será o responsável pelo referido projeto, assinando todos os documentos e plantas relativos ao empreendimento com indicação da Anotação da Responsabilidade Técnica (ART).

5.4.6.3 Procedimentos Operacionais

Para que se atendam os objetivos das atividades que serão realizadas no aterro em valas, deverá ser seguida uma rotina operacional pré-estabelecida, mediante o treinamento dos funcionários e o acompanhamento por um responsável técnico, a fim de seguir o projeto previamente aprovado.

Alguns pontos importantes devem ser cumpridos durante a operação, como a recepção dos rejeitos, onde deverá ser efetuada, pelo menos, uma inspeção visual e o registro de entrada, avaliando se os volumes recebidos estão compatíveis com a ocupação de áreas e com a vida útil estimada no projeto; bem como, registrando os tipos de resíduos recebidos e verificando sua procedência, que deverá ser somente dos RSU do município, dos resíduos da CT e do pátio de compostagem; além disso, a verificação dos rejeitos permitidos e os não permitidos, de acordo com a Resolução nº 404/2008 do CONAMA é de fundamental importância para o prolongamento da vida útil do aterro que é de 20 anos.

A operação das valas do aterro deverá ser desenvolvida de forma ambientalmente correta, em todas as suas etapas, desde a concepção, elaboração do projeto e implantação do aterro, bem como deve considerar o gerenciamento dos RSU do município como um todo, uma vez que a frequência e o horário de coleta, o tipo de equipamento empregado, a existência de coleta diferenciada, entre outros fatores, irão influenciar diretamente a operação.

5.4.6.4 Dimensões das valas

De acordo com a NBR 15.849/2010 o tamanho das valas deverá obedecer aos seguintes critérios:

- ✓ A separação entre as bordas superiores das valas deve ser, no mínimo, de 1,0 m, deixando espaço suficiente para operação e manutenção;
- ✓ A profundidade da escavação das valas deve ser, no máximo, de 3,0 m, observada as condições de estabilidade dos taludes e o nível do lençol freático;
- ✓ A largura da vala pode ser variável, dependendo do equipamento usado na escavação, atentando-se para que não seja excessiva a ponto de dificultar a cobertura operacional dos rejeitos. Recomenda-se que a largura da vala na superfície não supere 5 m.

Outros critérios de projeto e operação deverão ser adotados segundo a referida norma brasileira, como:

- ✓ A escavação de cada vala deve ser executada de uma só vez e o dimensionamento feito para absorver por um período de 30 dias;
- ✓ Implementação de sistema de drenagem superficial para desviar o fluxo das águas pluviais;
- ✓ Na existência de drenagem de lixiviado, utilizar 2% nas declividades longitudinal e transversal;
- ✓ A eventual drenagem do fundo das valas deve ser realizada com materiais que garantam a drenagem, de maneira a se evitar a colmatção do dreno ao longo do tempo;
- ✓ Cobertura diária com camadas de solo ou outro material apropriado, reutilizável ou não;
- ✓ A estrutura final da vala deverá ter declividade de 7% no mínimo na menor dimensão, sendo a cobertura final com camada mínima de 1m de solo compactado, para evitar acúmulo de água após recalques, posteriormente, cobre-se a vala com solo orgânico e cobertura vegetal;
- ✓ A vida útil do aterro em valas deverá ser de 20 anos.

A descrição do método construtivo e do método de operação do aterro sanitário em valas que será adotado no município de Santa Bárbara do Pará pode ser visualizado no Quadro 8.

Quadro 8 - Descrição do método construtivo e do método de operação do aterro sanitário em valas para Santa Bárbara do Pará.

Etapas descritivas dos métodos construtivos e operacional do aterro em valas	
1ª etapa	Separação entre as bordas superiores das valas
2ª etapa	Profundidade de escavação
3ª etapa	Largura
4ª etapa	Sistema de drenagem superficial
5ª etapa	Declividade do fundo
6ª etapa	Solução adotada para a eventual drenagem do fundo
7ª etapa	Cobertura
8ª etapa	Fechamento final de cada vala

Fonte: Adaptado de ABNT, 2010.

Algumas unidades do sistema que possuem importância para o desenvolvimento da operação do aterro em valas, podem ser implantadas ao longo da utilização do mesmo, no entanto, na fase de implantação do aterro algumas dessas unidades poderão ser construídas de imediato, conforme a necessidade.

Algumas das condições para a operação do aterro em valas dependem do sistema quando requisitados, como a drenagem e tratamento dos lixiviados, a drenagem de gases, a drenagem de águas pluviais, a camada de impermeabilizante e poços de monitoramento.

5.4.6.5 Treinamento dos operadores do aterro sanitário em valas

Para uma operacionalização adequada do aterro em valas, é imprescindível que se tenha operadores qualificados e treinados, sendo que este treinamento deve ser feito por profissionais capacitados sobre o assunto. O treinamento deve incluir no mínimo:

- ✓ As formas de inspeção, controle, permissão de acesso e orientação do lançamento dos resíduos;
- ✓ Procedimentos de operação, manutenção e monitoramento do aterro e todos os seus sistemas, com destaque para as obrigações e atribuições dos operadores;
- ✓ A conduta a ser adotada em situações de emergência;
- ✓ Os métodos de segurança operacional e correta utilização de EPI e EPC.

Além dos aspectos relacionados acima, os operadores deverão estar capacitados para realizar:

- ✓ O recebimento dos resíduos: Impedir a entrada no aterro de resíduos não permitidos de acordo com a Resolução nº 404/2008 do CONAMA;
- ✓ Disposição do aterro: Os operadores deverão assegurar as condições físicas e de segurança, além de acompanhar o descarregamento e espalhamento do material;
- ✓ Controle e monitoramento: Deverão ser feitos de modo regular e organizada, conforme previsto no projeto;
- ✓ Registro de operação e do monitoramento do aterro em valas: Deverá conter no mínimo as seguintes informações: quantidade de resíduos recebidos (diário e mensal); descrição dos resíduos; registro dos procedimentos de monitoramento realizados; e registro dos procedimentos de controle.

5.4.6.6 Dimensionamento das valas

A seguir são apresentados os resultados do dimensionamento do aterro sanitário em valas, de acordo com o recomendado pela NBR 15.849/2010.

- Produção de RSU gerados ao longo dos 20 anos do projeto
68.000t + 8330t provenientes da CT = 76.330t – Adotado **-77000t**
- População estimada para 2017 – **12.793 hab**;
- Volume da vala (V_v) = **461 m³** de RSU
- Comprimento da vala(C) = 38,416m – adotado - **38,5 m**
- Quantidade de resíduos para o aterramento = **154.000 m³** de resíduos
- Total de valas no empreendimento (T_v) = 334,05 \cong **335 valas**
- Área necessária por vala= **154 m²**
- Área total necessária no empreendimento para as valas = **51.590 m²**

Obs. Considerando área livre, área de circulação, área para o cinturão verde, etc. ideal – 90% da área total necessária no empreendimento para as valas têm-se = **98.021 m²** necessários para todo o empreendimento.

- Área total necessária para cada ano de vida útil do aterro $\cong 4901 \text{ m}^2$ para cada ano de vida útil do aterro;
- Quantidade de terra escavada no empreendimento $\cong 154.435 \text{ m}^3$
- Quantidade de terra para a cobertura de uma vala entre **20% a 25% do volume dos resíduos** (CETESB, 2005);

4 x 38,5 x 0,15 x 2 camadas = **46,20 m³**– Cobertura interna

4 x 38,5 x 0,40 x 1 camada = **61,60 m³**– Cobertura final

Portanto, 46,20 + 61,60 = **107,80 m³** de cobertura para cada vala

- Quantidade de terra para a cobertura das valas do empreendimento

$$107,80 \text{ m}^3 \times 335 = \mathbf{36.113 \text{ m}^3}$$

A terra excedente poderá ser utilizada para outros fins dentro do próprio aterro, ou também poderá ser doada para a população local

$$\text{Terra excedente} \gg 154.435 \text{ m}^3 - 36.113 \text{ m}^3 = \mathbf{118.322 \text{ m}^3}$$

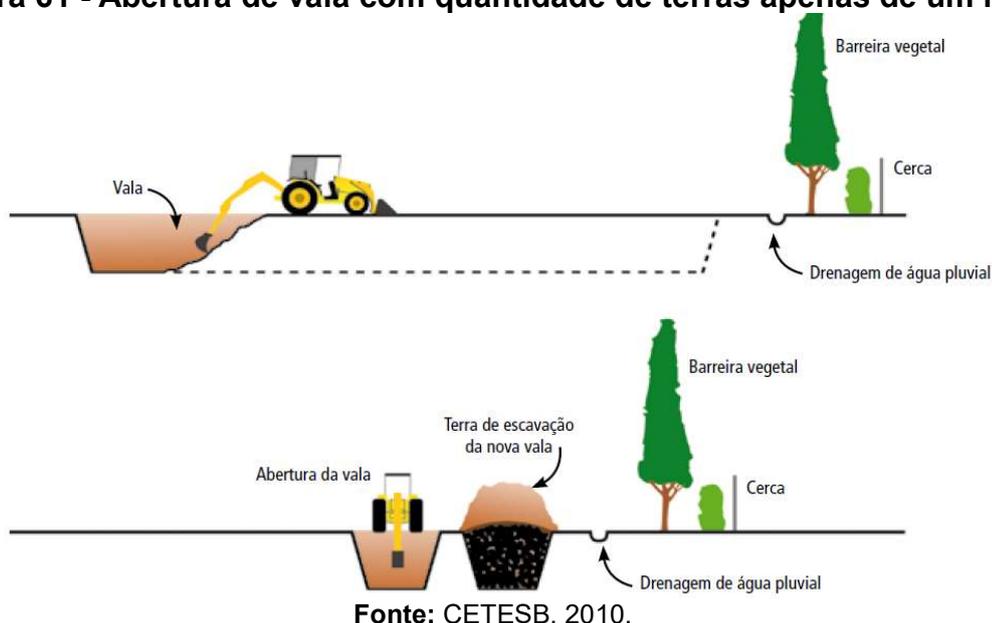
5.4.6.7 *Layout* da disposição das valas no aterro sanitário para Santa Bárbara do Pará

A proposição do *layout* da disposição das 335 valas na área destinada ao aterro sanitário de Santa Bárbara do Pará pode ser visualizada na Figura 60.

5.4.6.8 Sequência de abertura e fechamento de valas

A abertura e o fechamento das valas deverão seguir uma sequência, e deverá estar condicionada aos limites de capacidade financeira do município. Na abertura das valas, algumas etapas podem ser direcionadas para o perfeito sucesso dessa atividade. A escavação de cada vala deve ser executada de uma só vez e deverá ter quantidade de terras apenas em um dos lados, essa sequência de abertura é mostrada na Figura 61.

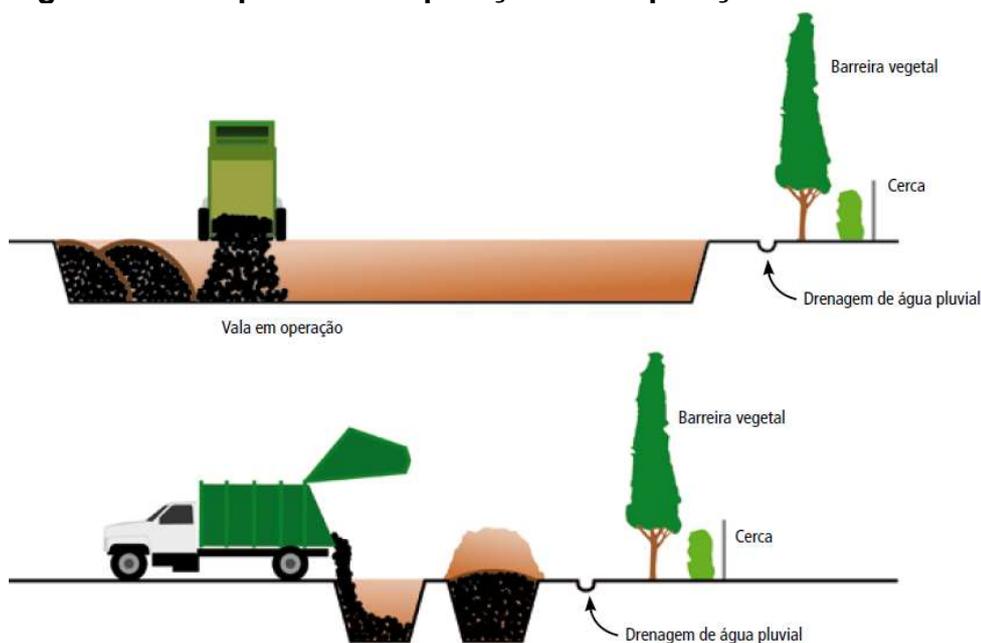
Figura 61 - Abertura de vala com quantidade de terras apenas de um lado.



Com a primeira vala aberta inicia-se a operação de disposição dos resíduos, sendo que deverá ser realizada pelo mesmo lado que se iniciou a escavação, com o caminhão basculante na posição de ré, perpendicular ao comprimento da vala. Este deve se aproximar ao máximo e com cuidado da vala, de maneira a garantir o lançamento direto nesta, para que se evite o espalhamento em outros pontos e até fora da vala. No entanto, deve-se ter o cuidado com possíveis riscos de desabamento das valas.

Logo em seguida inicia-se o processo de cobertura dos resíduos com o solo que foi escavado da própria vala. Os resíduos são descarregados em um único ponto da vala, até que esteja totalmente preenchida. Esta sequência da operação pode ser visualizada na Figura 62.

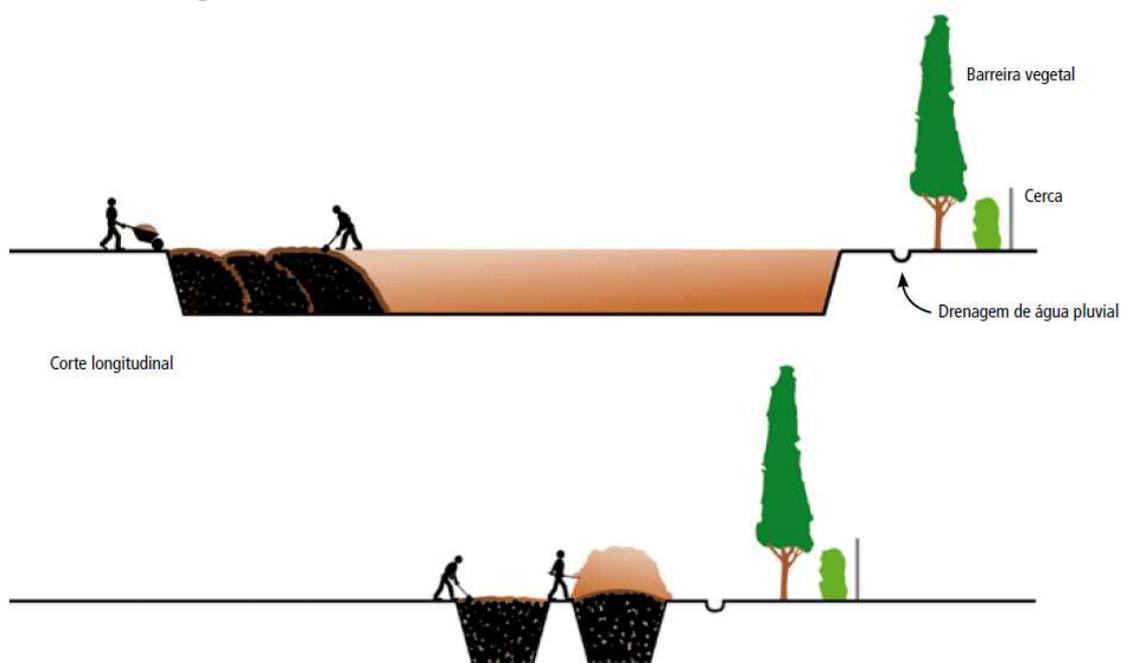
Figura 62 – Sequência da operação de disposição dos resíduos.



Fonte: CETESB, 2010.

O nivelamento e a cobertura dos resíduos devem ser realizados diariamente, sendo recomendada uma camada mínima de 20 cm. Quando esta primeira parte da vala estiver completa totalmente, inicia-se outra, executando os mesmos procedimentos da operação de disposição e cobertura dos resíduos. A Figura 63 mostra a execução da camada de cobertura diária das valas no aterro.

Figura 63 - Execução da camada de cobertura diária.

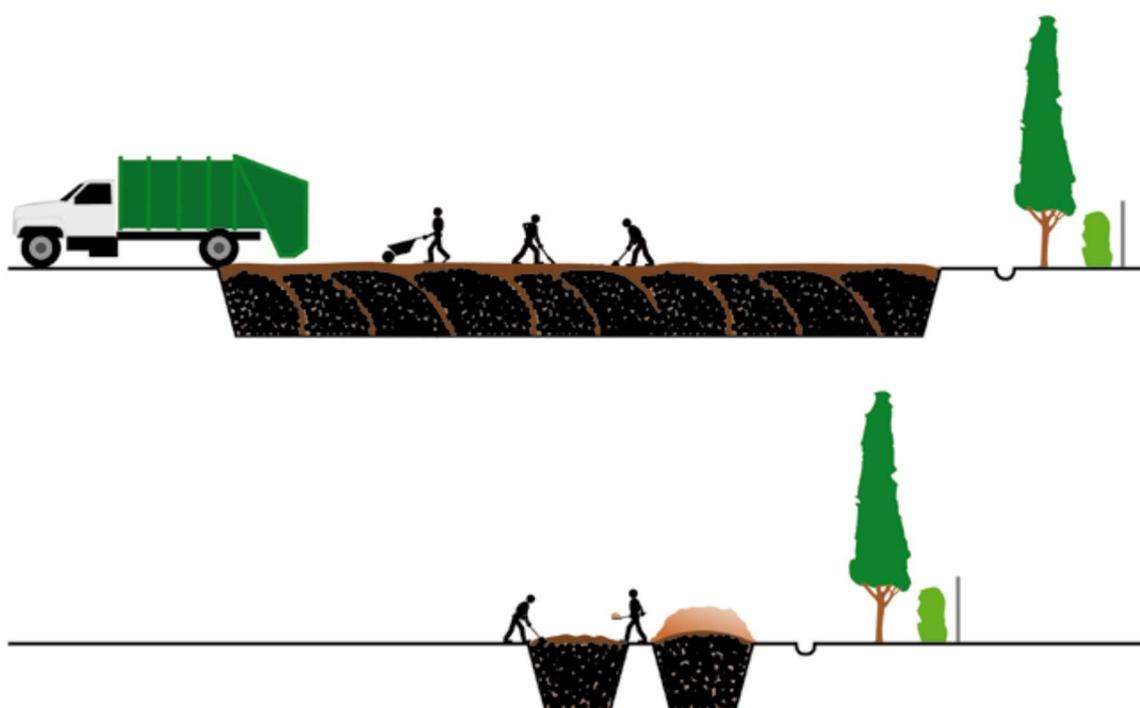


Fonte: CETESB, 2010.

Ao ser finalizado o lançamento dos resíduos em uma vala, procede-se com a cobertura final da mesma, sendo que esta cobertura deverá ser executada com uma camada de solo de, aproximadamente, 40 cm, com uma declividade de, no mínimo, 7 % na menor dimensão da vala.

O nivelamento final da vala deverá ser realizado em cota superior à do terreno, evitando-se dessa forma possíveis recalques, de forma a evitar o acúmulo de água. A sequência da cobertura final da vala é mostrada na Figura 64.

Figura 64 - Efetivação da cobertura final da vala.



Fonte: CETESB, 2010.

Após a finalização da cobertura final das valas alguns procedimentos devem ser realizados, como:

- ✓ Cobertura vegetal da vala;
- ✓ Drenagem superficial da vala e em suas proximidades;
- ✓ Demarcação das valas encerradas.

Ao ser finalizado, o aterro sanitário em valas poderá ter a sua área, como um todo, transformada em bosque, com plantações predominantemente por gramíneas que não apresentam raízes profundas, que não tenham contato direto com o solo, não devendo ser espécies frutíferas comestíveis por pessoas, podendo ocupar o local após o encerramento das atividades, facilitando a reintegração do aterro à paisagem

regional, reduzindo os seus custos e evitando a manutenção de estruturas de isolamento e proteção do local, sendo que esta atividade, também, deverá ser acompanhada por profissional da área. A Figura 65 mostra o detalhe do aterro em valas finalizado.

Figura 65 - Aterro em valas finalizado.



Fonte: CETESB, 2010.

5.4.6.9 Proposição para implantação de coleta seletiva dos RSU recicláveis e reutilizáveis.

A coleta seletiva dos RSU deverá ser realizada por cooperativa ou associação de catadores, que deverá ser implantada no município com apoio da Prefeitura Municipal de Santa Bárbara do Pará.

Como proposta inicial busca-se nos 2 (dois) primeiros anos de implantação que a população separe os resíduos úmidos dos resíduos secos (recicláveis e reutilizáveis) em sacolas plásticas distintas, podendo ser identificadas por cor, como por exemplo, rejeito ou resíduos úmidos em sacolas pretas ou escuras e os RD recicláveis e reutilizáveis em sacolas azuis ou brancas de supermercado. Por conseguinte, a partir do 3º ano, quando a população criar o hábito de separar os RD rejeitos dos RD recicláveis ou reutilizáveis, será proposta a coleta seletiva dos RD rejeitos, RD orgânicos e RD recicláveis/reutilizáveis, além dos resíduos de logística reversa.

A cooperativa ou associação de catadores de materiais recicláveis será responsável pela coleta seletiva, realizada por meio dos transportes propostos nas

PEV, denominados de ECORIO em pontos estratégicos como praças, praias, e escolas, e por meio de coleta porta a porta.

A frequência da coleta seletiva poderá ser alternada, paralela a coleta domiciliar regular, em dias estabelecidos pela prefeitura e associação e/ou cooperativa de catadores, com horário diurno a partir das 8h00 da manhã.

Os EPI utilizados pelos catadores de recicláveis e/ou reutilizáveis serão os mesmos propostos pela prefeitura com cores diferenciadas e nomes caracterizados.

A Figura 66 apresenta modelos de sacolas plásticas que poderão ser utilizadas na coleta dos resíduos recicláveis e as Figuras 67 e 68 são modelos propostos para pontos de entregas voluntárias (PEV).

Figura 66 - Modelo de sacolas plásticas.



Fonte: Pesquisa Direta, 2015.

Figura 67 - Modelos propostos de PEV: ECORIO.



Fonte: Pesquisa Direta, 2015.

Figura 68 - Modelos propostos de PEV: ECORIO.



Fonte: Pesquisa Direta, 2015.

De acordo com dados do SNIS (2016) o custo médio da coleta seletiva é de 4 vezes que o da coleta regular. Esta relação poderá ser alterada desde que se implante um modelo operacional adequado às condições sociais de cada cidade. Pode-se

dizer que as principais dificuldades encontradas pela grande maioria dos municípios são as seguintes para implantação de um projeto de coleta seletiva são:

- informalidade do processo - não há institucionalização;
- carência de soluções de engenharia com visão social;
- alto custo do processo na fase de coleta.

5.4.6.9.1 Modelo para coleta seletiva extensiva e de baixo custo.

Diferentemente do que ocorre com a destinação tradicional de resíduos, a implantação da Coleta Seletiva cria um fluxo de recursos na economia local, pelo menos de duas formas:

- ❖ rendimento dos catadores envolvidos na operação, que se transformam em consumo local;
- ❖ geração adicional de tributos, derivados desse aumento de consumo.

O modelo de Coleta Seletiva de baixo custo (CEMPRE, 2008) que deverá ser implantado em Santa Bárbara do Pará deverá atender primeiramente 5%, setor 1, dos moradores da sede do município, o que totaliza aproximadamente 300 moradores do bairro centro, e terá como um dos elementos centrais a incorporação de forma eficiente e contínua de catadores, ou na falta destes, da população menos favorecida, dentro de uma política pública planejada, com o objetivo de gerar trabalho e renda.

A base legal que possibilita esta inclusão encontra-se na: (1) Política Nacional do Saneamento, estabelecida pela Lei nº 11.445 de 05/01/2007; (2) Lei nº 8.666 de 21/06/1993, que institui normas para licitações e contratos da Administração Pública e dá outras providências; e (3) PNRS de 02/08/2010.

De acordo com o art. 57 da Lei nº 11.445/2007, que trata no inciso XXVII do caput do art. 24 da Lei 8.666/1993, em relação à licitação tem-se que:

Art. 24. É dispensável a licitação [...].
XXVII – na contratação da coleta, processamento e comercialização de resíduos sólidos urbanos recicláveis ou reutilizáveis, em áreas com sistema de coleta seletiva de lixo, efetuados por associações ou cooperativas formadas exclusivamente por pessoas físicas de baixa renda reconhecidas pelo poder público como catadores de materiais recicláveis, com o uso de equipamentos compatíveis com as normas técnicas, ambientais e de saúde pública.

Além da própria PNRS de 2010 que estabelece o seguinte em seu inciso II do § 1º do art. 18:

Art. 18. A elaboração de plano municipal de gestão integrada de resíduos sólidos, nos termos previstos por esta Lei, é condição para o Distrito Federal e os Municípios terem acesso a recursos 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. (Vigência).

§ 1º Serão priorizados no acesso aos recursos da União referidos no caput os Municípios que:

II - Implantarem a coleta seletiva com a participação de cooperativas ou outras formas de associação de catadores de materiais reutilizáveis e recicláveis formadas por pessoas físicas de baixa renda.

Para que esta inclusão seja realizada a legislação define que os catadores deverão estar associados. Nesta condição poderão ser contratados e receber remuneração, com base no trabalho realizado, de maneira análoga ao que ocorre com as empresas que realizam a coleta dos resíduos domiciliares.

Os aspectos mais importantes deste modelo são:

a) **Estruturação da cidade em setores de coleta seletiva:** para esta estruturação deve ser utilizada como base a divisão em setores censitários do IBGE.

Com isto é possível estimar:

- ✓ o número de residentes e domicílios no setor;
- ✓ o total de resíduos gerados;
- ✓ os resíduos secos recuperáveis.

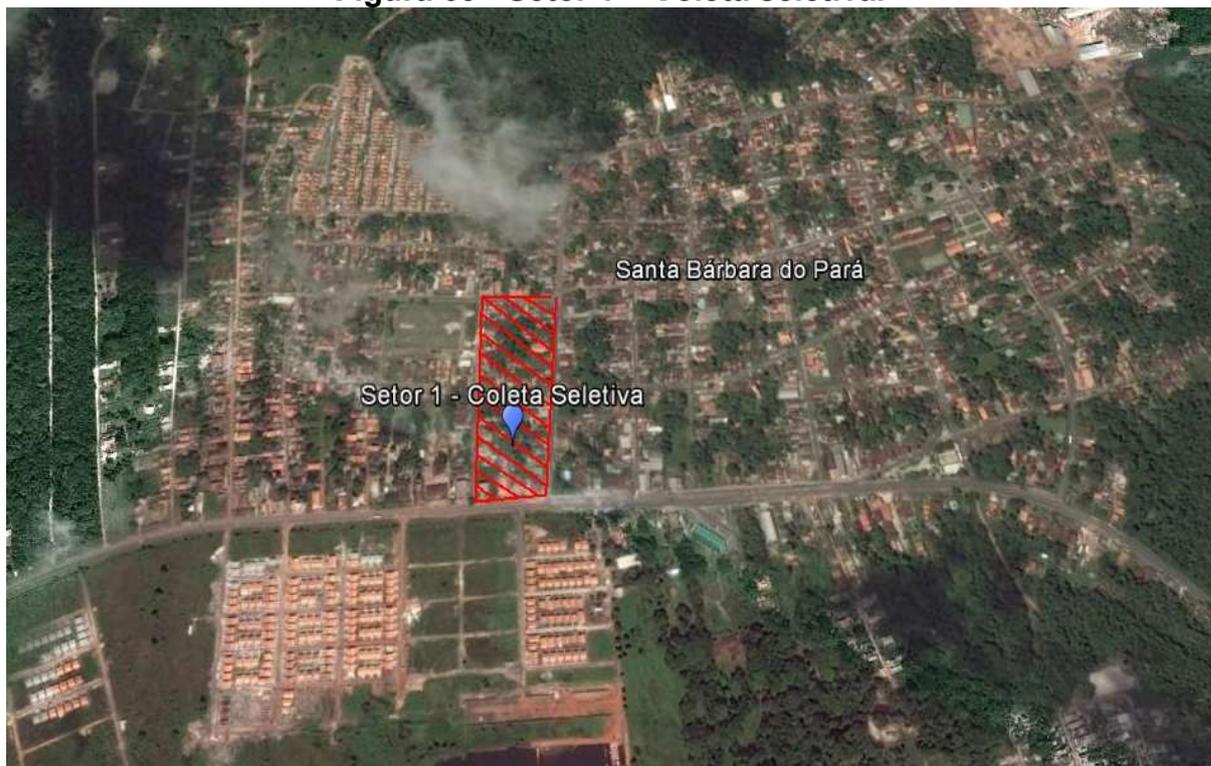
Setorizada a área de intervenção, deverão ser envolvidos os diversos agentes públicos e, principalmente, os agentes de saúde, de controle de vetores e vigilância sanitária (Programa de Saúde da Família, Programa de Combate à Dengue e outros). O papel destes agentes é atuar junto à população apresentando o programa de coleta seletiva, seus benefícios ambientais e sanitários e apresentar os catadores que prestarão o serviço no setor, para obter o envolvimento da população e possibilitar a institucionalização da presença dos catadores.

Desta forma, os catadores passam a exercer o papel de agentes da limpeza pública local, sua atividade deixa de ser espontânea e passa a ser sistemática e planejada, com a obrigação de realizar a cobertura da área sob sua responsabilidade dentro dos prazos e condições estabelecidas no contrato firmado entre o poder público local e a cooperativa, de acordo com a legislação mencionada anteriormente. Como consequência, a contratação das cooperativas deixa de ser uma atividade de caráter

assistencial passando a ter um cunho de incentivo à atividade econômica e à inserção dos catadores enquanto agentes da limpeza pública formais que cumprem um papel socialmente necessário.

Na Figura 69 é mostrada a proposta para implantação do setor 1 na sede do município que deverá atender inicialmente o projeto de coleta seletiva na cidade.

Figura 69 - Setor 1 – Coleta seletiva.



Fonte: Adaptado de Google Earth, 2016.

b) **Envolvimento planejado rua por rua, moradia por moradia:** as cooperativas ou associações contratadas farão o controle do nível de adesão dos domicílios em cada rua do trajeto. Os catadores se responsabilizam pela cobertura sistemática dos setores sob sua responsabilidade utilizando equipamentos de coleta e transporte simplificados. A acumulação dos materiais se realiza em instalações ou pátios no centro da região setorizada ou ainda nos Pontos de Entrega Voluntária (PEV) destinados aos resíduos da construção civil e resíduos volumosos. Uma vez concentrados, e só a partir daí os resíduos são transportados por meio de caminhões para o galpão de triagem. Desta forma, eliminando o custo de equipamentos pesados na coleta porta a porta, pode ser obtido um baixo custo sem perda da eficácia.

c) **Combinação adequada da coleta capilar e do transporte concentrado:** é com a combinação adequada do transporte feito pelos catadores e por caminhões que se obtém o menor custo de transporte por tonelada, uma vez que o custo de um caminhão em operação é relativamente alto, somente se justificando quando a massa dos resíduos transportados for suficientemente concentrada.

d) **Apoio aos catadores em sua capacidade de concentrar carga e uso de caminhões apenas para o transporte de cargas concentradas:** se a coleta seletiva ficar com custos elevados, ela não se expande e não se estabiliza.

e) **Incentivo à organização dos catadores:** para maximizar o resultado na venda dos materiais é fundamental a organização das cooperativas na região, para uma venda coletiva. Pode ser concluído que a obtenção dos melhores preços é favorecida pela acumulação dos materiais de modo a obter volumes e fluxos relativamente estáveis que possam ser comercializados diretamente à indústria, para o que é fundamental, o apoio da administração pública para capacitação na gestão do negócio.

5.4.6.9.2 Proposta de transporte para os resíduos da coleta seletiva.

Os resíduos coletados seletivamente deverão ser transportados em veículos como bicicletas e carrinhos com carrocerias adaptadas e será de responsabilidade da cooperativa ou associações de catadores que deverá ser implantada no município, sendo utilizado para as coletas de porta a porta e nos PEV e nos recipientes denominados de ECORIO (Pontos de entrega voluntária para resíduos reciclados) em frequência e horário paralelo a coleta convencional.

A Figura 70 apresenta um modelo de transporte para coleta de porta a porta e de transporte para coleta em PEV ou ECORIO.

Figura 70 - Modelo de transporte para coleta de porta a porta pelos catadores.



Fonte: Pesquisa Direta, 2015.

5.4.6.10 Proposição da Coleta e armazenamento de resíduos com logística reversa

A coleta e armazenamento de resíduos com logística reversa poderá ser de responsabilidade da cooperativa ou associação de catadores de materiais recicláveis ou reutilizáveis com parceria da prefeitura, além de encaminhar a destinação para as indústrias produtoras. Esses resíduos serão armazenados em pontos de coleta, que se localizará em estabelecimentos comerciais e órgãos públicos e na própria unidade de reciclagem dos catadores. Na Figura 71 é mostrada uma proposta de modelo de coletor móvel para a coleta dos resíduos de Logística Reversa.

Figura 71 - Modelo Proposto de coletores móveis para Logística Reversa.



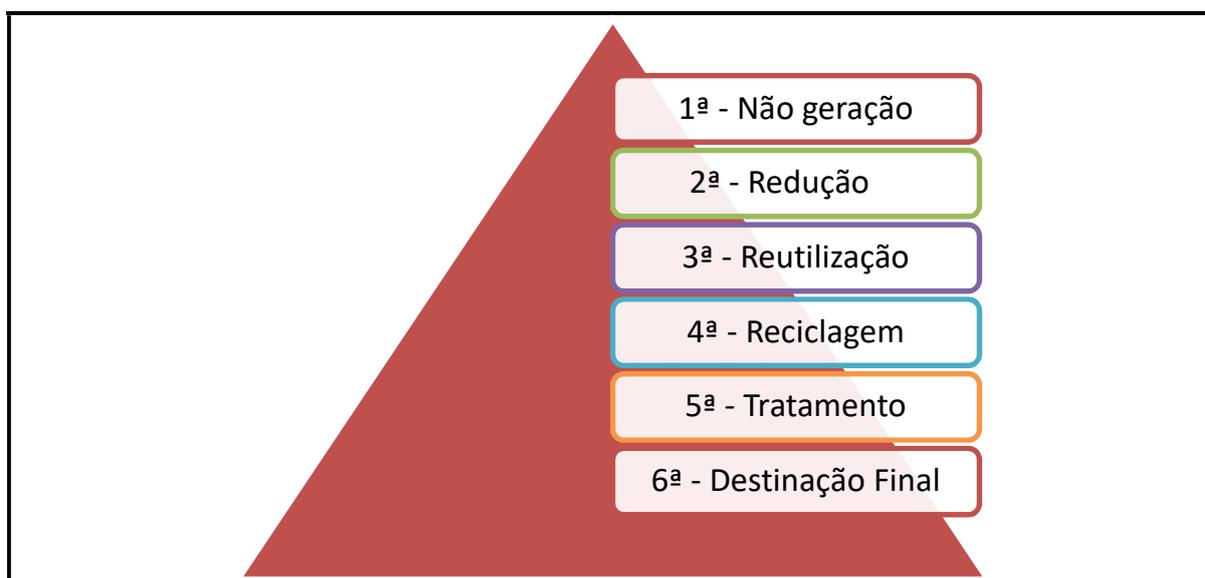
Fonte: Pesquisa Direta, 2015.

5.4.6.11 Proposição de implantação de uma Associação e/ou cooperativa de catadores de RD reciclável ou reutilizável e a infraestrutura.

Deverá ser implantado cooperativa ou associação de catadores de materiais de recicláveis, sendo que o objetivo é a concentração da oferta de materiais recicláveis em redes de organizações de catadores capazes de recuperar uma quantidade considerável de material que lhes permita ter uma participação importante no mercado, negociando assim preços e condições com as indústrias da região, sendo que esta organização será a principal responsável pela cadeia produtiva da reciclagem.

Na PNRS de 2010, em seu art. 9º na gestão e gerenciamento de resíduos sólidos, deve ser observada a ordem de prioridade: não geração, redução, reutilização, reciclagem, tratamento e destinação final, como apresentada na Figura 72.

Figura 72 - Ordem de prioridade da gestão dos resíduos



Fonte: Adaptado de BRASIL, 2010b.

Em relação ao processo de reutilização, reciclagem e tratamento dos resíduos sólidos reciclável está diretamente ligado ao trabalho dos catadores. São eles que fazem a gestão direta e indiretamente desde coleta até a destinação final, contribuindo com a gestão pública na coleta, reduzindo a quantidades de resíduos enviados para destinação final.

A cooperativa ou associação de catadores poderá ser implementado uma unidade de reciclagem e beneficiamento de RD recicláveis ou reutilizáveis, compostos de sala de administração, área de descarga de resíduos, galpão de triagem e área de transbordo de reciclados, área de prensagem e pesagem, depósito de fardos de materiais prensados, salão de confecção de artesanatos e produtos reciclados e área de embarque dos produtos beneficiados, que ajudará a desenvolver com eficácia os processos da cadeia produtiva da reciclagem.

As atividades de produção propostas para os catadores poderão ser representadas de acordo com a Figura 73.

Figura 73 - Atividades de produção propostas para os catadores



Fonte: Autor, 2016.

A primeira atividade corresponde à operação de **segregação dos resíduos**, em geral realizada pelos mesmos agentes que os produziram. Na indústria, os rejeitos da produção passíveis de aproveitamento são separados e parcialmente utilizados no próprio processo produtivo. Nas residências, os resíduos recicláveis secos (alumínio, papéis, plásticos, vidros) podem ser separados dos úmidos (principalmente orgânicos), nos primeiros anos serão separados somente os RD recicláveis e RD orgânicos.

A segunda atividade é o da **coleta seletiva**. Os resíduos são recolhidos nos locais, total ou parcialmente separados, e enviados às operações de triagem e classificação ou às unidades de beneficiamento. Atuam nessa atividade os catadores, organizados, as empresas privadas de coleta de resíduos sólidos e as prefeituras. A terceira atividade é a **triagem e classificação**, corresponde 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. Na quarta atividade, que envolve as **operações de beneficiamento**, são aplicados

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.

Finalmente, a última atividade é o da **reciclagem** propriamente dita, 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.

5.4.6.12 Proposta de equipamentos de segurança e saúde do trabalhador da coleta dos RSU

É recomendado que se mantenha a uniformização da equipe de coleta e que se torne obrigatório o uso de Equipamento de Proteção Individual (EPI), ficando a responsabilidade do departamento de limpeza urbana em munir a guarnição com os EPI devidamente adequados para garantir a preservação da saúde dos trabalhadores de limpeza urbana. No Quadro 9 é apresentado alguns EPI que poderão ser utilizados pelos garis na coleta dos resíduos no município de Santa Bárbara do Pará.

Quadro 9 - EPI propostos para o uso dos garis.

Continua

EPI	CARACTERÍSTICAS	Ilustração
Botina	As botinas deverão ser de couro com biqueira de aço para a proteção de risco de queda de materiais, equipamentos, acessórios ou objetos pesados sobre os pés, impermeável, resistentes, preferencialmente na cor preta e solado antiderrapante.	
Luvas	Luvas confeccionadas em malhas de algodão com banho de borracha látex na palma, resistentes e antiderrapantes. Proteção das mãos do usuário contra abrasão, corte e perfuração	
Boné	Boné para a proteção da cabeça contra raios solares e outros objetos, com protetor de nuca entre 20 a 30 cm	

Conclusão

Capa de chuva	Capa de chuva confeccionada em tecido forrado de PVC, proteção dos funcionários em dias de chuvas	
Uniforme	Com base nos uniformes já utilizados, o modelo deve ser de calça comprida e camisa com manga, de no mínimo $\frac{3}{4}$, de tecido resistente e de cor específica para o uso do funcionário do serviço de forma a identificá-lo de acordo com a sua função. O uniforme também deve conter algumas faixas refletivas.	
Protetor auricular	Protetor de ouvido descartável ou de borracha. Deve ser de uso obrigatório diário para minimizar os impactos dos ruídos provocados pela	

Fonte: Adaptado de BRASIL, 2006a.

Além disso, deverão ser realizados regularmente treinamentos com os funcionários, cabendo a secretaria de infraestrutura, juntamente com a prefeitura certificar e fiscalizar a realização adequada dos treinamentos.

6 CONCLUSÃO

Para que se possa alcançar os objetivos exigidos na PNRS de 2010, torna-se necessário que todos os municípios brasileiros, de pequeno, médio e grande porte, comecem a buscar soluções para a preservação do meio ambiente, sendo que estas devem ser realizadas de forma integrada com a sociedade civil organizada, setores privados e governo.

Com a caracterização do município nos seus aspectos geográficos, populacional e econômicos ficou evidenciado que Santa Bárbara do Pará, que pertence à região metropolitana de Belém, possui, basicamente, sua economia voltada para o setor administrativo e enfrenta problemas, como a grande maioria dos municípios de pequeno porte brasileiro, em áreas estratégicas como a saúde, infraestrutura urbana e saneamento básico, sendo esta última a mais preocupante, uma vez que não existe coleta de esgoto sanitário, o sistema de drenagem de águas pluviais atende somente a área urbana do município, o abastecimento de água na cidade não é realizado de forma eficiente e nem na totalidade esperada, e a coleta dos RS não é realizada em todo o município, sendo que na área rural não existe este tipo de serviço, o que torna esse cenário preocupante, uma vez que, com a implantação da PNRS de 2010 é importante que todos os municípios brasileiros colem 100% dos seus resíduos, além de encaminhá-los ao tratamento adequado e a destinação final ambientalmente adequada.

Em relação ao atual modelo e procedimentos do gerenciamento dos RSU adotados no município foi constatado que a administração local utiliza o mesmo modelo de gerenciamento encontrado na maioria dos municípios brasileiros de pequeno porte, onde a responsabilidade dos serviços fica a cargo de uma secretaria, não sendo realizada de forma integrada, uma vez que não existe Departamento de Limpeza Urbana na cidade. A Forma de gerenciamento dos RSU conta com as atividades de Geração, acondicionamento, coleta, transporte e disposição final ambientalmente inadequada, ou seja, os RSU do município são encaminhados ao lixão que existe em uma área pertencente à prefeitura.

A geração dos RSU, em sua grande maioria, é composta pelos resíduos domiciliares, onde a população local acondiciona em tambores, *containers* e lixeiras comuns, instaladas na frente das residências. Muitos pontos de disposição inadequada dos resíduos foram encontrados no município, sendo esta problemática

ponto de preocupação para os gestores locais. A coleta domiciliar na área urbana da cidade é realizada de modo regular, 3 vezes na semana, em dois roteiros e por veículos tipo caçamba basculante. Os serviços de varrição, capinação, podas de árvores e limpeza de bueiros são realizados pela mesma equipe, sendo que os resíduos gerados nestas atividades são encaminhados para a mesma área juntamente com os RD. A disposição final dos RSU do município acontece na mesma área para todos os tipos de resíduos produzidos na cidade, esta pertence à prefeitura de Santa Bárbara do Pará, e encontra-se a 1200 m de distância da sede do município.

O levantamento de dados referentes aos RSU constatou que o município produziu no ano de 2012 em média, cerca de 191 t/mês de RSU, ou seja, 6,40 t diárias, com uma produção *per capita*, portanto, de 0,60 kg.hab.⁻¹.dia⁻¹. A grande maioria dos resíduos, 74%, são originários das residências e estabelecimentos comerciais e prestadores de serviços, sendo que 51% dos RSU coletados e encaminhados a área do lixão são compostos por RS orgânicos. Os respectivos valores foram encontrados mediante realização da técnica do quarteamento realizada na área do lixão da cidade com 2 (duas) amostras de 200kg de RSU.

As propostas apresentadas para o modelo e etapas do gerenciamento dos RSU em consonância com a PNRS de 2010 foram realizadas levando em consideração a realidade do município, principalmente no que refere aos seus aspectos econômicos e dados obtidos na caracterização dos RSU coletados e encaminhados à área do lixão da cidade. Por meio desses dados foram apresentadas propostas de criação de central de triagem e unidade de compostagem dos resíduos sólidos orgânicos, sendo necessária a criação de uma associação e/ou cooperativa de catadores de recicláveis para o município, além de projeto de coleta seletiva que deverá ser implantada com o apoio da administração local. Por último, o município deverá construir para disposição ambientalmente adequada dos RSU o aterro sanitário de pequeno porte em valas.

A CT deverá possuir 5 (cinco) unidades, sendo elas: guarita, administração, vestiários, refeitório e galpão. As referidas unidades deverão ser construídas sob a ótica da sustentabilidade e da acessibilidade, levando em conta o custo de implantação e de manutenção das mesmas. A CT poderá ser construída por etapas, pois nem sempre os recursos necessários estão disponíveis para a execução completa da unidade.

A compostagem dos RS orgânicos deverá ser realizada em pátio cimentado, dimensionada para 120 leiras e com 540 m² de área, deverá ter seção triangular, tempo de maturação entre 55 a 60 dias. Além disso, a unidade deve dispor de sistema de captação e tratamento de efluentes líquidos, que pode ser em fossa séptica com sumidouro ou lagoas de tratamento. Canaletas de drenagem em concreto instaladas em torno do pátio conduzirão os líquidos ao ponto de tratamento.

O aterro sanitário de pequeno porte em valas foi dimensionado para atender a população do município durante 20 anos, este conta com 335 valas, com largura de 4m, profundidade de 3m e comprimento de 38,5m. Esta tecnologia simplificada é aceita e indicada por órgãos ambientais, por compatibilizar o projeto, a operação, os requisitos ambientais às potencialidades locais, minimizando os impactos ao meio ambiente e à saúde pública.

Os objetivos estabelecidos pela PNRS de 2010 são desafiadores para o município impondo um salto na qualidade gerencial, provando a capacidade em todas as dimensões, e forçando a criatividade técnica para cada peculiaridade na superação das novas condições e responsabilidades. No entanto, gestores e sociedade civil organizada devem buscar, de forma integrada, a melhoria necessária para o município, principalmente no que se refere aos serviços de saneamento básico em especial aos RSU.

REFERÊNCIAS

ANDRADE, Alan Sulato de. **Máquinas Térmicas**. [s.l.], 2015. Disponível em <<http://www.madeira.ufpr.br/disciplinasalan/AT101-Aula01.pdf>>: Acesso em: 07 set. 2016.

ANDRADE, Hebert Izuka de. **Elaboração do plano de gestão integrada de resíduos sólidos do Município de Uberlândia - MG**. 2015. 366f. Dissertação (Mestrado em Tecnologia Ambiental) – Universidade de Ribeirão Preto. 2015.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE EMPRESAS DE LIMPEZA PÚBLICA E RESÍDUOS ESPECIAIS (ABRELPE). **Panorama dos resíduos sólidos no Brasil, 2012**. Edição Especial de 10 anos, São Paulo, 2012. Disponível em: <<http://www.abrelpe.org.br/Panorama/panorama2012.pdf>>. Acesso em: 07 mar. 2016.

_____. **Panorama dos resíduos sólidos no Brasil, 2015**. Disponível em: <<http://www.abrelpe.org.br/Panorama/panorama2012.pdf>>. Acesso em: 12 abr. 2016.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **NBR 8.843/1996 - Aeroportos - Gerenciamento de resíduos sólidos**. Rio de Janeiro: ABNT, 1996a.

_____. **NBR 8.419/1992 - Apresentação de projetos de aterros sanitários de resíduos sólidos urbanos**. Rio de Janeiro: ABNT, 1992.

_____. **NBR 9.191/1993 - Sacos Plásticos de lixo: especificação**. Rio de Janeiro: ABNT, 1993a.

_____. **NBR 9.050/2004 - Acessibilidade a edificações, mobiliário, espaços e equipamentos urbanos**. Rio de Janeiro: ABNT, 2004a.

_____. **NBR 10.004/2004 - Resíduos Sólidos: Classificação**. Rio de Janeiro: ABNT, 2004b.

_____. **NBR 10.005/2004 - Procedimento para obtenção de extrato lixiviado de resíduos sólidos**. Rio de Janeiro: ABNT, 2004c.

_____. **NBR 10.006/2004 - Procedimento para obtenção de extrato solubilizado de resíduos sólidos**. Rio de Janeiro: ABNT, 2004d.

_____. **NBR 10.007/2004 – Amostragem de resíduos sólidos**. Rio de Janeiro: ABNT, 2004e.

_____. **NBR 12.808/1993- Resíduos de serviço de saúde - Classificação**. Rio de Janeiro: ABNT, 1993b.

_____. **NBR 12.980/1993 - Coleta, varrição e acondicionamento de resíduos sólidos urbanos - Terminologia**. Rio de Janeiro: ABNT, 1993c.

_____. **NBR 13.028/2006** - Mineração - Elaboração e apresentação de projetos de barragens para disposição de rejeitos, contenção de sedimentos e reservação de água. Rio de Janeiro: ABNT, 2006a.

_____. **NBR 13.029/2006** – Elaboração e apresentação de projeto de disposição de estéril, em pilha, em mineração. Rio de Janeiro: ABNT, 2006b.

_____. **NBR 13.591/1996**- Compostagem. Rio de Janeiro: ABNT, 1996b.

_____. **NBR 14.598/2012** – Produtos de petróleo — Determinação do ponto de fulgor pelo aparelho de vaso fechado Pensky-Martens. Rio de Janeiro: ABNT, 2012.

_____. **NBR 15.495-1/2007** – Poços de monitoramento de águas subterrâneas em aquíferos granulares. Parte 1: Projeto e construção. Rio de Janeiro: ABNT, 2007.

_____. **NBR 15.495-2/2008** – Poços de monitoramento de águas subterrâneas em aquíferos granulares. Parte 2: Desenvolvimento. Rio de Janeiro: ABNT, 2008.

_____. **NBR 15.849/2010** - Resíduos sólidos urbanos – Aterros sanitários de pequeno porte – Diretrizes para localização, projeto, implantação, operação e encerramento. Rio de Janeiro: ABNT, 2010.

BANAR, M; COKAYGIL, Z; OZKAN, A. 2009. **Life cycle assessment of solid waste management options for Eskisehir, Turkey**. Waste Management 29, P. 54–62, 2009.

BARACHO, Maria Amarante Pastor. A importância da gestão de contas públicas Municipais sob as premissas da governance e Accountability. **Revista do Tribunal de Contas do Estado de Minas Gerais**, Minas Gerais, v. 34, n. 1, jan./mar. 2000.

BARROS, Regina Mambeli. **Tratado sobre resíduos sólidos: gestão, uso e sustentabilidade**. 1. ed. Rio de Janeiro: Interciência; Minas Gerais: Acta, 2012.

BARROS JÚNIOR, C. Modelo de gestão integrada de resíduos sólidos urbanos – estudo para o município de Maringá, Estado do Paraná. **Acta Scientiarum. Technology**, v. 25, n. 1, p. 17-23, 2003.

BELÉM. SECRETARIA MUNICIPAL DE COORDENAÇÃO GERAL DO PLANEJAMENTO E GESTÃO (SEGE). **Revisão do Plano Diretor do Município de Belém**, Mapa da Região Metropolitana de Belém. Disponível em: <http://belem.pa.gov.br/planodiretor/paginas/brasao.php>. Acesso em: 02 jul. 2016.

BOSCOV, M. E. G. **Geotecnia Ambiental**. 1. ed. São Paulo, Editora Oficina de Textos, 2008.

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

_____. **Decreto nº 4.074, de 04 de janeiro de 2002**. Regulamenta a Lei nº 7.802, de 11 de julho de 1989, que dispõe sobre a pesquisa, a experimentação, a produção, a embalagem e rotulagem, o transporte, o armazenamento, a comercialização, a propaganda comercial, a utilização, a importação, a exportação, o destino final dos

resíduos e embalagens, o registro, a classificação, o controle, a inspeção e a fiscalização de agrotóxicos, seus componentes e afins, e dá outras providências. Diário Oficial da União, Brasília, 08 jan. 2002a.

_____. **Decreto nº 7.404, de 23 de dezembro de 2010.** Regulamenta a Lei nº 12.305, de 2 de agosto de 2010. Diário Oficial da União, Brasília, 23 dez. 2010a.

_____. FUNDAÇÃO NACIONAL DE SAÚDE (FUNASA). **Manual de saneamento.** 3. ed. rev. Brasília: FUNASA, 2006. 408 p. 2006a.

_____. **Lei nº 6.934, de 13 de julho de 1981.** Altera a Lei nº 6.894, de 16 de dezembro de 1980, que dispõe sobre a inspeção e fiscalização da produção e do comércio de fertilizantes, corretivos, inoculantes, estimulantes, ou biofertilizantes, destinados à agricultura, e dá outras providências. Diário Oficial da União, Brasília, 15 jul. 1981.

_____. **Lei nº 8.666, de 21 de junho de 1993.** Regulamenta o art. 37, inciso XXI, da Constituição Federal, institui normas para licitações e contratos da Administração Pública e dá outras providências. Diário Oficial da União, Brasília, 22 jun. 1993, republicado em 06 jul. 1994 e retificado em 06 jul. 1994.

_____. **Lei nº 11.445 de 05 de janeiro de 2007.** Estabelece diretrizes nacionais para o saneamento básico; altera as Leis nºs 6.766, de 19 de dezembro de 1979, 8.036, de 11 de maio de 1990, 8.666, de 21 de junho de 1993, 8.987, de 13 de fevereiro de 1995; revoga a Lei nº 6.528, de 11 de maio de 1978; e dá outras providências. Diário Oficial da União, Brasília, 08 de janeiro. 2007.

_____. **Lei nº 12.305 de 02 de agosto de 2010.** Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos; altera a Lei nº 9.605, de 12 de fevereiro de 1998; e dá outras providências. Diário Oficial da União, Brasília, nº147, p. 3, 03 de ago. 2010b.

_____. Ministério da Ação Social. **Cartilha de limpeza urbana.** Brasília: MCidades, 2009a.

_____. Ministério das Cidades. **Elementos para a organização da coleta Seletiva e Projetos dos galpões de Triagem.** Brasília: MCidades, 2009b.

_____. _____. SISTEMA NACIONAL DE INFORMAÇÕES SOBRE SANEAMENTO (SNIS). **Diagnóstico do manejo de resíduos sólidos urbanos.** 2014. Brasília: MCidades, Secretaria Nacional de Saneamento Ambiental (SNSA), 2014. Disponível em: <<http://www.snis.gov.br/>>. Acesso em: 19 jan. 2017.

_____. Ministério da Saúde. AGÊNCIA NACIONAL DE VIGILÂNCIA SANITÁRIA (ANVISA). **Resolução RDC nº 306, de 7 de dezembro de 2004** – Revoga a RDC 33/03. Dispõe sobre o regulamento técnico para o gerenciamento de resíduos de serviços de saúde. 2004a.

_____. Ministério do Desenvolvimento Social e Combate à Fome. SECRETARIA NACIONAL DE ASSISTÊNCIA SOCIAL. **Política Nacional de Assistência Social.** Brasília: 2004b.

_____. Ministério do Meio Ambiente (MMA). **Orientação para elaboração de Plano Simplificado de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos – PSGIRS para municípios com população inferior a 20 mil habitantes.** 1.Ed. Brasília: MMA, 2013a.

_____. _____. **Planos de Gestão de Resíduos Sólidos:** manual de orientação. Brasília: MMA, ICLEI, 2012a.

_____. _____. **Plano Nacional de Resíduos Sólidos:** Versão Preliminar para Consulta Pública. Brasília: MMA, 2012b.

_____. Ministério do Meio Ambiente (MMA). CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE (CONAMA). **Resolução nº 307, de 05 de julho de 2002.** Estabelece diretrizes, critérios e procedimentos para a gestão dos resíduos da construção civil. Diário Oficial da República Federativa do Brasil, Brasília, DF, n. 136, 17 de julho de 2002. Seção I, p. 95 - 96. Alterada pelas Resoluções nºs 348/2004, 431/2011, 448/2012 e 469/2015. 2002b.

_____. _____. **Resolução nº 316, de 29 de outubro de 2002.** Dispõe sobre procedimentos e critérios para o funcionamento de sistemas de tratamento térmico de resíduos. Diário Oficial da República Federativa do Brasil, Brasília, DF, n. 224, de 20 de novembro de 2002, Seção 1, páginas 92-95, Correlações: Artigo 18 alterado pela Resolução CONAMA nº 386/2006. 2002c.

_____. _____. **Resolução nº 334, de 03 de abril de 2013.** Dispõe sobre os procedimentos de licenciamento ambiental de estabelecimentos destinados ao recebimento de embalagens vazias de agrotóxicos. Diário Oficial da República Federativa do Brasil, Brasília, DF, n. 94, de 19 de maio de 2013, Seção 1, páginas 79-80, Correlação: Revogada pela Resolução CONAMA nº 465/2014. 2013b.

_____. _____. **Resolução nº 358, de 29 de abril de 2005.** Dispõe sobre o tratamento e a disposição final dos resíduos dos serviços de saúde e dá outras providências. Publicada no DOU n. 84, de 04 de maio de 2005, Seção 1, página 63-65. Disponível em: <http://www.mma.gov.br/port/conama/res/res85/res0485.html>. Acesso em: 04 maio 2016.

_____. _____. **Resolução nº 385, de 27 de dezembro de 2006.** Estabelece procedimentos a serem adotados para o licenciamento ambiental de agroindústrias de pequeno porte e baixo potencial de impacto ambiental. Diário Oficial da República Federativa do Brasil, Brasília, DF, n. 249, de 29 de dezembro de 2006, Seção 1, página 665. 2006b.

_____. _____. **Resolução nº 404, de 11 de novembro de 2008.** Estabelece critérios e diretrizes para o licenciamento ambiental de aterro sanitário de pequeno porte de resíduos sólidos urbanos. Publicada no DOU nº 220, de 12 de novembro de 2008, Seção 1, página 93. 2008. Disponível em: <http://www.mma.gov.br/port/conama/res/res85/res0485.html>. Acesso em: 02 jul. 2016. 2008.

_____. SECRETARIA DE RECURSOS HÍDRICOS E AMBIENTE URBANO. **Manual para implantação de compostagem e de coleta seletiva no âmbito de Consórcios públicos**. Brasília, 2010. 75 p. 2010c.

CARVALHO JÚNIOR, R.M. **Desenvolvimento e análise energética do processo de obtenção do biodiesel de microalga por metanólise in situ**. Dissertação (Mestrado) UFPR, Curitiba – PR, 2010. Disponível em: <<http://www.pipe.ufpr.br/portal/defesas/dissertacao/174.pdf>>. Acesso em: 8 mar. 2016.

CASTILHOS JR., A. B. de. **Resíduos Sólidos Urbanos: aterro sustentável para municípios de pequeno porte**. Rio de Janeiro: ABES, 2003.

CHERUBINI, F.; BARGIGLI, S.; ULGIATI, S. **Life cycle assessment furban waste management: Energy performances and environment al impacts. The case of Rome, Italy**. Waste Management, 28, p. 2552–2564, 2008.

COMPROMISSO EMPRESARIAL PARA RECICLAGEM (CEMPRE). **Lixo municipal**. Manual de gerenciamento integrado. 3 ed. São Paulo, 2008.

COMPANHIA AMBIENTAL DO ESTADO DE SÃO PAULO (CETESB). **Manual de operação de aterro sanitário em valas**. CETESB. São Paulo: CETESB, 2010. 24 p.

_____. **Procedimentos para implantação de aterro sanitário em valas**. CETESB. São Paulo: CETESB, 2005. 34 p.

COMPANHIA DE DESENVOLVIMENTO DOS VALES DO SÃO FRANCISCO E DO PARNAÍBA (CODEVASF). **Termo de Referência do Edital 23/2009**. 2009

CORTEZ, Cristiane Lima. **Alternativa sustentável para utilização de resíduos de poda provenientes da manutenção das redes de distribuição de energia elétrica**. São Paulo: Centro Nacional de Referência em Biomassa, 2008.

ESPIRITO SANTO. SECRETARIA MUNICIPAL DE MEIO AMBIENTE. **Projeto Básico de Limpeza Urbana**. Espírito Santo: SEMMA/PK, 2013, 46p.

FERREIRA, Aurélio B. de Holanda. **Mini Dicionário da Língua Portuguesa**. 8. ed. Curitiba: Nova Fronteira, 2010. 960 p.

GOUVÊA, R. G. **A questão metropolitana no Brasil**. Rio de Janeiro: Editora FGV, 2005.

INSTITUTO DE DESENVOLVIMENTO ECONÔMICO, SOCIAL E AMBIENTAL DO PARÁ (IDESP). **Região metropolitana de Belém – histórico, análise e proposições**: contribuição aos constituintes do estado do Pará. Belém: IDESP, 2012.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). **Questionário Censo 2010**. Disponível em: <http://www.censo2010.ibge.gov.br/questionarios.php>. Acesso em: 08 mar. 2016.

_____. **Histórico dos municípios.** Disponível em: <<http://cidades.ibge.gov.br/painel/historico.php?lang=&codmun=150635>>. Acesso em: 13 out. 2015.

LIMA, José Dantas. **Gestão de resíduos sólidos urbanos no Brasil.** Paraíba: ABES, 2001.

LOPES, A. A. **Estudo da gestão e do gerenciamento integrado dos resíduos sólidos urbanos no município de São Carlos (SP).** 2003. 194f. Dissertação (Mestrado em Ciências da Engenharia Ambiental) - Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo. São Carlos, 2003.

MELO, Viviane Silveira. **Requisitos para a implantação de uma Usina de Triagem e Compostagem no Município de Telêmaco Borba – Pr.** 2011. 62f. Monografia (Especialização em Gestão Pública Municipal) – Universidade Tecnológica Federal do Pará. 2011.

MEMON, M. A. **Integrated solid waste management base don the 3R approach.** Tsurumiku, Osaka, Japan, 2009.

MONTEIRO, José Henrique Penido (coord.) et al. **Manual de gerenciamento integrado de resíduos sólidos.** 2001. Rio de Janeiro: IBAM, 2001. 200p.

NADERI et al. **Greenhouse Gas Emissions (CO₂-CH₄) from Municipal Solid Waste Management Using Life Cycle Assessment (LCA) in Mahdsht City (IRAN).** Curr. World Environ., Vol. 9(2), p. 470-477, 2014.

NAGASHIMA, L.A. et al. Gestão integrada de resíduos sólidos urbanos – uma proposta para o município de Paranavaí, Estado do Paraná, Brasil. **Acta Scientiarum Technology**, Maringa, v. 33, n. 1, p. 39-47, jan/mar. 2011.

NUNES, M. U. C.; SANTOS, J. R. Alternativas tecnológicas para o aproveitamento de resíduos de coqueiro gigante para produção de adubo orgânico; compostagem e outras. In: CINTRA, F. L. D.; FONTES, H. R.; PASSOS, E. E. M. et al. **Fundamentos tecnológicos para a revitalização das áreas cultivadas com coqueiro gigante no nordeste do Brasil.** Aracaju: Embrapa Tabuleiros Costeiros, 2009. p. 127-144.

PHILLIPI JR., A.; AGUIAR, A. de O. Resíduos sólidos: características e gerenciamento. In: PHILLIPI JR., A.(Org.) **Saneamento, saúde e ambiente: fundamentos para um desenvolvimento sustentável.** São Paulo:Manole, 2005.

QUIRINO, W. F. et al. Poder calorífico da madeira e de materiais ligno-celulósicos. **Revista da Madeira**, n. 89. abr. 2005, p. 100-106. 2005.

RIBEIRO, D.V; MORELLI, M.R. **Resíduos Sólidos: problema ou oportunidade?.** Rio de Janeiro: Interciência, 2009.

RIBEIRO, H.; BESEN, G.R. Panorama da coleta seletiva no Brasil – desafios e perspectivas a partir de 3 estudos de caso. **Revista Interfaces**, São Paulo, v. 2, n. 4, artigo 1, mai/ago. 2007.

ROSEN, G. **Uma história da saúde pública**. 3 ed. São Paulo: Hucitec, 2006.

SANTA BÁRBARA DO PARÁ. **Lei Complementar n. 003, de 21 de setembro de 2006**. Institui o Plano Diretor do município de Santa Bárbara do Pará e dá outras providências. Diário Oficial do Município, 2006. Disponível em: <<http://www.santabarbara.mg.gov.br/>>. Acesso em: 18 jan. 2016.

_____. SECRETARIA MUNICIPAL DE MEIO AMBIENTE. **Plano Municipal de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos (PMGIRS)**. Santa Bárbara: Comissão do PMGIRS, 2012. 82p.

SANTOS, Jaqueline Sarmiento dos. **Gerenciamento de resíduos sólidos como instrumento de gestão ambiental na Universidade Federal do Pará**. 2012. 125f. Dissertação (Mestrado em Gestão de Recursos Naturais e Desenvolvimento Local na Amazônia) – Universidade Federal do Pará, 2012.

SCHALCH, V. **Gestão de resíduos sólidos**. Apostila – Universidade de Ribeirão Preto (UNAERP). Ribeirão Preto, 2014.

TEIXEIRA, A. C. W. **Região Metropolitana: instituição e gestão contemporânea**. Belo Horizonte: Fórum, 2005.

TEIXEIRA et al. **Compostagem de lixo orgânico no município de Barcarena, Pará**. Belém. Embrapa Amazônia Oriental, 2000. 25p. (Embrapa Amazônia Oriental. Documento, 59). 2000.

UNITED NATIONS. **Developing Integrated Solid Waste, Management Plan, Training Manual, Assessment of Current Waste Management System and Gaps therein. Osaka/Shiga**. v. 2. Japan, 2009.

VILHENA, A. **Lixo Municipal: Manual de Gerenciamento Integrado**. São Paulo: CEMPRE, 2010. 350 p.