

Universidade Federal do Rio Grande do Sul
Instituto de Pesquisas Hidráulicas e Escola de Engenharia
Curso de Engenharia Ambiental

Luisa Alberti

**Proposta de Melhoria no Gerenciamento de Resíduos Sólidos para
o Município de Mariana Pimentel/RS**

Porto Alegre
2021

Luisa Alberti

**Proposta de Melhoria no Gerenciamento de Resíduos Sólidos para
o Município de Mariana Pimentel/RS**

Trabalho de Conclusão apresentado
ao curso de Engenharia Ambiental
da Universidade Federal do Rio
Grande do Sul como parte dos
requisitos para a obtenção do título
de Engenheira Ambiental.

Orientadora: Maria Cristina de
Almeida Silva

Porto Alegre
2021

CIP - Catalogação na Publicação

Alberti, Luisa
Proposta de Melhoria no Gerenciamento de Resíduos
Sólidos para o Município de Mariana Pimentel/RS /
Luisa Alberti. -- 2021.
68 f.
Orientadora: Maria Cristina de Almeida Silva.

Trabalho de conclusão de curso (Graduação) --
Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Instituto
de Pesquisas Hidráulicas, Curso de Engenharia
Ambiental, Porto Alegre, BR-RS, 2021.

1. Resíduos Sólidos. 2. Coleta Seletiva. 3.
Gerenciamento de Resíduos Sólidos. 4. Saneamento
Básico. I. de Almeida Silva, Maria Cristina, orient.
II. Título.

AGRADECIMENTOS

Agradeço à Professora Maria Cristina, orientadora deste trabalho, por toda a atenção, dedicação e suporte dado no processo. Agradeço também a todos que participaram do grupo de pesquisa de diagnóstico da cidade.

Agradeço aos meus amigos, que sempre se fizeram presentes, inclusive neste período intenso de finalização de curso.

Agradeço à toda minha família, especialmente aos meus pais e minha irmã, por todo apoio, carinho e por sempre acreditarem em mim. Vocês são a base dessa conquista e serei eternamente grata.

RESUMO

A geração de resíduos sólidos urbanos vem aumentando com o crescimento populacional. Tal questão é importante de ser discutida, uma vez que a disposição incorreta desses materiais pode ocasionar diversos problemas ao meio ambiente e ao ser humano. Por isso, foram estipuladas Leis e Normativas e elaborados manuais que auxiliam os municípios na correta gestão desses resíduos. O município de Mariana Pimentel, tendo em vista o cumprimento das diretrizes estabelecidas pela Lei Federal nº 11.445, de 05 de janeiro de 2007, é a cidade alvo deste estudo. Após diagnóstico feito pela UFRGS (2021), constatou-se que existem diversas oportunidades de melhoria no gerenciamento de resíduos sólidos do município. Tais oportunidades são abordadas neste trabalho, onde foram sugeridas rotas de coletas para resíduos sólidos urbanos recicláveis e não recicláveis, bem como novos coletores de resíduos, propostas de educação ambiental, e a proposta de um sistema de coleta seletiva. Objetivou-se dimensionar um sistema onde a coleta fosse feita no menor tempo possível, buscando rotas mais eficientes. Além disso, as lixeiras sugeridas foram pensadas unindo o atendimento à norma à viabilidade econômica para o município. Ademais, para o sistema de coleta seletiva dimensionado, que visa o benefício ao meio ambiente e à população, foram calculados os custos para sua implementação e manutenção. Por fim, entende-se que para o sucesso do sistema de coleta seletiva, são necessárias ações de educação ambiental, que tem como objetivo à instrução e sensibilização da população, que é um dos pilares para a sustentação do sistema de coleta seletiva.

Palavras-chave: resíduos sólidos, gerenciamento de resíduos, coleta seletiva, educação ambiental.

ABSTRACT

The generation of urban solid waste has been increasing with population growth. This issue is important to be discussed, since the incorrect disposal of these materials can cause several problems to the environment and to human beings. Therefore, Laws and Regulations were stipulated and manuals were made to help cities to carry out the correct solid waste management. The city of Mariana Pimentel, in view of complying with the guidelines established by the Federal Law No. 11.445, is the object city of this study. After a diagnosis made by UFRGS (2021), it was found that there are several opportunities for improvement in solid waste management in the city. Such opportunities are addressed in this work, where collection routes for recyclable and non-recyclable urban solid waste were suggested, as well as new waste collectors, proposals for environmental education, and the proposal for a selective collection system. The objective was to scale a system where the collection was done in the shortest time possible, looking for more efficient routes. In addition, the suggested dumps were designed with a view to meeting the standard and the economic viability for the city. Furthermore, for the selective collection system, which aims to benefit the environment and the population, the costs for its implementation and maintenance were calculated. Finally, it is understood that for the success of the selective collection system, environmental education actions are needed, which aim to educate and raise awareness of the population, which is one of the pillars to support the selective collection system.

Keywords: solid waste, waste management, selective collection, environmental education.

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Classificação Resíduos NBR 10004:2004	16
Tabela 2. Classificação dos resíduos de acordo com Manual de Gerenciamento Integrado do CEMPRE	18
Tabela 3. Código de Cores para Segregação de Resíduos Sólidos em PEVs	23
Tabela 4. Análise Gravimétrica dos Resíduos de Mariana Pimentel	36
Tabela 5. Porte dos galpões	43
Tabela 6. Equipamentos Galpão de Triagem	43
Tabela 7. Tamanho das instalações auxiliares	43
Tabela 8. Áreas das unidades	44
Tabela 9. Peso e Volume dos Resíduos de Mariana Pimentel	45
Tabela 10. Volume estimado em cada coletor	47
Tabela 11. Parâmetros das Rotas	50
Tabela 12. Dimensões Baias de Recicláveis	55
Tabela 13. Preços componentes do sistema de coleta seletiva	56
Tabela 14. Custos mensais coleta seletiva	57
Tabela 15. Iniciativas de Educação Ambiental	59

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Localização de Mariana Pimentel	30
Figura 2. Coletor presente no município.	34
Figura 3. Coleta dos Resíduos Sólidos.	34
Figura 4. Metodologias do Trabalho.....	38
Figura 5. Container de Plástico 500L, sem pedal, com rodas e dreno (NBR 15911-3).....	46
Figura 6. Localização dos Coletores de RSU.....	48
Figura 7. Coletores de RSU e Área de Atendimento	49
Figura 8. Rotas de Coleta RSU para Mariana Pimentel	50
Figura 9. Horto Municipal.....	52
Figura 10. Horto Municipal, Usina de Triagem e Compostagem	53
Figura 11. Caminhão basculante para coleta dos resíduos recicláveis	54
Figura 12. Representação da Esteira de Triagem	55
Figura 13. Baias de Recicláveis	56

1.	INTRODUÇÃO	10
2.	OBJETIVO GERAL	12
	2.1. Objetivos Específicos	12
3.	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	13
	3.1. Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS)	13
	3.2. Plano de Saneamento Básico	14
	3.3. Marco do Saneamento	15
	3.4. Resíduos Sólidos	16
	3.4.1. Gerenciamento de Resíduos Sólidos	21
	3.4.1.1. Acondicionamento e coleta	21
	3.4.1.2. Processamento	23
	3.4.1.3. Disposição final	25
	3.5. Coleta Seletiva e Reciclagem.....	26
	3.6. Educação Ambiental	28
4.	CARACTERIZAÇÃO DO MUNICÍPIO DE MARIANA PIMENTEL	30
	4.1. Infraestrutura.....	30
	4.2. Demografia	31
	4.3. Manejo de Resíduos Sólidos.....	32
	4.3.1. Estudo Gravimétrico dos Resíduos	35
5.	METODOLOGIA	38
	5.2. Pontos e Rotas de Coleta	39
	5.3. Coleta Seletiva	40
6.	RESULTADOS E DISCUSSÃO	45
	6.1. Disposição de Resíduos.....	45
	6.2. Itinerários de coleta	48
	6.3. Coleta Seletiva	50
	6.4. Educação Ambiental	58
7.	CONCLUSÃO	63
8.	REFERÊNCIAS	65

1. INTRODUÇÃO

De acordo com a ABRELPE (2016), em 2016 cerca de 38% dos brasileiros ainda não contavam com acesso à coleta e destinação correta de seus resíduos. A disposição incorreta de resíduos pelos municípios pode ocasionar diversas consequências, como a contaminação do ar, do solo, das águas superficiais e subterrâneas, criação de focos de organismos patogênicos, vetores de transmissão de doenças, com sérios impactos na saúde pública (SCHALCH, 2002).

Contudo, apesar da geração e destinação de resíduos ainda ser uma problemática no Brasil, esta questão tomou um novo rumo no ano de 2010, após a implementação da Lei Federal nº 12.305, de 02 de agosto de 2010, a Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS). A Lei supracitada surgiu com o intuito de reduzir a quantidade de resíduos direcionada para aterros e lixões, através da redução da geração e da implementação de práticas de reutilização e reciclagem. Ainda, a PNRS prevê a elaboração de Planos de Resíduos Sólidos diferentes para cada esfera do governo - ou seja, planos federais, estaduais, regionais, intermunicipais e municipais.

Além do respaldo promovido pela Lei Federal nº 12.305, de 02 de agosto de 2010, a Lei Federal nº 11.445, de 05 de janeiro de 2007, que estabelece as diretrizes nacionais para o saneamento básico, menciona, em seu Artigo 52º, que o Plano Regional de Saneamento Básico deve ser elaborado e executado em articulação com os Estados, Distrito Federal e Municípios envolvidos para as regiões integradas de desenvolvimento econômico. Na mesma Lei também é estabelecido que *“Os planos devem ser elaborados com horizonte de 20 (vinte) anos, avaliados anualmente e revisados a cada 4 (quatro) anos, preferencialmente em períodos coincidentes com os de vigência dos planos plurianuais (BRASIL, 2007)”*.

Neste sentido, o Manual de Gerenciamento Integrado do Lixo Municipal do CEMPRE (2018), estabelece que gerenciar o lixo de forma integrada é *“limpar o município por meio de um sistema de coleta e transporte adequado e tratar o lixo utilizando tecnologias compatíveis com a realidade local”*. Ainda de acordo com o manual, entende-se que é através de pequenas melhorias, mantidas consistentemente durante os anos, que o sucesso da boa gestão será alcançado.

Referente ao gerenciamento de resíduos sólidos, o município de Mariana Pimentel, localizado no Rio Grande do Sul, possui diversas possibilidades de melhoria. A crescente preocupação com saneamento básico também faz parte das tratativas que a prefeitura do município tem como prioridade, e as alternativas abrangidas pela Lei Federal nº 12.305, de 02 de agosto de 2010, podem ser implementadas, sempre tendo em vista a realidade e necessidade do município.

Portanto, entende-se que unindo as necessidades do município às ferramentas disponibilizadas pela legislação, é possível criar sugestões de melhoria para o gerenciamento de resíduos da cidade de Mariana Pimentel.

2. OBJETIVO GERAL

Propor alternativas para melhoria no sistema de gerenciamento de resíduos sólidos já existente para a zona urbana da cidade de Mariana Pimentel.

2.1. Objetivos Específicos

- a) Propor uma nova forma de disposição de resíduos pela população de Mariana Pimentel, em conformidade com a Política Nacional de Resíduos Sólidos, condizente com as condições políticas e sociais da cidade;
- b) Elaborar itinerários de coleta de resíduos para a zona urbana da cidade, tendo em vista uma solução a curto prazo;
- c) Propor programas de Educação Ambiental para o município, tendo como base ações já realizadas em outros locais;
- d) Elaborar um programa de coleta seletiva em conjunto com a instalação de uma usina de triagem para a população da zona urbana;
- e) Realizar uma estimativa sintetizada dos custos necessários para a implementação da coleta seletiva.

3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

A tarefa de gerenciar os resíduos sólidos urbanos demanda diferentes ações, que devem ser prioridade entre os municípios (CEMPRE, 2018). Dentre os principais desafios citados no Manual do Lixo Municipal disponibilizado pelo CEMPRE, é mencionada a dificuldade em encontrar soluções para o tratamento e destinação do lixo em pequenas e médias comunidades com poucos recursos.

Ainda de acordo com o Manual do CEMPRE, o gerenciamento integrado é uma das principais maneiras de alcançar alternativas para uma destinação adequada dos Resíduos Sólidos Urbanos. Desta forma, um bom planejamento de coleta, levando-se em consideração as particularidades de cada município, é essencial para o sucesso.

3.1. Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS)

Os resíduos sólidos urbanos são uma grande preocupação atual devido ao crescimento da sua geração, em consequência do aumento populacional. Sua disposição incorreta pode ocasionar diversos problemas, como contaminação do solo, ar e água, atração de animais vetores de doenças, prejudiciais à população, além de causarem desconforto à população que precisa conviver nas redondezas (SILVA, 2007). Além disso, grande parte dos resíduos tratados como rejeitos têm potencial para reciclagem, para tornar-se matéria prima ou fonte de renda para algumas famílias (CEMPRE, 2018).

Entre 2010 e 2019, a geração de RSU no Brasil apresentou um considerável aumento, passando de 67 milhões para 79 milhões de toneladas por ano. Por sua vez, a geração *per capita* aumentou de 348 kg/ano para 379 kg/ano. Em contrapartida, a cobertura de coleta de resíduos teve um incremento, passando de 88% para 92% nos anos de 2010 até 2019 (EMBRAPA, 2020).

Após a Conferência das Nações Unidas sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento Sustentável, em 1992, ocorrida no Rio de Janeiro, os países participantes assumiram o compromisso de criar políticas públicas para o desenvolvimento sustentável (ONU, 1992). A geração e gestão de resíduos sólidos foi bastante discutida, e a partir de então deu-se início a elaboração da Política Nacional dos Resíduos Sólidos (PNRS). Com a instituição da Lei Federal nº 12.305, de 02 de

agosto de 2010, (que altera a Lei Federal nº 9.605 de 1998; e dá outras providências), o gerenciamento de resíduos sólidos urbanos no Brasil passou a ter uma nova perspectiva.

Tal legislação dispõe sobre o conjunto de princípios, objetivos, instrumentos, diretrizes, metas e ações adotadas pelo Governo Federal, além das obrigações dos órgãos geradores e dos cidadãos, tendo em vista a gestão correta e ambientalmente favorável dos resíduos sólidos. De maneira sucinta, o documento visa propor soluções para a não geração, coleta seletiva, recuperação, reciclagem e a disposição final dos resíduos sólidos urbanos, através da proposição de práticas de consumo sustentável em conjunto com instrumentos estabelecidos na lei.

A Lei Federal nº 12.305, de 02 de agosto de 2010, ainda estabelece diretrizes em todos os níveis, desde federal até o municipal. É possível, desta forma, contemplar a gestão de resíduos sólidos no Plano Municipal de Saneamento Básico do município de Mariana Pimentel.

3.2. Plano de Saneamento Básico

De acordo com a Organização Mundial da Saúde (2018), saneamento básico é o gerenciamento ou controle dos fatores físicos que podem exercer efeitos nocivos ao homem, prejudicando seu bem-estar físico, mental e social. Entende-se, portanto, que iniciativas de saneamento básico são importantes para manutenção da saúde da população.

A Lei Federal nº 11.445, de 05 de janeiro de 2007, estabelece que saneamento básico é *“o conjunto de serviços públicos, infraestruturas e instalações operacionais de: abastecimento de água potável, esgotamento sanitário, limpeza urbana e manejo de resíduos sólidos e drenagem e manejo das águas pluviais urbanas”*. Logo, nota-se que o manejo de resíduos sólidos é um importante pilar na manutenção de saúde pública através dos planos de saneamento.

A Lei supracitada estabelece no seu Artigo 19 alguns conteúdos mínimos que os serviços públicos de saneamento devem contar, são eles:

- *“I - diagnóstico da situação e de seus impactos nas condições de vida, utilizando sistema de indicadores sanitários, epidemiológicos, ambientais e socioeconômicos e apontando as causas das deficiências detectadas;*

- *II - objetivos e metas de curto, médio e longo prazos para a universalização, admitidas soluções graduais e progressivas, observando a compatibilidade com os demais planos setoriais;*
- *III - programas, projetos e ações necessárias para atingir os objetivos e as metas, de modo compatível com os respectivos planos plurianuais e com outros planos governamentais correlatos, identificando possíveis fontes de financiamento;*
- *IV - ações para emergências e contingências;*
- *V - mecanismos e procedimentos para a avaliação sistemática da eficiência e eficácia das ações programadas.”*

Contudo, municípios com a população inferior a 20.000 habitantes não são obrigados a apresentarem um plano de saneamento completo com os itens mencionados anteriormente. Estas cidades podem elaborar um plano simplificado, que terá menor nível de detalhamento do que o proposto no Artigo 19 da referida Lei.

3.3. Marco do Saneamento

A Lei Federal nº 14.026, de 15 de julho de 2020, também chamada de novo Marco do Saneamento Básico, foi sancionada em julho de 2020, e tem como meta garantir que, até 2033, 90% da população tenha acesso ao tratamento e à coleta de esgoto e 99% tenha acesso à água potável. Uma vez que atualmente cerca de 35 milhões de brasileiros não têm acesso à água tratada e mais de 100 milhões não contam com o serviço de coleta de esgoto, entende-se que a meta proposta pelo novo marco é bastante ambiciosa.

Além disso, a principal medida do projeto de lei é a obrigatoriedade de haver concorrência nas contratações de serviços na área de saneamento básico. Após o marco, os municípios são obrigados a abrir licitações para contratação do serviço, o que amplia a entrada de empresas do setor privado neste mercado. Antes do marco, os municípios podiam optar por firmar Contratos de Programa, ou seja, contratação de serviços de empresas públicas sem a abertura de uma licitação. É preocupante o fato de existirem municípios não tão atrativos financeiramente, onde as empresas privadas não terão interesse em firmar seus investimentos, e sofrerão com condições precárias de saneamento (SOUZA,2020).

3.4. Resíduos Sólidos

De acordo com o Manual de Gerenciamento Integrado do CEMPRE (2018), denomina-se resíduo (ou lixo) os restos das atividades humanas, considerados pelos geradores como inúteis, indesejáveis e descartáveis. Normalmente, apresentam-se sob estado sólido, semi-sólido ou semilíquido (CEMPRE, 2018).

Ainda, a Lei Federal nº 12.305, de 02 de agosto de 2010, define resíduos sólidos como *“material, substância, objeto ou bem descartado resultante de atividades humanas em sociedade, a cuja destinação final se procede, se propõe proceder ou se está obrigado a proceder, nos estados sólido ou semissólido, bem como gases contidos em recipientes e líquidos cujas particularidades tornem inviável o seu lançamento na rede pública de esgotos ou em corpos d’água, ou exijam para isso soluções técnica ou economicamente inviáveis em face da melhor tecnologia disponível”*.

Em concordância com a Lei, a Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT), através da NBR 10004:2004, define que resíduos sólidos são *“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 técnica e economicamente inviáveis em face à melhor tecnologia disponível”*. A mesma norma também classifica os resíduos sólidos de acordo com a sua origem e periculosidade. Na Tabela 1 são apresentadas as classificações e respectivas explicações.

Tabela 1. Classificação Resíduos NBR 10004:2004

Classificação	Descrição
Resíduos Classe I Perigosos	<p>Apresentam periculosidade em função de suas características físicas, químicas ou infecto-contagiosas.</p> <ul style="list-style-type: none"> ● Risco a saúde pública, provocando mortalidade ou incidência de doenças; ● Riscos ao meio ambiente, contaminação do solo, água ou ar. <p>Esses resíduos são classificados de acordo com sua inflamabilidade, toxicidade, patogenicidade, reatividade e</p>

Classificação	Descrição
	corrosividade.
Resíduos Classe II-A Não perigosos, não inertes	No geral, os resíduos classe II englobam materiais como papel, papelão, borracha, plástico polimerizado, minerais não-metálicos, metais ferrosos e não ferrosos, restos de alimentos e afins. Em sua maioria, os resíduos sólidos urbanos enquadram-se nessa classificação. Os resíduos Classe IIA são aqueles que não se enquadram nas classificações de resíduos classe I - Perigosos ou de resíduos classe II B - Inertes. Podem apresentar características como biodegradabilidade, combustibilidade e solubilidade em água.
Resíduos Classe II-B Não perigosos, inertes	De acordo com a norma, são <i>“quaisquer resíduos que, quando amostrados de uma forma representativa, segundo a ABNT NBR 10007, e submetidos a um contato dinâmico e estático com água destilada ou desionizada, à temperatura ambiente, conforme ABNT NBR 10006, não tiverem nenhum de seus constituintes solubilizados a concentrações superiores aos padrões de potabilidade de água, excetuando-se aspecto, cor, turbidez, dureza e sabor”</i> .

Fonte: adaptado de NBR 10004:2004 (2004)

A ABNT define, ainda, outras normas relacionadas à classificação dos resíduos sólidos. São eles:

- NBR 10005: Procedimento para obtenção de extrato lixiviado de resíduos sólidos, que normatiza o ensaio utilizado para classificação quando à toxicidade do resíduo
- NBR 10006: Procedimento para obtenção de extrato solubilizado de resíduos sólidos, utilizado para verificação quanto à classificação relacionada à sua condição de inerte ou não (Classe II-A ou II-B da NBR 10004)
- NBR 10007: Amostragem de resíduos sólidos, que define procedimentos de amostragem que serão utilizados nos ensaios de inflamabilidade, corrosividade, reatividade, toxicidade, patogenicidade e solubilidade (Classe II-A ou II-B, NBR 10004)
- NBR 12808: Resíduos de serviço de saúde – Classificação, que classifica os resíduos de serviços de saúde quanto aos riscos potenciais ao meio ambiente e à saúde pública

Quanto à sua origem, os resíduos sólidos urbanos (RSU) são classificados também de acordo com o Manual de Gerenciamento Integrado do CEMPRE (2018), que define a divisão como: domiciliar, comercial, varrição e feiras livres, serviços de

saúde e hospitalar, portos, aeroportos e terminais ferroviários e rodoviários, industriais, agrícolas e entulhos. A Tabela 2 abaixo, adaptada do manual, apresenta as classificações e suas respectivas definições.

Tabela 2. Classificação dos resíduos de acordo com Manual de Gerenciamento Integrado do CEMPRE

Classificação	Definição	Responsável
Domiciliar	Originado na vida diária das residências, constituído por restos de alimentos, produtos deteriorados, jornais e revistas, garrafas, embalagens em geral, papel higiênico, fraldas descartáveis e uma grande diversidade de outros itens.	Prefeitura
Comercial	Originado nos diversos estabelecimentos comerciais e de serviços, tais como supermercados, estabelecimentos bancários, lojas, bares, restaurantes, entre outros.	Prefeitura
Público	Originado dos serviços de limpeza pública urbana, incluindo-se todos os resíduos de varrição das vias públicas; limpeza de praias; limpeza de galerias, córregos e terrenos; restos de podas de árvores; corpos de animais, entre outros.; e limpeza de áreas de feiras livres, constituído por restos vegetais diversos, embalagens, entre outros.	Prefeitura
Hospitalar	Constituem os resíduos sépticos, ou seja, aqueles que contêm ou potencialmente podem conter germes patogênicos, oriundos de locais como: hospitais, clínicas, laboratórios, farmácias, clínicas veterinárias, postos de saúde, entre outros. Trata-se de agulhas, seringas, gazes, bandagens, algodões, órgãos e tecidos removidos, meios de culturas e animais usados em testes, sangue coagulado, luvas descartáveis, remédios com prazo de validade vencido, instrumentos de resina sintética, filmes fotográficos de raios X, entre outros.	Gerador
Portos, Aeroportos e Terminais Rodoviários e Ferroviários	Resíduos sépticos, ou seja, aqueles que contêm ou potencialmente podem conter germes patogênicos, produzidos nos portos, aeroportos e terminais rodoviários e ferroviários. Basicamente, constituem-se de materiais de higiene, asseio pessoal e restos de alimentos, os quais podem veicular doenças provenientes de outras cidades, estados e países.	Gerador
Industrial	Aquele originado nas atividades dos diversos ramos da indústria, tais como metalúrgica, química, petroquímica, papelreira, alimentícia, entre outros.	Gerador

Classificação	Definição	Responsável
	Grande parte constituída por resíduos classe I.	
Agrícolas	São resíduos sólidos das atividades agrícolas e da pecuária. Incluem embalagens de fertilizantes e de defensivos agrícolas, rações, restos de colheita, entre outros.	Gerador
Entulho	Resíduo da construção civil, composto por materiais de demolições, restos de obras, solos de escavações diversas, entre outros. Geralmente é um material inerte, passível de reaproveitamento, porém, geralmente contém uma vasta gama de materiais que podem lhe conferir toxicidade, com destaque para os restos de tintas e de solventes, peças de amianto e metais diversos, cujos componentes podem ser remobilizados caso o material não seja disposto adequadamente.	Gerador

Fonte: adaptado de Manual de Gerenciamento Integrado do CEMPRE (2018).

Existem ainda classificações distintas para resíduos que não os urbanos. Os resíduos provenientes da construção civil, por exemplo, são classificados de acordo com as CONAMA nº 307/2002, 348/2004 e 431/2011, da seguinte forma:

- Classe A: resíduos reutilizáveis ou recicláveis como agregados, tais como:
 - de construção, demolição, reformas e reparos de pavimentação de outras obras de infraestrutura, inclusive solos provenientes de terraplanagem;
 - de construção, demolição, reformas e reparos de edificações tais como componentes cerâmicos (tijolos, blocos, telhas, placas de revestimento), argamassa e concreto;
 - de processo de fabricação e/ou demolição de peças pré-moldadas em concreto (blocos, tubos, meios-fios) produzidas nos canteiros de obras;
- Classe B: resíduos recicláveis para outras destinações, tais como plásticos, papel, papelão, metais, vidros, madeiras e gesso;
- Classe C: resíduos para os quais não foram desenvolvidas tecnologias ou aplicações economicamente viáveis que permitam sua reciclagem/recuperação;
- Classe D: resíduos perigosos oriundos do processo de construção, tais como tintas, solventes, óleos, amianto e outros, ou aqueles contaminados oriundos

de demolições, reformas e reparos de clínicas radiológicas, instalações industriais e outros.

Os resíduos provenientes de serviços de saúde, por sua vez, são regulamentados de acordo com a CONAMA, que define que resíduos de saúde são *“todos aqueles resultantes de atividades exercidas nos serviços definidos no art. 1º desta Resolução que, por suas características, necessitam de processos diferenciados em seu manejo, exigindo ou não tratamento prévio à sua disposição final”*. O art. 1º, por sua vez, define resíduos de saúde como os *“serviços relacionados com o atendimento à saúde humana ou animal, inclusive os serviços de assistência domiciliar e de trabalhos de campo; laboratórios analíticos de produtos para saúde; necrotérios, funerárias e serviços onde se realizem atividades de embalsamamento (tanatopraxia e somatoconservação); serviços de medicina legal; drogarias e farmácias inclusive as de manipulação; estabelecimentos de ensino e pesquisa na área de saúde; centros de controle de zoonoses; distribuidores de produtos farmacêuticos; importadores, distribuidores e produtores de materiais e controles para diagnóstico in vitro; unidades móveis de atendimento à saúde; serviços de acupuntura; serviços de tatuagem, entre outros similares”*.

Os resíduos especiais, classificados de acordo com a Política Nacional de Resíduos Sólidos, devem ser destinados de acordo com sistemas de logística reversa, estruturados pelos fabricantes, importadores, distribuidores e comerciantes destes materiais. São classificados como resíduos especiais os agrotóxicos, seus resíduos e embalagens, bem como outros produtos cuja embalagem constitua risco após o seu uso, observada as regras de gerenciamento de resíduos perigosos previstas em lei; pilhas e baterias; pneus; óleos lubrificantes, seus resíduos e embalagens; lâmpadas fluorescentes e seus componentes; e produtos eletroeletrônicos e seus componentes.

A Política Nacional de Resíduos Sólidos define ainda que resíduos industriais são os gerados nos processos produtivos e instalações industriais. De acordo com a Norma Regulamentadora 25, *“os resíduos industriais devem ter destino adequado, sendo proibido o lançamento ou a liberação no ambiente de trabalho de quaisquer contaminantes que possam comprometer a segurança e saúde dos trabalhadores”*.

3.4.1. Gerenciamento de Resíduos Sólidos

Segundo Adriana Lopes (2003), o gerenciamento integrado de resíduos sólidos é definido como todas as operações que envolvam resíduos, como a coleta, tratamento e disposição final. Em conformidade com a autora, a Política Nacional de Resíduos Sólidos define, no Capítulo II, Artigo 3º, o Gerenciamento de resíduos sólidos como *“conjunto de ações exercidas, direta ou indiretamente, nas etapas de coleta, transporte, transbordo, tratamento e destinação final ambientalmente adequada dos resíduos sólidos e disposição final ambientalmente adequada dos rejeitos, de acordo com plano municipal de gestão integrada de resíduos sólidos ou com plano de gerenciamento de resíduos sólidos, exigidos na forma desta Lei”*

Dessa forma, faz-se necessário a definição das etapas que constituem o Gerenciamento de Resíduos Sólidos. A Lei Federal nº 14.026, de 15 de julho de 2020, no seu artigo 3º, define que os serviços de manejo de resíduos sólidos são *“constituídos pelas atividades e pela disponibilização e manutenção de infraestruturas e instalações operacionais de coleta, transporte, transbordo, tratamento e destinação final ambientalmente adequada dos resíduos sólidos domiciliares e dos resíduos de limpeza urbana”*. De acordo com o Manual de Gerenciamento de Resíduos Sólidos, o Sistema de Gerenciamento é composto pelas etapas de:

- Acondicionamento e coleta;
- Processamento;
- Disposição final;
- Tratamento de Efluentes Líquidos de Aterros Sanitários.

Ainda de acordo com o Manual, antes da fase de coleta externa de resíduos, é importante a conscientização da população, uma vez que na etapa precedente, os resíduos devem ser armazenados em local que evite acidentes, proliferação de insetos, odores e impacto visual.

3.4.1.1. Acondicionamento e coleta

Uma vez depositados nos recipientes externos, os resíduos passam a ser responsabilidade do município, e o acondicionamento deve ser dimensionado de acordo com a quantidade, composição e frequência de coleta. De acordo com o

Manual de Gerenciamento de Resíduos Sólidos do IBAM (2001), acondicionar os resíduos sólidos é *“prepará-los para a coleta de forma sanitariamente adequada, como ainda compatível com o tipo e a quantidade de resíduos”*.

Ainda de acordo com o IBAM, a importância de um acondicionamento correto dos resíduos se dá em:

- evitar acidentes;
- evitar a proliferação de vetores;
- minimizar o impacto visual e olfativo;
- reduzir a heterogeneidade dos resíduos (no caso de haver coleta seletiva);
- facilitar a realização da etapa da coleta.

Dessa forma, para o resíduo ser coletado é necessário que ele seja acondicionado em recipientes que permitam o manejo seguro de uma quantidade acumulada.

A coleta, por sua vez, é feita por caminhões e funcionários, que atuam em conjunto no recolhimento e transporte do resíduo. É importante, nesta etapa, um bom dimensionamento de rotas tendo em vista as condições do local. Um planejamento ineficiente destas rotas pode acarretar custos elevados.

Para elaboração de tal plano é necessário conhecer os seguintes elementos: fluxos nas diversas ligações da rede, nível de serviço atual, nível de serviço desejado, características sobre a carga e tipos de equipamento disponíveis e suas características (capacidade, fabricante, entre outros). Ainda, tratando-se das características da carga, os principais elementos a considerar são: peso e volume, densidade média, dimensões do veículo, nível de periculosidade, estado físico e compatibilidade do material (IBAM, 2001).

Pode existir ainda uma etapa intermediária entre a coleta e o tratamento dos resíduos, denominada estação de transbordo. Em caso de longas distâncias entre os locais de coleta e locais de destinação final, muitas vezes é recomendada a implementação dessas estações de transferência, em que o lixo coletado é passado de caminhões de médio porte (coletores) para carretas de maior porte (CEMPRE, 2018).

3.4.1.2. Processamento

A etapa de processamento do lixo engloba a sua segregação (em caso de coleta seletiva) como também o processo de reciclagem em si e outros tratamentos, como o térmico. De acordo com o Manual de Gerenciamento de Resíduos Sólidos do IBAM (2001), entre os processos que envolvem a reciclagem com segregação na fonte geradora, pode-se mencionar:

- Coleta seletiva porta a porta: trata-se da separação, pela população, dos materiais recicláveis existentes nos resíduos domésticos, possibilitando que posteriormente os mesmos sejam coletados por um veículo específico. Esta separação pode se dar através da separação individualizada dos recicláveis (papel, vidro, plástico e metais), ou pelo método bastante utilizado no qual a população segrega os materiais entre “secos” e “úmidos”. Nos locais em que a segregação é feita através desses dois grupos, a coleta é feita semanalmente através de um caminhão de carroceria aberta. Após a coleta, os resíduos devem seguir para uma etapa de triagem, onde serão segregados de acordo com o seu tipo e encaminhados para venda.
- Pontos de entrega voluntária (PEV): que consiste em contêineres estrategicamente posicionados em locais públicos, onde a população entrega voluntariamente os resíduos recicláveis, previamente segregados em suas residências. Esta modalidade de coleta requer uma separação mais criteriosa. De acordo com a Resolução CONAMA 275, de abril de 2001, os códigos de cores para esta modalidade de coleta são os citados na Tabela 3.

Tabela 3. Código de Cores para Segregação de Resíduos Sólidos em PEVs

Cor	Resíduo
Azul	Papel/papelão
Vermelho	Plástico
Verde	Vidro
Amarelo	Metal
Preto	Madeira

Cor	Resíduo
Laranja	Resíduos perigosos
Branco	Resíduos ambulatoriais e de serviços de saúde
Roxo	Resíduos radioativos
Marrom	Resíduos orgânicos
Cinza	Resíduo geral não reciclável ou misturado, ou contaminado não passível de separação

Fonte: CONAMA 275 de 2001

- Cooperativa de catadores: são associações que reúnem trabalhadores que atuam na separação de materiais recicláveis existentes no lixo. Os catadores trabalham nas ruas, vazadouros e aterros de lixo. Dentre as vantagens da utilização de cooperativas pode-se citar: geração de emprego e renda; resgate da cidadania dos catadores, em sua maioria moradores de rua; redução das despesas com os programas de reciclagem; organização do trabalho dos catadores nas ruas evitando problemas na coleta de lixo e o armazenamento de materiais em logradouros públicos; redução de despesas com a coleta, transferência e disposição final dos resíduos separados pelos catadores. O Manual de Gerenciamento de Resíduos Sólidos do IBAM (2001) menciona sobre a importância de que essa economia seja revertida às cooperativas de catadores, em forma de investimentos em infraestrutura (galpões de reciclagem, carrinhos padronizados, prensas, uniformes), permitindo a valorização dos produtos catados no mercado de recicláveis.

É necessário, muitas vezes, a atuação de usinas de triagem em conjunto com os sistemas de coleta seletiva. De acordo com o Manual do Lixo Urbano (2018), as Usinas de Triagem são usadas para a separação dos materiais recicláveis do lixo proveniente da coleta e transporte usual. É comum que ocorra simultaneamente à triagem dos materiais a compostagem da fração orgânica do resíduo.

Após coletado e segregado, o material reciclado deve seguir para a venda ou doação. De acordo com o Guia da Coleta Seletiva (2014), elaborado pelo CEMPRE, a venda ou doação é parte fundamental de todo o processo, pois garante o escoamento do material coletado e armazenado. O processo da reciclagem

propriamente dito pode se dar de diferentes formas, conforme o material que será reciclado, que pode tratar-se de plásticos, alumínio, metais ferrosos e outros metais, orgânicos, papel/papelão, borracha, vidro, madeira ou entulho. Importante ressaltar aqui que esse material passível de reciclagem comum não deve estar classificado como Resíduo Classe I, da NBR 10004, uma vez que em caso de resíduo perigoso ou contaminado, o material em questão deve ser tratado através de sistemas de logística reversa (NBR 10004, 2004).

3.4.1.3. Disposição final

Grande parte dos resíduos gerados atualmente ainda não seguem para reciclagem. Em 2020, 43 milhões de toneladas de resíduos foram destinados para aterro sanitário, e 29 milhões foram destinados a lixões ou aterros controlados (ABRELPE, 2020). A disposição final enquadra-se na última etapa do gerenciamento de resíduos sólidos urbanos, e pode se dar de três formas: aterro sanitário, aterro controlado e lixões. O Manual do Lixo Municipal define cada um dos tipos de destino da seguinte forma:

- Aterro sanitário: processo utilizado para a disposição de resíduos sólidos no solo, particularmente lixo domiciliar que, fundamentado em critérios de engenharia e normas operacionais específicas, permite um confinamento seguro em termos de controle de poluição ambiental e proteção à saúde pública;
- Aterro controlado: técnica de disposição de resíduos sólidos municipais no solo sem causar danos ou riscos à saúde pública e à sua segurança, minimizando os impactos ambientais. Esse método utiliza alguns princípios de engenharia para confinar os resíduos sólidos, cobrindo-os com uma camada de material inerte na conclusão de cada jornada de trabalho;
- Lixão: forma inadequada de disposição final de resíduos sólidos municipais, que se caracteriza pela simples descarga sobre o solo, sem medidas de proteção ao meio ambiente ou à saúde pública. O mesmo que descarga de resíduos a céu aberto ou vazadouro. A Lei Federal nº 12.305, de 02 de agosto de 2010, menciona, inclusive, que os Planos Nacionais e Estaduais de Resíduos Sólidos devem estabelecer metas para eliminação dos lixões.

3.5. Coleta Seletiva e Reciclagem

A preocupação com questões ambientais tem aumentado com o crescimento dos setores econômico e industrial. Destaca-se, neste sentido, principalmente o gerenciamento da produção, a logística reversa, coleta seletiva e a recuperação dos resíduos sólidos.

De acordo com o Manual de Gerenciamento Integrado do CEMPRE, estima-se hoje que a população mundial (mais de 7,4 bilhões de habitantes), esteja gerando entre 2 e 3 bilhões de toneladas de lixo por ano. No Brasil, sabe-se que a geração de resíduos atingiu cerca de 79,1 milhões de toneladas no ano de 2019, e que destes 79,1, apenas 72,7 são coletados (92%) (PANORAMA, 2020). Ainda, de acordo com a Pesquisa Ciclosoft disponibilizada pelo CEMPRE, aproximadamente 72,64% da população brasileira é atendida por sistemas de coleta seletiva. Já tratando-se dos municípios, no Brasil 73% das cidades apresentaram iniciativas de coleta em 2019 (Panorama, 2020).

Sabe-se, ainda, que a composição, quantidade e destinação dos resíduos gerados nas cidades variam entre os países, conforme o poder aquisitivo da população. Enquanto a Alemanha no ano de 2016 fez a reciclagem de 42% do lixo gerado (Eurostat, 2016), o índice no Brasil é bastante inferior, sendo aproximadamente 13% (CEMPRE, 2018). Ocorreu uma melhora, tratando-se de destinação final adequada dos resíduos sólidos urbanos. No Brasil, em 2010, 56,8% dos resíduos tiveram uma destinação adequada, indicador que melhorou em 2019, quando o índice de destinação correta atingiu 59,5%. (Panorama, 2020).

A disposição final em aterros sanitários é uma das alternativas de destinação final adequada ambientalmente e prevista na Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS). No Brasil, a maior parte dos Resíduos Sólidos Urbanos coletados segue para disposição em aterros sanitários. Na região sul esse índice não é diferente, uma vez que 70,6% dos resíduos são destinados à aterros sanitários, 18,3% seguem para aterros controlados e os 11,1% restantes para os “lixões” - esse último não é previsto em lei e não é considerado ambientalmente adequado, uma vez que não possui estruturas de controle e impedimento de contaminações (PANORAMA, 2020).

De acordo com o Anuário da Reciclagem de 2020, elaborado pela Associação Nacional dos Catadores e Catadoras de Materiais Recicláveis (ANCAT), existem

diversos benefícios que a coleta seletiva e reciclagem oferecem aos municípios, sejam econômicos ou ambientais. Pode-se citar, principalmente, a redução na poluição do solo, água e ar, uma vez que evita que o resíduo contamine o meio, e a reciclagem reduz a produção dos materiais virgens (plástico, alumínio), diminuindo as emissões ocasionadas pela extração desses materiais, uma vez que a matéria prima neste caso é o próprio resíduo. Existem, ainda, outros benefícios econômicos como a redução no custo de produção e a geração de renda, seja pela venda do material reciclado ou em razão da força de trabalho mobilizada para a coleta, transporte e triagem do material.

O Manual do Lixo Municipal elaborado pelo CEMPRE (2018), por sua vez, define a coleta seletiva de lixo como *“um sistema de recolhimento de materiais recicláveis, tais como papéis, plásticos, vidros, metais e “orgânicos”, previamente separados na fonte geradora”*. Um sistema de coleta seletiva pode ser gerido de diversas formas, a melhor delas é aquela que mais se adequa à realidade do município em questão. As quatro modalidades de coleta seletiva são: porta-a-porta (ou domiciliar), em postos de entrega voluntária, em postos de troca e por catadores. Ainda, de acordo com o Manual, a coleta seletiva oferece diversas vantagens, dentre elas:

- proporciona melhor qualidade dos materiais recuperados, dado que estes estão menos contaminados por outros materiais também contidos no lixo;
- permite articulações com catadores, empresas, associações ecológicas, escolas;
- reduz a quantidade de lixo que seguiria para disposição final.

A Lei Federal nº 12.305, de 02 de agosto de 2010, também menciona a coleta seletiva como um de seus instrumentos, juntamente com os sistemas de logística reversa e outras ferramentas relacionadas à implementação da responsabilidade compartilhada pelo ciclo de vida dos produtos. A Lei define, ainda, que os municípios que implantarem a coleta seletiva com a participação de cooperativas ou outras de associação de catadores de recicláveis terão prioridade no acesso aos recursos Federais destinados à serviços de limpeza urbana, e que um dos requisitos mínimos na elaboração de um PMGIRS é a implementação de metas de redução, reutilização, coleta seletiva e reciclagem.

3.6. Educação Ambiental

A Educação Ambiental no Brasil começou a ter reconhecimento na década de 1990, através da promulgação da Lei Federal nº 9.795, de 1999, que instituiu a Política Nacional de Educação Ambiental. A Lei define Educação Ambiental como “os processos por meio dos quais o indivíduo e a coletividade constroem valores sociais, conhecimentos, habilidades, atitudes e competências voltadas para a conservação do meio ambiente, bem de uso comum do povo, essencial à sadia qualidade de vida e sua sustentabilidade”.

Por isso, entende-se que a Educação Ambiental é fundamental para a formação de cidadãos conscientes de suas atitudes e do impacto delas no meio ambiente. De acordo com Tozoni-Reis (2008) “*A educação ambiental tem como pressuposto pedagógico a articulação entre o conhecimento sobre os processos ambientais, a intencionalidade dos sujeitos em sua relação com a natureza e a transformação social*”. Dessa forma é possível constatar o importante papel da Educação Ambiental no sentido de conferir uma participação ativa dos cidadãos, através do compromisso com o meio ambiente.

Além disso, a Lei Federal supracitada define os objetivos da Educação Ambiental. Estes estão relacionados abaixo:

I - o desenvolvimento de uma compreensão integrada do meio ambiente em suas múltiplas e complexas relações, envolvendo aspectos ecológicos, psicológicos, legais, políticos, sociais, econômicos, científicos, culturais e éticos;

II - a garantia de democratização das informações ambientais;

III - o estímulo e o fortalecimento de uma consciência crítica sobre a problemática ambiental e social;

IV - o incentivo à participação individual e coletiva, permanente e responsável, na preservação do equilíbrio do meio ambiente, entendendo-se a defesa da qualidade ambiental como um valor inseparável do exercício da cidadania;

V - o estímulo à cooperação entre as diversas regiões do País, em níveis micro e macrorregionais, com vistas à construção de uma sociedade ambientalmente equilibrada, fundada nos princípios da liberdade, igualdade, solidariedade, democracia, justiça social, responsabilidade e sustentabilidade;

VI - o fomento e o fortalecimento da integração com a ciência e a tecnologia;

VII - o fortalecimento da cidadania, autodeterminação dos povos e solidariedade como fundamentos para o futuro da humanidade.

Dessa forma, entende-se que é necessária uma ação conjunta de atividades de Educação com iniciativas de coleta seletiva, de maneira que esta primeira forneça embasamento à população, além de um maior esclarecimento sobre a importância do sistema de coleta seletiva para a existência de um ambiente sustentável. Tal entendimento é confirmado através do artigo 8º da PNRS, que define a Educação Ambiental como um de seus instrumentos.

4. CARACTERIZAÇÃO DO MUNICÍPIO DE MARIANA PIMENTEL

O município de Mariana Pimentel está localizado na zona leste do estado do Rio Grande do Sul, a 70 quilômetros de Porto Alegre, possui uma população de 3.888 habitantes e uma área de 338.450km² (IBGE, 2020). Na Figura 1 pode-se verificar a localização da cidade.

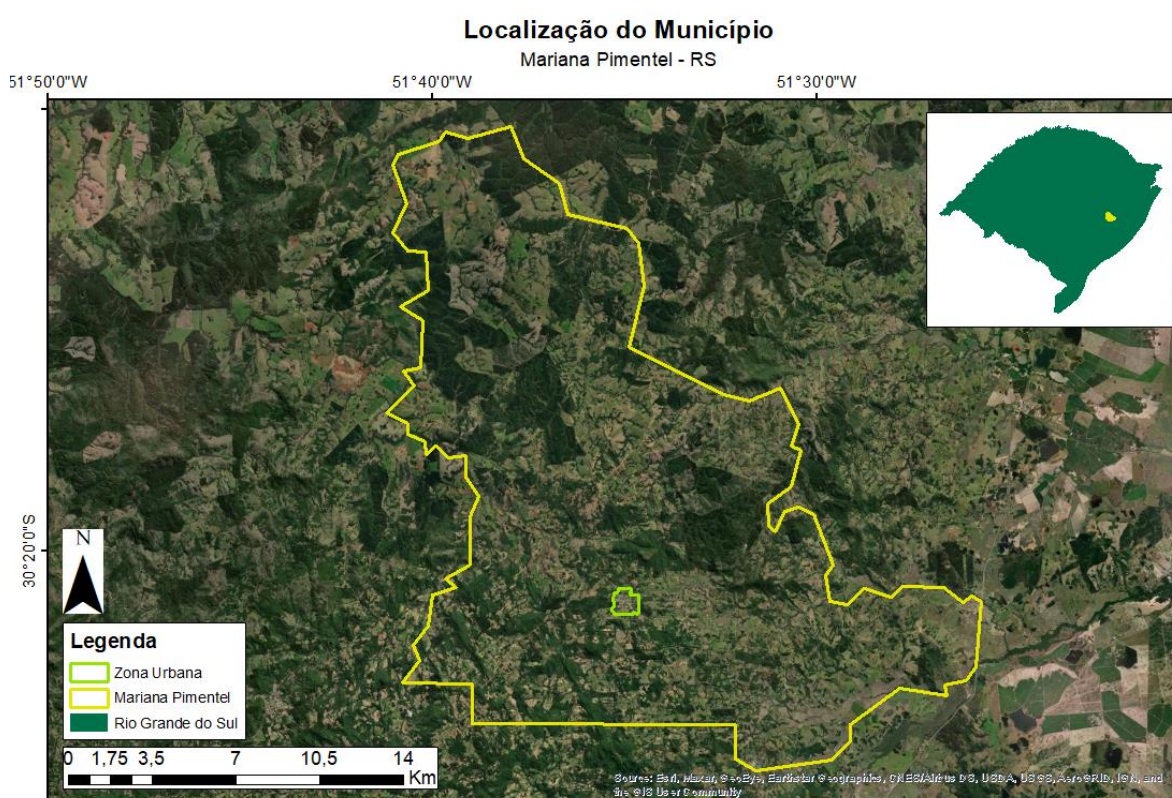


Figura 1. Localização de Mariana Pimentel (Fonte: a autora, 2021)

4.1. Infraestrutura

Boas condições de infraestrutura são importantes, não só para determinação do desenvolvimento de uma cidade, mas também para avaliação da capacidade de atender a certos projetos de saneamento.

Com relação à energia elétrica, o Censo de 2010 acusa que neste ano 99,31% de pessoas tinham acesso à eletricidade. Se comparado ao Censo de 2000, nota-se um significativo avanço deste indicador, uma vez que neste ano a proporção de pessoas com acesso à energia elétrica era de 95,32%.

Com relação à pavimentação, segundo dados do IBGE (2010), apenas 21,2% dos domicílios urbanos de Mariana Pimentel dispõem de urbanização adequada (presença de bueiro, calçada, pavimentação e meio-fio na rua). A pavimentação ocorre principalmente na zona urbana,

Tratando-se do saneamento básico, o poder público de Mariana Pimentel é atuante principalmente no eixo do abastecimento de água, de responsabilidade da CORSAN, e do recolhimento de resíduos sólidos, por meio da empresa contratada Goldani Transporte Ambiental Ltda. Entretanto, relata-se que esses sistemas são incompletos: 17% da população afirmam não ter coleta domiciliar de resíduos.

4.2. Demografia

De acordo com as estimativas do censo demográfico de 2020, a população da cidade de Mariana Pimentel neste ano era de 3.888 habitantes. Considerando-se uma área de 338.450km² de extensão, a densidade populacional é de 11,49 habitantes/km². Ainda, o Serviço Brasileiro de Apoio às Micro e Pequenas Empresas realizou um levantamento, em que constatou que apenas 18,9% da população da cidade reside na zona considerada urbana, ou seja, a cidade possui predominantemente comunidades rurais.

Outra importante constatação que pode ser feita através do Censo de 2010 é que 73,7% das habitações da cidade são consideradas ocupadas, sendo que o restante é composta majoritariamente por turistas (população flutuante). O mesmo censo aponta ainda que em 2010 o número de habitantes por domicílio era de 2,69. Tal fato afeta também os serviços de saneamento (fornecimento de água, tratamento de efluentes e coleta de resíduos).

Para posterior dimensionamento do sistema de coleta, é importante que seja realizada uma projeção populacional para a cidade. De acordo com estudo feito pela UFRGS em 2021, que utilizou dados do censo de 2000 e 2010, a população para o horizonte de projeto de 20 anos será de 3.878 habitantes no total, sendo 3.180 na zona rural e 701 na zona urbana.

4.3. Manejo de Resíduos Sólidos

Os resíduos sólidos urbanos (domiciliares e comerciais) da cidade de Mariana Pimentel são todos destinados ao aterro sanitário de Minas do Leão, localizado a aproximadamente 72 quilômetros do município. A cidade possui, ainda, o horto municipal, para onde são levados os resíduos provenientes das atividades de poda e da construção civil. Sendo assim, horto é utilizado como uma estação de transbordo, em que os referidos resíduos são encaminhados para aguardarem a destinação final.

Ainda que a prefeitura da cidade não possua um Plano de Gerenciamento de Resíduos Sólidos, existem algumas Leis Municipais que tangenciam o assunto. A Legislação Municipal vigente relacionada aos resíduos estão relacionadas abaixo:

- Lei Orgânica do Município de Mariana Pimentel que define como competência do município organizar e prestar diretamente ou sob regime de concessão ou permissão os serviços de limpeza pública, coleta domiciliar e destinação final do lixo.
- Lei nº498 de 24 de maio de 2007 institui o Plano Diretor do Município de Mariana Pimentel. O documento define, no Artigo 12, manejo como *“coleta, o transbordo e transporte, a triagem, o reaproveitamento, o reuso, a reciclagem, a compostagem, a incineração, o tratamento e a disposição final de resíduos sólidos urbanos; a varrição, a limpeza, a capina e a poda de árvores em vias e logradouros públicos e outros eventuais serviços pertinentes à limpeza urbana”*. O plano conta ainda com importantes diretrizes relacionadas aos resíduos, como:
 - *I - garantir o manejo dos resíduos sólidos de forma sanitária e ambientalmente adequada, a fim de proteger a saúde pública, a qualidade das águas subterrâneas e superficiais e a prevenção da poluição do solo e do ar, mediante a implementação da coleta seletiva e de outros mecanismos;*
 - *II - garantir a coleta, transporte e destino seletivo do lixo orgânico e do lixo seco;*
 - *III - desenvolver ações educativas sobre reciclagem e coleta seletiva dos resíduos sólidos, com a finalidade de conscientizar e estimular a população.*

- Plano Plurianual 2018/2021, no seu Anexo I, Programa 11 - Fortalecer Economia e Vínculos Rural e Urbano, o qual prevê ações como manter e implementar programa de destinação final dos resíduos, e reestruturar, implantar e manter a coleta seletiva dos resíduos sólido urbano e rural.

A coleta e transporte rodoviário até Minas do Leão dos resíduos sólidos domiciliares e comerciais da cidade é feito por uma empresa contratada. A empresa faz o uso de um caminhão basculante para coletar e armazenar os resíduos da zona urbana e rural do município. A fim de otimizar a logística, o caminhão coletor após realizar as rondas de coleta é posicionado em uma área próxima à prefeitura, armazenando os resíduos em seu interior até que atinja sua total capacidade de carga, para em seguida dirigir-se até Minas do Leão. O município não apresentou planos de rota para coleta dos resíduos, o que poderia vir a ajudar a otimização do processo.

O atual contrato da empresa prestadora dos serviços de coleta e disposição final de resíduos tem um valor mensal de R\$ 18.881,47. Já a periodicidade atual do serviço de coleta na zona urbana da cidade é de 2 a 3 vezes por semana.

Foi verificado, ainda, que os atuais coletores de resíduos existentes no município são inadequados, tendo em vista as diretrizes estabelecidas na Política Nacional de Resíduos Sólidos. Na Figura 2 a seguir pode-se observar os problemas quanto ao acondicionamento destes resíduos, uma vez que a estrutura das lixeiras permite a aproximação de animais que rompem as sacolas e acabam espalhando os resíduos no entorno das lixeiras (UFRGS, 2021). Além disso, durante estudo gravimétrico feito na cidade identificou-se certa dificuldade de acesso aos resíduos contidos nas lixeiras, muitas vezes sendo necessário virar a lixeira, demonstrando também a existência de um risco ergonômico para os trabalhadores que realizam a coleta, como pode ser observado na Figura 3.



Figura 2. Coletor presente no município. (Fonte: UFRGS, 2021)



Figura 3. Coleta dos Resíduos Sólidos. (Fonte: UFRGS, 2021)

De acordo com o levantamento fornecido pelo SNIS (2019), a quantidade de resíduos sólidos destinados ao Aterro Sanitário de Minas do Leão provenientes do município de Mariana Pimentel vem aumentando com o passar dos anos. No Gráfico 1 pode-se verificar este crescimento. Uma vez que o município não conta com

iniciativa de coleta seletiva, esta quantidade é referente ao total de resíduos gerados e coletados.

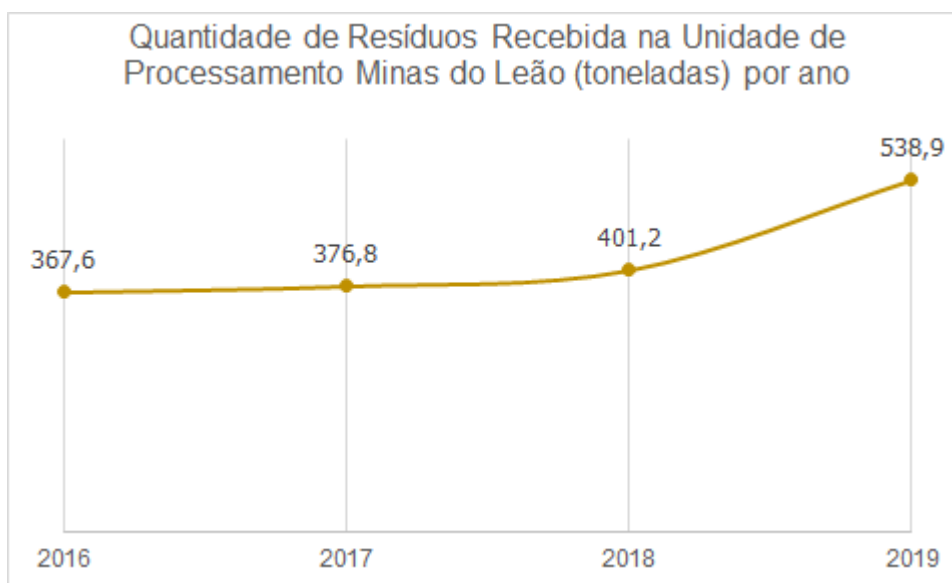


Gráfico 1. Quantidade de RSU Recebida em Minas do Leão por ano

Contudo, as informações coletadas no banco de dados do SNIS podem apresentar algumas inconsistências. Dentre elas é importante considerar que uma parcela dos resíduos da cidade infelizmente ainda tem uma destinação incorreta, como a queima ou despejo em vias públicas. Ainda, em virtude da empresa contratada realizar eventualmente a coleta em cidades próximas ao município, acredita-se que ocorra mistura dos resíduos de ambos locais, de acordo com estudo de diagnóstico realizado por pesquisadores da UFRGS (2021). Por fim, a cidade não conta com todas as etapas para gerenciamento adequado dos seus resíduos sólidos urbanos.

4.3.1. Estudo Gravimétrico dos Resíduos

Segundo a ABNT- NBR 10.007/2004, a caracterização gravimétrica é a *“determinação dos constituintes e de suas respectivas percentagens em peso e volume, em uma amostra de resíduos sólidos, podendo ser físico, químico e biológico”*. Essa caracterização é importante para entender as características e quantidades de resíduos sólidos gerados na cidade e possibilitar um planejamento mais adequado de sua gestão. A partir da determinação dos tipos e quantidade de resíduos é possível estabelecer planos de coleta e reciclagem deles.

Em razão de o município de Mariana Pimentel não possuir histórico de realização de análise gravimétrica, no dia 23 de Julho de 2021 foi realizado o estudo da composição dos resíduos. O ponto de coleta e análise escolhido foi a localidade de Potreiro Grande, uma vez que está localizada na faixa limítrofe entre zona urbana e rural e por isso foi considerada representativa para o restante da cidade. Foram coletados resíduos de 11 lixeiras da cidade, no período compreendido de quarta à sexta-feira. Na Tabela 4 está contido o resultado da análise gravimétrica.

Tabela 4. Análise Gravimétrica dos Resíduos de Mariana Pimentel

Material	Peso (kg)	Porcentagem (%)
Garrafas de óleo lubrificante	1,4	0,3
Metal	3,9	0,9
Orgânico	57,6	13,0
Orgânico + rejeito	4,4	1,0
Papel + papelão	17,9	4,0
Pilhas	2,4	0,5
Plástico	52,6	11,9
Rejeito	270,6	61,2
Tetra Pak	8,0	1,8
Vidro	23,7	5,4
Total	442,5	100

Fonte: Universidade Federal do Rio Grande do Sul (2021)

Estima-se que a população compreendida pela área de coleta do estudo é de aproximadamente 200 pessoas, e uma vez que os resíduos correspondem a um período de 3 dias, a geração de resíduos per capita da cidade de Mariana Pimentel é aproximadamente de 0,97 kg/hab/dia. Nota-se, ainda, que a maior parte da composição gravimétrica é composta por rejeitos (61,2%), seguido de orgânicos (13%) e plásticos (11,9%). Percebe-se grande proporção de rejeitos descartados, o que ocorre em razão da inexistência de separação de resíduos. Outro ponto a ser observado é a existência de garrafas de óleo lubrificante, metal e pilhas descartados entre esses resíduos, pois como determinado na Lei Federal nº 12.305, de 02 de agosto

de 2010, estes materiais deveriam ser destinados de maneira alternativa. A grande quantidade de resíduos orgânicos indica também grande potencial para realização de compostagem, e considerando-se que grande parte das residências são rurais ou possuem pátios, grande parte da população teria condições de execução de compostagem.

O município conta somente com a coleta e destinação final de resíduos, não existindo nenhuma iniciativa de coleta seletiva. Além disso, não foi apresentado o itinerário de coleta da empresa. A área rural do município, por sua vez, possui grande deficiência, uma vez que atualmente o recolhimento de resíduos sólidos nesta zona é feito apenas quando os moradores solicitam à empresa, que muitas vezes leva tempo até se prontificar e se deslocar até o local. A população, por sua vez, demonstra não ter conhecimento sobre informações importantes relacionadas à geração e destinação de resíduos, fato que é evidenciado pela amostragem feita na cidade, em que foi identificado descarte de equipamentos eletrônicos junto ao descarte de resíduos convencionais.

5. METODOLOGIA

A seguir serão apresentadas as metodologias para planejamento do sistema de gerenciamento de resíduos sólidos de Mariana Pimentel. Na Figura 4 encontra-se um organograma onde estão sintetizadas as metodologias utilizadas para cada objetivo do trabalho.

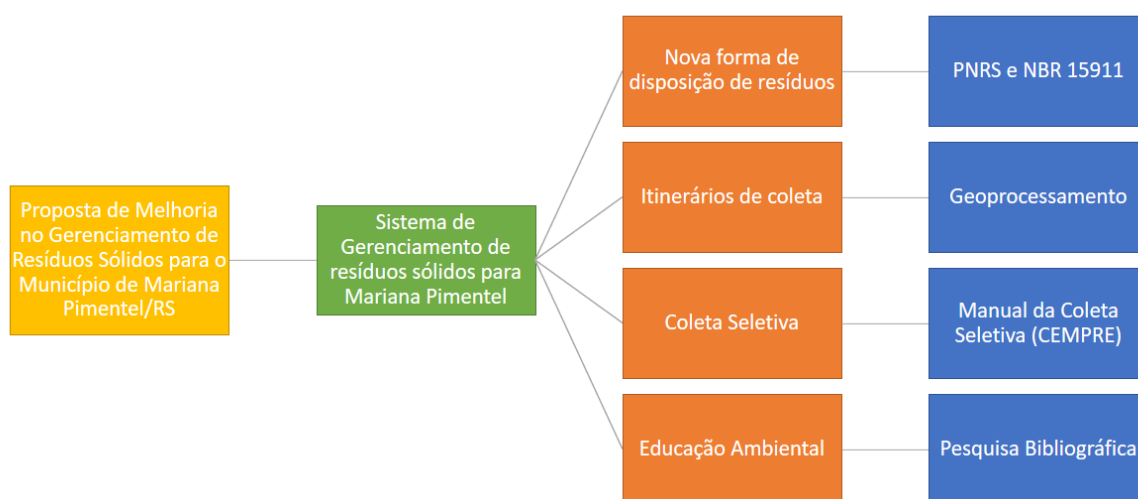


Figura 4. Metodologias do Trabalho (Fonte: a autora, 2021)

5.1. Coletores de Lixo Urbano

De acordo com o Manual do Lixo Municipal do CEMPRE, os coletores comunitários fixos são os que recebem o lixo de diversas unidades habitacionais (prédios, condomínios, favelas, entre outros) e devem ficar próximos ao ponto de passagem do caminhão coletor. Devem também permitir a retirada manual dos sacos ou ser movimentáveis mecanicamente para descarga no caminhão. Geralmente, têm dimensões úteis superiores a 2m².

Tendo em vista a condição inadequada dos coletores atuais presentes na cidade, faz-se necessário uma sugestão e projeto para substituição dos mesmos, que atenda à PNRS e que o investimento para sua compra e manutenção seja viável para o município. Além disso, uma vez que futuramente planeja-se que a cidade possua um sistema de coleta seletiva, o projeto contará com dois tipos de coletores: para lixo “seco” e lixo “molhado”, ou seja, contentores para materiais recicláveis e para rejeitos. O modelo dos coletores deve enquadrar-se na NBR 15911-3, que dispõe sobre:

Contentor de quatro rodas com capacidade de 660 L, 770 L e 1 000 L, destinado à coleta de resíduos sólidos urbanos (RSU) e de saúde (RSS). Desta forma foi possível estipular o tamanho e modelo dos coletores a serem instalados.

5.2. Pontos e Rotas de Coleta

Uma vez que o município possui contrato com empresa para coleta de resíduos, objetivou-se utilizar o mesmo caminhão compactador da empresa para realização da coleta dos resíduos orgânicos. Ainda, considerando-se que as rotas de coleta não foram disponibilizadas, foram dimensionados novos itinerários, visto que a ferramenta de geoprocessamento utilizada no presente trabalho apresenta um bom nível de confiança em seus resultados. Além disso, em virtude de os coletores existentes na cidade não serem adequados, também foi proposta a substituição destes objetos e estipulados locais de instalação dos mesmos.

Primeiramente foi definida a malha viária da área de estudo. Os dados referentes à malha foram obtidos através da plataforma *OpenStreetMap*, que fornece dados atualizados e confiáveis sobre as vias e rodovias brasileiras. Uma vez obtidos os dados, foi possível inseri-los no software *QGIS*, onde foi feito um primeiro mapeamento e elaborado o layout da zona urbana da cidade.

Tendo em mãos o mapeamento, foram estabelecidos os locais onde serão inseridos os coletores. Esta definição é necessária para determinar onde o caminhão coletor deverá transitar. Estipulou-se um coletor por quadra onde existam habitações, e localizados aproximadamente no ponto médio de cada segmento, por se situarem em vias disponíveis aos usuários 24 horas com iluminação que fornece boa visibilidade, além de possibilitar que cada coletor consiga atender uma área suficiente da população urbana da cidade.

Ainda utilizando ferramentas de geoprocessamento, foi possível criar polígonos de Thiessen, que permitem estimar a área de atendimento de cada coletor. Cada polígono de Thiessen possui um ponto associado, e qualquer localização dentro deste polígono está mais perto de seu ponto associado do que de qualquer outro ponto presente na área de estudo (ESRI, 2020). Utilizou-se, ainda, a ferramenta de medição de distâncias no *ArcMap*, para verificar a maior distância de atendimento estabelecida através dos polígonos de Thiessen.

Para o dimensionamento das rotas, primeiramente foi estabelecido o ponto inicial e final da rota, onde o caminhão irá iniciar sua jornada e finalizar ela, ficando posicionado neste local aguardando o início da jornada dos dias subsequentes. Para a definição da melhor rota utilizou-se a ferramenta de Planejar Rotas, disponível na plataforma online *ArcGIS 10.9*. A ferramenta Planejar Rotas determina como uma frota de veículos pode visitar um conjunto de paradas em menos tempo (ESRI, 2021). Desta forma, os dados de entrada são os pontos de localização das lixeiras, e o arquivo de saída é um mapeamento com a ordem de passagem por cada um destes pontos.

Utilizou-se para o planejamento de rotas o Tempo de Caminhão, que de acordo com a página da plataforma *ArcGis 10.9*, modela viagens de caminhão básicas preferindo rotas de caminhão designadas e localiza soluções que otimizam a distância da viagem. As rotas devem obedecer às estradas de mão única, evitar conversões ilegais e assim por diante. Outros parâmetros adotados são: número máximo de paradas, o qual foi estipulado como o número de lixeiras; o tempo máximo e cada parada, que seria o tempo médio em cada coletor para realizar a transferência do resíduo da lixeira para dentro do caminhão (5 minutos, em média); e o tempo máximo de percurso, que foi estipulado como 8 horas, tempo de jornada de trabalho aceitável para a saúde ocupacional dos funcionários e pela legislação. Ainda, a zona urbana foi dividida em duas, a fim de alternar os dias de coleta em cada zona.

Para determinação da melhor rota através do cálculo do menor tempo, o ideal seria que o veículo coletor passasse uma única vez por cada via. Contudo, uma vez que em função das características de trânsito isso pode não ser possível, o método utilizado pelo software prevê que o caminhão possa passar mais de uma vez pelo mesmo percurso.

5.3. Coleta Seletiva

O Guia da Coleta Seletiva elaborado pelo CEMPRE fornece diretrizes importantes sobre o planejamento de um sistema de coleta seletiva. Através do manual é possível verificar e estabelecer qual modalidade de coleta é o mais apropriado para o município em questão, levando-se em consideração as questões de logística e também sociais do município. O Guia menciona que a etapa de

planejamento consiste na “definição do modelo de coleta seletiva, abrangência geográfica e estratégia de educação e sensibilização da população”.

O estudo gravimétrico dos resíduos realizado no município possibilitou que fosse sugerido um modelo específico de coletores para a coleta seletiva, através da informação de quantidade e volume dos resíduos gerados. Ainda, foi possível estimar e sugerir a frequência e turno de coleta para os resíduos recicláveis, que, de acordo com o Guia da Coleta Seletiva, deve ocorrer em momento divergente da coleta de resíduos comuns (os resíduos úmidos).

Além disso, uma vez que a coleta de resíduos atual no município de Mariana Pimentel é feita através de um caminhão compactador, considerou-se que este veículo continuará realizando o transporte dos materiais não recicláveis. Por isso, foi necessária a busca e sugestão de outro veículo coletor para os resíduos recicláveis, que atenda as diretrizes apresentadas no Manual de Gerenciamento Integrado de Resíduos Sólidos do IBAM, que recomenda diferentes modelos de caminhões coletores.

Ainda que o presente trabalho não tenha como objetivo a elaboração de um Plano de Gerenciamento Integrado de Resíduos Sólidos, o Manual supracitado do IBAM leva em consideração fatores importantes para suas diretrizes, que também devem ser levadas em conta no planejamento de Mariana Pimentel, como fatores ambientais e de saúde ocupacional dos funcionários da guarnição. Por isso, as instruções do Manual de Gerenciamento Integrado de Resíduos Sólidos foram utilizadas para elaboração deste plano.

O galpão de triagem foi dimensionado de acordo com o Manual Para Implantação de Compostagem e de Coleta Seletiva no Âmbito de Consórcios Públicos do Ministério do Meio Ambiente - MMA (BRASIL, 2010), que menciona que para triagem de 4 toneladas de resíduos são necessários aproximadamente 1.200 m². Portanto, considerou-se que são necessários 300m² por tonelada de resíduo. Para o dimensionamento da central de triagem e das baias de reciclagem presentes foram utilizados os dados do estudo gravimétrico dos resíduos realizado na cidade, e através deles foi estimado o volume de cada tipo de resíduo a ser segregado semanalmente.

Para o dimensionamento das mesas de triagem, considerou-se que cada triador consegue separar cerca de 200 quilogramas de resíduos por dia (Brasil, 2008). Portanto, considerou-se a implementação de mesas lineares, onde são necessários 1,5 metros por funcionário.

Além disso, segundo Barros (2012), a compressibilidade dos resíduos sólidos está entre 1:3 e 1:4. Portanto, para o dimensionamento das baias de armazenamento, adotou-se o grau de compactação na proporção de 1:3, e os volumes diários de materiais recicláveis foram divididos por 3. Para tal é necessário que a unidade de triagem conte com um equipamento compactador, que irá compactar os resíduos antes de acondicioná-los nas suas respectivas baias. Foi considerado um tamanho suficiente para armazenar os resíduos até chegarem numa quantidade boa para a venda, com um fator de segurança de 10%. Ainda, considerou-se que esses locais terão a mesma altura e mesma profundidade, variando apenas a sua largura, facilitando questões de projeto e instalação.

5.4. Educação Ambiental

Das disposições gerais da Política Nacional de Resíduos Sólidos, é estabelecido que esta Lei se articula com a Política Nacional de Educação Ambiental, regulada pela Lei Federal nº 9.795, de 27 de abril de 1999. Portanto, nota-se que para cumprimento das diretrizes da PNRS, são necessárias para iniciativas de Educação Ambiental.

A não geração, redução e reutilização, nesta ordem, são os primeiros objetivos da Política. Em seguida encontra-se a reciclagem e o tratamento dos resíduos sólidos. A Educação Ambiental, por ser ampla em seus conteúdos e possibilitar aplicação em diversas esferas da sociedade, engloba todos estes cinco objetivos supracitados. Através de exemplos/ações já realizadas em outras localidades ou municípios e análise dos conteúdos necessários para implementação da coleta seletiva, serão propostas alternativas de programas de Educação Ambiental para o município.

5.4.1. Custos de Implementação Coleta Seletiva

Para a estimativa dos custos de implementação da coleta seletiva foram levados em conta os seguintes itens:

- Aluguel do caminhão de coleta;
- Construção do galpão de triagem;
- Equipamentos para o galpão de triagem.

Os valores dos equipamentos e metro quadrado das instalações foram obtidos no Caderno de Especificações Técnicas e Desenho Técnico (2013) e da Tabela de

Preços e Custos da Construção da SINDUSCOM (2021). Para a estimativa dos valores, foi realizada a classificação do galpão conforme a Tabela 5.

Tabela 5. Porte dos galpões

Porte do galpão	Pequeno	Médio	Grande	Muito grande
Tamanho (m²)	Até 300	Entre 300-600	Entre 600-1200	Acima de 5000

Os equipamentos necessários para a unidade de triagem, foram previstos conforme o Caderno de Especificações Técnicas e Desenho Técnico (2013), de acordo com o porte do galpão. Na *Tabela 6* estão contidas as relações utilizadas.

Tabela 6. Equipamentos Galpão de Triagem

Porte do galpão	Pequeno	Médio	Grande	Muito grande
Equipamentos	1 prensa	1 prensa	2 prensas	4 prensas
	1 balança	1 balança	1 balança	2 balanças
	1 carrinho	2 carrinhos	2 carrinhos	4 carrinhos
		1 empilhadeira	1 empilhadeira	2 empilhadeiras

Para o bom funcionamento da unidade de triagem, são necessárias instalações auxiliares, como banheiro/vestiário, refeitório e escritório. Estes locais também foram dimensionados de acordo com o porte da unidade, e os valores utilizados podem ser verificados na Tabela 7.

Tabela 7. Tamanho das instalações auxiliares

Porte do galpão	Pequeno	Médio	Grande	Muito grande
Tamanho do banheiro/vestiário (m²)	5	12	12	20
Tamanho do refeitório (m²)	12	15	20	60
Tamanho do escritório (m²)	15	15	15	15

Por fim, o custo por metro quadrado relacionado à cada uma das peças da unidade de triagem é apresentado na Tabela 8. Os valores apresentados foram baseados no Caderno de Especificações Técnicas e Desenho Técnico (2013), da Tabela de Preços e Custos da Construção da SINDUSCOM (2021) e no valor do concreto obtido através de consulta em lojas de construção.

Tabela 8. Áreas das unidades

Área da Unidade	Valor por m²
Galpão	R\$ 988,23
Banheiro/Vestiário	R\$ 1.300,00
Refeitório	R\$ 1.000,00
Escritório	R\$ 1.000,00

Para a estimativa de custos também foram considerados os salários dos trabalhadores que irão realizar a coleta dos resíduos. Considerou-se, para isso, um trabalhador para coleta e um motorista.

6. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Nesse item serão apresentados os resultados encontrados, bem como sugestões para a boa gestão dos resíduos sólidos do município de Mariana Pimentel.

6.1. Disposição de Resíduos

Considerando-se uma população urbana de 658 pessoas em 2020, e uma projeção populacional com taxa de crescimento constante, estimou-se que em 2041 a população residente da cidade será de 701 pessoas (UFRGS, 2021). Ainda, através do levantamento feito em campo foi possível estimar a geração de resíduos sólidos per capita diária da cidade. Com os dados de geração e população, estimou-se a geração de resíduos semanal atual na zona urbana, que chegou a 4,51 toneladas/semana. A projeção para 2041, considerando que a taxa de geração não irá alterar, será igual a 4,76 toneladas/semana.

Através da análise granulométrica e da consulta em bibliografia, foi possível estimar o volume de resíduos gerados semanalmente na cidade. Uma vez calculado o volume, foi possível estimar a capacidade dos novos coletores. Na Tabela 9 abaixo pode-se verificar os pesos, pesos específicos e volumes gerados.

Tabela 9. Peso e Volume dos Resíduos de Mariana Pimentel

Material	Peso (kg)	Porcentagem (%)	Peso Específico (kg/m ³)	Volume (m ³)
Secos				1,12
Metal	3,9	0,9	105	0,04
Papel + papelão	17,9	4	125	0,14
Plástico	52,6	11,9	65	0,81
Tetra Pak	8	1,8	125	0,06
Vidro	23,7	5,4	365	0,06
Úmidos				3,00
Orgânico	57,6	13	220	0,26
Orgânico + rejeito	4,4	1	160	0,03
Rejeito	270,6	61,2	100	2,71
Total	442,5	100	-	4,11

Fonte: CEMPRE (1995), e Tchobanoglous et al. (1993)

O volume total acima mencionado é referente à 3 dias e correspondente à uma população de 200 pessoas, como explicado anteriormente. Desta forma, o volume diário gerado pela população da zona urbana e utilizado no dimensionamento dos coletores é de 4,8m³. Para este cálculo considerou-se uma população de 701 habitantes, obtida através da projeção populacional para 2041. Para fins de dimensionamento, estimou-se ainda a geração diária de resíduos secos (recicláveis) e úmidos. O resultado obtido foi de 1,3m³/dia de secos e 3,5m³/dia de úmidos.

A frequência de coleta estabelecida será de 3 vezes na semana para resíduos úmidos e, neste primeiro momento, 1 vez na semana para resíduos secos. Dessa forma, o coletor sugerido para instalação no município nos pontos definidos para o acondicionamento dos resíduos é do modelo Container de Plástico 500 L, sem pedal, com rodas e dreno, de acordo com o que estabelece a NBR 15911-3, que possui um preço médio de R\$ 1.290,00 a unidade. A diferenciação entre “secos” e “úmidos” se dará através das cores (cinza para úmidos e verde para secos) e através de sinalização escrita. O modelo de lixeiras utilizados no plano pode ser observado na *Figura 5*.



Figura 5. Container de Plástico 500L, sem pedal, com rodas e dreno (NBR 15911-3) (Fonte: <<https://cleanlurb.com.br/produto/contentor-de-500-litros-sem-pedal-norma-nbr-15911-3/>>)

Foram determinados 65 pontos de instalação dos coletores na zona urbana. O desenho de polígonos de Thiessen para esses pontos confirmou que a área de atendimento de cada coletor é suficiente, uma vez que a distância máxima do coletor até o perímetro do polígono é de 250 metros. Na Figura 6 pode-se verificar a localização dos coletores definida. Além disso, considerando-se que a frequência de

coleta definida será de 3 vezes por semana para resíduos “úmidos” e 1 vez na semana para “secos”, o período de maior intervalo entre as coletas será de 3 dias para úmidos e 7 dias para secos. A periodicidade semanal para resíduos secos foi proposta tendo em vista que neste primeiro momento a coleta seletiva será experimental. Com o decorrer do tempo, o engajamento da população à coleta seletiva e a melhora na eficiência da separação, sugere-se que a frequência da coleta seja revisada. Dessa forma, foi possível estimar o volume que será acondicionado em cada coletor. Os resultados são apresentados na Tabela 10.

Tabela 10. Volume estimado em cada coletor

Resíduos	Período sem coletas (dias)	Número de coletores	Volume total gerado no período sem coletas (m³)	Volume estimado em cada coletor (m³)
Secos	7	65	9,09	0,14
Úmidos	3	65	10,50	0,16

Nota-se, portanto, que o volume das lixeiras sugeridas é suficiente para acondicionar os resíduos gerados pela população. Ainda, para o dimensionamento considerou-se uma folga, a fim de garantir que em dias de maior geração e em locais com maior densidade populacional a capacidade volumétrica dos coletores seja suficiente.

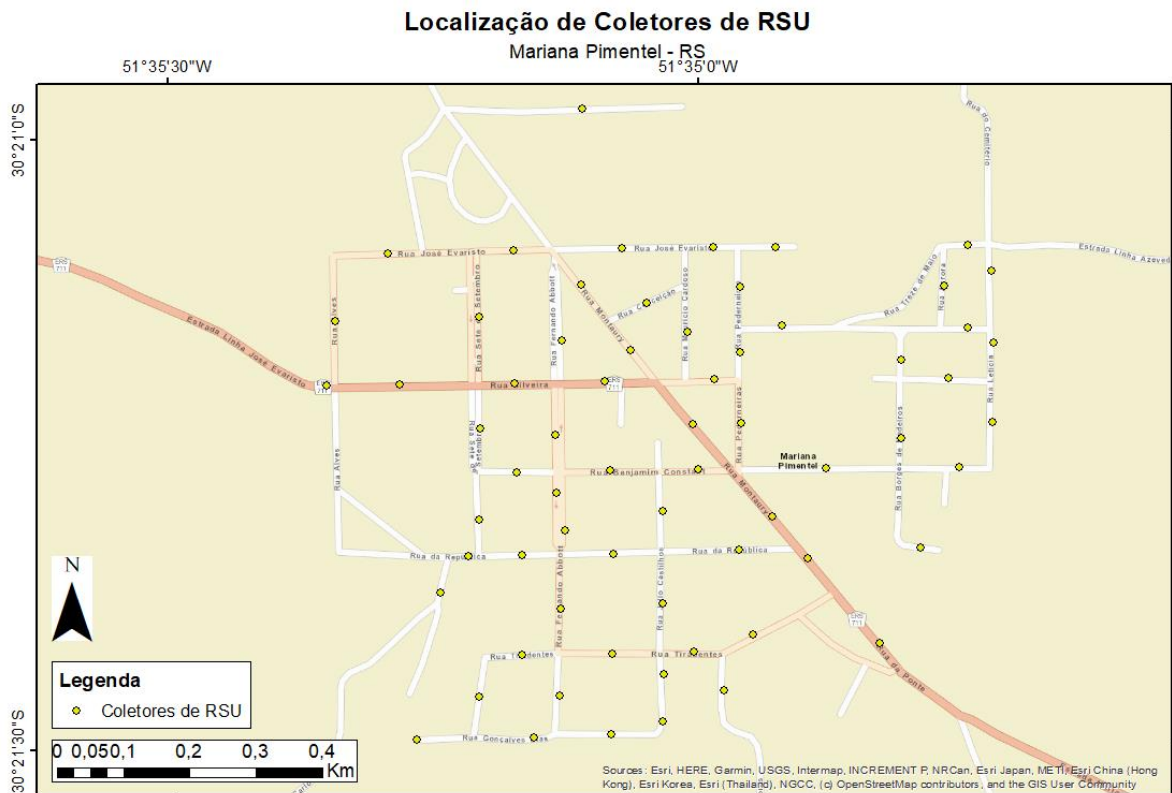


Figura 6. Localização dos Coletores de RSU (Fonte: a autora, 2021)

6.2. Itinerários de coleta

Para determinação das rotas, a malha viária utilizada foi a obtida no OpenStreetMap, e esta malha pode ser verificada na *Figura 7* abaixo. Ainda, os polígonos de Thiessen, utilizados para analisar a área de atendimento, também podem ser observados na *Figura 7*.

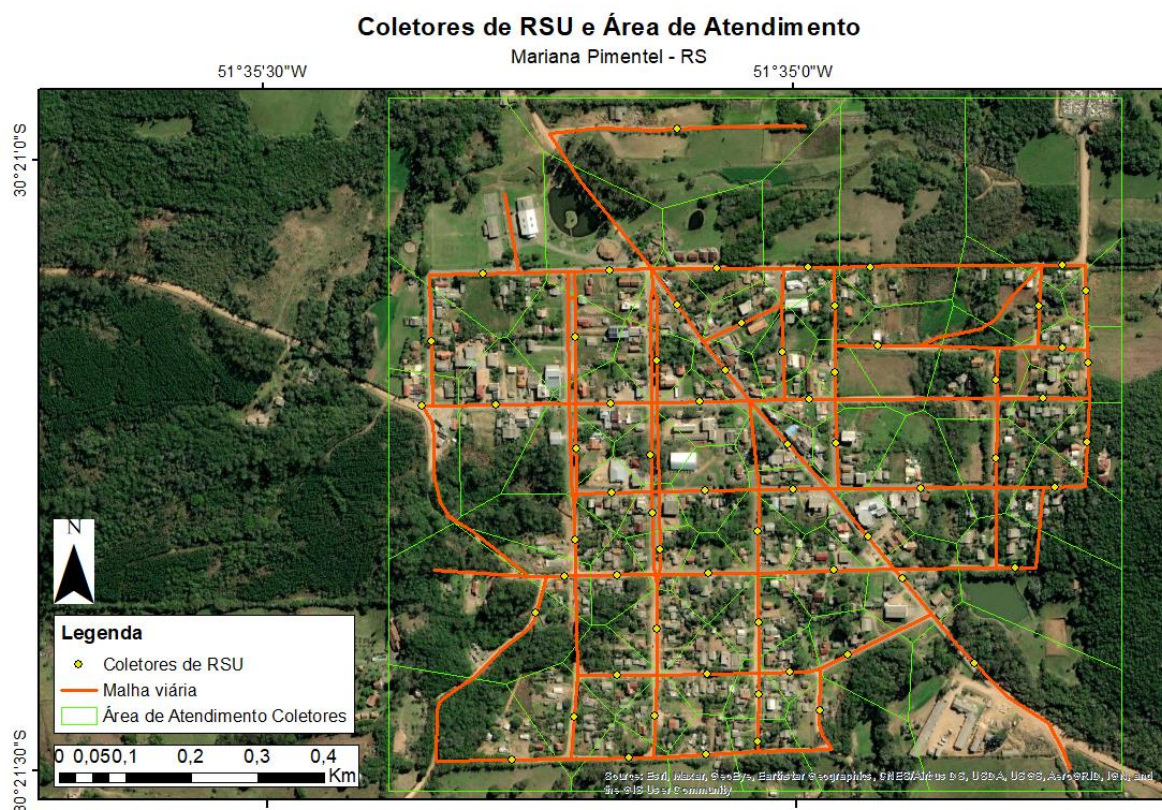


Figura 7. Coletores de RSU e Área de Atendimento (Fonte: a autora, 2021)

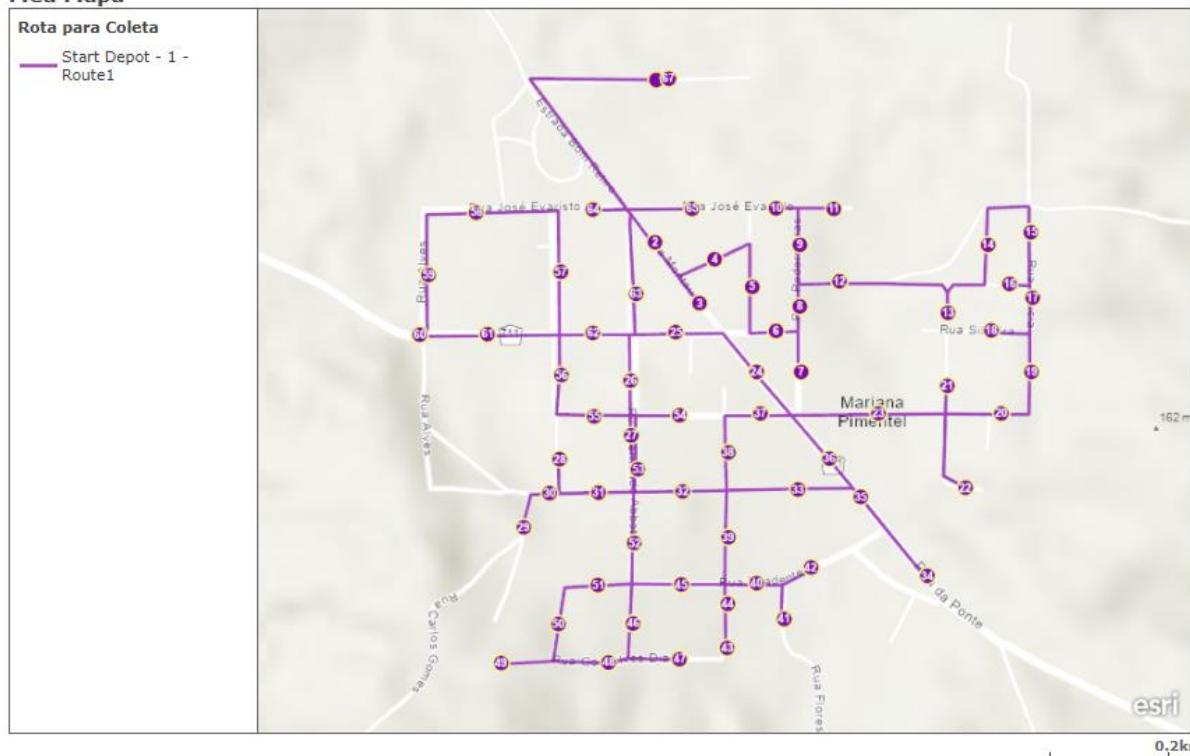
Como mencionado anteriormente, o local da cidade onde o caminhão coletor aguarda para iniciar as coletas fica ao lado da prefeitura. Contudo, espera-se num futuro próximo que o Horto Municipal sirva como local para instalação de uma usina de triagem para coleta seletiva. Desta forma, adotou-se o horto municipal como local de início e fim das rotas. Na Figura 9 pode-se verificar o Horto Municipal, local onde atualmente são guardados objetos da decoração natalina da cidade.

Propõe-se que a frequência da coleta dos resíduos úmidos seja de 3 vezes na semana, e para secos inicialmente de 1 vez por semana, no turno da manhã, iniciando às 8h. Optou-se pela coleta diurna a fim de se evitar danos ao veículo coletor em virtude da iluminação menor no período da noite, e evitar incômodos provocados pelos ruídos da coleta (CEMPRE, 2018). Na Figura 8 a seguir podem ser verificadas as rotas dimensionadas para as duas zonas, e na Tabela 11 as informações de cada uma das rotas.

Tabela 11. Parâmetros das Rotas

Hora de início	Hora de término	Frequência de coleta	Número de paradas	Tempo de parada	Distância total da rota
8h00min	13h15min	Segundas-feiras, quartas-feiras e sextas-feiras	65	5 minutos	10,32km

Meu Mapa



Esri, NASA, NGA, USGS | Esri, HERE, Garmin, METI/NASA, USGS

Figura 8. Rota de Coleta RSU para Mariana Pimentel (Fonte: a autora, 2021)

6.3. Coleta Seletiva

Espera-se que, a médio prazo, seja possível a implementação de um sistema de coleta seletiva no município. Sabe-se, contudo, que a população da cidade possui pouco conhecimento sobre a questão do gerenciamento de resíduos sólidos, e por consequência, sobre a separação do lixo e coleta seletiva. Faz-se necessário, portanto, a aplicação de iniciativas de educação ambiental em conjunto com o sistema

de coleta seletiva. As iniciativas de educação ambiental serão melhor detalhadas no item “6.4 Educação Ambiental”.

Uma vez que não existe na cidade uma associação de catadores, é importante que esta instituição seja formada. Sabe-se que já existem no município alguns moradores que realizam o serviço de forma autônoma, mas como descrito no Guia da Coleta Seletiva, é importante que o serviço seja formalizado com o auxílio da prefeitura.

Como assessoria na formação da cooperativa, o CEMPRE disponibiliza um material chamado de kit educativo: “Cooperar Reciclando – Reciclar Cooperando”. De acordo com o Manual do Lixo Urbano, *“o kit educativo tem por objetivo ajudar os catadores na formação de cooperativas e, conseqüentemente, aumentar os seus ganhos e se integrarem à sociedade, fornecendo as ferramentas para que uma entidade religiosa, comunitária ou assistencial possa dar um curso de aproximadamente 15 aulas a um grupo determinado de catadores. O curso permite alcançar vários objetivos: capacitar mais os que atuam no setor, para transferir sua experiência a outras comunidades; firmar o conceito de que os catadores de papel formam uma categoria profissional; evidenciar o caráter de utilidade pública dos serviços prestados por esta categoria”*. Ficará a cargo da prefeitura a aquisição desse kit e a disponibilização aos trabalhadores que atuarão como catadores.

Após a formalização da associação de catadores, também deverá ser instaurada uma usina de triagem, que ofereça condições aos trabalhadores para que ocorra a separação dos recicláveis. O Horto Municipal (*Figura 9*) oferece área suficiente para construção da instalação, e ainda possui espaço para práticas de compostagem. Desta forma, espera-se que ocorra na fonte uma segregação entre secos e úmidos, e que a separação dos recicláveis entre si ocorra no galpão de triagem pela associação de catadores.



Figura 9. Horto Municipal
(Fonte: UFRGS, 2021)



Figura 10. Horto Municipal, Usina de Triagem e Compostagem (Fonte: a autora, 2021)

Na Figura 10 pode-se verificar uma imagem aérea do Horto e uma sinalização de onde é sugerida a instalação da usina de triagem. Sugeriu-se a área de acordo com as dimensões obtidas no e 6.3, verificando-se se o terreno está livre para construção, assim como melhor posicionamento para entrada do veículo coletor

Alguns resíduos encontrados na amostragem feita no dia 23 de Julho de 2021 não enquadram-se em resíduos recicláveis, mas tampouco devem ser descartados como rejeito. Exemplo disso são os equipamentos eletrônicos, pilhas e embalagens de óleo lubrificante. Todos esses resíduos, de acordo com a Lei Federal nº 12.305, de 02 de agosto de 2010, devem fazer parte de um sistema de logística reversa. Tal assunto não será abordado neste trabalho, mas espera-se que a prefeitura aborde o tema nas iniciativas de educação ambiental e que auxilie na infraestrutura para coleta destes resíduos.

Uma vez que o caminhão coletor de resíduos disponibilizado pela empresa contratada atualmente servirá apenas para coleta dos resíduos úmidos, a coleta dos recicláveis se dará através de outro caminhão, que ficará sob responsabilidade da

prefeitura e da associação dos catadores. O caminhão escolhido é do tipo basculante, e seu modelo pode ser verificado na Figura 11.

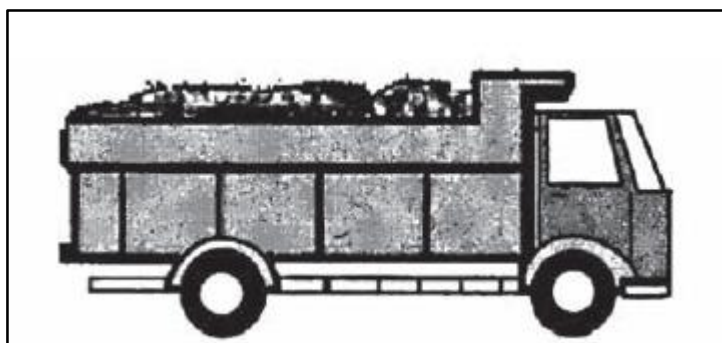


Figura 11. Caminhão basculante para coleta dos resíduos recicláveis
(Fonte: Manual de Gerenciamento Integrado do CEMPRE, 2018)

A eficiência da coleta seletiva só poderá ser confirmada após sua implementação. Contudo, estimou-se através da composição gravimétrica que 24% dos resíduos (em volume) são recicláveis. Logo, considerando-se que toda essa fração será segregada e encaminhada para a triagem, a redução de resíduos encaminhados para o aterro de Minas do Leão pode chegar em até 24%. Em 2021, o valor cobrado para destinação ao aterro é de R\$121,00 por tonelada de resíduos. Considerando-se que mensalmente a cidade de Mariana Pimentel encaminha em média 78 toneladas de resíduos (R\$9.438,00), caso toda a proporção de recicláveis (24%) deixe de ir para o aterro, isso poderá gerar uma economia mensal de R\$2.265.

Conforme mostrado no Item 6.3 do presente trabalho, a área do galpão de triagem obtida foi de 300m², uma vez que a quantidade de resíduos recicláveis gerada semanalmente é de aproximadamente 870 quilogramas. A mesa de triagem, por sua vez, é dimensionada para a operação de 4 triadores, e uma vez que para cada triador são necessários 1,5 metros, a mesa terá um comprimento total de 6 metros. Na Figura 12 abaixo pode-se observar uma representação fora de escala da mesa de triagem.

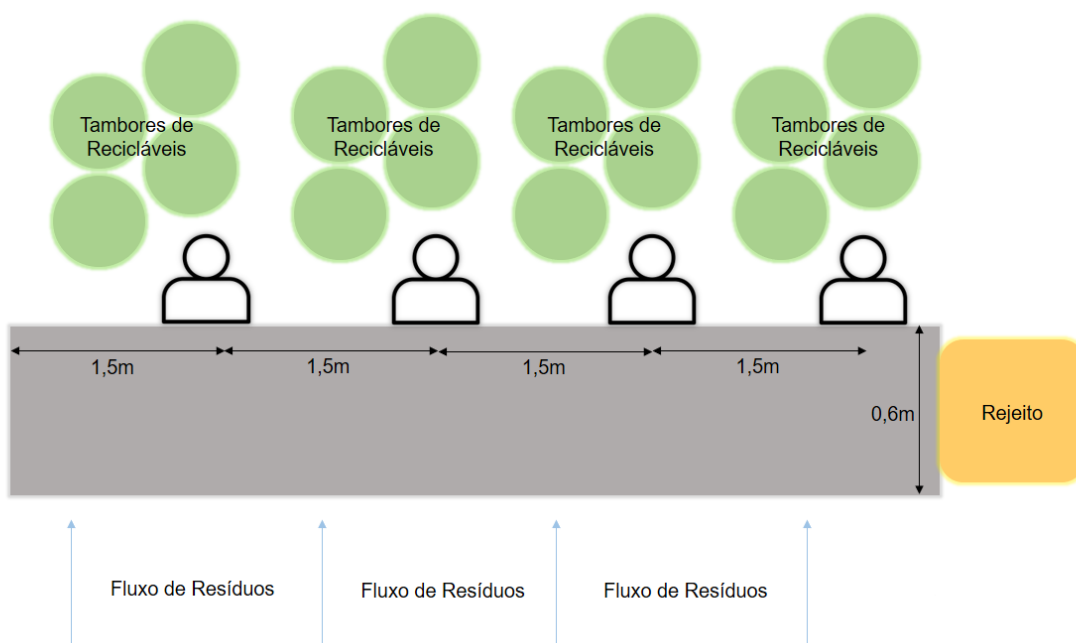


Figura 12. Representação da Esteira de Triagem (Fonte: a autora, 2021)

Após a triagem na etapa da esteira, os resíduos já separados são compactados e armazenados nas suas respectivas baias de reciclagem. As baias dimensionadas terão todas a mesma altura (H), igual a 2,5 metros, e o mesmo comprimento (C), igual a 1,5 metros, variando-se apenas a sua largura (L1 - vidro, L2 - papel, L3 - plástico e L4 - metal), conforme necessidade de armazenamento de cada tipo de resíduo. A representação das baias de recicláveis pode ser visualizada na Figura 13. Estabelecendo-se um tempo de armazenamento de 30 dias para papel e plástico, e 60 dias para vidro e metal, foram estipuladas as larguras apresentadas na Tabela 12.

Tabela 12. Dimensões Baias de Recicláveis

Material	Volume baias (m ³)	H (m)	C (m)	L (m)	V (m ³)
Metal	0,95	2,5	1,5	1	3,75
Papel + papelão	1,84	2,5	1,5	1	3,75
Plástico	10,40	2,5	1,5	3	11,25
Vidro	1,67	2,5	1,5	1	3,75

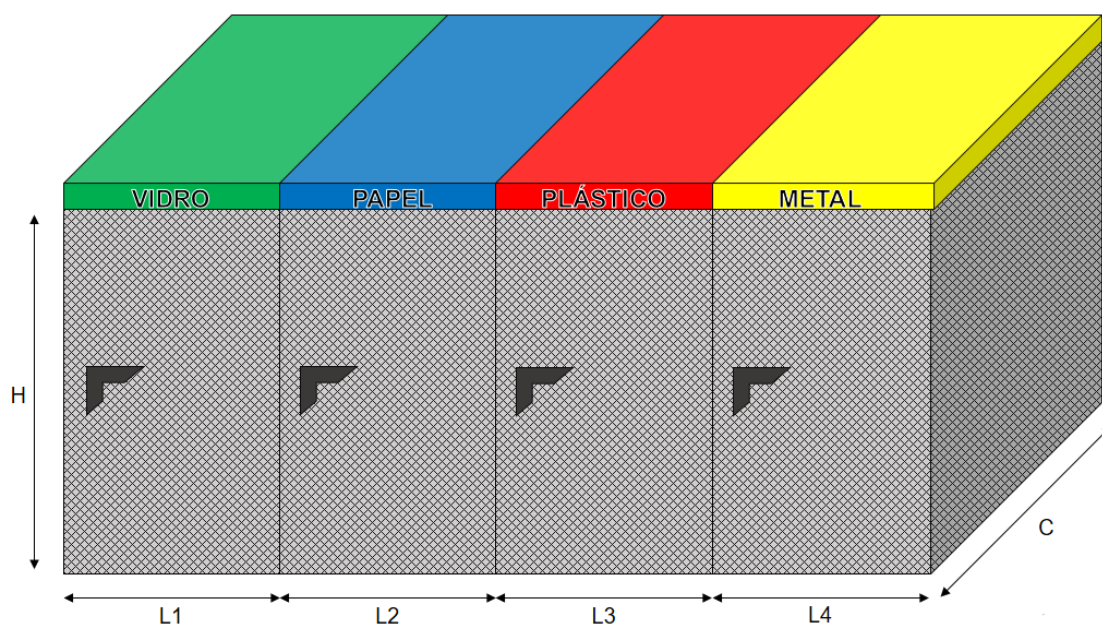


Figura 13. Baias de Recicláveis (Fonte: a autora, 2021)

Considerando-se que o galpão de triagem dimensionado será de porte pequeno (300m^3), a instalação contará com: 1 prensa, 1 balança, 1 carrinho, 1 banheiro de 5m^2 , 1 refeitório de 12m^2 e 1 escritório de 15m^3 . Os valores para a construção de cada área da Unidade de triagem são apresentados na. O valor do m^3 de concreto foi estabelecido em R\$ 250,00. Esses valores foram baseados no Caderno de Especificações Técnicas e Desenho Técnico (2013), e em consultas a lojas de material para construção. Além disso, é importante considerar a variação do INCC conforme o mês do ano, o que acarretará variações nos preços estabelecidos. Na *Tabela 13* podem ser verificados os preços mencionados.

Tabela 13. Preços componentes do sistema de coleta seletiva

Componente do Sistema	Valor
Galpão	R\$ 296.469,00
Banheiro	R\$ 6.500,00
Refeitório	R\$ 12.000,00
Escritório	R\$ 15.000,00
Esteira	R\$ 15.000,00
Balança (E9010)	R\$ 4.514,87
Prensa (E9766)	R\$ 88.954,85

Componente do Sistema	Valor
Carrinho (E9071)	R\$ 218,15
Valor total para o galpão de triagem	R\$ 438.656,87

Além dos recursos materiais, ocorrerá o gasto mensal fixo referente ao salário dos quatro triadores. (R\$ 1.230,61 em 2021 + 20% de insalubridade) e um funcionário para a coleta do material (R\$ 2.429 + 20% de insalubridade). Não foi considerado na estimativa os gastos com equipamentos de proteção individual (EPI), objetos e equipamentos para escritório/banheiro, entre outros. O gasto mensal fixo mencionado é apresentado na Tabela 14.

Tabela 14. Custos mensais coleta seletiva

Custos mensais com coleta seletiva	
Coleta de resíduos secos	6 horas por semana – 24 h por mês
Caminhão basculante coletor (E9575)	R\$ 191,85/h
Salário triadores	R\$ 5.906,92/mês
Funcionário coleta material	R\$ 2.914,80/mês
Valor mensal	R\$ 13.426,12

Ressalta-se que o valor obtido pela comercialização do material triado poderia custear parte das despesas mensais necessárias para a implementação da coleta seletiva no município. Além disso, recomenda-se a avaliação da possibilidade de criação de consórcio com municípios vizinhos, para que os custos da coleta seletiva e triagem dos resíduos seja mais atrativa, e que possa de forma efetiva contribuir com a gestão.

Ainda não é possível estimar o valor que será obtido com a comercialização do material triado, uma vez que a eficiência do sistema depende muito do engajamento da população. Mas, é importante a ciência de que iniciativas de coleta seletiva trazem benefícios não só para o meio ambiente, mas também podem trazer um retorno econômico.

6.4. Educação Ambiental

Tendo em vista que a eficiência de um sistema de coleta seletiva depende muito da colaboração da população, e que através de consulta popular no local foi constatado que os moradores não possuem conhecimentos sobre a separação do lixo e sua correta destinação, as iniciativas de educação ambiental são de extrema importância. A seguir serão mencionados os conteúdos mínimos que devem ser trazidos nas iniciativas, assim como o método de aplicação destes conteúdos.

A prefeitura deve organizar palestras mensais, assim como produzir e distribuir amplamente cartilhas informativas, com linguagem compreensível e conteúdos relevantes sobre:

- Separação do lixo na fonte geradora (residências);
- Formas de acondicionamento dos resíduos nas residências;
- Compostagem;
- Práticas para redução da geração de lixo

Sugere-se ainda que nas escolas sejam ministradas aulas para as crianças sobre compostagem e reciclagem, a fim de introduzir o assunto desde os primórdios, formando cidadãos mais conscientes. Ressalta-se que, caso a compostagem seja bem aplicada na própria residência de cada morador, a quantidade de matéria orgânica presente nos rejeitos será menor. Isso resultará em menor volume no caminhão coletor em cada coleta, menos viagens até o Aterro de Minas do Leão e menor quantidade de resíduo disposto no local.

A seguir serão apresentadas algumas iniciativas encontradas através da pesquisa bibliográfica. A contemplação de estudos de caso reais é interessante, pois considera-se que as iniciativas já aplicadas e de sucesso terão mais chances de serem proveitosas também para Mariana Pimentel. Além disso, existe a possibilidade da combinação de diferentes iniciativas, desta forma podendo surgir uma ideia ainda mais efetiva. A *Tabela 15* apresenta os casos estudados e como foram aplicados.

Tabela 15. Iniciativas de Educação Ambiental

Local de Aplicação	O que foi feito	Como foi feito
Venâncio Aires/RS	Descontos de IPTU para moradores que pratiquem compostagem	No ano de 2018 a cidade criou um decreto onde concede descontos no IPTU para pessoas que realizarem as ações mencionadas na lei. O programa chamado de "IPTU MAIS" tem como objetivo fomentar medidas que preservem e protejam o meio ambiente. A Lei 6.044, de 13 de dezembro de 2017, no seu texto, concede descontos de até 25% no IPTU para pessoas que seguirem as medidas nela propostas. Dentre as principais iniciativas, pode-se citar a destinação de resíduos orgânicos para compostagem (5% de desconto), a utilização de um sistema de captação de água da chuva (5% de desconto), e a conservação da calçada em condições de permitir fácil acesso a idosos e deficientes físicos (5% de desconto).
Imperatriz/MA	Educação Ambiental em Escolas	Iniciativas de Educação ambiental para coleta seletiva, reciclagem e reaproveitamento do óleo de cozinha no Colégio Estadual Nascimento de Moraes. O projeto no colégio foi fruto de um trabalho realizado por alunos da Graduação em Ciências Biológicas, mas a temática e abordagem também podem ser utilizadas como inspiração para a prefeitura de Mariana Pimentel. No projeto realizado do 2º ano do Colégio Estadual Nascimento de Moraes. foi realizada uma gincana para estimular a coleta de óleo de cozinha usado, duas palestras com a temática "Coleta seletiva X Reciclagem" e "Óleo de cozinha X Meio Ambiente", uma dinâmica sobre coleta seletiva e uma ação de panfletagem.
Esteio/RS	Convênio com Associação de Catadores	No ano de 2005 a prefeitura de Esteio firmou convênio com a Associação de Recicladores e Catadores de Esteio (ARCA), a fim de implantar um

Local de Aplicação	O que foi feito	Como foi feito
		<p>sistema de coleta seletiva que abrangeu 30% do território da cidade. Por isso, foi necessário primeiramente sensibilizar a população através de iniciativas de educação ambiental. Foram elaborados materiais educativos, com foco na coleta seletiva, contendo informações, tais como a diferença entre lixo seco e orgânico, entulhos, vantagens da separação dos resíduos e dias destinados à coleta seletiva.</p> <p>Realizada atividade em parceria com uma escola municipal de Esteio, onde os alunos realizaram a entrega nas residências de folders da coleta seletiva, explicando os dias e horários em que ela ocorreria no bairro, o modo como ocorreria e para onde seriam destinados todos resíduos coletados.</p>
São Miguel do Gostoso/RN	Ampliação de coleta seletiva de Associação através da Educação Ambiental	<p>O município de São Miguel do Gostoso criou em 2017 a Associação Gostoso Recicla, a fim de regularizar a coleta e destinação do lixo, e de ser uma fonte de renda para os trabalhadores associados. Contudo, mesmo com o esforço da associação, não foi encontrado um ponto de equilíbrio satisfatório para os catadores.</p> <p>Por isso, foram sugeridas diversas medidas de Educação Ambiental em parceria com a prefeitura, população, hotéis e comércio da região, a fim de aumentar os resultados da associação através do aumento de resíduos recicláveis coletados. Dentre as medidas, pode-se citar:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Prefeitura: instalação de maior quantidade de pontos de coleta seletiva; patrocínio de publicidade na mídia local (rádio e blog) orientando a prática da coleta seletiva e a responsabilidade de cada cidadão;

Local de Aplicação	O que foi feito	Como foi feito
		<ul style="list-style-type: none"> • População local: distribuição de folhetos contendo orientação sobre a separação do lixo doméstico e sobre os pontos de coleta na cidade, calendário (dias e turnos) em que os veículos da Associação passam recolhendo o lixo separado; • Turistas: elaboração de folhetos para distribuição nas pousadas e hotéis • Pousadas e hotéis: reuniões com os empresários locais para que a Associação conscientize da necessária participação de todos
Campo Bom/RS	Compostagem Comunitária	<p>O Município de Campo Bom realizou a implantação de compostagem comunitária para resíduos de poda e jardinagem. A prefeitura da cidade implementou a usina de compostagem comunitária, a fim de aumentar o engajamento e a consciência da população sobre a geração de resíduos. Foi disponibilizado um espaço de 800m² para onde a comunidade consegue encaminhar resíduos. Parte do composto gerado é encaminhado para agricultura familiar, opção que se torna interessante também para a cidade de Mariana Pimentel, uma vez que grande parte da população possui hortas e poderiam utilizar o adubo. Outra parte do composto é encaminhada para o bairro Aurora, de Campo Bom, onde é realizado o plantio de diversos vegetais e a população que entrega o resíduo para compostagem consegue realizar a troca por frutas, verduras e chás produzidos no local.</p>
Olímpia/SP	Educação Ambiental nas escolas municipais	<p>O projeto em questão foi desenvolvido em 10 escolas municipais, com 26 salas de quintos anos, sendo, ao todo, 601 alunos. Além de atividades de educação lúdicas, como criação de paródias,</p>

Local de Aplicação	O que foi feito	Como foi feito
		mascote para coleta seletiva e invenção de um nome para a Cooperativa, o projeto também contemplou a instalação de PEVs (Pontos de Entrega Voluntária) nas escolas participantes. Notou-se grande aderência dos pais e alunos do colégio.

Como mencionado anteriormente, a eficácia da coleta seletiva só poderá ser confirmada após sua implementação, juntamente com as iniciativas de Educação Ambiental escolhidas. Por isso, sugere-se que após 6 meses do início do programa seja realizada nova pesquisa junto a população, a fim de mensurar o engajamento dos moradores da cidade.

7. CONCLUSÃO

Um bom gerenciamento de resíduos sólidos é parte determinante para um saneamento básico eficiente no geral. Entende-se que, num município como Mariana Pimentel, onde existe grande espaço para melhorias, a iniciativa da cidade em buscar sugestões para o bom gerenciamento é de grande importância. Neste sentido, as ferramentas disponibilizadas pela Legislação foram de grande valia para a elaboração de sugestões para o presente trabalho. Além disso, os manuais disponibilizados pelas instituições como CEMPRE, ABRELPE e IBAM não apenas contribuíram, como foram fundamentais para o desenvolvimento das sugestões de melhoria.

Através do estudo gravimétrico foi possível conduzir o trabalho, desde a sugestão de lixeiras até a central de triagem para coleta seletiva. Com a estimativa de geração diária de resíduos *per capita* da população urbana, foi feita a sugestão de contentores de resíduos a serem disponibilizados, através da estimativa de volume gerado. O contentor sugerido é adequado, tanto para o acondicionamento de resíduos recicláveis e não recicláveis, visto que atende o volume e está dentro da norma consultada, fornecendo boas condições ergonômicas e favoráveis ambientalmente. Além do modelo das lixeiras, o posicionamento destas na área da cidade também foi possível através da análise de imagens de satélite e verificação de ruas onde o caminhão coletor conseguisse transitar.

Além do modelo das lixeiras, a rota de coleta também foi otimizada, de maneira que o tempo do itinerário fosse o menor possível. Através de ferramentas de geoprocessamento, foi possível sugerir a melhor rota para o recolhimento do lixo nos coletores. A rota sugerida é a mesma para coleta de recicláveis e não recicláveis, alterando-se apenas a frequência entre esses recolhimentos. Com o aumento da eficiência e do engajamento da população, sugere-se que a periodicidade da coleta seletiva seja revisada, visto que é esperado que a população residente irá ter mais conhecimento sobre a separação do lixo e aumentará a quantidade de recicláveis a serem coletados.

Com relação à implementação da coleta seletiva, conclui-se que são necessárias ações de Educação Ambiental para instrução e sensibilização da população. Uma vez que o município ainda não conta com iniciativa de coleta seletiva, a população marianense desconhece sobre a temática, e já foi constatado

anteriormente que para o sucesso desse sistema de coleta o engajamento da população é fundamental. Uma vez instruídos e estimulados, os residentes da cidade serão capazes de fazer a correta segregação dos seus resíduos.

Para a realização da coleta seletiva, é necessário, além da contribuição da população, que a cidade disponibilize ferramentas para sua realização. Sugeriu-se, portanto, não só os modelos de coletores para recicláveis, como também o caminhão coletor, a oficialização de uma cooperativa de catadores e a instalação de uma usina de triagem, onde os catadores poderão exercer seu trabalho de forma segura e eficiente. Foi possível, ainda, realizar uma estimativa inicial dos custos para implementação da coleta, possibilitando melhor análise de viabilidade para o município.

Por fim, conclui-se que as iniciativas sugeridas irão gerar uma melhora expressiva no gerenciamento de resíduos sólidos do município. Mesmo que no primeiro momento seja inviável a realização de todas as sugestões aqui citadas, incentiva-se a implementação delas com o passar do tempo.

8. REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. ABNR NBR 10004: Resíduos sólidos – Classificação. Rio de Janeiro: ABNT, 2004.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. ABNR NBR 10005: Procedimento para obtenção de extrato lixiviado de resíduos sólidos. Rio de Janeiro: ABNT, 2004.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. ABNR NBR 10006: Procedimento para obtenção de extrato solubilizado de resíduos sólidos. Rio de Janeiro: ABNT, 2004.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. ABNR NBR 10007: Amostragem de resíduos sólidos. Rio de Janeiro: ABNT, 2004

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. ABNR NBR 12808: Resíduos de serviços de saúde. Rio de Janeiro: ABNT, 1993

BARROS, Raphael Tobias de Vasconcelos. Elementos de Gestão de Resíduos Sólidos. 1ª Edição. Belo Horizonte, 2012.

BRASIL, CONAMA nº 358 de 29 de abril de 2005.

BRASIL, Lei Nº 11.445 de 05 de janeiro de 2007 – Diretrizes Nacionais para o Saneamento Básico.

BRASIL, Lei Nº 12.305 de 02 de agosto de 2010 - Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS).

BRASIL, Lei Nº 14.026, de 15 de julho de 2020 – Marco do Saneamento Básico

BRASIL. Ministério do Trabalho e Emprego. NR 25 – Resíduos Industriais. Brasília: Ministério do Trabalho e Emprego, 1978

Elementos para a Organização da Coleta Seletiva e Projeto dos Galpões de Triagem. Ministério do Meio Ambiente, 2008. Disponível em:

<http://www.mma.gov.br/estruturas/srhu_urbano/publicacao/125_publicacao20012011032243.pdf> Acesso em: 26 de outubro de 2021.

ABNT. Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR 10004:2004 Resíduos Sólidos: Classificação. Brasil: ABNT, 2004.

ONU. Organização das Nações Unidas. ONU: América Latina e Caribe despejam 30% de seu lixo em locais inadequados. Nações Unidas: Brasil, 2017.

ABRELPE. Panorama dos Resíduos Sólidos no Brasil. Brasil, 2020

Campo Bom Conta Agora com Central de Compostagem Comunitária. Campo Bom, 2020. Disponível em: <<https://www.campobom.rs.gov.br/pt-br/campo-bom-counta-agora-com-central-de-compostagem-comunitaria>>. Acesso em 18 de outubro de 2021.

CEMPRE. Lixo municipal: manual de gerenciamento integrado. São Paulo, 2018

FERNANES, Pollyana Roderio. Coleta Seletiva E Escolas Municipais: Uma Parceria Possível Através Da Educação Ambiental. Educação Ambiental em Ação. Olimpia, 2018

IBAM. Manual Gerenciamento Integrado de Resíduos Sólidos. Brasil, 2001

JUNIOR, Otomar Lopes Cardoso. "Recicla Gostoso": O Papel da Educação Ambiental na Coleta Seletiva em São Miguel Do Gostoso/RN. UFRN. São Miguel do Gostoso, 2019

LOPES, Adriana. Estudo da Gestão e do Gerenciamento de Resíduos Sólidos na Cidade de São Carlos - SP. Departamento de Engenharia da Universidade de São Paulo. São Paulo, 2003.

Ministério do Meio Ambiente e Ministério das Cidades. Elementos para a Organização da Coleta Seletiva e Projeto dos Galpões de Triagem. 2008. Disponível em: <http://www.mma.gov.br/estruturas/srhu_urbano/publicacao/125_publicacao20012011032243.pdf> Acesso em 02 de novembro de 2021.

MIRANDA, Ray Sousa Alves. Educação Ambiental: Coleta Seletiva, Reciclagem e Reaproveitamento do Óleo De Cozinha Realizado no C. E. Nascimento De Moraes, Município de Imperatriz/MA. Educação Ambiental em Ação. Imperatriz, 2018

Planejar Rotas. ArcGIS Enterprise, 2021. Disponível em: <<https://enterprise.arcgis.com/pt-br/portal/latest/use/plan-routes.htm>> Acesso em: 20 de setembro de 2021

PROCHNOW, Tania Renata. RESÍDUOS SÓLIDOS: Coleta Seletiva e Educação Ambiental na Cidade de Esteio/RS. AMBIENTE & EDUCAÇÃO. Esteio, 2010

Salário Triador de Material Reciclável. Salário, 2021. Disponível em: <<https://www.salario.com.br/profissao/triador-de-material-reciclavel-cbo-519210/>>. Acessado em 02 de Novembro de 2021.

SCHALCH, Valdir. Gestão e Gerenciamento de Resíduos Sólidos. São Paulo, 2008.

SINDUSCOM. Preços e Custos da Construção. Rio Grande do Sul, 2021.

SNIS - Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento. Série histórica. 2021. Disponível em: <<http://app4.mdr.gov.br/serieHistorica/#>>. Acesso em 02 de outubro de 2021

SOUZA, Ana Cristina Augusto de. O que esperar do novo Marco do Saneamento?. Cadernos de Saúde Pública. Brasil, 2020

UFRGS. Diagnóstico Técnico-Participativo da Situação do Saneamento Básico de Mariana Pimentel. Porto Alegre, 2021.

VENANCIO AIRES. Lei 6.044, de 13 de Dezembro de 2017 – Programa IPTU Mais.

TCHOBANOGLIOUS, George. Integrated Solid Waste Management: Engineering Principle and Management Issue. McGraw Hill Inc., Nova York, 1993

TOZONI-REIS, M. F. de C. Educação Ambiental: natureza, razão e história. 2. ed. Campinas, São Paulo: Autores Associados, 2008.