UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA

"Júlio de Mesquita Filho"

Instituto de Geociências e Ciências Exatas

Câmpus de Rio Claro

FERNANDA GIFFONI FERNANDES LUZ

AVALIAÇÃO DE ESTRATÉGIAS DE COOPERAÇÃO PARA A GESTÃO DE RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS NOS MUNICÍPIOS COM SEDE NA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO CORUMBATAÍ

Rio Claro

2019

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA

"Júlio de Mesquita Filho"

Instituto de Geociências e Ciências Exatas

Câmpus de Rio Claro

FERNANDA GIFFONI FERNANDES LUZ

AVALIAÇÃO DE ESTRATÉGIAS DE COOPERAÇÃO PARA A GESTÃO DE RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS NOS MUNICÍPIOS COM SEDE NA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO CORUMBATAÍ

Tese de Doutorado apresentada ao Instituto de Geociências e Ciências Exatas do Câmpus de Rio Claro, da Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho", como parte dos requisitos para obtenção do título de Doutora em Geociências e Meio Ambiente

Orientador: Professor Dr. Marcus Cesar Avezum Alves de Castro

Rio Claro

2019

L979a

Luz, Fernanda Giffoni Fernandes
Avaliação de estratégias de cooperação para a gestão de resíduos sólidos urbanos nos municípios com sede na bacia hidrográfica do rio Corumbataí / Fernanda Giffoni Fernandes Luz. -- Rio Claro, 2019
199 p. : il., tabs., mapas

Tese (doutorado) - Universidade Estadual Paulista (Unesp), Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Rio Claro
Orientador: Marcus Cesar Avezum Alves de Castro

1. Gestão de Resíduos Sólidos Urbanos. 2. Indicadores de Gestão de Resíduos. 3. Cenários de gestão de resíduos. 4. Compostagem. 5. Biometanização. I. Título.

Sistema de geração automática de fichas catalográficas da Unesp. Biblioteca do Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Rio Claro. Dados fornecidos pelo autor(a).

Essa ficha não pode ser modificada.

FERNANDA GIFFONI FERNANDES LUZ

AVALIAÇÃO DE ESTRATÉGIAS DE COOPERAÇÃO PARA A GESTÃO DE RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS NOS MUNICÍPIOS COM SEDE NA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO CORUMBATAÍ

Tese de Doutorado apresentada ao Instituto de Geociências e Ciências Exatas do Câmpus de Rio Claro, da Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho", como parte dos requisitos para obtenção do título de Doutora em Geociências e Meio Ambiente

Comissão Examinadora

Prof. Dr. Marcus Cesar Avezum Alves de Castro (Orientador)

Prof. Dr. Bernardo Arantes do Nascimento Teixeira

Prof. Dr. Wellington Cyro de Almeida Leite

Prof. Dr. Valdir Schalch

Prof. Dr. Marco Aurélio Soares de Castro

Conceito: Aprovada

Rio Claro/SP, 23 de Setembro de 2019

Agradecimentos

A realização desse trabalho somente foi possível pela presença de algumas pessoas durante o caminho.

Primeiramente, agradeço o impulso de meus pais, Mariângela Fernandes e José Abel dos Santos, e de minha tia, Regina Fernandes. Sem a presença deles eu não poderia passar por cada etapa que resultou nesse trabalho.

Agradeço, também, ao meu parceiro, no amor e no trabalho, Júlio Matos. Juntos, em todos os momentos, abrimos esse caminho.

Agradeço, especialmente, ao Professor Marcus César de Castro, quem esteve ao meu lado durante quatro anos e possibilitou que essa pesquisa fosse realizada. Sua presença foi imprescindível.

Agradeço à colega Elisa Fonseca, que esteve presente no início, e cuja presença foi importante.

Agradeço à amiga e Professora Vânia Rosolen que, em tantos momentos, participou com amizade e conselhos importantes, sempre disponível e sensível.

Agradeço aos demais professores do Programa de Pós-Graduação em Geociências e Meio Ambiente da UNESP de Rio Claro e aos funcionários Rosângela, Lauren e Rodrigo, o trabalho de todos foram importantes para a realização do curso de Doutorado.

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil (CAPES) – Código de financiamento 001. Pela bolsa de estudos, agradeço a Nação Brasileira, espero, com esse trabalho, contribuir para um país mais justo e igualitário.

Pessoas simples,

fazendo coisas pontuais,

em lugares pequenos,

conseguem resultados extraordinários

Provérbio Africano

RESUMO

LUZ, F.G.F. **Avaliação de estratégias de cooperação para a gestão de resíduos sólidos urbanos nos municípios com sede na bacia hidrográfica do rio Corumbataí**. 2019, 198f. Tese (Doutorado) – Universidade Estadual Paulista, Instituto de Geociências e Ciências Exatas de Rio Claro, 2019.

Soluções relacionadas a melhores práticas de manejo de resíduos são procuradas por gestores de cidades em todo o mundo. O presente estudo propôs cenários de ação para a gestão dos resíduos sólidos urbanos dos seis municípios com sede na bacia do rio Corumbataí. O estudo foi realizado em duas etapas, a primeira consistiu na elaboração do diagnóstico dos mecanismos praticados atualmente, realizado a partir da análise de um conjunto de indicadores. A segunda etapa foi a composição de cenários para destinação para o tratamento de resíduos orgânicos e disposição final em aterro sanitário dos resíduos sólidos urbanos dos municípios investigados. Foram estudados seis municípios, os quais cinco possuem menos de 30.000 habitantes (Analândia, Charqueada, Corumbataí, Ipeúna e Santa Gertrudes) e Rio Claro possui 199.000 habitantes. Durante a primeira etapa, foram levantados dados e elaboradas matrizes SWOT para cada um dos municípios, com isso, buscou-se apontar fatores positivos e negativos das práticas atuais de gestão. Esses resultados sinalizaram que (i) os municípios ainda não participam de gestão compartilhada para manejo de resíduos; (ii) existe pouco ou nenhum tratamento para os resíduos orgânicos e de poda e capina; (iii) existe coleta seletiva em toda a zona urbana de todos os municípios investigados (iv) existe participação organizada do setor informal na coleta de recicláveis (v) existe possibilidade de gestão compartilhada dos resíduos; (vi) os municípios não possuem sustentabilidade financeira para o sistema de gestão de resíduos. Durante a segunda fase, foram analisadas as etapas de transporte e transbordo, infraestrutura geral, disposição final em aterro sanitário e três cenários para o tratamento de resíduos orgânicos coletados separadamente. Foram levantados aspectos dos custos para o tratamento de orgânicos por (i) compostagem descentralizada, (ii) compostagem centralizada e (iii) biometanização dos resíduos com comercialização de eletricidade. Os resultados sugerem que os cenários investigados poderiam ser soluções para a questão do tratamento dos resíduos orgânicos e que o cenário de biometanização com geração de eletricidade apresentou custos médios, por habitante, mais baixos do que os cenários de compostagem centralizada e descentralizada. Por meio do apontamento de estratégias de ação, esse trabalho contribui para a tomada de decisão em gestão dos resíduos dos municípios estudados e em outros municípios com características semelhantes.

Palavras-chave: Resíduos Sólidos Urbanos; Indicadores de Gestão de Resíduos; Cenários de gestão de resíduos; Compostagem. Biometanização.

ABSTRACT

LUZ, F.G.F. **Cooperation strategies appraisal for urban solid waste management in Corumbataí river basin.** 2019, 192p. Universidade Estadual Paulista, Instituto de Geociências e Ciências Exatas de Rio Claro, 2019.

Solutions related to waste management practices are sought by city managers around the world. This study proposed action scenarios for the urban solid waste management of six municipalities located in the Corumbataí River basin. The study was conducted in two stages, the first consisted in the diagnosis of the mechanisms currently practiced, through the analysis of a set of performance indicators. The second stage comprised the composition of operating scenarios for the shared urban solid waste management of the investigated municipalities. Six municipalities were studied, five of which have less than 30,000 inhabitants (Analândia, Charqueada, Corumbataí, Ipeúna and Santa Gertrudes) and Rio Claro has 199,000 inhabitants. During the first part, data were collected and SWOT matrices were elaborated for each of the municipalities studied. Thus, it was sought to point out positive and negative factors of current management practices. These results signaled that (i) municipalities do not yet participate in any consortium for shared waste management; (ii) there is little or no treatment for organic residues; (iii) there is selective collection throughout the urban area of all municipalities (iv) there is organized participation of the informal sector in the collection of recyclables (v) there is the possibility of cities consortium for shared waste management; (vi) municipalities do not have financial sustainability for the waste management system. During the second phase, transport and transhipment stages, general infrastructure, final landfill disposal and three scenarios for the treatment of separately collected organic waste were analyzed. Cost items and values for the treatment of organics were raised by (i) decentralized composting, (ii) centralized composting and (iii) biomethanization of waste with electricity commercialization. The results suggest that the investigated scenarios could be solutions to the organic waste treatment issue and that the electricity generation biomethanization scenario presented lower average costs per inhabitant than the centralized and decentralized composting scenarios. By pointing out action strategies, this work intends to contribute to the decision making in waste management of the studied municipalities and, thus, collaborate to solve similar problems in other municipalities.

Keywords: Shared urban solid waste management. Urban solid waste management indicators. Waste management scenarios. Composting. Biomethanization.

Lista de Figuras

Figura 1 – Resumo das relações dos microrganismos anaeróbios, indicando as relações de sintropia dentro do consócio..... 29
Figura 2 – Exemplo da evolução dos custos de implantação de aterro sanitário por habitante de acordo com a população a ser atendida. 39
Figura 3 – Distribuição do PIB do município de Analândia por setor. 55
Figura 4 – Distribuição do PIB do município de Corumbataí por setor. 56
Figura 5 – Distribuição do PIB do município de Ipeúna por setor. 58
Figura 6 – Distribuição do PIB do município de Charqueada por setor. 59
Figura 7– Distribuição do PIB do município de Rio Claro por setor. 60
Figura 8 – Distribuição do Produto Interno Bruto do município de Santa Gertrudes por setor 64
Figura 9 – Fluxograma da pesquisa. 66
Figura 10 – Esquema de localização da bacia do rio Corumbataí e as sedes dos municípios. 67
Figura 11 – Diagrama explicativo dos cenários propostos para a gestão compartilhada de resíduos dos municípios com sede na bacia do rio Corumbataí. 82
Figura 12 – Diagrama explicativo do cálculo das despesas totais por município e por cenário de tratamento dos resíduos orgânicos. 85
Figura 13 – Etapas para elaboração dos cenários de tratamento por compostagem. 88
Figura 14 – Etapas para elaboração do cenários de tratamento de resíduos orgânicos por biometanização com recuperação de eletricidade. 90
Figura 15 – Projeções do crescimento populacional para o município de Analândia. 109
Figura 16 – Projeções do crescimento populacional para o município de Charqueada. 109
Figura 17 – Projeções do crescimento populacional para o município de Corumbataí. 110
Figura 18 – Projeções do crescimento populacional para o município de Ipeúna. 110
Figura 19 – Projeções do crescimento populacional para o município de Santa Gertrudes. 110
Figura 20 – Projeções do crescimento populacional para o município de Rio Claro. 111
Figura 21 – Dados disponíveis e projeções obtidas, em t/a, para a geração de resíduos do município de Analândia. 112
Figura 22 – Dados disponíveis e projeções obtidas, em t/a, para a geração de resíduos do município de Charqueada. 112
Figura 23 – Dados disponíveis e projeções obtidas, em t/a, para a geração de resíduos do município de Corumbataí. 113
Figura 24 – Dados disponíveis e projeções obtidas, em t/a, para a geração de resíduos do município de Ipeúna. 113
Figura 25 – Dados disponíveis e projeções obtidas, em t/a, para a geração de resíduos do município de Santa Gertrudes. 113
Figura 26 – Dados disponíveis e projeções obtidas, em t/a, para a geração de resíduos do município de Rio Claro. 114
Figura 27 – Valores médios de despesas com transbordo e transporte para cada um dos municípios. 126
Figura 28 – Valores médios estimados para implantação e operação dos cenários investigados para todos os municípios estudados. 161
Figura 29 – Valores médios estimados para implantação e operação dos cenários investigados para todos os municípios estudados. 161

Lista de Tabelas

Tabela 1 – População e PIB dos municípios estudados. 66
Tabela 2 – Geração de resíduos por habitante e produção de renda por geração de resíduos. 93
Tabela 3 – Indicadores de coleta regular. 95
Tabela 4 – Matriz SWOT para o município de Analândia. 104
Tabela 5 - Matriz SWOT para o município de Charqueada. 105
Tabela 6 - Matriz SWOT para o município de Corumbataí. 105
Tabela 7 – Matriz SWOT para o município de Ipeúna. 106
Tabela 8 - Matriz SWOT para o município de Rio Claro. 106
Tabela 9 - Matriz SWOT para o município de Santa Gertrudes. 107
Tabela 10 - Matriz SWOT para o conjunto de todos os municípios. 108
Tabela 11– Projeções de crescimento populacional calculadas pelo método dos mínimos quadrados de 2020 a 2039 para cada município. 111
Tabela 12 – Projeções de 2019 a 2039 para geração de resíduos por município. 114
Tabela 13 – Valores projetados de resíduos orgânicos para tratamento e de resíduos sólidos urbanos para o aterro sanitário. 115
Tabela 14 – Despesas anuais de implantação e operação do transbordo e do transporte dos resíduos das coletas regular e seletiva de resíduos orgânicos do município de Analândia. 118
Tabela 15 – Despesas anuais de implantação e operação do transbordo e do transporte dos resíduos das coletas regular e seletiva de resíduos orgânicos do município de Corumbataí. 119
Tabela 16 – Despesas anuais de implantação e operação do transbordo e do transporte dos resíduos das coletas regular e seletiva de resíduos orgânicos do município de Ipeúna. 121
Tabela 17– Despesas anuais de implantação e operação do transbordo e do transporte dos resíduos das coletas regular e seletiva de resíduos orgânicos do município de Charqueada. 122
Tabela 18 – Despesas anuais de implantação e operação do transbordo e do transporte dos resíduos da coleta regular e da coleta seletiva de resíduos orgânicos do município de Santa Gertrudes. 123
Tabela 19 – Despesas anuais de implantação e operação do transbordo e do transporte dos resíduos das coletas regular e seletiva de resíduos orgânicos do município de Rio Claro. 125
Tabela 20 – Despesas anuais de implantação e operação dos itens de infraestrutura geral da Central de Tratamento e Disposição Final. 128
Tabela 21– Custos do aterro sanitário compartilhado ao longo do tempo. 131
Tabela 22 – Custos do cenário de compostagem centralizada dos resíduos orgânicos coletados seletivamente. 133
Tabela 23 – Custos do cenário de compostagem descentralizada, inclui estação de transbordo e o transporte de resíduo misto, para o município de Analândia. 136
Tabela 24 – Custos do cenário de compostagem descentralizada, inclui estação de transbordo e o transporte de resíduo misto, para o município de Corumbataí. 139
Tabela 25 – Custos do cenário de compostagem descentralizada, inclui estação de transbordo e o transporte de resíduo misto, para o município de Ipeúna. 141
Tabela 26– Custos do cenário de compostagem descentralizada, inclui estação de transbordo e o transporte de resíduo misto, para o município de Charqueada. 143
Tabela 27 – Custos do cenário de compostagem descentralizada, inclui estação de transbordo e o transporte de resíduo misto, para o município de Santa Gertrudes. 146
Tabela 28 – Custos do cenário de compostagem descentralizada, inclui estação de transbordo e o transporte de resíduo misto, para o município de Rio Claro. 148
Tabela 29 – Composição dos custos para o cenário de tratamento dos resíduos por biodigestão anaeróbia. 151

Tabela 30 – Geração de biogás, de metano e de eletricidade pelo sistema de tratamento dos resíduos orgânicos por ano. Receita da comercialização da eletricidade e valor do investimento para manutenção do sistema por ano. 152
Tabela 31 – Valores por tonelada e por habitante para as despesas com infraestrutura geral, com o aterro sanitário e com o tratamento dos resíduos orgânicos por compostagem centralizada e por biometanização. 154
Tabela 32 – Valores compostos para os custos de transbordo e transporte e para os cenários investigados para o município de Analândia. 155
Tabela 33– Valores estimados por tonelada e por habitante para os custos de transbordo e transporte e para os cenários investigados para o município de Corumbataí. 156
Tabela 34 – Valores estimados por tonelada e por habitante para os custos de transbordo e transporte e para os cenários investigados para o município de Ipeúna. 157
Tabela 35 – Valores estimados por tonelada e por habitante para os custos de transbordo e transporte e para os cenários investigados para o município de Charqueada. 158
Tabela 36 – Valores estimados por tonelada e por habitante para os custos de transbordo e transporte e para os cenários investigados para o município de Santa Gertrudes. 159
Tabela 37– Valores estimados por tonelada e por habitante para os custos de transbordo e transporte e para os cenários investigados para o município de Rio Claro. 160

Lista de Quadros

Quadro 1 – Critérios para seleção de indicadores de desempenho. 44
Quadro 2 - Indicadores de performance de sistemas de gestão de resíduos urbanos. 46
Quadro 3 – Fatores da análise SWOT 51
Quadro 4 – Visão avaliativa dos fatores em análise SWOT. 52
Quadro 5 - Órgão responsável pela gestão dos resíduos nos municípios estudados. 67
Quadro 6 – Indicadores de geração de resíduos. 68
Quadro 7 - Indicadores de coleta regular. 69
Quadro 8 - Indicadores de coleta seletiva. 69
Quadro 9 - Indicadores de recuperação de material reciclável via depósitos de reciclagem. 70
Quadro 10- Indicadores de coleta total de recicláveis vias formal e informal. 71
Quadro 11 - Indicadores de despesas do SGRSU. 72
Quadro 12 - Indicador de sustentabilidade financeira. 72
Quadro 13 – Informações gerais sobre os municípios. 74
Quadro 14 – Informações sobre a coleta regular. 74
Quadro 15 – Informações sobre a coleta seletiva. 75
Quadro 16– Informações sobre poda, capina e compostagem. 76
Quadro 17 - Informações sobre a disposição final. 76
Quadro 18 - Informações sobre a gestão pública. 76
Quadro 19 - Informações sobre a autossuficiência financeira. 77
Quadro 20 - Indicadores de coleta seletiva. 96
Quadro 21 - Indicadores de reciclagem via depósitos de recicláveis. 99
Quadro 22 - Indicadores de coleta total de recicláveis vias formal e informal. 101
Quadro 23 - Indicadores de despesas do SGRSU. 103
Quadro 24 – Discriminação dos itens selecionados e dos valores levantados para a implantação da estação de transbordo e do sistema de transporte dos resíduos do município de Analândia. 117
Quadro 25 - Discriminação dos itens selecionados e valores levantados para operação do transbordo e transporte dos resíduos do município de Analândia. 117
Quadro 26 - Discriminação dos itens selecionados e dos valores levantados para a implantação da estação de transbordo e do sistema de transporte dos resíduos do município de Corumbataí. 119
Quadro 27 - Discriminação dos itens selecionados e valores levantados para operação do transporte dos resíduos do município de Corumbataí. 119
Quadro 28 - Discriminação dos itens selecionados e dos valores levantados para a implantação da estação de transbordo e do sistema de transporte dos resíduos do município de Ipeúna. 120
Quadro 29 - Discriminação dos itens selecionados e valores levantados para operação do transbordo e transporte dos resíduos do município de Ipeúna. 120
Quadro 30 - Discriminação dos itens selecionados e dos valores levantados para a implantação da estação de transbordo e do sistema de transporte dos resíduos do município de Charqueada. 121
Quadro 31 - Discriminação dos itens selecionados e valores levantados para operação do transbordo e do transporte dos resíduos do município de Charqueada. 122
Quadro 32 - Discriminação dos itens selecionados e dos valores levantados para a implantação da estação de transbordo e do sistema de transporte dos resíduos do município de Santa Gertrudes. 123
Quadro 33 – Discriminação dos itens selecionados e valores levantados para operação do transbordo e do transporte dos resíduos do município de Santa Gertrudes. 123
Quadro 34 – Discriminação dos itens selecionados e dos valores levantados para a implantação da estação de transbordo e do sistema de transporte dos resíduos do município de Rio Claro. 124

Quadro 35 – Discriminação dos itens selecionados e valores levantados para operação do transporte dos resíduos do município de Rio Claro. 124
Quadro 36 – Discriminação dos itens selecionados e valores cotados para implantação da infraestrutura geral da Central de Tratamento e Disposição Final. 127
Quadro 37 – Discriminação dos itens selecionados e valores cotados para operação de infraestrutura geral. 128
Quadro 38 – Itens selecionados e valores cotados para implantação do aterro sanitário compartilhado. 129
Quadro 39 - Itens selecionados e valores cotados para operação do aterro sanitário compartilhado. 130
Quadro 40 – Discriminação dos itens selecionados e dos valores cotados para implantação de infraestrutura do cenário de tratamento de resíduos orgânicos por compostagem centralizada. 132
Quadro 41 – Itens selecionados e valores cotados para operação do cenário de tratamento de resíduos orgânicos por compostagem centralizada. 133
Quadro 42 – Discriminação dos itens selecionados e dos valores cotados para implantação de infraestrutura do cenário de tratamento de resíduos orgânicos por compostagem descentralizada para o município de Analândia. 135
Quadro 43 – Itens selecionados e valores cotados para operação do cenário de tratamento de resíduos orgânicos por compostagem descentralizada de Analândia. 135
Quadro 44 – Discriminação dos itens selecionados e dos valores cotados para implantação de infraestrutura do cenário de tratamento de resíduos orgânicos por compostagem descentralizada para o município de Corumbataí. 137
Quadro 45 – Itens selecionados e valores cotados para operação anual do cenário de tratamento de resíduos orgânicos por compostagem descentralizada de Corumbataí. 138
Quadro 46 – Discriminação dos itens selecionados e dos valores cotados para implantação de infraestrutura do cenário de tratamento de resíduos orgânicos por compostagem descentralizada para o município de Ipeúna. 139
Quadro 47 – Itens selecionados e valores cotados para operação anual do cenário de tratamento de resíduos orgânicos por compostagem descentralizada de Ipeúna. 140
Quadro 48 – Discriminação dos itens selecionados e dos valores cotados para implantação de infraestrutura do cenário de tratamento de resíduos orgânicos por compostagem descentralizada para o município de Charqueada. 142
Quadro 49 – Itens selecionados e valores cotados para operação anual do cenário de tratamento de resíduos orgânicos por compostagem descentralizada de Charqueada. 143
Quadro 50 – Discriminação dos itens selecionados e dos valores cotados para implantação de infraestrutura do cenário de tratamento de resíduos orgânicos por compostagem descentralizada para o município de Santa Gertrudes. 144
Quadro 51 – Itens selecionados e valores cotados para operação anual do cenário de tratamento de resíduos orgânicos por compostagem descentralizada de Santa Gertrudes. 145
Quadro 52 – Discriminação dos itens selecionados e dos valores cotados para implantação de infraestrutura do cenário de tratamento de resíduos orgânicos por compostagem descentralizada para o município de Rio Claro. 147
Quadro 53 – Itens selecionados e valores cotados para operação anual do cenário de tratamento de resíduos orgânicos por compostagem descentralizada de Rio Claro. 147
Quadro 54 - Itens selecionados e valores cotados para implantação de infraestrutura do cenário de tratamento de resíduos orgânicos por biometanização. 149
Quadro 55 - Itens selecionados e valores cotados para operação do cenário de tratamento de resíduos orgânicos por biodigestão anaeróbia. 150

Lista de Abreviaturas e siglas

A – Ano

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas

AD – Ausência de dados

CETESB – Companhia Ambiental do Estado de São Paulo

CTDF – Central de Tratamento e Disposição Final

DF – Disposição Final

GIZ – Ministério de Cooperação Econômica e Desenvolvimento da Alemanha

HAB – Habtante

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística

IGES – Institute for Global Environmental

IPEA – Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada

IQR – Índice de Qualidade de Resíduos

MCidades – Ministério das Cidades

MMA – Ministério do Meio Ambiente

NBR – Norma Brasileira

OECD – Organization for Economic Co-Operation and Development

PIB – Produto Interno Bruto

PlanoNRS – Plano Nacional de Resíduos Sólidos

PLANSAB – Plano Nacional de Saneamento

PMGIRS – Plano Municipal de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos

PNRS – Política Nacional de Resíduos Sólidos

PNSB – Política Nacional de Saneamento Básico

SNIR – Sistema Nacional de Informações sobre a Gestão dos Resíduos Sólidos

SNIS – Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento

STN – Secretaria do Tesouro Nacional

SWOT – Strenght, Weakness, Opportunity, Threat

T - Tonelada

UGRHI – Unidade de Gerenciamento de Recursos Hídricos

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO 16
2. OBJETIVOS 20
3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA 21
   3.1. Resíduos sólidos urbanos 21
      3.1.1. Definições e classificações 21
   3.2. Elementos dos sistemas de gestão de resíduos 22
      3.2.1. Geração, separação na fonte e acondicionamento 23
      3.2.2. Coleta e transporte 23
      3.2.3. Tratamento de resíduos orgânicos 24
      3.2.4. Deposição em aterro sanitário 30
   3.3. Aspectos legais relevantes 31
      3.3.1. Política Nacional de Saneamento Básico 32
      3.3.2. Política Nacional de Resíduos Sólidos 32
   3.4. Gestão integrada de resíduos sólidos municipais 34
      3.4.1. Cobrança pelo serviço de manejo dos resíduos 37
      3.4.2. Gestão integrada 39
   3.5. Indicadores de desempenho em gestão de resíduos sólidos municipais 40
   3.6. Participação do setor informal em atividades de valorização de resíduos 46
   3.7. Análise SWOT 50
   3.8. Dados gerais dos municípios 54
      3.8.1. Analândia 54
      3.8.2. Corumbataí 55
      3.8.3. Ipeúna 57
      3.8.4. Charqueada 58
      3.8.5. Rio Claro 60
      3.8.6. Santa Gertrudes 63
4. MATERIAL E MÉTODOS 65
   4.1. Características gerais dos municípios investigados 66
   4.2. Diagnóstico das práticas de gestão dos resíduos sólidos urbanos 67
      4.2.1. Indicadores para o diagnóstico da gestão de resíduos sólidos urbanos 68
      4.2.2. Levantamento de dados secundários 72

4.2.3. Elaboração dos questionários para levantamento de dados primários 77
4.2.4. Visitas e aplicação dos questionários 79
4.2.5. Método de análise matriz SWOT 79
4.3. Planejamento e levantamento de custos da gestão compartilhada de resíduos 80
4.3.1. Projeções de crescimento populacional e de geração de resíduos 83
4.3.2. Composição e levantamento de custos dos cenários de gestão compartilhada 85
5. RESULTADOS 92
5.1. Diagnóstico das práticas atuais 92
5.1.1. Visitas e aplicação dos questionários 92
5.1.2. Indicadores selecionados para o diagnóstico da gestão de resíduos sólidos urbanos 93
5.1.3. Método de análise matriz SWOT 104
5.2. Planejamento e levantamento financeiro da gestão compartilhada de resíduos .. 108
5.2.1. Projeção de população e de geração de resíduos 109
5.2.2. Cenários e levantamento financeiro da gestão compartilhada 116
5.2.3. Composição de despesas por cenário e por município 153
6. CONCLUSÕES 165
7. SUGESTÕES PARA PESQUISAS FUTURAS 167
8. REFERÊNCIAS 168
APÊNDICE 1 – Informações de base 184
APÊNDICE 2 – Entrevista estruturada prefeituras 189
APÊNDICE 3 – Valores e fontes dos itens cotados 190

1. INTRODUÇÃO

A intensificação da urbanização, com crescente geração de resíduos e poluição ambiental faz com que soluções técnicas e financeiras tenham que ser condizentes com a realidade social, cultural e ambiental de cada localidade. Essa é uma realidade múltipla e complexa que envolve a compreensão de problemas interdependentes, ocorridos ao longo do tempo e sobre o espaço, que não possuem uma solução isolada linear, mas sim um esforço transdisciplinar (GRIPP, 2004). Dessa forma, a gestão dos resíduos sólidos surge como um fator importante na administração dos municípios, pois se trata de um serviço chave, do qual dependem a saúde pública e a imagem externa da cidade (WILSON et al., 2015).

Com relação à gestão adequada dos resíduos sólidos urbanos (RSU) e à apropriada destinação com a continuação dos ciclos de vida dos materiais para as diversas atividades humanas, percebe-se que técnicas e tecnologias vêm sendo desenvolvidas, porém, com poucos resultados para o equacionamento do problema, especialmente nos países de baixa e média renda. Em grande parte dos municípios brasileiros, as etapas de gestão dos resíduos envolvem apenas as atividades de coleta simples, transporte e disposição final, a qual pode ocorrer em aterros sanitários, aterros controlados ou em lixões a céu aberto. Nesses três casos, o que se procede é apenas o simples depósito do material, em muitas situações, com diversos impactos ao ambiente e sem equilíbrio financeiro.

No Brasil, os dados disponíveis sobre a disposição final dos resíduos sólidos urbanos revelam que 59% dos resíduos coletados são encaminhados para aterros sanitários; 10% para aterros controlados; 10% para lixões; 3% são encaminhados para usinas de triagem e de compostagem; e 18% não possuem informações, a parcela sem informação é composta, na maioria, por municípios de até 30.000 habitantes. Os municípios de até 30.000 habitantes representam 80% dos municípios brasileiros (MCidades, 2018).

Também no Brasil, após anos de discussões sobre o tema, foi instituída a Lei n°12.305/2010, a Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS), regulamenta pelo Decreto 7.404/2010. Trata-se de um instrumento importante para que o país enfrente problemas ambientais, sociais e econômicos decorrentes do manejo inadequado dos resíduos sólidos. Para tanto, prevê a redução do montante de resíduos, por meio da prática de consumo sustentável e do aumento do material reciclado, reutilizado e tratado, bem como a destinação ambientalmente segura dos rejeitos. No entanto, ainda são necessárias as regulamentações estaduais e municipais que

estabeleçam diretrizes gerais aplicáveis aos resíduos sólidos para orientar estados e municípios para que exista estrutura de planejamento e gestão integrada entre municípios (MMA, 2015).

A Política Nacional de Resíduos Sólidos, estabelece, em seu artigo 45, que os municípios, organizados por consórcios públicos, nos termos da Lei n°11.107/2005, têm prioridade na obtenção de incentivos instituídos pelo governo federal. Também, existe necessidade de pesquisas focadas em soluções para a gestão consorciada de municípios, favorecida pela recomendação da Política Nacional de Saneamento Básico (BRASIL, 2007) e da Política Estadual de Recursos Hídricos (SÃO PAULO, 1991), as quais sugerem que as bacias hidrográficas sejam utilizadas como unidades de planejamento de gestão.

Com relação a composição, as frações reciclável e orgânica dos resíduos, juntas representam 83% do montante de resíduos produzido no Brasil, de acordo com o Plano Nacional de Resíduos Sólidos (BRASIL, 2012). Nesse sentido, soluções para o aproveitamento da fração orgânica podem contribuir para a diminuição da maior parte do montante de resíduos encaminhado para os aterros. A PNRS estabelece, no artigo 36, que o plano municipal deve prever a implantação de sistemas de compostagem para a fração orgânica de seus resíduos, contudo apenas uma pequena parte é encaminhada para compostagem no país.

Da mesma forma, a fração de recicláveis é considerável e representa, aproximadamente, 30% do montante de resíduos produzido. Desse total, uma parte é encaminhada para reciclagem, por meio de coleta seletiva formal, outra parte é encaminhada para os aterros pela coleta regular e, ainda, outra parte é coletada por um sistema de coleta informal que atua, principalmente nos países de baixa e média renda, e desvia toneladas de material para a reciclagem sem ser reconhecido (UN-HABITAT, 2010; SCHEINBERG et al., 2011; WILSON et al., 2014, 2015). A fração de rejeitos é a menor parte e deve ser encaminhada pelos municípios para disposição em aterros sanitários.

A ausência de dados a respeito da gestão municipal de resíduos dificulta a identificação das prioridades. Assim sendo, são necessários diagnósticos das reais necessidades dos municípios com relação a melhoria dos sistemas de gestão dos resíduos sólidos. Esses diagnósticos estão relacionados ao levantamento de indicadores para caracterizar as dificuldades e potencialidades dos sistemas de gestão de resíduos, durante todas as etapas, desde a geração e do tratamento adequado, até a disposição final dos rejeitos. Assim, os indicadores de desempenho são uma ferramenta chave para gestores e atores, pois fornecem base para a tomada de decisão. Esses apresentam e combinam informações dos diversos aspectos relacionados à questão dos resíduos.

Diversos trabalhos levantam diferentes indicadores para a análise de sistemas de gestão de resíduos sólidos urbanos (SUTTIBAK; NITIVATTANANON, 2008; SOUZA et al., 2009; POLAZ; TEIXEIRA, 2009; CIFRIAN et al., 2010; SCHEINBERG et al., 2010; PASSARINI et al. 2011; SANTIAGO; VEIGA, 2014; IGES, 2014; WILSON et al., 2014; CASTRO et al., 2015; DESMOND, 2015; ASSIS et al., 2017).

Nesse sentido, os municípios com até 30.000 habitantes merecem atenção especial por: (i) serem a faixa populacional em que há maior dificuldade de levantar dados para caracterização de condições dos resíduos; (ii) apresentarem menores índices de coleta regular; (iii) possuírem maior população rural sem serviço de coleta; (iv) serem contemplados com os menores orçamentos para lidar com problemas relacionados à questão dos resíduos; (v) apresentarem as piores condições de trabalho para o manejo com os resíduos; (vi) apresentarem maior porcentagem de municípios com lixões (MCidades, 2017); (vi) apresentarem menor porcentagem de municípios com coleta seletiva (IPEA, 2012). Os pequenos municípios também têm dificuldades com a disposição final de resíduos, devido a altos custos e pequena capacidade técnica. Principalmente no estado de São Paulo, essa dificuldade conduziu a dependência dos pequenos municípios de grandes empresas que operam aterros particulares. Tal fato, satisfaz a necessidade de disposição final de qualidade, porém faz com que os pequenos municípios tenham custos mais elevados e não detenham os meios de tratar seus resíduos. Nesse contexto, destaca-se que os municípios com menos de 30.000 habitantes representam 80% dos municípios do país (MCidades, 2017).

Com relação à incidência da despesa com o manejo de resíduos sólidos urbanos na despesa corrente total das prefeituras no país, em média, 3,7% dos gastos são com serviços de manejo de resíduos, a maior parte desses custos está relacionada a coleta e a disposição final. A incidência nos municípios de até 30 mil habitantes é menor (2,1%), o que sinaliza para maior dificuldade dos pequenos municípios lidarem com a questão por possuírem menores orçamentos. Assim, a cobrança pelos serviços de manejo de resíduos pode ser destacada, pois é a maneira dos municípios conseguirem sustentabilidade financeira para o trabalho de gestão dos resíduos (MCidades, 2018).

Assim, os consórcios intermunicipais surgem como forma de obter economia de escala e de acessar fontes de recursos financeiros federais, pois iniciativas consorciadas são privilegiadas em relação a ações de municípios isolados. Os municípios de pequeno porte são os que mais participam de consórcios para gestão de resíduos no Brasil para buscar compartilhar custos e ganhar em escala

de produção com racionalização de recursos e a capacidade de realização dos municípios (CRUZ, 2001; SILVEIRA; PHILIPPI, 2008).

De acordo com o diagnóstico do SNIS (MCidades, 2018), 28% dos municípios brasileiros declararam possuir algum sistema de cobrança pelo serviço de manejo. O mesmo relatório afirma que os municípios menores são os que menos possuem cobrança por apresentarem maiores dificuldades de tratar a questão. Os municípios que possuem cobrança pelo serviço de manejo dos resíduos apresentam maior equilíbrio financeiro e gestão facilitada pela presença de recursos. A Política Nacional de Saneamento Básico, no artigo 29, prevê que os serviços públicos de saneamento básico terão a sustentabilidade financeira assegurada por meio de cobrança dos serviços (BRASIL, 2007). Também, a Política Nacional de Resíduos Sólidos, no artigo 19, institui que os planos municipais devem prever sistemas de cobrança para os serviços de manejo de resíduos (BRASIL, 2010). Nesse sentido, é importante que os municípios, especialmente os menores, busquem soluções para encontrar o equilíbrio financeiro de seus sistemas de gestão de resíduos.

A hipótese considerada para a realização dessa pesquisa fundamenta-se sobre a prerrogativa: consideradas as condições atuais, é possível identificar estratégias compartilhadas e integradas para aumentar a capacidade de recuperação de resíduos dos municípios investigados e a sustentabilidade financeira do sistema de gestão.

Por meio do apontamento de estratégias de ação, esse trabalho contribui para a tomada de decisão em gestão dos resíduos dos municípios estudados e questões semelhantes em outros municípios.

2. OBJETIVOS

Esse trabalho teve como objetivo geral avaliar estratégias para a gestão integrada dos resíduos sólidos urbanos gerados nos seis municípios com sede na bacia hidrográfica do rio Corumbataí, a partir do levantamento de indicadores de desempenho para diagnóstico de fluxos de material.

Para atender ao objetivo geral, os objetivos específicos foram:

- Levantar indicadores de desempenho para compor o diagnóstico do cenário atual de geração, coleta, reciclagem e disposição final dos resíduos sólidos urbanos;

- Diagnosticar as fragilidades e potencialidades internas e externas dos sistemas de manejo dos resíduos para os municípios escolhidos, a partir do resultado do levantamento dos indicadores;

- Elaborar cenários de operação para a gestão compartilhada dos resíduos sólidos domiciliares gerados nos municípios estudados com tratamento de resíduos orgânicos coletados separadamente;

- Realizar a estimativa financeira das soluções operacionais pesquisadas, com a intenção de comparar os cenários investigados e fornecer alternativas práticas aos gestores dos municípios com sede na bacia do rio Corumbataí.

3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Neste item, serão abordados os principais assuntos relevantes a pesquisa, como (i) a abordagem sistêmica; (ii) o gerenciamento integrado de resíduos sólidos urbanos; (iii) os elementos do sistema de gestão de resíduos (geração, coleta, tratamento e disposição final); (iv) os aspectos legais relacionados à questão dos resíduos sólidos no Brasil; (v) exemplos de instrumentos econômicos para gestão de resíduos sólidos.

3.1. Resíduos sólidos urbanos

Esse item elucida alguns conceitos referentes aos resíduos sólidos, provenientes de diferentes fontes. Ainda, trata de classificações encontrada na literatura de interesse.

3.1.1. Definições e classificações

Todas as atividades humanas produzem sobras, restos e resíduos que podem ser aproveitados em outros processos ou são rejeitos que devem ser tratados e dispostos adequadamente. O dicionário Priberam (2018) define resíduo como “aquilo que resta” e “o que fica das substâncias submetidas à ação de vários agentes físicos ou químicos”.

A legislação brasileira que delibera sobre resíduos, a Política Nacional de Resíduos Sólidos, Lei n° 12.305/2010 (Brasil, 2010), no artigo 3°, define resíduos sólidos:

> 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.

Ainda, a PNRS diferencia rejeito de resíduo estabelecendo que rejeito é o material que, depois de esgotadas as possibilidades de tratamento, devem ser dispostos adequadamente.

Os Resíduos Sólidos Urbanos tratados por esse estudo são os coletados pela coleta regular dos municípios, ou seja, os resíduos provenientes de domicílios, instituições públicas, estabelecimentos comerciais, industriais e de serviços cuja responsabilidade pelo manejo não é atribuída ao gerador. Essa definição condiz com o artigo 6° da Lei 1.445/2007, Política Nacional de Saneamento Básico, que estabelece que o município pode considerar o “lixo originário e

atividades comerciais, industriais e de serviços cuja responsabilidade pelo manejo não seja atribuída ao gerador pode, por decisão do poder público, ser considerado resíduo sólido urbano".

A Norma Brasileira NBR 10004:2004 (ABNT, 2004) classifica os resíduos sólidos quanto ao risco potencial, para que possam ser gerenciados adequadamente. Essa norma ainda classifica os resíduos em: (a) resíduos classe I – Perigosos; (b) resíduos classe II – Não perigosos, sendo classe IIA – não inertes e classe IIB – inertes. Os resíduos perigosos são aqueles que apresentam inflamabilidade, corrosividade, reatividade, toxidade ou patogenicidade. Os resíduos não inertes são aqueles que apresentam biodegradabilidade, combustibilidade ou solubilidade em água e os inertes, não apresentam essas características sob condições especificadas na mesma norma.

A Política Nacional de Resíduos Sólidos, no artigo 13, classifica os resíduos quanto à origem (a) resíduos domiciliares; (b) resíduos de limpeza urbana; (c) os dois anteriores constituem os resíduos sólidos urbanos; (d) resíduos de estabelecimentos comerciais e prestadores de serviços; (e) resíduos dos serviços públicos de saneamento básico; (f) resíduos industriais; (g) resíduos de serviços de saúde; (h) resíduos da construção civil; (i) resíduos agrossilvopastoris; (j) resíduos de serviços de transportes; (k) resíduos de mineração. A mesma legislação também classifica os resíduos quanto à periculosidade, sendo os perigosos, aqueles que apresentam qualquer característica que apresenta risco à saúde humana ou ambiental.

Para Tchobanoglous e Kreith (2002) a falta de definições no campo de gestão de resíduos sólidos (GRS) constitui um significativo obstáculo para o desenvolvimento de sólidas estratégias de gestão. Para esses autores, definições consistentes formam a base para o estabelecimento de sistemas precisos, os quais permitem que entidades conheçam seu progresso e comparem seus resultados com outras entidades. Sistemas bem modelados também são capazes de promover qualidade ao diálogo entre as partes envolvidas.

3.2.Elementos dos sistemas de gestão de resíduos

A gestão de resíduos municipais é um processo complexo que inclui rotas de coleta estratégias de tratamento, locação da planta de tratamento e recuperação de energia (SOLTANI et al., 2015). Com o intuito de implementar a gestão adequada, os decisores devem levar em consideração os diversos elementos do sistema de gestão de resíduos.

São elementos do sistema de gestão de resíduos municipais os processos de geração, coleta, transporte, tratamento e deposição em aterro sanitário, essas etapas estão descritas a seguir.

3.2.1. Geração, separação na fonte e acondicionamento

A etapa de geração de resíduos sólidos ocorre no momento do descarte dos materiais que não são mais úteis a seus proprietários. Essa fase é influenciada por características culturais, econômicas e também da fase de fabricação dos produtos consumidos. Os hábitos e costumes geram comportamentos de consumo diferentes para os países, também o poder de compra da população influencia a quantidade e qualidade dos resíduos. No entanto, os países podem regulamentar a fabricação dos produtos e embalagens com intuito de estimular a reutilização e cobrar responsabilidade por parte dos fabricantes.

A geração total de resíduos sólidos urbanos no Brasil, em 2015, foi de aproximadamente 74 milhões de toneladas, esse valor representa a geração em torno de 1 kg/hab.dia (MCidades, 2017).

A geração de resíduos é uma etapa delicada do sistema de gestão, pois existem inúmeras dificuldades metodológicas para coleta e análise de dados sobre essa questão (IPEA, 2012). É durante essa etapa que pode ocorrer a redução na fonte que enfoca a diminuição do volume ou toxidade dos resíduos gerados. Para que ocorra a redução na fonte, ações de troca de hábitos devem ser tomadas pelos geradores, que podem substituir embalagens descartáveis por embalagens retornáveis, por exemplo (TCHOBANOGLOUS E KREITH, 2002).

As primeiras ações das pessoas em relação a produção de resíduos estão relacionadas a separação e acondicionamento. Nessa etapa, podem ser utilizados diversos tipos de embalagens, no brasil destaca-se a utilização de sacolas plásticas para o acondicionamento dos diversos tipos de resíduos gerados nos domicílios. Os resíduos mal acondicionados geram poluição ambiental e podem transmitir doenças. A forma como os resíduos são acondicionados influencia os processos de coleta e tratamento posteriores (CUNHA; CAIXETA FILHO, 2002).

3.2.2. Coleta e transporte

A etapa de coleta é um elemento central do sistema de gestão integrada dos resíduos sólidos, o modo como se organiza essa fase caracteriza o comportamento dos geradores e, consequentemente, define as possibilidades de tratamento.

A etapa de coleta engloba a fase em que um veículo percorre a cidade recolhendo os resíduos que foram gerados e acondicionados na etapa anterior. O tipo de coleta é determinado pelo tipo de resíduo. Resíduos contaminados requerem coleta especial. O material reciclável deve ser

recolhido pela coleta seletiva e os resíduos misturados são normalmente recolhidos em caminhões compactadores e enviados a estações de transbordo, centrais de tratamento ou aterros sanitários (CUNHA; CAIXETA FILHO, 2002).

No Brasil, o relatório do Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento – SNIS (MCidades, 2018) apontou para um índice de atendimento pela coleta regular da população urbana de pelo menos uma vez por semana de 98,6%. Omesmo relatório aponta que 32% da população não atendida está em municípios de até 30.000 habitantes. Contudo, se considerada toda a população, a taxa de população atendida por coleta regular cai para 91,5% no país, também, esse indicador apresentou menor valor para os municípios de pequeno porte (74,4%).

O material passível de reciclagem deverá ser coletado seletivamente para retornar como matéria-prima para o mercado, através da separação de produtos do montante de resíduos urbanos. Os benefícios da reciclagem são muitos, como (i) proteção de recursos finitos; (ii) diminuição da demanda por mineração, o que suaviza impactos característicos desse tipo de atividade; (iii) redução da energia consumida, (iv) aumento do tempo de utilização de aterros sanitários; (v) melhora da eficiência e da qualidade de processos de incineração e compostagem pela remoção de materiais como vidro e metais (TCHOBANOGLOUS E KREITH, 2002).

3.2.3. Tratamento de resíduos orgânicos

Existem diversas alternativas para o tratamento de resíduos. São necessárias ações durante as etapas de geração e coleta para definir as possibilidades de tratamento para os resíduos (REICHERT, 2013). Ainda, cada tipo de material deve ser tratado de maneira diferente, de acordo com sua classificação. São diversas as tecnologias disponíveis atualmente para o tratamento dos diversos tipos de resíduos, essas podem ser divididas com relação ao tipo de resíduo ou tipo de processo utilizado (FURLAN, 2007).

De acordo com Williams et al. (2003), a conversão de material orgânico pode ocorrer por três caminhos principais: termoquímico, bioquímico e físico-químico. Os processos termoquímicos se caracterizam por altas temperaturas e altas taxas de conversão, são melhores aplicados em resíduos de baixa umidade e menor seletividade. Podem ser incineração, gaseificação e pirólise. No Brasil, a Portaria Interministerial 274/2019 disciplina a recuperação energética dos resíduos sólidos urbanos. Instalações de incineração de resíduos são atrativas porque reduzem o volume de material drasticamente em até nove vezes. Também, essas plantas podem recuperar energia tanto

na forma de calor como de eletricidade. Incineradores são utilizados quando as distâncias entre os centros geradores e o aterro sanitário são grandes (TCHOBANOGLOUS E KREITH, 2002). Processos físico-químicos estão relacionados a síntese de materiais por conversões físicas e químicas, como a produção de biodiesel por transesterificação.

Os processos de conversão bioquímica incluem fermentação, digestão aeróbia e anaeróbia e são utilizados para o tratamento de resíduos orgânicos e geração de composto para agricultura, biogás e metano. Os produtos finais desses processos são determinados pela qualidade da segregação do material anteriormente a aplicação do processo (TAIWO, 2011).

3.2.3.1. Digestão aeróbia por compostagem natural

A Política Nacional de Resíduos Sólidos prevê utilização de compostagem como forma de tratamento para os resíduos orgânicos. Esse é o processo aeróbio de decomposição da fração orgânica dos resíduos, nesse processo, microrganismos transformam os resíduos em compostos biofertilizantes para o solo. O processo biológico aeróbio da compostagem requer balanceamento adequado da relação entre as moléculas de carbono e nitrogênio (relação C/N) e, também, condições controladas de temperatura, umidade e aeração para os diferentes estágios de decomposição da matéria orgânica.

Existem diversos tipos de compostagem, entre eles: a natural, em que os resíduos são dispostos sobre o solo em leiras com dimensões predefinidas e existe reviramento periódico até que o processo seja terminado. Um segundo método consiste em realizar aeração forçada nas leiras, sem reviramento do material, com sistema de tubulação perfurada pela qual se dá a aeração da pilha de resíduos. Um terceiro tipo consiste na colocação da massa de resíduos em um reator biológico fechado, dentro do qual é possível controlar os parâmetros com maior precisão. Nos reatores biológicos, é possível reduzir a fase inicial, o tempo de retenção do material nos reatores é de 7 a 20 dias e o tempo total para 70 a 80 dias, com um mínimo de período de maturação de 60 dias.

Na compostagem existem duas etapas bem definidas, o início do processo dura em torno de 30 dias, durante esse tempo, ocorre a degradação da matéria orgânica pela ação de diferentes microrganismos e acontece elevação da temperatura do material até temperaturas termofílicas, podendo atingir 60ºC. A segunda fase ocorre quando as temperaturas baixam para a faixa de 30ºC a 45ºC, quando a celulose e materiais similares são degradados pela ação dos microrganismos, essa etapa também é chamada de maturação ou humificação. Por meio da temperatura as etapas são

inferidas. Ao final do processo, ocorre a estabilização da matéria orgânica, esse é o período da bioestabilização, quando o composto está pronto. O tempo de ocorrência das fases varia em função dos diversos fatores que influenciam o processo, contudo, estima-se que o processo de bioestabilização possa ser alcançado entre 60 e 90 dias e o processo total de humificação pode levar de 90 a 120 dias (MMA, 2010).

Os nutrientes, principalmente o carbono e o nitrogênio, são fundamentais para os microrganismos aeróbios. Um balanceamento adequado de carbono e nitrogênio melhora o desempenho da degradação biológica, se houver excesso de carbono o processo fica mais lento e pode ser interrompido, isso ocorre com materiais como palhas, serragem e resíduos de poda. A relação C/N deve ser de 30:1 no início do processo. Os resíduos sólidos urbanos possuem características adequadas para a compostagem, porém para atingir equilíbrio é necessária a utilização de uma parte de resíduos de frutas, legumes e verduras e três partes de resíduos de poda e jardinagem. Contudo, se trata de um processo em que recebe interferências de diversas variáveis e outras proporções entre os materiais podem gerar diferentes resultados (TAIWO, 2011).

A escolha do método mais adequado para a compostagem está muito ligada à quantidade de resíduos. O método natural é utilizado para quantidades de até 100 toneladas por dia de resíduos orgânicos, com resíduos de origem domiciliar, provenientes de grandes geradores de orgânicos, combinados com resíduos de poda, remoção de árvores e jardinagem de áreas públicas e privadas (MMA, 2010).

Os objetivos da compostagem precisam ser definidos antes do início do planejamento operacional, pois diferentes objetivos indicam escolhas especificas quanto aos métodos a serem empregados, por exemplo, se o objetivo for utilizar o composto para agricultura, a qualidade exigida deve seguir padrões definidos pelo Ministério da Agricultura e, nesse caso, a segregação rigorosa dos orgânicos é muito importante. Contudo, se o composto for utilizado para contenção de erosão ou simplesmente para diminuir o volume de resíduos aterrados, a coleta não precisa ser tão rigorosa. Assim, as metas, os objetivos e as escolhas de tecnologias são processos interligados (MMA, 2010).

Contudo, as metas devem levar em consideração que o melhor uso do composto é para produção de novos alimentos, por isso a segregação dos resíduos orgânicos na fonte é etapa importante para um programa de compostagem de sucesso. Com a compostagem também existem vantagens de operação em maior escala, pois trata-se de instalação que requer gestão técnica acurada, com constante monitoramento e diversos problemas operacionais, o que, em princípio, indica a

conveniência de se instalar unidades de maior porte para atender um conjunto de municípios (MMA, 2010).

A compostagem natural consiste na disposição dos resíduos em leiras, em pátio impermeabilizado, com aeração por reviramento das leiras, manualmente ou com auxílio de máquinas, essas podem ser retroescavadeiras ou reviradeiras de leira. Por esta razão, as unidades foram limitadas a processamento inferior a 100 toneladas por dia. A área do pátio de compostagem deve ser impermeabilizada com camada de argila compactada de 30 cm de espessura, com declividade de 2% em relação ao ponto de captação de efluentes, nos casos de umidade excessiva nas pilhas acontece geração de chorume. Esse fato acontece na época de chuva ou por excesso de água na durante a operação. Para controlar eventuais fluxos de chorume, canaletas de drenagem em concreto devem ser instaladas em torno do pátio para conduzir os líquidos até o tratamento. Alguns órgãos ambientais exigem que a impermeabilização do pátio seja feita em concreto ou asfalto (MMA, 2010). Os líquidos percolados devem ser encaminhados para tratamento na unidade de tratamento dos percolados do aterro ou, no caso de unidades de compostagem, isolados para fossas sépticas com sumidouro ou lagoas.

Estima-se que na unidade para processamento de 1 tonelada por dia trabalhem 2 pessoas, na que processa 3 t/dia 3 pessoas, na que processa 9 t/dia 9 pessoas, e a que processa 30 t/dia 21 pessoas. Considera-se que em cidades a partir de 50 mil habitantes haverá um encarregado administrativo com essa função exclusiva, nas cidades com menos de 50 mil habitantes, o encarregado da unidade é um dos operadores; em cidades de mais de 75 mil habitantes, além do encarregado, há também um auxiliar administrativo. As atividades desenvolvidas são recepção e expedição de material, trituração de galhos e separação de galhos grossos que não serão utilizados, montagem e reviramento de leiras, controle de temperatura e umidade das leiras, rega das leiras, limpeza do pátio, peneiramento de composto, ensacamento do composto, registros de entrada e saída de material, e controles técnicos do processo de compostagem e do tratamento dos efluentes (MMA, 2010).

3.2.3.2. Biometanização

Os resíduos orgânicos convertidos em biogás constituem uma fonte de energia alternativa e renovável (LINO et al. 2015). Há pelo menos cinco principais fontes de biomassa a partir do qual o biogás pode ser derivado, esgoto, aterro sanitário, estrume animal, resíduos orgânicos e lavouras plantadas com fins energéticos (BUDZIANOWSKI, 2012). Pelo menos 25% de toda a bioenergia

no futuro poderão ser originados a partir do biogás, produzido a partir de biometanização de resíduos orgânicos (HOM-NIELSEN et al, 2009).

O biometano é um dos produtos finais de um complexo processo de biodegradação anaeróbia da matéria orgânica, esse processo ocorre em condições estritamente anóxicas e depende de atividades coordenadas de uma associação microbiológica para a transformação do material orgânico em biogás (APPELS et al., 2008). O biogás tem composição aproximada de 50 – 70% de metano, 30-50% de dióxido de carbono e outros gases vestigiais, de acordo com a natureza da biomassa. O processo é comumente alcançado em plantas especificamente projetadas, chamados de biodigestores anaeróbios, sob condições controladas ou, naturalmente, em pântanos e aterros sanitários (BOND; TEMPLENTON, 2011).

Nos últimos anos, foram desenvolvidos diversos trabalhos a respeito dos parâmetros que influenciam a eficiência do processo anaeróbio de degradação da matéria orgânica (APPELS et al., 2011; KIM; OH, 2011; ZESHAN; VISVANATHAN, 2012; PALATSI et al., 2012; ZHONG et al., 2013). Dentre os diversos parâmetros que influenciam a biodegradação anaeróbia, a temperatura tem papel importante no resultado do processo, pois atua sobre a atividade das enzimas e coenzimas, interfere na produção de metano e influencia a qualidade do efluente (EL-MASHAD et al., 2004). A digestão anaeróbia convencional é realizada na faixa de temperatura mesofílica, entre 35 e 37ºC (KIM et al., 2006), apesar disto, a performance do processo aumenta com a elevação da temperatura (SÁNCHEZ et al., 2001), por essa razão os países tropicais apresentam condições favoráveis para a implantação de tecnologias de biometanização.

A degradação anaeróbia da glicose ocorre através das seguintes reações possíveis: fermentação anaeróbia (Equação 1) que forma acetato, hidrogênio e gás carbônico; metanogênese acetoclástica, quando ocorre a quebra do acetato para formar metano e dióxido de carbono (Equação 2); os processos realizados pelas bactérias hidrogenotróficas convertem hidrogênio em metano (Equação 3) ou, sob alta pressão o hidrogênio reage com dióxido de carbono formando íon acetato, que pode ser consumido pelas metanogênicas acetoclásticas (Equação 4) (GRADY, 1999).

(1) $C_6H_{12}O_6 + 2H_2O \rightarrow 2CH_3COOH + 4H_2 + 2CO_2 + 4e^-$

(2) $CH_3COOH \rightarrow CH_4 + CO_2$

(3) $4H_2 + CO_2 \rightarrow CH_4 + 2H_2O$

(4) $4H_2 + 2CO_2 \rightarrow CH_3COO^- + H^+ + 2\,H_2O + e^-$

A Figura 1 apresenta o resumo das principais relações existentes no consórcio microbiano envolvido no processo de degradação anaeróbia de compostos orgânicos.

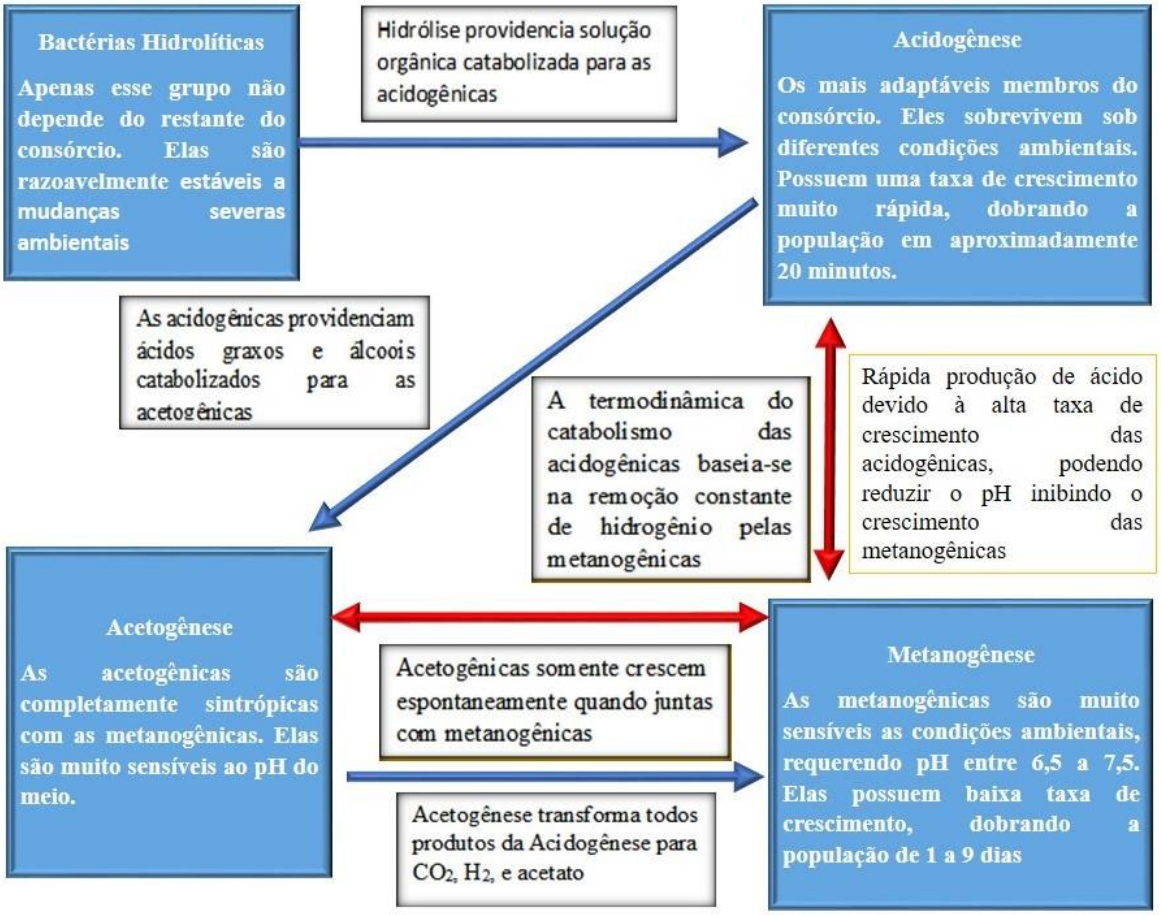

Figura 1 – Resumo das relações dos microrganismos anaeróbios, indicando as relações de sintropia dentro do consócio
Fonte: STUART, 2006.

Os biodigestores consistem basicamente em um recipiente fechado, onde os resíduos são misturados com água e introduzidos para serem digeridos pelo consórcio microbiológico. podem ser de diversos formatos e tecnologias. Existem diversos tipos de reatores, contudo alguns componentes existem em todos eles. São eles: o reator, o dispositivo principal onde ocorre o processo bioquímico, a entrada do afluente, a saída do afluente, a extração de lodos e a captação de gás (MORENO, 2011).

O biodigestor de fluxo tubular, também conhecido como canadense é caracterizado por possuir uma base retangular impermeabilizada cavada no chão, onde o substrato é depositado, com a largura maior que a profundidade, fazendo com que haja maior área de exposição ao sol. O gasômetro é feito em manta flexível de PVC, pode ser retirado, o que facilita o manuseio e a limpeza. A manta se infla à medida que ocorre a produção de biogás. Esse modelo é mais usado

em regiões quentes, onde a temperatura ambiente auxilia a manter a temperatura do biodigestor em níveis adequados para a realização do processo de digestão anaeróbia, que facilita a produção de biogás. A composição desse tipo de biodigestor é basicamente uma caixa de distribuição, o gasômetro de PVC que é colocado em cima de uma lagoa perfurada no solo e impermeabilizada e a tubulação de saída de gás (ANDRADE, 2018). A Figura 2 mostra um esquema simplificado do biodigestor tipo canadense, bastante utilizado por ser de simples montagem e baixo custo.

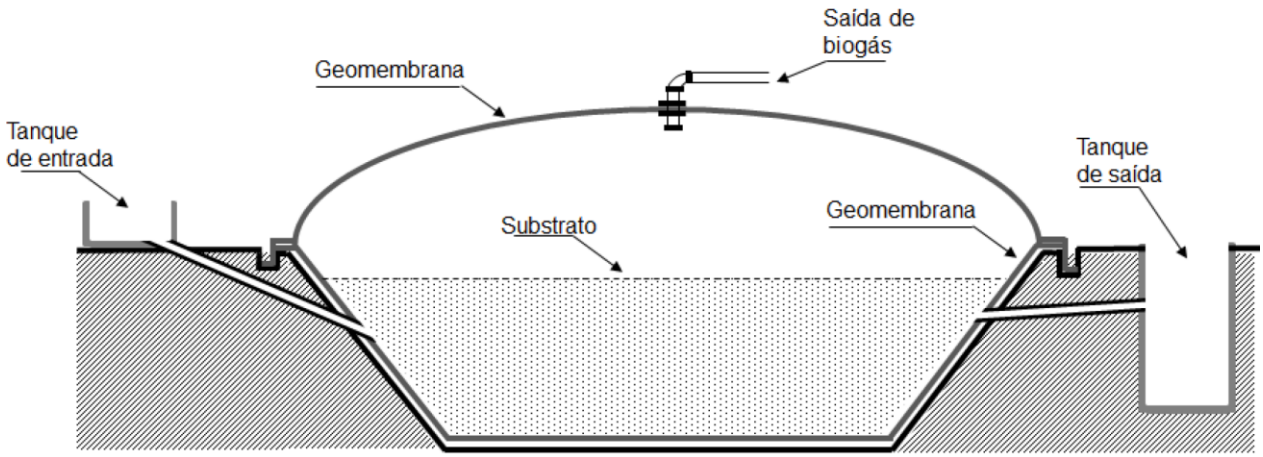

Figura 2 – Diagrama simplificado de um biodigestor do tipo canadense. Fonte: (ANDRADE, 2018).

Os resíduos alimentares apresentam substrato com conjunto de propriedades que o separam de outros substratos disponíveis pela alta eficiência, devido à capacidade de dar maior rendimento de biogás de boa qualidade por unidade de peso que a maioria substratos disponíveis, também, pela abundância e disponibilidade a baixo custo. No entanto, há algumas desvantagens no uso de resíduos alimentares como substrato para a produção de biogás, como sua natureza heterogênea, que exige uma classificação extra do substrato, bem como grandes tamanhos de partículas que são mais difíceis de degradar (KIGOZI et al., 2014; 2014a).

3.2.4. Deposição em aterro sanitário

Em grande parte dos municípios brasileiros, a disposição final pode ocorrer em aterros sanitários, aterros controlados ou em lixões a céu aberto. Nestes três casos, o que se procede é apenas o simples depósito do material, por vezes de forma razoável, contudo, em muitas situações, com diversos impactos ao ambiente. Os aterros sanitários são necessários para os resíduos cujo valor comercial não pode mais proporcionar sua manutenção no mercado. O desafio é garantir que

os aterros em operação sejam projetados adequadamente e monitorados depois de encerrados. É importante ressaltar que os aterros não devem receber materiais perigosos ou líquidos, devem, ainda conter sistemas de controle e captação de gases e lixiviados, extensivo sistema de monitoramento de águas subterrâneas. As instalações de aterros sanitários devem ser situadas em locais onde condições naturais sejam aproveitadas (TCHOBANOGLOUS E KREITH, 2002).

No Brasil, a disposição final dos resíduos sólidos domiciliares e públicos ocorre 60,9% em aterro sanitário; 11,5% em aterro controlado; 10,1% em lixões; 2,1% são encaminhados para usinas de triagem e de compostagem; e 15,4 não possuem informações (MCidades, 2017).

3.3. Aspectos legais relevantes

Os resíduos sólidos devem ser tratados de maneira que a população e o meio ambiente não sejam prejudicados. Para isto são necessários instrumentos legais que norteiem as ações de países, estados e municípios. Sustentados por aspectos legais, os países podem criar condições para tratar, de maneira segura, os resíduos produzidos em seus territórios. Nesse item estão apresentados alguns dos documentos legais que compõem o cenário brasileiro sobre a questão dos resíduos sólidos urbanos.

No Brasil, a Constituição Federal de 1988, em seu artigo 23 estabelece competência comum da União, dos Estados, do Distrito Federal e dos municípios na promoção de programas de saneamento básico, os quais englobam os serviços com o manejo dos resíduos sólidos urbanos. A Constituição ainda, em seu artigo 30, estabelece competência do poder público municipal a organização e prestação, diretamente ou sob regime de concessão ou permissão, dos serviços públicos de interesse local, dentre os quais se enquadram os de saneamento e manejo dos resíduos urbanos.

Ainda no Brasil, após anos de discussões sobre o tema, foi instituída a Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS). Trata-se de um instrumento importante para que o país enfrente problemas ambientais, sociais e econômicos decorrentes do manejo inadequado dos resíduos sólidos. Para tanto, prevê a redução do montante de resíduos, através da prática de consumo sustentável e do aumento do material reciclado e reutilizado, bem como a destinação ambientalmente segura dos rejeitos.

Com a Política Nacional de Resíduos Sólidos, o Brasil fica em patamar de igualdade com os principais países desenvolvidos, no que concerne à legislação, e, também, inova com a inclusão dos catadores de materiais recicláveis e reutilizáveis nos sistemas de gestão. No entanto, ainda são

necessários instrumentos legais que estabeleçam diretrizes gerais aplicáveis aos resíduos sólidos para orientar estados e municípios para que exista estrutura de planejamento e gestão integrada entre municípios (MMA, 2015).

3.3.1. Política Nacional de Saneamento Básico

No Brasil, a Política Nacional de Saneamento Básico - PNSB é estabelecida pela lei 11.445/2007, essa define diretrizes para os serviços públicos de saneamento básico, incluindo o manejo dos resíduos sólidos que deve ser realizado de forma adequada à saúde pública e à proteção do meio ambiente. Essa legislação ainda assegura acesso universal aos serviços de saneamento, sendo de responsabilidade da união a instalação do sistema de manejo de resíduos sólidos, como o conjunto de atividades, construção de infraestrutura e instalações operacionais de coleta, transporte, transbordo, tratamento e destino final do "lixo" doméstico e dos resíduos originários da varrição e da limpeza de logradouros e de vias públicas.

Ainda, a PNSB estabelece que os serviços públicos de saneamento básico terão a sustentabilidade econômico-financeira assegurada, sempre que possível, mediante remuneração pela cobrança dos serviços de limpeza urbana e manejo de resíduos sólidos urbanos, sendo possível o estabelecimento de taxas ou tarifas e outros preços públicos, em conformidade com o regime de prestação do serviço ou de suas atividades. Sendo, no entanto necessário observar o nível de renda da população.

A mesma lei também estabelece que a bacia hidrográfica deve ser adotada como unidade de referência para o planejamento de ações, com o intuito de inserir os processos naturais como elementos dentro dos sistemas de gerenciamento.

3.3.2. Política Nacional de Resíduos Sólidos

Em 2 de agosto de 2010 foi sancionada a lei 12.305/10 que institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos – PNRS, essa foi regulamentada pelo decreto 7.404/2010. A PNRS integra a Política Nacional do Meio Ambiente e é um instrumento respeitável no sentido do tratamento adequado dos resíduos gerados no país. Esse marco legal coloca o Brasil em patamar de igualdade com países desenvolvidos que possuem sistemas eficientes de tratamento dos rejeitos (MMA, 2015).

A PNRS, no artigo 6º, estabelece que deve existir cooperação entre os poderes governamentais, empresas e outros segmentos da sociedade, e que essa cooperação se estende a responsabilização partilhada pelo ciclo de vida dos produtos. Contudo os municípios são responsáveis por executar o tratamento adequado dos resíduos gerados em seu território, seja de maneira individual ou através de consórcios com cidades vizinhas.

A Política Nacional de Resíduos Sólidos, no artigo 7º, trata da gestão integrada de resíduos sólidos dentre os objetivos. Ainda essa lei, em seu artigo 9º, estabelece que a gestão dos resíduos sólidos deve observar prioridades como a não geração, a redução, a reutilização, a reciclagem, o tratamento dos resíduos sólidos e a disposição final ambientalmente adequada dos rejeitos. Também aponta que poderão ser utilizadas tecnologias visando à recuperação energética dos resíduos sólidos urbanos, desde que comprovada viabilidade técnica e ambiental e com implantação de programa de monitoramento de emissão de gases tóxicos aprovado pelo órgão ambiental.

Sobre a obrigação dos indivíduos com relação à coleta seletiva de materiais recicláveis a PNRS estabelece que os consumidores são obrigados a acondicionar adequadamente e de forma diferenciada os resíduos sólidos gerados e disponibilizar adequadamente os resíduos sólidos reutilizáveis e recicláveis para coleta ou devolução, quando o plano municipal estabelecer a implantação de coleta seletiva. O artigo 36 estabelece que no âmbito da responsabilidade compartilhada pelo ciclo de vida dos produtos, é responsabilidade do titular dos serviços públicos de limpeza urbana e de manejo de resíduos sólidos, observado, o plano municipal de gestão integrada de resíduos sólidos: que estabeleça coleta seletiva e sistemas de compostagem para resíduos orgânicos.

A elaboração do plano municipal de gestão integrada de resíduos sólidos é condição para os municípios terem acesso a recursos da União. Serão priorizados, no acesso aos recursos, os municípios que optarem por soluções consorciadas intermunicipais para a gestão dos resíduos, as quais incluem, por exemplo, a elaboração e implementação de plano intermunicipal ou a implantação de coleta seletiva com a participação de cooperativas ou outras formas de associação de pessoas físicas de baixa renda.

3.4. Gestão integrada de resíduos sólidos municipais

A intensificação da urbanização com crescente produção de resíduos e poluição ambiental faz com que as soluções técnicas e financeiras tenham que ser condizentes com a realidade social, cultural e ambiental de cada localidade. Essa é uma realidade múltipla e complexa que envolve a compreensão de problemas interdependentes, ocorridos ao longo do tempo e sobre o espaço, que não possuem uma solução isolada linear, mas sim um esforço transdisciplinar (GRIPP, 2004). Ainda, o crescimento das cidades e as mudanças nos hábitos de consumo da população conduzem ao crescimento progressivo da geração de resíduos (HERVA et al., 2014). Um dos grandes desafios da atualidade está relacionado à gestão adequada de montantes cada vez maiores de "lixo" (KUMAR *et al.*, 2009). A gestão deve considerar as diversas interações entre as etapas do processo de geração, coleta, tratamento e disposição dos resíduos, para, com isso transpor o acúmulo de material com desperdício de recursos.

Em 1992, durante a Conferência das Nações Unidas sobre o Meio Ambiente, realizada no Rio de Janeiro, reconheceu-se o conceito de gestão integrada e sustentável dos resíduos. Na ocasião, o Brasil se comprometeu a desenvolver ações no sentido da diminuição da geração de resíduos e aumento da reciclagem e compostagem, da geração de energia pelos resíduos orgânicos, do tratamento e a disposição final adequada (AGENDA 21, 1997). O que envolve a promoção de programas de gestão eficiente do material descartado como resíduo sólido nas cidades e conglomerados urbanos.

Assim, o manejo inadequado dos resíduos sólidos de qualquer origem (i) gera desperdício de matéria-prima; (ii) aumenta os custos, financeiros e ambientais, envolvidos nos ciclos de vida de produtos e mercadorias; (iii) compromete a qualidade dos solos, (iv) contamina recursos hídricos superficiais e subterrâneos; (v) contribui para poluição do ar (vi) contribui para a manutenção das desigualdades sociais, (vii) constitui ameaça constante à saúde pública, portanto, gera prejuízos de diversas ordens para a população e para o país. O problema da gestão de resíduos urbanos é intensificado por razões como uso inadequado do solo, infraestrutura precária, pouca capacidade técnica e financeira, falta de regulamentações, coordenação deficiente entre autoridades, políticas públicas inexistentes ou deficitárias (KUMAR et al., 2009). Um dos maiores problemas em gestão de resíduos sólidos é a falta de comunicação efetiva entre os diversos atores envolvidos (BANI et al., 2009). As dificuldades dos sistemas de manejo de resíduos afetam tanto os países desenvolvidos, como os em desenvolvimento, contudo alguns países desenvolvidos já apresentam

soluções mais avançadas no sentido de diminuir os impactos negativos e aproveitar recursos que antes eram desperdiçados. Nesse contexto, a gestão integrada dos resíduos sólidos satisfaz a necessidade de adequação do tratamento de resíduos sólidos urbanos. Medidas como a redução da produção nas fontes geradoras, o reaproveitamento, a coleta seletiva de materiais recicláveis e, ainda, a produção de energia são algumas das ações que visam a gestão eficiente dos resíduos das cidades (JACOBI E BENSEN, 2011).

A gestão dos resíduos sólidos é uma das funções mais importantes na administração das cidades, trata-se de um serviço chave, do qual dependem a saúde pública e a imagem externa da cidade (UN-HABITAT, 2010; WILSON et al., 2015). Com isso, a gestão dos resíduos é um desafio para cidades em todo o mundo, devido a diversos fatores como a crescente geração, os altos custos de manejo e a falta de entendimento sobre a diversidade de fatores que afetam as funções e interações das etapas dos sistemas de gestão de resíduos nos municípios (GUERRERO et al., 2012).

No contexto global de diminuição de recursos naturais por exploração, surge o conceito de economia circular que incita o desenvolvimento de novas práticas de gestão e sugere que os governos e as empresas devem atuar de forma a considerar, além de aspectos financeiros, aspectos sociais e ambientais (Leitão, 2015). Em um quadro de economia circular, a gestão dos resíduos sólidos é função chave para que os recursos possam ser reaproveitados e, assim, a exploração de riquezas naturais possa ser evitada.

Tem-se tornado reconhecido em todo o globo que a abordagem integrada dos resíduos direciona o sistema de gestão para maior sustentabilidade, para isso a primeira etapa consiste em conhecer todos os elementos que compõem o sistema (ASASE et al., 2009). Nesse sentido, foi reportado por Chung and Lo (2008) que um dos fatores que afeta o tratamento dos resíduos é a falta de acesso à informação sobre os sistemas de manejo de resíduos por parte das autoridades. Poucos estudos são encontrados com informação quantitativa sobre sistemas de gestão, especialmente nos países em desenvolvimento (GUERRERO et al., 2012; WILSON et al., 2015).

Para que seja possível o reconhecimento das melhores alternativas para os sistemas de gestão integrada, é necessária a identificação de fatores responsáveis por deficiências de operação e por dificuldades de gestão. Ravindra et al. (2015) enfatizam que a dificuldade do tratamento está na grande diversidade da fração sólida, por esta razão, a população deve participar do programa de manejo de forma ativa. Durante a geração, os resíduos devem ser separados e disponibilizados por qualidade para o sistema de coleta. Recentes estudos reportaram que adotar tecnologias de

tratamento integrado de resíduos, como compostagem, reutilização e reciclagem, pode expandir recursos financeiros e realizar proteção ambiental (DANGI et al., 2013; HERVA et al., 2014; TAN et al., 2014; ERIKSSON et al., 2014), gerando benefícios para toda a população.

A maneira efetiva de reduzir a quantidade enorme de resíduos é por meio de sistemas integrados de reciclagem. Entender os fatores que influenciam o desempenho da reciclagem é a chave para gestão de resíduos sustentável. Existem diversas formas de melhorar a performance de sistemas de reciclagem, por meio de medidas que incluem incentivo monetário, taxas, subsídios, divulgação de informação, campanhas de conscientização, treinamento, assistência técnica, intercâmbio de trabalhadores, auxílio de organizações voluntárias (SUTTIBAK; NITIVATTANANON, 2008).

O sucesso da reciclagem depende não somente dos níveis de participação, mas também da eficiência do programa, como benefício pelo custo do programa ou o custo por tonelada. Contudo esses aspectos devem ser conhecidos para que os programas sejam capazes de medir a evolução dos resultados ao longo do tempo e em comparação com outras cidades. A falta de conhecimento na literatura sobre indicadores de resíduos sólidos, especialmente, sobre reciclagem é devido à dificuldade de investigação e de análise global dos sistemas de reciclagem em diversos níveis, porém ainda mais em níveis locais. A falta de informações envolve indicadores de desempenho que analisem o sucesso e as falhas dos programas de reciclagem. Além disso, existe dificuldade no desenvolvimento de estratégias de gestão que respondam à lacuna que envolve a necessidade de parceiros de desenvolvimento, capacitação de atores envolvidos, coleta de dados de desempenho e identificação de fatores influentes significativos. Esse fato pode levar à seleção de vias e de tecnologias de reciclagem inadequadas em relação às condições locais, associadas a capacidades financeiras e de recursos humanos (SUTTIBAK; NITIVATTANANON, 2008).

Políticas de gestão serão consideradas eficazes quando realizadas de maneira consciente (SANTIAGO; DIAS, 2012). O desenvolvimento de estratégias de gestão deve focar num conjunto de objetivos de gestão. Esses objetivos estão relacionados a (i) angariar parceiros; (ii) desenvolver o sistema de gestão relacionado a sistemas de reciclagem; (iii) implantar programas para aumento da capacidade de reciclagem; (iv) focar em medidas de influência. Dessa forma, as estratégias de gestão podem ser selecionadas para atender a demanda de sustentabilidade por meio de aumento da reciclagem. Os resultados do estudo de Suttibak; Nitivattananon (2008) sugerem que, no contexto de programas de reciclagem implementados na Tailândia, os sistemas de reciclagem

foram aprimorados quando abordaram fatores como conscientização de administradores sobre problemas de gestão de resíduos, qualificação de operadores, ações de separação na fonte, redução de custos de transportes, cooperação com ONGs e fornecimento de embalagem para resíduos orgânicos. Ainda, fatores inovadores que apresentaram influência no desempenho de sistemas de gestão de resíduos foram redução de custos de transporte por meio da coleta porta-a-porta, barateamento de investimentos, oferecimento de capital para atores, financiamentos e facilidades para recicladores e instalação de cooperativas para o manejo de recicláveis.

3.4.1. Cobrança pelo serviço de manejo dos resíduos

A sustentabilidade financeira da gestão de resíduos sólidos é um grande desafio, especialmente, em países de baixa e média renda. Taxas para cobrir os custos com o manejo dos resíduos nem sempre existem e, quando existem, raramente cobrem todas as despesas. Além de cobrir custos, as taxas também podem ser usadas com o intuito de criar incentivos para a redução de resíduos e para o aumento da taxa de reciclagem. Outros instrumentos econômicos estão disponíveis, para incentivar a redução ou reciclagem de resíduos, por exemplo, taxas sobre produtos, sistemas de restituição de depósitos, impostos ou reduções de impostos para certos produtos, contudo apesar de uma gama de instrumentos econômicos para a gestão de resíduos sólidos até agora raramente foram usados em países de baixa e média renda (GIZ, 2015).

O Ministério de Cooperação Econômica e Desenvolvimento da Alemanha – GIZ (2015) realizou um estudo que reúne experiências e recomendações decorrentes de vários projetos e estudos de caso realizados em diversos países. Esses estudos são sobre a implantação de regimes de cobrança e outras formas de recuperação de custos, além de tipos diferentes de instrumentos econômicos, como a cobrança por aterramento e os subsídios e reduções fiscais para influenciar hábitos da população. A existência de uma estrutura tarifária socialmente aceitável e de um mecanismo efetivo de cobrança são aspectos chave para a sustentabilidade financeira do sistema. O estudo também conclui que cada local deve observar condições específicas e que adaptar os sistemas fiscais ou de taxas existentes, para cobrir os custos, costuma ser a abordagem inicial mais fácil. Os autores também concluem que os benefícios da taxa variável, vinculada ao imposto predial ou à conta de eletricidade, são que essa pode ser ajustada de acordo com a capacidade de pagamento dos usuários e que pode ser facilmente faturada juntamente com a outra cobrança. Ao final, conclui-se que nenhuma medida política individual pode solucionar todos os problemas do sistema de

gestão de resíduos. A gestão integrada requer uma combinação de medidas, que conexas devem ser desenvolvidas e adaptadas, conforme necessário para atender às circunstâncias locais.

Nahman e Godfrey (2010) identificaram as oportunidades e dificuldades associadas com a implementação de instrumentos econômicos para o manejo de resíduos na África do Sul, por meio de consulta a autoridades. Seus resultados mostraram que a implementação de instrumentos econômicos é uma questão complexa que deve levar em consideração as condições e necessidades locais. A maior parte dos entrevistados responderam que instrumentos econômicos podem conduzir à redução na geração e diminuir o material enviado para aterros pela reciclagem. No entanto, as opiniões variam sobre qual a melhor condição de implementação dos instrumentos econômicos. O consenso geral encontrado pelos autores foi de que alguns fundamentos têm que ser postos em prática, como, (i) a regulamentação legal; (ii) a iniciativa política, a questão dos resíduos deve ser uma prioridade; (iii) capacitação dos trabalhadores do sistema de gestao de resíduos, em todos os niveis; (iv) aumento do acesso a recursos financeiros por parte dos departamentos de gestão de resíduos; (v) melhoramento do sistema de informações sobre a questão; (vi) investimentos em infraestrutura e ampliação das instalações já existentes; (vii) a educação e conscientização da população; (viii) atualização de práticas, por meio da investigação de condições atuais para melhoramento.

Alguns autores sugerem que políticas podem ser desenvolvidas de maneira que instrumentos possam ser implementados gradativamente, o processo inicia com instrumentos relativamente simples e, ao longo do tempo, se tornam mais sofisticados a medida que a capacidade institucional aumenta (BELL; RUSSEL, 2002; NAHMAN; GODFREY, 2010).

Com isso, existe a necessidade de planejamento das ações, o principal papel de um plano de gestão de resíduos é definir qual a combinação de estratégias e metodologias necessária para coletar e gerenciar os resíduos, de maneira que um determinado conjunto de metas seja atingido. Os objetivos devem ser sustentáveis e realistas, consistentes e com aplicação de políticas e adequação de regulamentações ambientais. Os programas devem ser monitorados para verificação do alcance progressivo das metas estabelecidas. Para atingir o objetivo, a criação e quantificação de indicadores pode permitir a medição da eficiência de um sistema de gestão de resíduos. A quantificação de indicadores de eficiência requer o desenvolvimento de uma análise de fluxo de material ao longo do limite do sistema, desde a coleta de resíduos até a venda, processamento e descarte de materiais secundários (ZACCARIELLO et al., 2015).

3.4.2. Gestão integrada

Atualmente existe uma demanda em passar de comportamentos competitivos para comportamentos cooperativos, essa é uma questão relevante para as relações intergovernamentais (ROCHA; FARIA, 2004). Assim, fatores de ordem administrativa podem contribuir ou inibir a implantação e manutenção de consórcios e compartilhamento de gestão de resíduos.

A gestão compartilhada oferece maior visibilidade das microrregiões perante os governos estaduais e federal (SANTOS, 2016). Além do ganho do custo dos investimentos e de operação, por meio do compartilhamento das instalações, os municípios que compartilham responsabilidades superam juntos as dificuldades de operar um aterro sanitário (Figura 3).

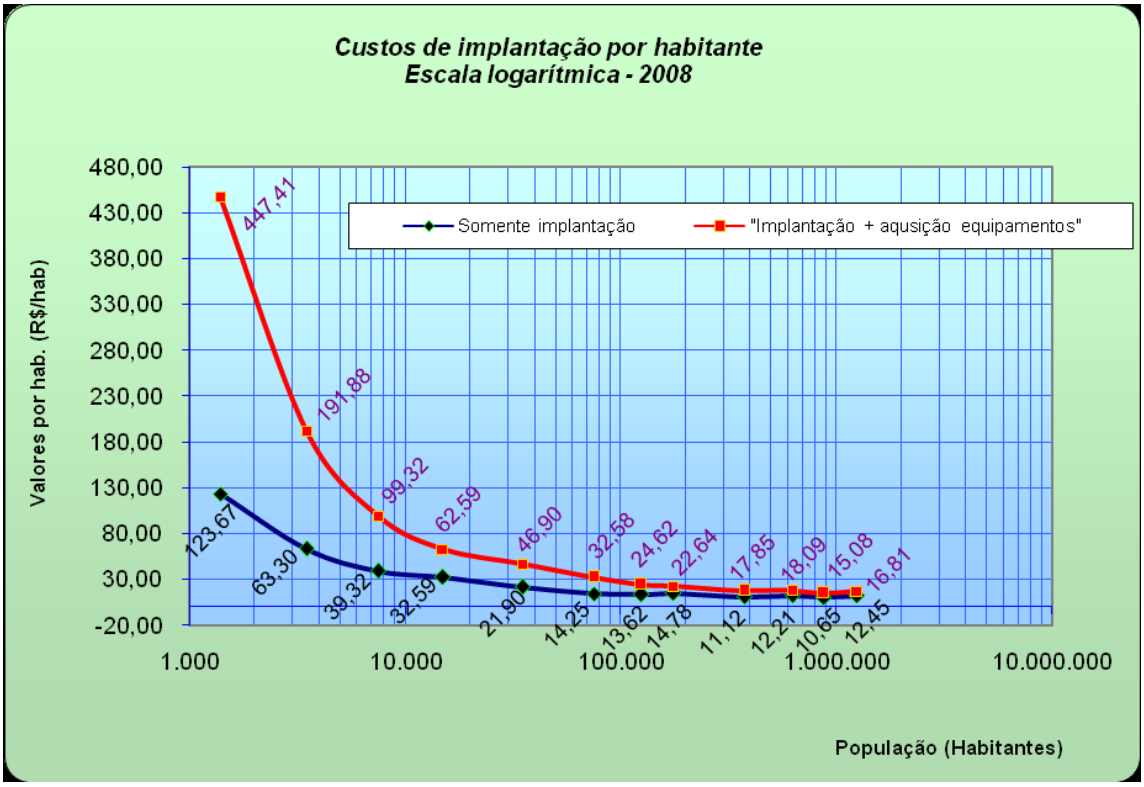

Figura 3 – Exemplo da evolução dos custos de implantação de aterro sanitário por habitante de acordo com a população a ser atendida.
Fonte: BRASIL, 2010.

O estudo apresentado na Figura mostra a nítida vantagem de adoção de aterros de maior porte, compartilhados por vários municípios quando se considera o custo dos investimentos. Estima-se que ganho de escala semelhante seja alcançado também na operação, levando à convicção de que se deve otimizar os investimentos nessa área pela busca de soluções que permitam compartilhar instalações.

Os primeiros consórcios criados no Brasil para a gestão de resíduos sólidos foram constituídos por um conjunto de municípios para compartilhar o uso de um aterro sanitário. Foram formados, na maior parte, por número reduzido de municípios, normalmente, limítrofes ao município onde se localiza o aterro. Mesmo assim, alguns desses consórcios não conseguiram se estabilizar e cumprir seu objetivo, seja devido a problemas de descontinuidade político-administrativa, seja por problemas de sustentação financeira, seja pela fragilidade institucional dos consórcios. As instalações de maior porte apresentam economia de escala, um dos principais objetivos para a constituição de consórcios. De maneira geral, o que se viu com os aterros sanitários foi uma grande vantagem do transporte sobre a instalação de outro aterro em função dos custos operacionais, além de vantagens da gestão compartilhada (MMA, 2010).

3.5. Indicadores de desempenho em gestão de resíduos sólidos municipais

O termo "indicador" é oriundo da palavra latina *indicare* que possui o significado de anunciar, apontar ou indicar (VON SCHIRNDING, 1998). O termo indicador foi definido como valor ou parâmetro que fornece informações ou descreve o estado de um processo, ambiente ou situação, cujo significado transcende aquele diretamente associado ao valor levantado (OECD, 1993). Para Maciel Filho et al, (1999) indicador pode ser definido como um valor agregado, elaborado a partir de dados estatísticos transformados em informações para uso direto e pode servir de subsídio para a gestão e implementação de políticas de gestão. Em conjunto, os indicadores formam uma visão geral clara do sistema (IAEA, 2005). Cifrian et al. (2010) definiram indicador como um dado elementar ou uma simples combinação de dados capaz de medir um fenômeno observado.

Diante da necessidade de tratamento de informações originais ou "brutas", de modo a tornar fenômenos complexos em dados quantificáveis e compreensíveis, os indicadores de desempenho são utilizados desde os anos 60, mas tiveram sua elaboração e aplicação impulsionadas pela Conferência Mundial sobre o Meio Ambiente – ocorrida em 1992 (Rio 92), apresentando as suas definições no capítulo 40 da Agenda 21 (RAMOS, 1997).

Os indicadores de desempenho são uma ferramenta chave para os gestores e atores, pois fornecem base para a tomada de decisão. Esses apresentam e combinam informações dos diversos aspectos relacionados à questão dos resíduos. Diversos trabalhos foram pesquisados que levantam diferentes indicadores para a análise de sistemas de gestão de resíduos sólidos urbanos. (SUTTIBAK; NITIVATTANANON, 2008; SOUZA et al., 2009; POLAZ; TEIXEIRA, 2009;

CIFRIAN et al., 2010; SCHEINBERG et al., 2010; PASSARINI et al. 2011; SANTIAGO; DIAS, 2012; VEIGA, 2014; IGES, 2014; WILSON et al., 2014; CASTRO et al., 2015; DESMOND, 2015; ASSIS et al., 2017).

Cifrian et al. (2010) avaliaram dois grupos de indicadores para região de Cantabria, Espanha, o primeiro grupo foi a respeito da valorização de diferentes componentes dos resíduos sólidos urbanos: porcentagem de cada tipo de resíduos em cada tratamento (aterro, compostagem, reciclagem e valorização energética). O segundo grupo sobre a valorização de diferentes tipos de resíduos especiais com seus respectivos tratamentos: tratamento de resíduos de construção e demolição, gerenciamento de pneus usados, produção e descarte de lamas de depuração de águas residuais e recolha e gestão de resíduos de equipamentos elétricos. Os resultados mostraram que a gestão de resíduos no local estudado se encontra em boa situação. Os autores concluem que geraram informações uteis para nortear novas tomadas para valorização dos resíduos em nível regional.

Castro et al. (2015) aplicaram nove indicadores de sustentabilidade para desenvolver a avaliação dos sistemas de gestão e gerenciamento dos resíduos sólidos em três municipalidades do Amazonas: Iranduba, Manacapuru e Novo Airão. Os indicadores escolhidos foram de natureza predominantemente qualitativa e foram adaptados a partir de duas pesquisas predecessoras sob mesma abordagem. Os nove indicadores selecionados foram: (1) estrutura organizacional; (2) infraestrutura; (3) sustentabilidade financeira; (4) prestação dos serviços (coleta, transporte, manejo e disposição final); (5) recursos humanos envolvidos; (6) aspectos organizacionais; (7) extensão social; (8) conformidade legal; (9) impactos ambientais. Ainda foi elaborada uma escala de critérios para cada indicador com cinco níveis. Como resultado final o estudo concluiu que as três municipalidades apresentaram resultados muito abaixo da média pré-estabelecida e recomendou a adoção de ações prioritárias para melhoramento das etapas do sistema de gestão dos locais estudados.

Desmond (2015) examinou como um grupo de indicadores pode ser usado em um contexto irlandês para determinar o progresso rumo à gestão sustentável de resíduos. Foi escolhido um conjunto de cinco indicadores baseado em temas ambientais e administrativos para avaliar o progresso em direção aos objetivos e metas declarados da política nacional de resíduos da Irlanda. No geral, a avaliação demonstrou que os resíduos continuam a aumentar ao contrário da política nacional declarada de integrar questões de gestão de resíduos nos ciclos de consumo e produção,

enquanto a prestação de serviços e infraestrutura não está se expandindo rapidamente o suficiente para atender a reciclagem, compostagem e metas de desvio de aterros sanitários.

Assis et al. (2017) conduziram um estudo no munícipio de São Mateus –ES com ênfase nos resíduos de saúde, utilizando método de processo hierárquico, o qual é um método universalmente consagrado para escolha dos níveis de importância dos indicadores utilizados, então os processos envolvidos na gestão de resíduos e análises ambientais foram realizados com o uso de um modelo pela análise SWOT. Os resultados mostraram que as estratégias de treinamento desenvolvida em conjunto com os trabalhadores envolvidos têm maior potencial para auxiliar na melhoria do processo de gestão dos resíduos de saúde, seguindo o conhecimento dos regulamentos associados aos procedimentos realizados pelos funcionários e a importância das regulamentações de biossegurança.

Indicadores que possibilitam a comparação do desempenho das cidades, independentemente do nível de renda, são úteis em vários contextos, incluindo, por exemplo, esforços de cooperação para o desenvolvimento com foco em maior proteção da saúde pública e do meio ambiente, maior recuperação de recursos e melhor governança urbana, ainda, na comparação de diferentes abordagens políticas em países ou agências com características semelhantes (CIFRIAN et al., 2010; SANTIAGO; DIAS, 2012; WILSON et al., 2014). Os indicadores podem atuar como referência para comparação entre diferentes países e também como roteiros e metas relacionadas com as questões dos resíduos (IGES, 2014).

Recentemente, existe muita atenção ao desenvolvimento de indicadores para aspectos particulares sobre a "modernização" dos sistemas de gestão de resíduos sólidos. A maioria das pesquisas publicadas se concentrou em países de alta renda, com apenas alguns trabalhos que se concentraram nos países em desenvolvimento (WILSON et al., 2014).

No Brasil, a PNRS determina que os municípios, para terem acesso a recursos federais, devem elaborar planos municipais de resíduos. Os indicadores de desempenho são ferramentas que possibilitam a visualização dos dados essenciais para elaboração, implantação e acompanhamento de Planos Municipais de Gestão integrada de Resíduos sólidos, como exigido pela PNRS (VEIGA, 2014). O Estado precisa desenvolver instrumentos eficazes que sejam capazes de desvendar e tornar público o grau de eficiência com o qual são aplicados os recursos, de forma a levar em consideração as diversas instituições com elevado grau de impacto ambiental. A administração

municipal, por seu poder financeiro e capacidade de intervenção, merece atenção especial (SOUZA et al., 2009).

Com relação aos desafios associados ao levantamento de indicadores de desempenho de sistemas de gestão de resíduos, os dados, especialmente nos países de baixa e média renda, são indisponíveis, escassos ou imprecisos. Além disso, o setor informal desses países exerce papel importante no mercado de reciclagem, contudo não oferece dados oficiais para avaliação da capacidade de reciclagem dos sistemas de gestão de resíduos (IGES, 2014). Ainda existe a falta de metodologias padronizadas para o levantamento dos indicadores, no entanto, de uma maneira geral, as metodologias para o desenvolvimento de conjunto de indicadores para análise de sistemas de gestão de resíduos consistem em quatro etapas: (i) seleção dos indicadores; (ii) obtenção de dados; (iii) cálculos dos indicadores; (iv) interpretação dos resultados (CIFRIAN et al., 2010).

Os indicadores podem ser quantitativos, qualitativos ou, ainda, contemplar as duas esferas. Um indicador não representa apenas uma estatística, representa uma variável um valor que em um determinado tempo significa um fenômeno (QUIROGA, 2001). Indicadores quantitativos, por exemplo, o total de resíduos urbanos gerado, a taxa de reciclagem e produtividade de recursos podem formar a base a base para avaliação, fornecendo informações sobre as condições e tendências na gestão de resíduos. Esses podem ser utilizados para avaliar o desempenho de políticas e práticas de forma comparativa ao longo do tempo. Por meio dos indicadores quantitativos, é possível revisar os esforços existentes e metas de prevenção de resíduos, reutilização, reciclagem, recuperação e desvio de aterros sanitários. Entretanto, as metas e desempenho de políticas nem sempre podem ser quantificadas, especialmente existência ou não de políticas ou práticas ou informações específicas sobre instrumentos de gestão. Nesses casos, indicadores qualitativos podem ser utilizados para monitorar progresso e divulgar práticas (IGES, 2014). Para selecionar os indicadores, vários critérios podem ser utilizados, O Quadro 1 mostra alguns critérios apontados pela OECD (2003) como sendo importantes para a seleção de indicadores de desempenho de sistemas de gestão de resíduos.

Alguns indicadores são utilizados em todo o mundo para avaliar o desempenho de sistemas de gestão de resíduos, por exemplo, o total de resíduos urbanos gerados e a taxa de geração per capita, esses são indicadores de pressão ambiental exercida pelo ser humano. Trata-se de indicadores chave, uma vez que os municípios planejam orçamentos anuais baseados em taxas de

coleta. Ainda, nesse sentido, esses indicadores, com maior precisão, podem melhorar a capacidade de decisão dos sistemas de gestão (IGES, 2014).

Quadro 1 – Critérios para seleção de indicadores de desempenho.

Utilidade para usuários e relevância política	Os indicadores devem: • fornecer imagem representativa das condições ambientais, pressões sobre o meio ambiente ou respostas sociais; • ser simples, de fácil interpretação, capaz de mostrar tendências ao longo do tempo; • ser sensível às mudanças no ambiente e atividades humanas relacionadas; • fornecer base para comparações nacionais e internacionais.
Estabilidade analítica	• ser teoricamente bem fundamentado em terminologia científica; • basear-se em normas e padrões de consenso internacional; • poder ser associado com modelos econômicos, previsão e sistemas de informação.
Coleta de dados	Os dados devem ser: • disponíveis ou disponibilizados a um custo acessível; • adequadamente documentados e de qualidade conhecida; • atualizados em intervalos regulares e de acordo com procedimentos confiáveis.

Fonte: adaptado de OECD, 2003.

Outro exemplo de indicador de desempenho chave nos sistemas de gestão de resíduos é a taxa de reciclagem para monitorar o progresso dos programas de reuso e reciclagem. Esse indicador, normalmente, é apresentado como uma porcentagem (%) e reflete a proporção de material que foi coletado ou separado e enviado para reciclagem. Números elevados indicam progresso nas atividades de reciclagem. A taxa de reciclagem é um dos indicadores mais representativos de programas de redução, reutilização e reciclagem, contudo cuidado deve ser tomado na comparação de informações sobre diferentes países, pois existem diferentes interpretações. Em países de baixa e média renda, os resíduos percorrem várias vias que nem sempre são contabilizadas pelo sistema. Portanto, é importante o fortalecimento da capacidade de gerenciamento de dados dos governos (IGES, 2014).

Após a seleção dos indicadores e a coleta de dados, a próxima etapa é interpretar os resultados, ou seja, transformar os dados em informação relevante para que seja utilizada como base para comparações consistentes e melhorar a capacidade de decisão dos gestores. Cuidado deve

ser tomado para evitar interpretações erradas do indicador devido a dados imprecisos, metodologia inadequada, deficiências de amostragens ou erro nos cálculos. Assim, o desempenho de sistemas de gestão deve ser avaliado a partir de um conjunto de indicadores (IGES, 2014).

Os indicadores de performance são ferramentas indispensáveis para os processos de tomada de decisão e, quando usados corretamente, podem conduzir a políticas inovadoras e novas tecnologias (GREENE; TONJES, 2014). Os indicadores oferecem compreensão das condições dos sistemas estudados e proporcionam subsídio para o processo de tomada de decisão. As ações relacionadas à gestão dos resíduos podem ser direcionadas baseadas em indicadores apropriados para avaliar as reais necessidades dos municípios (VERGARA; TCHOBANOGLOUS, 2012).

Recentemente um trabalho de desenvolver indicadores de referência, para a comparação entre cidades de diferentes países, foi reportado por UN-HABITAT sobre a situação da gestão dos resíduos ao redor do mundo (SCHEINBERG et al., 2010). Esse trabalho levantou e comparou dados de 20 cidades em países de baixa, média e alta renda. para realizar esse trabalho, foram selecionados indicadores chave, a seleção foi construída sobre o conceito de gestão integrada e sustentável de resíduos (SCHUBELER, 1996; VAN DE KLUNDERT; ANSCHUTZ, 2001; IJGOSSE et al., 2004). O conjunto de indicadores de desempenho foi pautado sobre dois triângulos, um a respeito dos componentes físicos e outro a respeito dos componentes de governo do sistema de gestão de resíduos sólidos (WILSON et al., 2014).

O Quadro 2 mostra os indicadores selecionados para compor o conjunto de indicadores de referência para avaliar sistemas de gestão de resíduos em diversos países.

O indicador mais comumente utilizado para medir a efetividade ambiental de sistemas de gestão de resíduos é a taxa de reciclagem (KAUFMAN et al, 2010). Isso ocorre, pois trata-se de algo complicado medir redução de resíduos, então a reciclagem é a opção passível de ser mensurada (GREENE; TONJES, 2014). Contudo, outros autores sugerem que somente a taxa de reciclagem não é suficiente para avaliar a sustentabilidade de sistemas de gestão, pois esse indicador não avalia os impactos causados pelos materiais não recicláveis (KOLLIKKATHARA et al., 2009; KAUFMAN et al., 2010; GREENE; TONJES, 2014). Portanto, para a realização de análise que perceba a realidade de forma efetiva são necessários diversos indicadores para avaliar os diferentes aspectos do sistema de gestão de resíduos.

Quadro 2 - Indicadores de performance de sistemas de gestão de resíduos urbanos.

Componentes físicos	
Saúde pública – Coleta e varrição	Desempenho dos serviços de coleta e varrição de resíduos, em termos de cobertura e qualidade dos serviços.
Controle ambiental - disposição	Desempenho dos serviços de disposição de resíduos em termos do nível de proteção ambiental.
Gestão de recursos – (3R´s)	Desempenho do sistema em termos de extração de materiais recicláveis para reprocessamento, revenda ou aproveitamento energético.
Componentes de governo	
Inclusão de atores no processo de decisão	Abertura do sistema de gestão para atores sociais de fora do poder público.
Inclusão de usuários	Até que ponto os usuários têm acesso, controle e influência sobre os processos do sistema.
Sustentabilidade financeira	Desempenho financeiro do sistema de gerenciamento de resíduos de acordo com critérios pré-estabelecidos.
Coerência institucional	Desempenho institucional do sistema de gestão de resíduos de acordo com critérios pré-estabelecidos.

Fonte: adaptado de GIZ, 2013.

3.6.Participação do setor informal em atividades de valorização de resíduos

Klundert e Lardinois (1995) definem setor informal como as atividades não registradas, não regulamentadas ou casuais exercidas por indivíduos, famílias ou empresas comunitárias que desenvolvem agregação de valor em materiais residuais em pequena escala ou com capital mínimo. As empresas de reciclagem que fazem parte do setor informal podem até ser registradas, porém não são reconhecidas como parte ativa do sistema de gestão de resíduos dos municípios (SCHEINBERG et al., 2011).

A reciclagem participa integralmente de qualquer sistema de gestão de resíduos sustentável e pode ser uma atividade de valorização de resíduos exercida pelo setor formal ou informal (ASASE, 2011; WILSON et al., 2013). Contudo, esse trabalho depende de segregação na fonte, coleta seletiva, triagem, processamento mecânico e comercialização no mercado (SCHEINBERG, 2012). Em países em desenvolvimento, atividades de valorização de resíduos são frequentemente realizadas pelo setor informal (MEDINA, 2000; WILSON et al., 2006, 2013; CHATURVEDI, 2009; SAMSON, 2010; SCHEINBERG et al., 2010, 2011; KATUSIIMEH et al., 2013;

GUTBERLET, 2015; JALIGOT et al., 2016), ou seja, aquelas atividades que não são reconhecidas pelo gerenciamento dos resíduos em nível municipal, portanto não são contabilizadas pelo sistema. Isso acontece, pois nos países em desenvolvimento, os geradores não são sempre reconhecidos e, muitas vezes, encaminham seus resíduos à reciclagem, sem ser contabilizados pelo sistema em busca de receita (ASASE et al., 2009; EZEAH et al., 2013; MIEZAH et al., 2015).

Em São Carlos (SP), Mancini (1999) estudou a participação dde trabalhadores do setor informal na coleta seletiva daquele município e constatou que, a coleta realizada por catadores informais correspondia à cerca de 30% dos resíduos coletados.

CHATURVEDI (2009) realizou um estudo sobre a participação do setor informal em atividades que diminuem a emissão de gases em Delhi, na Índia. Nessa cidade existe falta de aterros para todo o montante de resíduos gerado. Esse estudo verificou que o setor informal é responsável pela maior parte das taxas de reciclagem na cidade, que os trabalhadores são organizados, eficientes e intervêm nos processos em diversos níveis. Os autores afirmam que atualmente, para corresponder aos desafios colocados pelo aumento no volume de resíduos em cidades indianas, os municípios devem buscar maior harmonização e coordenação entre os atores e aumentar o suporte para os coletadores pode melhorar todo o sistema de gestão assim como fornecer efeitos de borda em termos de redução de gases do efeito estufa. Reduzir emissões é uma prioridade dos governos e existe um potencial significante de redução de gases no setor de resíduos indiano. O autor afirma que o setor de reciclagem informal presta um importante trabalho ambiental em cidades de todo o mundo, mas que no entanto, não existe apoio por parte da administração pública para compensar esse trabalho realizado. De acordo com o autor, contabilizar exatamente a redução de gases do efeito estufa é uma tarefa difícil, no entanto, mesmo com estimativas conservadoras o trabalho de reciclagem realizado pelo setor informal de Delhi supera todas as iniciativas de redução de emissão do setor de resíduos. O autor também afirma que as autoridades poderiam reunir auxiliar o setor informal, gerando benefícios ambientais e sociais.

Em 2010, foi lançado o trabalho da UN-Habitat que investigou a questão dos resíduos sólidos em cidades ao redor do mundo. Esse trabalho sugere que a reciclagem via setor informal nos países em desenvolvimento pode chegar a 15-35% dos resíduos gerados nas cidades. No entanto, esses valores podem variar muito de cidade para cidade, pois em cada lugar o sistema de resíduos se comporta de uma maneira. A organização do setor informal e a promoção de micro-

empresas é uma maneira de aumentar as taxas de reciclagem e, também, diminuir o material enviado aos aterros (SHARHOLY et al., 2008; ASASE et al., 2009).

Scheinberg et al. (2011) investigaram atividades de reciclagem em 6 cidades em países de baixa e média renda (Cairo, Egito; Cluj, Romênia; Lima, Peru; Lusaca, Zâmbia; Pune, Índia; Queson, Filipinas), o estudo foi realizado com foco na contribuição do setor informal sobre as atividades de reciclagem. Os autores investigaram como é a mistura do sistema formal de coleta de resíduos com as atividades do setor privado informal. Fatores dependentes dos contextos enfrentados por cada localidade determinam como essa mistura de setor formal com setor informal se apresenta. Os autores discorrem sobre como se deu a evolução da gestão de resíduos que, num primeiro momento, desenvolveu técnicas para coletar o máximo de material residual das cidades e dispor esse montante de forma segura e distante do centro urbano, para a desconstrução dessa perspectiva com mudança do foco para a importância de desviar a maior quantidade de resíduos do aterramento, por meio da redução, do reuso e da valorização dos materiais para reciclagem. Em países de baixa e média renda as atividades de reciclagem não ocorrem como parte do sistema de gestão de resíduos para limpar as cidades, a reciclagem ocorre como atividade econômica. Nesse estudo, foram desenvolvidos diagramas de processo para os diversos fluxos de resíduos gerados nas cidades investigadas. Os fluxos encontrados sugerem que a porcentagem das porções orgânica e reciclável (passível de valorização) dos resíduos das cidades investigadas é elevada e que algumas cidades poderiam suportar metas de até 80%. Os caminhos encontrados revelam transações e relações entre os diferentes atores e entre o setor formal e o setor informal, esses pontos são importantes para ação e melhoria das funções do sistema.

Ainda, no estudo de Scheinberg et al. (2011), foi verificado que as atividades de reciclagem informal são realizadas por famílias e microempresas familiares que buscam na reciclagem de material descartado, uma forma de renda. Os recicladores informais se baseiam inteiramente na receita da reciclagem e não recebem contribuição financeira ou reconhecimento social de seu trabalho de recuperação de materiais que de outra forma iriam para o aterro com custos para a gestão de resíduos. Os autores concluem afirmando que (i) poucos dados sobre a real participação do setor informal existem; (ii) as atividades informais complementam e contribuem para o sistema de maneiras inesperadas; (iii) as ações governamentais não percebem a interação com o setor informal, mas que isso pode ser oportunidade de melhoria de gestão. Com isso, novos estudos são

necessários para desvendar as relações entre as práticas formais e informais nos diversos continentes.

Ezeah et al. (2013), desenvolveram estudo sobre as tendências em reciclagem pelo setor informal e países em desenvolvimento e em transição. Os negócios informais de reciclagem frequentemente sobrevivem sob condição social e ambiental hostil, devido a atitude governamental e pública negativa. Esse setor deveria ser reconhecido como um elemento importante de aumento da sustentabilidade de todo o sistema. Os autores ainda apontam que uma solução para o problema é a integração dos negócios de reciclagem informal dentro do sistema de gerenciamento de resíduos urbanos. Para atingir essa integração, os autores destacam seis aspectos cruciais da literatura: aceitação social, vontade política, mobilização de cooperativas, parcerias com empresas privadas, instrumentos técnicos e de gestão e, também, medidas legais. Os autores finalizam afirmando que os programas de inclusão do setor informal devem ser flexíveis e ser baseados nas condições de cada localidade.

Katusiimeh et al. (2013) analisaram a participação de coletadores informais em Kampala, Uganda. Seus resultados sugerem que o setor informal exerce papel substancial quando coleta material reciclável dos domicílios, especialmente junto aos segmentos mais pobres da população. No caso de Kampala, empresas privadas oferecem o serviço de coleta, porém essas cobram por esse serviço e o setor informal oferece esse serviço para a população de baixa renda e também para outros setores da sociedade. Esse trabalho é oferecido a baixos custos à população. Os autores concluem que o poder público terá vantagens se integrar os trabalhadores informais ao sistema de coleta, pois (i) é possível reduzir custos; (ii) os coletadores informais são capazes de coletar mais resíduos dos domicílios utilizando pequenas tecnologias do que os caminhões da prefeitura; (iii) eles conseguem acesso mais fácil em áreas de difícil acesso. A parceria entre poder público e o setor informal pode aumentar a proteção ambiental e trazer soluções para questões enfrentadas em várias cidades, especialmente as mais pobres. Sistemas assim, podem aumentar a acessibilidade e ser ecologicamente sustentável a longo prazo.

Jaligot et al. (2016) pesquisaram sobre a participação do setor informal na cadeia de valorização de resíduos na cidade do Cairo no Egito. Eles desenvolvem a pesquisa sobre o conceito sugerido por Scheinberg e Simpson (2015) que trata de cadeia de valorização de reciclagem para descrever as atividades de reciclagem exercidas pelo setor privado e que depende somente da receita de venda de materiais recuperados. A partir desse conceito, os autores desenvolveram uma

ferramenta de análise em quatro etapas: (i) mapear a cadeia de valorização de resíduos; (ii) tabular os valores adicionados em cada etapa da cadeia de valorização de resíduos; (iii) selecionar um conjunto de indicadores que fornecem informações, com a intenção de identificar desafios técnicos e socioeconômicos enfrentados pelos atores sociais informais; (iv) apresentação de um mapa dinâmico de interações entre as variáveis de fluxo da cadeia de valorização de resíduos. Ao final, os autores concluíram que a análise da cadeia de valorização de resíduos é uma ferramenta significativa que pode ajudar às autoridades a reconhecerem o trabalho realizado pelo setor informal.

Estudos sugerem que o setor informal contribui para o aumento das taxas de reciclagem e para a diminuição de custos associados ao manejo dos resíduos (SHARHOLY et al., 2008; ASASE et al., 2009; UN-HABITAT, 2010; SCHEINBERG et al., 2011). O setor informal é claramente um aliado chave nas cidades, se as cidades fossem lidar com essas quantidades de resíduo os custos seriam maiores (UN-HABITAT, 2010).

Ações de gestão adequada dos resíduos envolvem aumentar a reciclagem e diminuir o montante enviado aos aterros. A reciclagem ocorre nos países desenvolvidos como estratégia de gestão, porém nos países em desenvolvimento a reciclagem ocorre como forma de renda de milhares de pessoas (SCHEINBERG et al., 2011). Trata-se de um ponto de urgência, principalmente nos países em desenvolvimento, a implantação de políticas inclusivas de forma que o papel do setor informal em limpar as cidades e recuperar materiais seja reconhecido e, assim, sejam conseguidas melhores condições de trabalho e renda (UN-HABITAT et al., 2010).

Para esse estudo, foi adotada a definição sugerida por Scheinberg et al. (2011) de que o termo “informal” se refere às atividades do setor privado que não são auxiliadas, financiadas ou reconhecidas pelas autoridades formais da gestão dos resíduos.

3.7. Análise SWOT

A análise SWOT é uma ferramenta amplamente utilizada por empresas em todo o mundo, porém, também é utilizada em administração pública para auxiliar o processo de tomada de decisão e, também, no contexto de pesquisas ambientais. A matriz SWOT é utilizada em grande escala em todo o mundo, tal fato sinaliza para sua utilidade e capacidade de fornecer uma boa ferramenta de identificação de ações de melhoria do sistema (BELOBORODKO et al, 2015).

Apesar de existirem relatos de utilização da matriz SWOT nas décadas de 1950 e 1960, Weihrich (1982) pode ser citado como a referência que introduziu a análise como ferramenta de

avaliação. Depois disso, esse método de análise já foi utilizado inúmeras vezes para avaliar resultados de diversos tipos de sistemas e processos, tanto nas indústrias e empresas, como pelos serviços públicos (GHAZINOORY et al., 2011).

A matriz SWOT cruza fatores internos e externos e fornece análise estratégica da informação disponível. Os fatores internos são aqueles passíveis de serem controlados pela organização como: finanças, operações, marketing, por outro lado, os fatores externos são aqueles que não podem ser controlados, como fatores econômicos, políticos, novas tecnologias entre outros (GHAZINOORY et al., 2011; BELOBORODKO et al, 2015). Também essa a análise SWOT é o processo de explorar as possibilidades internas e externas de um sistema, por meio de uma matriz (Quadro 1), com o intuito de visualizar estratégias baseadas nas forças e fraquezas, internas ao sistema e oportunidades e ameaças, externas ao sistema analisado. As influências externas são aquelas que que não podem ser controladas e as internas são aquelas que o sujeito tem controle. A análise SWOT é uma ferramenta de estratégia, utilizada em todo o mundo para análise de ambientes internos e externos com o propósito de alcançar uma visão sistemática capaz de favorecer o processo de tomada de decisão (SRIVASTAVA et al., 2005; GHAZINOORY et al., 2011; YUAN, 2013; BELOBORODKO et al., 2015).

Quadro 3 – Fatores da análise SWOT

	Positivo	**Negativo**
Fatores internos	(S) Forças	(W) Fraquezas
Fatores externos	(O) Oportunidades	(T)Ameaças

Srivastava et al. (2005) desenvolveram uma investigação qualitativa por meio de análise SWOT, sobre a gestão dos resíduos sólidos em Lucknow, metrópole situada no norte da Índia. Esse estudo enfatiza as capacidades limitadas dos municípios em fornecerem serviços de gestão de resíduos sem a participação da população. A análise SWOT foi realizada para formular planos de ação estratégicos para a gestão dos resíduos sólidos, com o intuito de mobilizar e utilizar os recursos da população e também recursos públicos. Com esse estudo foi realizada uma abordagem participativa para melhor colaboração entre a comunidade e o poder público em Lucknow. Com estas análises, os autores afirmam que a análise SWOT permitiu estabelecer estratégias de transformar ameaças em oportunidades e fraquezas em forças a partir de um programa de gestão

baseado na população. Por meio dessa pesquisa, foram desenvolvidos planos de ação estratégica de gestão de resíduos para a população e para as autoridades locais.

Ghazinoory et al. (2011), apresentaram revisão baseada em referências de 557 publicações até 2009. Nesse trabalho, os autores afirmam que a análise SWOT já era utilizada na década de 1950, porém Weihrich (1982) é a principal referência nesse campo e fornece algumas referências clássicas. Ao longo do tempo essa análise foi utilizada por muitos pesquisadores na maioria dos setores de pesquisa e desenvolvimento. A vantagem mais importante desse tipo de análise é a simplicidade, porém, os autores ainda ressaltam a importância de se aprofundar em cada item para que a análise não seja superficial e não tenha uma visão real de todos os fatores que compõem a situação estudada. Os autores desse estudo, ao final, sugerem que as estratégias não precisam ser pré-definidas da forma tradicional (Quadro 2) e propõem que estratégias integrativas também sejam ponderadas em futuros trabalhos que utilizam a análise SWOT.

Quadro 4 – Visão avaliativa dos fatores em análise SWOT.

	(S) Forças	(W) Fraquezas
(O) Oportunidades	Estratégias SO	Estratégias WO
(T)Ameaças	Estratégias ST	Estratégias WT

Fonte: adaptado de Novicevic et al., 2004.

Yuan (2013) desenvolveu pesquisa sobre a análise SWOT aplicada à bem sucedida gestão de resíduos de construção civil na cidade de Shenzhen no sul da China. Os dados utilizados na análise são derivados de várias fontes, incluindo relatórios governamentais, regulamentos relacionados à gestão de resíduos, revisão da literatura e reuniões do grupo de interesse. O estudo oferece subsídios para que as principais partes interessadas possam perceber as condições internas e externas da gestão de resíduos na cidade estudada. Os fatores levantados pela análise SWOT, durante reuniões com os atores, foram:

- Forças: (S1) posição geográfica, a cidade é localizada na região de Hong Kong o que favorece economicamente a região e, também em termos de arcabouço legal e experiência em gestão de grandes quantidades de resíduo que ampara e regulamenta as atividades relacionadas aos resíduos de construção civil; (S2) forte consciência das autoridades locais sobre a promoção da gestão dos resíduos de construção, com isso a existência de diversos programas de apoio e adoção de medidas de gestão para implantação de redução e reciclagem dos resíduos de construção civil;

(S3) posição de liderança em gestão dos resíduos de construção em relação a outras cidades chinesas.

-Fraquezas: (W1) regulamentação a respeito dos resíduos de construção civil incompleta quando comparada com países desenvolvidos; O sistema regulatório necessita ser atualizado. (W2) baixa porcentagem de segregação de material reciclável na fonte, a maior parte dos resíduos coletados eram misturados; (W3) redução de resíduos deficiente, das três ações da estratégia dos "3R", redução é a preferida, esse fato foi apontado como sendo consequência da falta de consciência dos arquitetos sobre a importância da redução em seu trabalho; (W4) falta de planejamento sistemático para a infraestrutura dos serviços de reciclagem.

- Oportunidades: (O1) status de zona econômica especial, o que inclui a cidade no rol de cidades com prioridade do governo chinês; (O2) programa chinês de apoio a redução do desperdício de resíduos da construção civil; (O3) existência de recursos externos do governo e de indústrias.

- Ameaças: (T1) limitação de aterros para o recebimento de resíduos da construção civil, o crescimento da geração é maior do que o espaço disponível em aterros e os investimentos são limitados.

A partir da análise SWOT, foram apontadas sete estratégias críticas para a resolução de problemas relacionados aos resíduos de construção civil em Shenzhen: (1) estabelecer mecanismos para determinação de responsabilidade dos vários departamentos envolvidos; (2) promulgação de regulação detalhada para resíduos de construção civil; (3) investigar sobre a geração de resíduos de construção civil em Shenzhen para planejar melhor as instalações para disposição final; (4) implementação de gestão de resíduos de construção nos projetos e obras; (5) implementação de um programa piloto para separação de material para reciclagem; (6) estabelecimento de um instituto de pesquisa em resíduos de construção civil no município; (7) aumentar as atividades relacionadas à conscientização a respeito da questão em meio aos atores sociais envolvidos.

Beloborodko et al. (2015) propuseram a implementação de um cluster de resíduos para geração de energia na Letônia. O objetivo do trabalho foi fornecer análise comparativa da estrutura organizacional e análise SWOT de cindo grupos existentes e um projeto potencial de conversão de resíduos em energia e desenvolver sugestões para melhorar a organização do cluster em desenvolvimento na Letônia. A parte analítica incluiu a análise SWOT do projeto proposto e, ainda, a comparação com outros cinco projetos de conversão de resíduos em energia que existem na

Europa. Os autores concluíram que, os projetos comparados, apesar de serem diferentes em estrutura, todos os clusters enfatizam que a comunicação eficaz entre os atores deve ser assegurada. Por meio da comparação com as experiências europeias, foi concluído que o novo cluster deve garantir que os parceiros industriais sejam apoiados por instituições de pesquisa capazes de orientar e colaborar.

O propósito do processo de planejamento é fornecer estratégias de ação para o processo de tomada de decisão. Após a análise fornecida pela matriz SWOT, a recomendação é maximizar as forças e oportunidades, transformar fraquezas em forças e minimizar as ameaças (SRIVASTAVA et al, 2004; YUAN, 2013).

3.8. Dados gerais dos municípios

Nesse item estão apresentados os dados básicos dos municípios estudados. Esses dados são relacionados a características relevantes para os sistemas de gestão de resíduos sólidos urbanos de cada município investigado nesse trabalho.

3.8.1. Analândia

Analândia apresenta altitude média de 700 metros, ocupa área de 313km², dos quais, aproximadamente, 305km² compõem a zona rural e 8km² compõem a zona urbana. O município é classificado como Estância Climática, tal classificação garante verba maior por parte do Estado para promoção do turismo regional (ANALÂNDIA, 2017).

A população do município é de 4.731 pessoas, das quais 3.756 vivem na cidade (79,4%), com área de unidade territorial de 325,953km², apresenta densidade demográfica 13,18 hab/km² (IBGE CIDADES, 2017). O município de Analândia possui o PIB a preços correntes (2014) de R$135.411.000,00 com distribuição apresentada na Figura 4, para os setores de Agropecuária, Indústria, Serviços (exceto administração, saúde e educação públicas e seguridade social) e Administração, saúde e educação públicas e seguridade social.

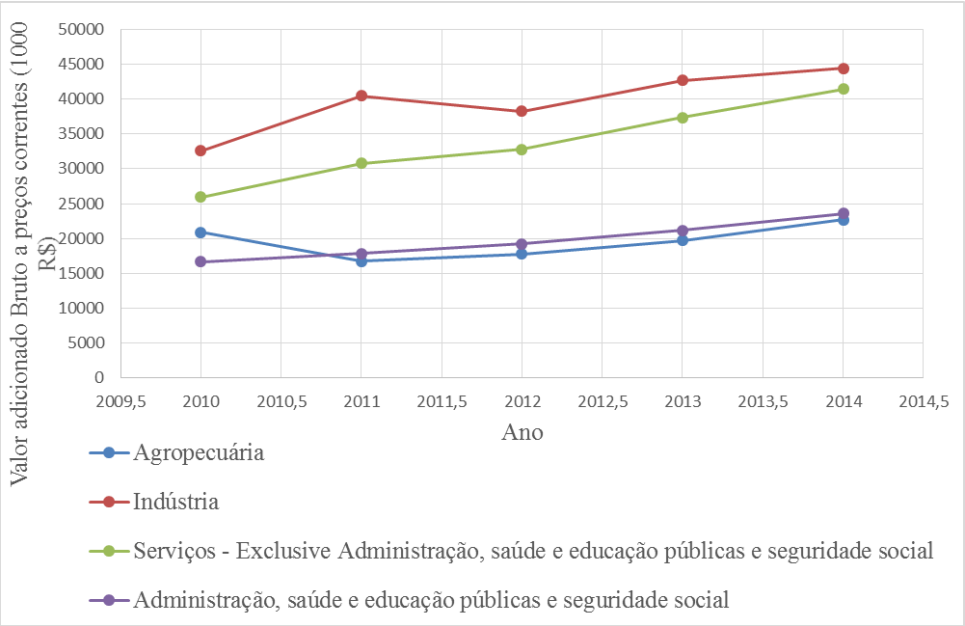

Figura 4 – Distribuição do PIB do município de Analândia por setor.
Fonte: IBGE CIDADES, 2017.

O município de Analândia não apresentou dados referentes ao ano de 2015 para a pesquisa do Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento – SNIS (MCidades, 2017). Analândia não possui plano municipal de resíduos sólidos aprovado.

3.8.2. Corumbataí

Corumbataí está a altitude de 608 metros. Possui população de 4.036 pessoas, das quais 2.181 vivem na zona urbana. Apresenta área do município de 278.622km² e densidade demográfica (2010) 13.90 hab/km². O gráfico (Figura 5) apresenta os valores de produção de bens e serviços desde 2009 até 2014.

O órgão responsável pelo manejo dos resíduos sólidos em Corumbataí é a Prefeitura Municipal, não existe cobrança pelos serviços de manejo dos resíduos. Não existem programas sociais que auxiliem os catadores, também não existem associações ou organizações de catadores no município. A prefeitura não recebeu investimento federal durante o ano de 2015. Existem 20 trabalhadores remunerados pela prefeitura envolvidos nos serviços de manejo dos resíduos sólidos.

Houve coleta diferenciada para resíduos especiais como pneus, pilhas, baterias, lâmpadas fluorescentes e eletrônicos. A prefeitura possui um caminhão compactador e outros dois caminhões e um trator que são utilizados no serviço de coleta. Em 2015, foram coletadas 624 toneladas de resíduos no município.

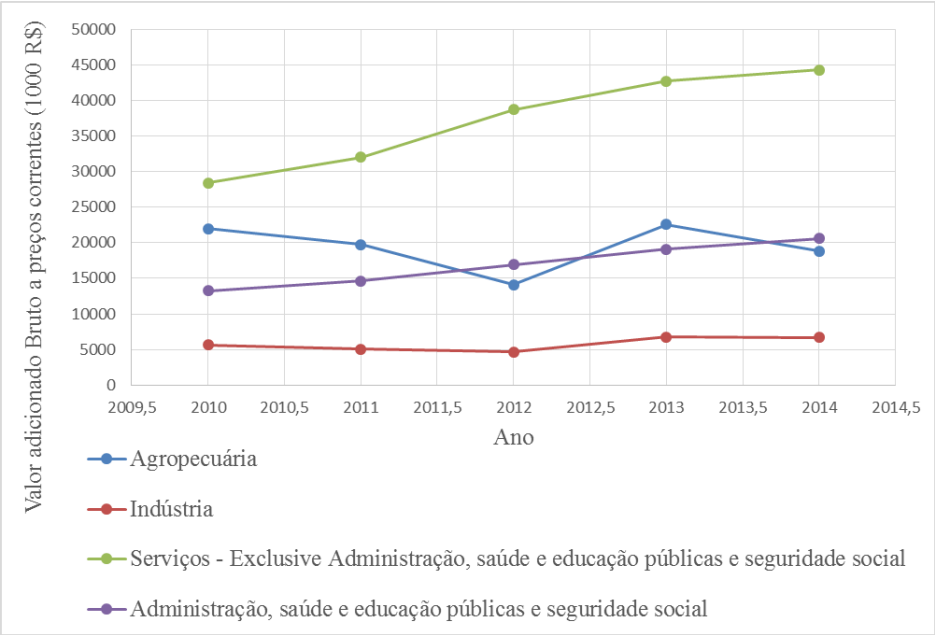

Figura 5 – Distribuição do PIB do município de Corumbataí por setor.
Fonte: IBGE, 2017.

Foram gastos R$153.860,80 durante o ano de 2015 pelos agentes públicos com o serviço de coleta de resíduos sólidos domiciliares e públicos e mais R$23.384,17 com a coleta dos resíduos de serviços de saúde. As despesas dos agentes públicos com o serviço de varrição em 2015 foram de R$349.498,26, o total de despesas com serviços de manejo de resíduos sólidos foi de R$526.43,62. Esse valor representa 2,8% do total gasto pelo município em 2015. A despesa anual por habitante urbano foi de R$241,53.

Com relação aos resíduos sólidos, os dados apresentados pelo Sistema Nacional de Informação sobre Saneamento – SNIS (MCidades, 2017) revelam que Corumbataí possui 99,77% da população urbana atendida pela coleta direta dos resíduos domiciliares, realizada pela própria prefeitura, porém esse número representa 53,91% da população total do município. São coletados, em média, 0,79kg de material residual por habitante por dia. Foram investidos R$246,57 por tonelada de resíduo coletada, dos quais 29% são referentes à coleta.

Os indicadores de coleta seletiva (MCidades, 2017) mostram que 45,85% da população são atendidos pela cobertura da coleta seletiva porta-a-porta e existem posto de entrega voluntária na cidade, com isso 14,42% de toda a massa de resíduos foram coletados pela coleta seletiva, esse valor equivale a 90 toneladas em 2015. Esse número representa 45,85 Kg por habitante por ano, dos quais 41,27 Kg por habitante por ano foram efetivamente recuperados como material reciclável.

Relativamente aos resíduos de serviço de saúde coletados em Corumbataí, esses representam 0,16% do total de resíduos coletados e foram 1,26 Kg por 1000 habtantes por dia. Os resíduos de serviços de saúde são enviados para Poços de Caldas (MG) em veículo exclusivo, esse serviço é executado por empresa contratada.

Os indicadores sobre os serviços de varrição, capina e poda revelam que, em Corumbataí existem 2,75 varredores e 1,38 capinadores para cada 1.000 habitantes e que os varredores são 30% e os capinadores são 15% do total de empregados no manejo dos resíduos sólidos. O custo desses serviços equivale a 66,35% do total empregado no manejo.

Aquino (2012) levantou informações para a implantação de sistema de compostagem em Corumbataí e concluiu que a quantidade de resíduos orgânicos pode chegar a 80%. Nesse estudo, a autora aplicou questionários na população e verificou que 98% dos entrevistados se manifestaram receptividade à separação dos resíduos orgânicos. Tal fato, pode ser explicado pela prática de separação de recicláveis que ocorre no município.

3.8.3. Ipeúna

Ipeúna está a uma altitude de 635 metros. Possui população estimada em 2016 em 7.047 pessoas, das quais 5.951 vivem na zona urbana. O município tem área da unidade territorial de 190.017km², com densidade demográfica (2010) de 31.66 hab/km². A Figura 6 apresenta a distribuição do PIB do município de Ipeúna por setor.

Pelo gráfico, nota-se que o setor industrial apresentou alta a partir do ano de 2012 e o setor de serviços tem alguma representatividade, porém o setor de agropecuária não é muito explorado no município.

Em 2015, foram coletadas 212 toneladas de resíduos por mês. Ipeúna coleta seus resíduos e leva para São Pedro a 35 km de distância do centro de coleta. Para coleta regular o município conta com 3 caminhões compactadores, 2 caminhões basculantes. Toda a população urbana do município é atendida pela coleta regular duas ou três vezes por semana.

Nessa cidade, existe coleta seletiva porta-a-porta sendo realizada na área urbana do município por catadores que não tem o apoio do poder público. Em 2015, existiu coleta especial de lâmpadas fluorescentes e resíduos eletrônicos no município. Também, existe coleta especial para os resíduos dos serviços de saúde, foram coletadas 3,3 toneladas durante o ano que foram enviadas para o município de Paulínia a 98 km de distância.

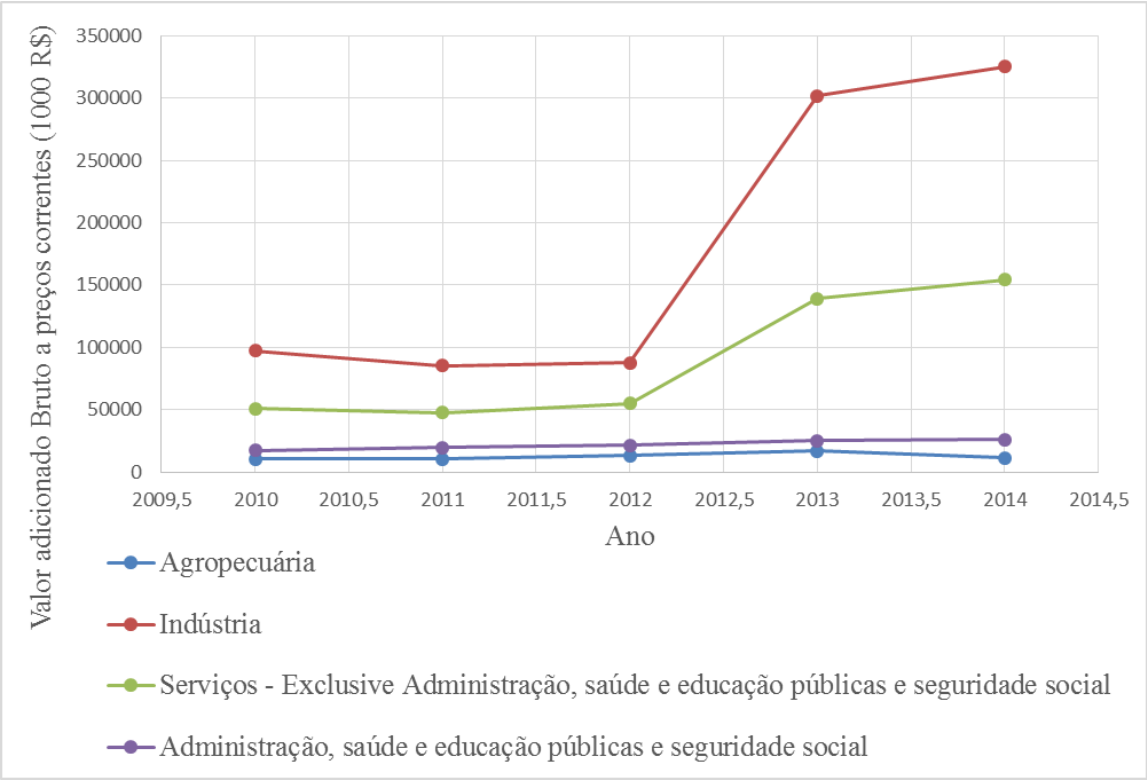

Figura 6 – Distribuição do PIB do município de Ipeúna por setor.
Fonte: IBGE, 2017.

Existe cobrança pelos serviços de manejo dos resíduos sólidos urbanos no município de Ipeúna através de taxa cobrada no boleto de IPTU. Em 2015, foram gastos R$798.585,53 com os serviços de manejo dos resíduos. Ao todo, existem 39 funcionários da prefeitura que são envolvidos com os serviços de manejo dos resíduos sólidos urbanos em Ipeúna.

3.8.4. Charqueada

O município de Charqueada tem a sede do município a 610 metros de altitude. Sua população em 2015 era de 16.440 pessoas, das quais 14.915 viviam na zona urbana (90,7%). Apresenta extensão territorial de 175.846km² e densidade demográfica de 10,69hab.km².

Dados econômicos mostram (Figura 7) que o setor de serviços apresenta crescimento e foi o que mais produziu nos últimos anos. O setor de administração, saúde e educação pública e seguridade social também teve crescimento, no entanto o setor de indústrias e o setor agropecuária apresentaram declínio de 2010 a 2014.

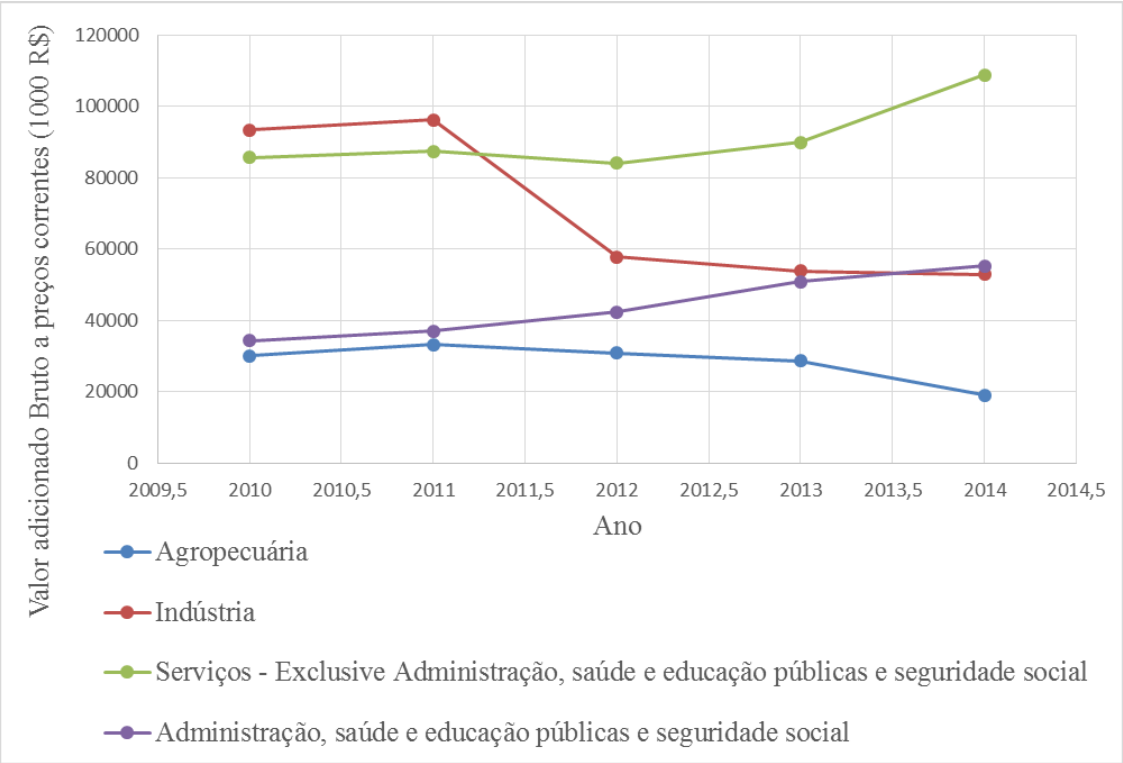

Figura 7 – Distribuição do PIB do município de Charqueada por setor.
Fonte: IBGE, 2017.

O serviço de gestão de resíduos sólidos do município de Charqueada é realizado exclusivamente pela prefeitura. Toda a população urbana é atendida pela coleta regular, existe serviço de coleta noturna e a cidade possui 2 caminhões compactadores, com menos de 5 anos, e 3 caminhões basculantes. A coleta é realizada diariamente na zona urbana do município. São atendidas 14.915 pessoas pelo serviço de coleta. Os resíduos não são pesados e são dispostos no próprio município.

Existem 60 agentes públicos envolvidos com os serviços de manejo dos resíduos sólidos urbanos, não existe empresa contratada para esses serviços. São 4,02 empregados para cada 1.000 habitantes. A prefeitura não cobra pelos serviços de coleta, transporte e destinação final dos resíduos do município. Em 2015, foram gastos R$1.000.000,00 com o serviço de manejo dos resíduos sólidos, esse valor representa 4,17% das despesas da prefeitura. Foram coletadas 21.500 toneladas de resíduos domiciliares e públicos, esse número representa 3,95 kg por habitante por dia (MCidades, 2017).

O município não executa coleta diferenciada de resíduos de construção civil. Porém existe coleta seletiva porta-a-porta executada pela prefeitura que atende 6.000 pessoas (40% da população

urbana). Com esse serviço, foram recuperadas 100 toneladas de material reciclável em 2015. A taxa de recuperação de materiais recicláveis em relação ao total de material coletado foi de 6,7 kg por habitante por ano. Os resíduos de serviço de saúde receberam coleta diferenciada e foram enviados para Hortolândia.

3.8.5. Rio Claro

Rio Claro possui a maior mancha urbana no interior da bacia do rio Corumbataí. O município possui população estimada em 2016 de 201.473 habitantes, área da unidade territorial 498,422km² e densidade demográfica 404,22 habitantes por km² IBGE (2017).

O gráfico do produto interno bruto (Figura 8), gerado no município de 2010 a 2014, mostra que o setor de serviços, em 2012, passou o setor industrial, assumindo o posto de principal setor econômico do município. Também, o setor de indústrias tem participação expressiva, contudo, os setores administrativo e agropecuário não têm participações significativas no total do produto interno bruto do município.

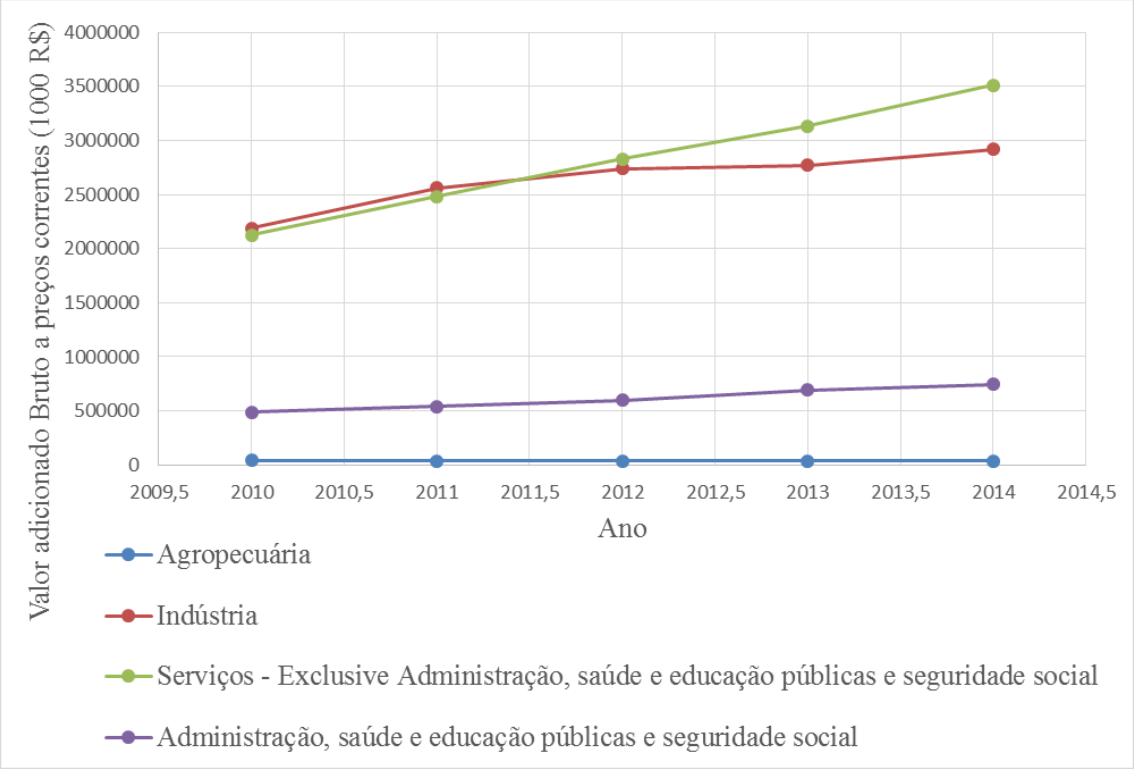

Figura 8– Distribuição do PIB do município de Rio Claro por setor.
Fonte: IBGE, 2017.

O município de Rio Claro produz, em média, 4.000 toneladas de lixo por mês e possui um sistema que faz coleta seletiva de materiais reciclados dos resíduos domésticos. O município aterra a maior parte do montante gerado, sem aproveitamento energético (PRC, 2015).

Os dados sobre o manejo dos resíduos sólidos são referentes ao ano de 2015 e disponibilizados pelo Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento – SNIS (MCidades, 2017). A população total do município era de 199.961 habitantes e a população urbana era de 195.094 (97,56%). Toda a população do município foi atendida pelo serviço de coleta porta-a-porta. O serviço de coleta foi realizado por uma empresa contratada em conjunto com a prefeitura (99,52% empresa contratada).

A prefeitura não cobra pelo serviço de gestão dos resíduos. Foram gastos R$12.160.366,35 com o total de serviços de manejo de resíduos sólidos urbanos. O total de gastos da prefeitura foi de R$308.805.726,79. Os gastos com a gestão de resíduos representam 3,94% do total de gastos. A prefeitura não recebeu apoio federal para despesas com os resíduos (MCidades, 2017).

O valor contratado do serviço de coleta diurna foi de R$91,36 por tonelada, nesse valor está incluso o transporte até o aterro, que é menor do que 15km. O agente privado contratado para executar a coleta possui 10 caminhões compactadores, 6 caminhões basculantes e 1 caminhão tipo poliguindaste. Houve serviço de coleta noturna no município.

Em 2015, existiam 77 coletadores e motoristas, empregados pelos agentes privados, alocados no serviço de coleta de resíduos domiciliares e públicos. Existiam 45 varredores e 45 empregados nos serviços de poda e capina de agentes privados. Existiam 17 empregados de serviços gerais e 3 empregados na administração, totalizando 187 funcionários privados envolvidos com o manejo dos resíduos. Os funcionários públicos envolvidos com o sistema de gestão de resíduos eram 27, os quais estavam alocados no serviço de capina e roçada. No total, 214 pessoas trabalharam com o manejo dos resíduos sólidos de Rio Claro. Do total de empregados no sistema de gestão dos resíduos, 12,62% eram próprios da prefeitura e 87,38% eram funcionários das empresas contratadas. De todos os empregados no sistema de manejo em 2015, 1,4% eram encarregados de serviços administrativos.

Com relação aos trabalhadores que atuam no manejo dos resíduos, foi alocado 1,1 funcionário para os serviços de manejo dos resíduos para cada 1.000 habitantes do município e 0,39 funcionário para o serviço de coleta (coletadores e motoristas) para cada 1.000 habitantes. Os coletadores e motoristas representaram 35,98% do total de empregados no manejo dos resíduos. A

produtividade média dos empregados da coleta foi de 2.011,31 kg de massa coletada por dia. Foi coletado 0,69 kg de resíduo por habitante por dia (MCidades, 2017).

As despesas com o manejo dos resíduos representaram 3,94% do total de despesas do município. 96% do total gasto com o manejo dos resíduos foram pagos a empresas contratadas. Esse valor representa R$62,33 por habitante por ano com o manejo dos resíduos. O custo unitário do serviço de coleta foi de R$146,95 por tonelada. A coleta representou 60,46% do total casto com manejo dos resíduos. A despesa média com cada empregado alocado nos serviços de manejos dos resíduos foi de R$56.824,14.

Foram varridos 31.424 km, no ano de 2015, pela empresa contratada (0,16 km por habitante), inclusive com algum tipo de varrição mecanizada. O valor contratado do serviço de varrição foi R$65,18 por km. Contudo o custo unitário médio do serviço de varrição foi de R$127,59 por km. Existiu 0,23 funcionário de varrição para cada 1.000 habitantes. O serviço de varrição representou 32,97% do total investido no manejo dos resíduos. Os varredores representaram 21,03% dos empregados do manejo dos resíduos (MCidades, 2017).

Os capinadores foram 33,64% dos empregados no manejo dos resíduos (0,37 capinador por 1.000 habitantes.

Os resíduos públicos representaram 0,01% dos resíduos domiciliares coletados. Foi utilizada balança para pesagem rotineira dos resíduos sólidos coletados. Foram coletadas 50.029,50 toneladas de resíduos domiciliares e públicos em 2015. A coleta atendeu 20% da população diariamente e 80% 2 ou 3 vezes por semana. A operação do aterro é terceirizada ou concedida. A coleta de resíduos de construção civil foi realizada por empresas especializadas, foram pagos R$60.000,00 pelos serviços contratados em 2015.

Existe coleta seletiva no município. Toda a população urbana do município foi atendida pela coleta seletiva. Em 2015, foram recuperadas 1.555 toneladas de materiais recicláveis (3,11% do total de material coletado), das quais 605 eram papel ou papelão (38,91%), 310 eram plásticos (19,94%), 510 eram metais (35,80%) e 130 eram vidros (8,36%). Houve coleta seletiva porta-a-porta executada por organização de catadores com apoio do agente público. A massa recuperada per capita de materiais recicláveis foi de 7,97 kg por habitante no ano de 2015.

Existem catadores de materiais recicláveis trabalhando dispersos na cidade. Existia uma cooperativa de catadores organizada no município com 51 cooperados. Existia, em 2015, trabalhos sociais, realizados pela prefeitura, direcionados aos catadores.

Coleta seletiva diferenciada para pneus e resíduos eletrônicos foi executada por agente privado. Coleta seletiva diferenciada para pilhas e baterias foi executada por agente privado.

Ocorreu execução de poda de árvores pelo agente público e por empresa contratada. Ocorreu coleta diferenciada de lâmpadas fluorescentes pelo agente público e por empresa contratada. A coleta diferenciada realizada pela prefeitura foi cobrada separadamente. Houve coleta seletiva de resíduos de serviços de saúde, executada por empresa contratada, o valor contratado foi de R$3.190,00 por tonelada coletada. O controle dos agentes externos foi executado pela prefeitura que acompanhou os pontos de recolhimento, o agendamento de coleta e o peso de material coletado.

Foram coletadas 307,6 toneladas de resíduos de serviços de saúde em 2015, esse montante representa 4,32 kg por 1.000 habitantes por dia e 0,61% do total de massa coletada. Esse material coletado foi enviado para Hortolândia, SP a 72,3km de distância.

3.8.6. Santa Gertrudes

Santa Gertrudes está a altitude de 595 metros. Possui população estimada em 2016 de 25.192 pessoas, com área da unidade territorial (2015) 98.291km², densidade demográfica (2010) de 220,10 hab/km². A Figura 9 apresenta a distribuição do PIB por setor no município.

Nota-se que o setor industrial é o predominante na cidade (Figura 9). Trata-se de um polo de cerâmica que utiliza matéria prima da mineração de argila, atividade comum no município. O segundo setor é o de serviços e a agropecuária não exerce influência na economia.

A cidade produziu, em 2015, 674 toneladas de resíduos por mês. Os resíduos são coletados e levados para o aterro sanitário em São Pedro a 74 km de distância do centro de coleta. O município possui 4 caminhões compactadores que fazem o serviço de coleta urbana e outros 8 caminhões que fazem o trabalho com os resíduos. 80% da população urbana são atendidos por serviços de coleta com frequência de duas ou três vezes por semana.

Existe coleta seletiva sendo oferecida na zona urbana do município por uma cooperativa de catadores auxiliada pela prefeitura, em 2015, foram coletadas 107 toneladas de material reciclável por mês. Existe coleta especial de pneus, lâmpadas fluorescentes, resíduos eletrônicos no município.

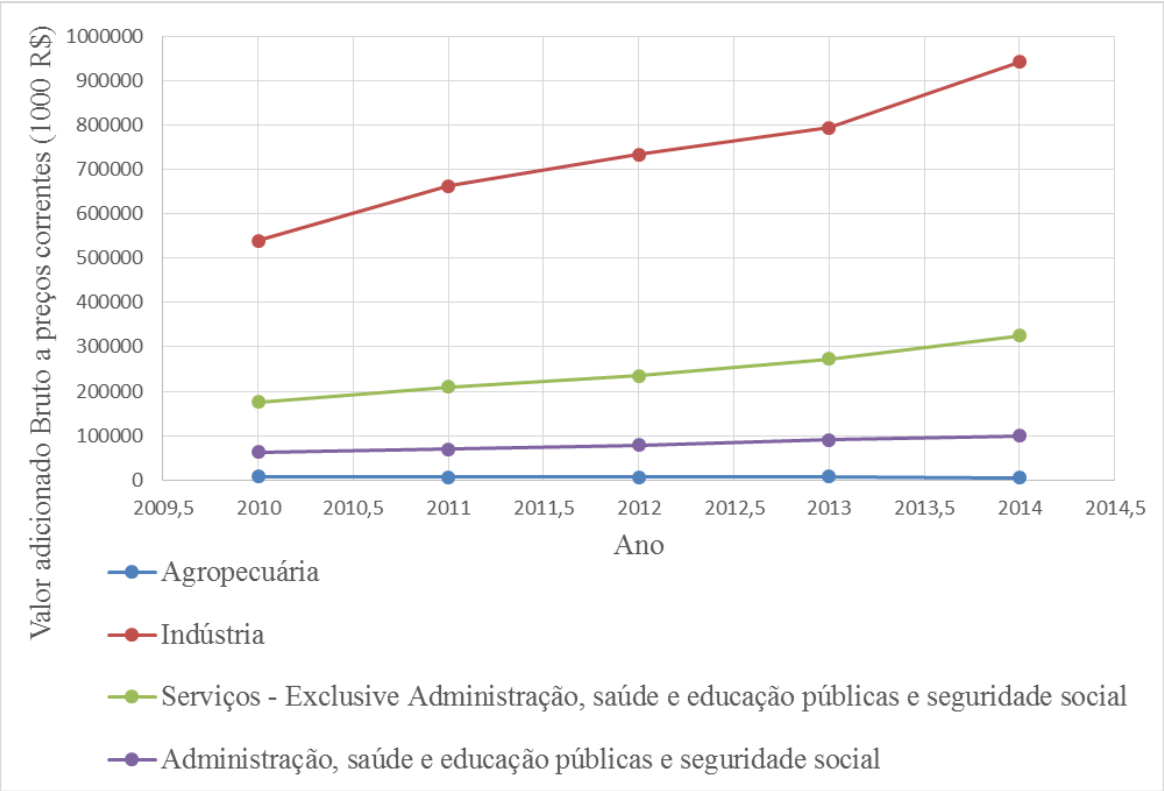

Figura 9 – Distribuição do Produto Interno Bruto do município de Santa Gertrudes por setor
Fonte: IBGE, 2017.

A prefeitura de Santa Gertrudes cobra pelos serviços de manejo dos resíduos sólidos através de taxa no boleto do IPTU. Em 2015, foram gastos R$4.419.883,98 com os serviços de manejo de resíduos sólidos urbanos. Ao todo, existem 59 funcionários da prefeitura que são envolvidos com os serviços de manejo dos resíduos sólidos urbanos em Santa Gertrudes.

4. MATERIAL E MÉTODOS

Para atender ao objetivo geral, essa pesquisa foi dividida em duas etapas principais: (1) o diagnóstico, com o levantamento dos indicadores de desempenho selecionados e (2) a proposição de soluções operacionais para a gestão compartilhada dos resíduos sólidos dos municípios com sede na bacia do rio Corumbataí. Na segunda etapa, foram analisados custos de implantação e operação para cenários de gestão compartilhada, por meio da proposição de soluções para o tratamento da fração orgânica e para a disposição final de resíduos.

Durante a primeira fase, foi proposto um conjunto de indicadores para o diagnóstico das práticas adotadas em cada uma das diversas etapas dos sistemas de gestão de resíduos nos municípios investigados, as etapas investigadas foram: (i) geração; (ii) coleta regular; (iii) coleta seletiva formal (iv) coleta seletiva informal (via comercializadores de recicláveis); (v) disposição final e (vi) despesas. Ao final dessa fase, os resultados foram dispostos em matrizes SWOT, onde as fragilidades e potencialidades de cada município puderam ser apontadas.

A segunda etapa consistiu em elaborar propostas de gestão compartilhada por meio da proposição de uma Central de Tratamento e Disposição Final – CTDF para os resíduos gerados nos municípios investigados. A infraestrutura da Central contempla o tratamento da fração orgânica coletada seletivamente e a destinação final dos rejeitos/resíduos advindos da coleta regular. A gestão compartilhada inclui também a instalação de estações de transbordo e o transporte dos resíduos até a central. Ainda, foi investigado um cenário onde o tratamento da fração orgânica, coletada separadamente, ocorre por compostagem no próprio município. Nesse cenário, foram dimensionados pátios de compostagem para cada um dos municípios, separadamente.

Durante a segunda fase da pesquisa, foram levantados valores de despesas para a implantação e a operação de cenários de gestão compartilhada dos resíduos domiciliares gerados nos municípios examinados. Para tanto, foram determinadas metas de eficiência de coleta seletiva da fração orgânica para dimensionamento do sistema de tratamento. A estimativa dos custos totais foi realizada pela soma das despesas com (i) transporte e transbordo; (ii) infraestrutura comum; (iii) aterro sanitário, e (iv) cenários de tratamento da fração orgânica, por compostagem centralizada e descentralizada e por biometanização. Os resultados estão apresentados em Reais por tonelada e Reais por habitante para o ano de 2018. A partir desses resultados foram propostos valores para a cobrança pelo sistema de gestão e tratamento de resíduos orgânicos. A Figura 10 apresenta as etapas da pesquisa.

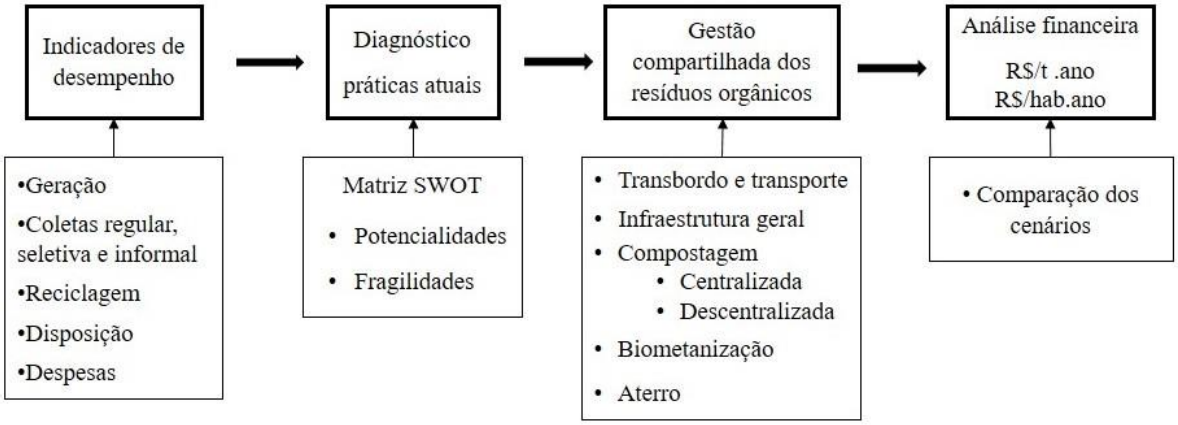

Figura 10 – Fluxograma da pesquisa.

4.1.Características gerais dos municípios investigados

Os municípios investigados foram escolhidos por apresentarem potencial de atuação compartilhada para realizar os serviços de gestão dos resíduos sólidos. Esses são cinco da faixa populacional 1 (até 30.000 habitantes) e Rio Claro da faixa populacional 3 (100.000 a 250.000 habitantes) (Tabela 1) e compõem uma sub-bacia do rio Piracicaba, portanto, fazem parte da cabeceira da Unidade de Gerenciamento de Recursos Hídricos – UGRHI 5.

Tabela 1 – População e PIB dos municípios estudados.

Município	**População total**	**População urbana**	**PIB *per capta***
	hab	**hab**	**R$/hab.ano**
Corumbataí	4.054	2.191	24.506,35
Analândia	4.845	3.847	28.983,51
Ipeúna	7.177	6.177	86.883,95
Charqueada	16.772	15.216	15.988,52
S. Gertrudes	25.637	25.364	64.130,83
Rio Claro	202.952	198.012	42.613,74

Fonte: IBGE, 2017.

Características específicas de cada município estão descritas no item revisão bibliográfica. Contudo, destaca-se os valores de renda por pessoa para os municípios de Ipeúna e Santa Gertrudes, Ipeúna possui indústrias do setor alimentício e cerâmico e Santa Gertrudes possui polo cerâmico. A Figura 11 apresenta o mapa de localização da área estudada.

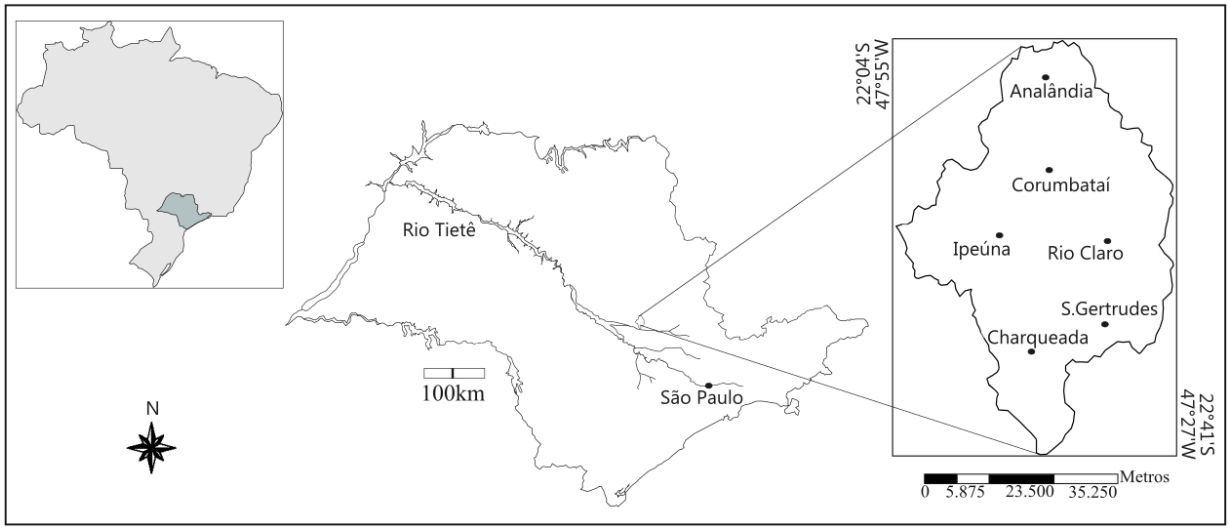

Figura 11 – Esquema de localização da bacia do rio Corumbataí e as sedes dos municípios.

Os órgãos responsáveis pela gestão dos resíduos dos municípios estudados estão apresentados no Quadro 5.

Quadro 5 - Órgão responsável pela gestão dos resíduos nos municípios estudados.

Município	Órgão responsável
Corumbataí	Secretaria de Governo e Planejamento
Analândia	Secretaria de Meio Ambiente
Ipeúna	Secretaria de Projetos, Obras, Serviços Públicos e Saneamento Básico
Charqueada	Secretaria de Obras, Serviços e Meio Ambiente
S. Gertrudes	Secretaria de Saneamento e Meio Ambiente
Rio Claro	Departamento de Resíduos Sólidos da Secretaria de Meio Ambiente

Fonte: Dados da pesquisa.

4.2. Diagnóstico das práticas de gestão dos resíduos sólidos urbanos

Para essa etapa da pesquisa foi realizada pesquisa bibliográfica para levantamento de indicadores utilizados para avaliação de sistemas de gestão de resíduos no Brasil e em diversas partes do mundo (SUTTIBAK; NITIVATTANANON, 2008; SOUZA et al., 2009; POLAZ; TEIXEIRA, 2009; CIFRIAN et al., 2010; SCHEINBERG et al., 2010; PASSARINI et al. 2011; SANTIAGO; DIAS, 2012; VEIGA, 2014; IGES, 2014; WILSON et al., 2014; CASTRO et al., 2015; DESMOND, 2015; ASSIS et al., 2017). Nos itens abaixo, estão descritos os métodos utilizados para a composição do diagnóstico.

4.2.1. Indicadores para o diagnóstico da gestão de resíduos sólidos urbanos

Essa etapa da pesquisa foi iniciada pelo levantamento bibliográfico de indicadores de desempenho utilizados para avaliação de sistemas de gestão de resíduos sólidos. Durante essa fase, foi encontrada grande quantidade de indicadores, aplicados de diversas maneiras, com diversos objetivos (POLAZ, 2008; SOUZA et al., 2009; WILSON et al., 2014; VEIGA et al., 2014), como descrito anteriormente no item Revisão Bibliográfica. Nesse trabalho, buscou-se agrupar e selecionar indicadores relacionados às questões tecnológicas e despesas das diversas etapas do sistema de gestão dos resíduos nos municípios estudados.

Assim, os indicadores foram escolhidos com o intuito de contemplar as etapas e se conhecer os fluxos dos resíduos gerados nos municípios. Assim, foram selecionados indicadores quantitativos, agrupados em 7 categorias: (1) geração; (2) coleta regular; (3) coleta seletiva; (4) coleta informal; (5) Capacidade de reciclagem; (6) despesas; (7) sustentabilidade financeira. Os quadros de 3 a 9 apresentam os indicadores selecionados por categoria.

O Quadro 6 apresenta os indicadores selecionados para análise da etapa de geração de resíduos.

Quadro 6 – Indicadores de geração de resíduos.

Descrição do indicador	Unidade	Base de cálculo	Fonte
Geração de resíduo por habitante	Kg/hab.dia	Soma da quantidade de material coletada pelas coletas regular, seletiva e via estabelecimentos comerciais de reciclagem por habitante urbano por dia.	MCidades, 2017; Dados de campo
Produção de renda por geração de resíduos	R$/kg	Relação entre o PIB (R$/hab.dia) e a geração de resíduos (kg/hab.dia).	IBGE CIDADES, 2017; Dados de campo

O indicador de produção de renda por geração de resíduos assume resíduos como potencial de renda, indicando quantos reais são produzidos no município para cada quilograma de resíduo gerado pelos habitantes e coletado por alguma das vias investigadas (MONTAÑO et al., 2012). Trata-se de um número que quanto maior, melhor a situação do município, pois significa que a população produziu mais renda com menor produção de resíduos.

O Quadro 7 apresenta os indicadores utilizados para análise da coleta regular.

Quadro 7 - Indicadores de coleta regular.

Descrição do indicador	Unidade	Base de cálculo	Fonte
Abrangência da coleta regular porta-a-porta em relação ao total de habitantes urbanos(1)	%	Número de habitantes atendidos pela coleta regular sobre o total de habitantes da zona urbana.	MCidades, 2017
Abrangência rural da coleta regular por contêiner (2)	%	Número de habitantes atendidos pela coleta regular (por contêiner) sobre o total de habitantes da zona rural.	Dados de campo

Buscou-se, com os indicadores para coleta regular, revelar a realidade da coleta nos municípios em termos de atendimento à população. Procurou-se, com o indicador de coleta rural, averiguar o acesso dos moradores da zona rural ao serviço de coleta regular de resíduos sólidos, essa informação foi obtida diretamente com as prefeituras.

O Quadro 8 apresenta os indicadores investigados para analisar a coleta seletiva.

Quadro 8 - Indicadores de coleta seletiva.

Descrição do indicador	Unidade	Base de cálculo	Fonte
Coleta seletiva em relação à coleta regular	%	Total de material coletado pela coleta seletiva sobre o total coletado pela coleta regular por mês.	MCidades, 2017
Rejeito da coleta seletiva	%	Quantidade de rejeito coletado pela coleta seletiva por mês sobre o total coletado pela coleta seletiva.	Dados de campo
Eficiência dos trabalhadores	Kg/ pessoa.mês	Quantidade de material coletado por cooperado por mês.	Dados de campo
Receita bruta de recicláveis da coleta seletiva	R$/mês	Receita bruta da venda de recicláveis por mês de material coletado pela cooperativa.	Dados de campo
Receita dos trabalhadores	R$/ pessoa.mês	Receita bruta dividida entre os trabalhadores da coleta seletiva.	Dados de campo
Receita média por quilograma de material	R$/Kg	Relação entre a receita da coleta seletiva (R$/mês) e a quantidade de material reciclável coletado (Kg/mês).	Dados de campo

Os indicadores de coleta seletiva são referentes ao serviço de coleta seletiva frequente oferecido à população urbana com ou sem o apoio da prefeitura. O indicador de coleta seletiva em relação à coleta regular relaciona os dados secundários, provenientes do SNIS referentes à 2015 e 2016 (MCidades, 2017; 2018), com os dados obtidos primariamente no ano de 2017, com isso, buscou-se uma estimativa para análise. Isso ocorreu por ausência de dados do mesmo ano no momento da coleta de dados dessa pesquisa.

O Quadro 9 apresenta os indicadores para a análise de recuperação de material reciclável via estabelecimentos comerciais de compra e venda de recicláveis.

Quadro 9 - Indicadores de recuperação de material reciclável via estabelecimentos comerciais de reciclagem.

Descrição do indicador	Unidade	Base de cálculo	Fonte
Depósitos de recicláveis	Número	Quantidade de estabelecimentos que compram material reciclável no município.	Dados de campo
Habitantes por depósito	Número de Habitantes	Número de habitantes urbanos para cada depósito de material reciclável.	Dados de campo
Recuperação de recicláveis via depósitos de reciclagem	t/mês	Quantidade de material comprada por estabelecimentos comerciais de reciclagem.	Dados de campo
Incidência da reciclagem por depósitos	%	Toneladas de material compradas por estabelecimentos comerciais de reciclagem sobre a soma do material coletado pela coleta seletiva e do material comprado pelos estabelecimentos comerciais de reciclagem (t/mês).	Dados de campo
Material comprado por depósitos em relação ao coletado pela coleta regular	%	Total de material comprado pelos estabelecimentos comerciais de reciclagem (t/mês) em relação ao total coletado pela coleta regular (t/mês).	Dados de campo
Receita dos depósitos	R$/kg	Valor médio de venda dos estabelecimentos comerciais por tipo de material (metal, plástico, papel e vidro).	Dados de campo
Receita dos catadores informais	R$/kg	Valor médio de compra do depósito por tipo de material (metal, plástico, papel e vidro).	Dados de campo

Com esses valores, procurou-se buscar informações sobre a capacidade de recuperação de material reciclável do município através dos estabelecimentos comerciais que atuam no setor de reciclagem e compram resíduos domiciliares e comerciais diretamente dos geradores e catadores informais. Os estabelecimentos foram encontrados a partir de consulta às pessoas envolvidas com o setor de reciclagem, como catadores informais, outros estabelecimentos comerciais ou a população em geral.

Os indicadores de recuperação de material via estabelecimentos comerciais de reciclagem foram determinados a partir da consulta direta aos responsáveis pelos estabelecimentos e são referentes ao ano de 2017.

O Quadro 10 apresenta os indicadores selecionados para analisar a capacidade de reciclagem dos municípios através da coleta seletiva e da compra de recicláveis por estabelecimentos compradores de reciclagem.

Quadro 10- Indicadores de coleta total de recicláveis vias formal e informal.

Descrição do indicador	Unidade	Base de cálculo	Fonte
Quantidade de material reciclável coletado pela coleta seletiva por habitante por ano - 2017	Kg/ hab.ano	Quantidade total de material reciclável coletada pela coleta seletiva por habitante urbano por ano.	Dados de campo
Total recuperado para reciclagem	t/mês	Soma do total de material reciclável coletado pela coleta seletiva e comprado pelos estabelecimentos comerciais de reciclagem por mês.	Dados de campo
Total recuperado para reciclagem em relação a coleta regular	%	Toneladas de material coletado pela coleta seletiva somado ao comprado por estabelecimentos comerciais de reciclagem sobre o total da coleta regular.	Dados de campo
Quantidade de material recuperado por habitante por ano	Kg/ hab.ano	Total de material reciclável recuperado pela coleta seletiva e comprado por estabelecimentos comerciais de reciclagem por habitante por ano.	Dados de campo

Os indicadores de coleta de recicláveis vias formal e informal revelam valores sobre a segregação de recicláveis na fonte, sobre o total de material enviado para reciclagem, sobre a incidência do total enviado para reciclagem sobre a coleta regular e sobre a quantidade de material enviada para reciclagem por habitante por ano. Com esses indicadores, procurou-se mostrar a capacidade de reciclagem de cada município investigado, considerando a participação do setor informal.

O Quadro 11 apresenta os indicadores investigados para analisar as despesas envolvidas com a gestão de resíduos dos municípios estudados.

Os indicadores de despesa mostram os valores referentes às despesas dos diversos serviços de manejo dos resíduos dos municípios investigados. Com destaque para a incidência de despesas sobre os valores apresentados pela Secretaria do Tesouro Nacional para as despesas e as receitas das prefeituras. Também, foram investigados os valores de incidência de despesas com a coleta regular e despesas por tonelada e por habitante foram determinados.

O Quadro 12 mostra o indicador selecionado para analisar a sustentabilidade financeira dos sistemas de cobrança pelos serviços de manejo de gestão dos resíduos.

Quadro 11 - Indicadores de despesas do SGRSU.

Descrição do indicador	Unidade	Base de cálculo	Fonte
Despesa total com limpeza pública	R$/ano	Despesa total com serviços de manejo de RSU por ano.	MCidades, 2017
Despesas em relação ao custo total da prefeitura	%	Relação entre as despesas com a GRSU e a soma de todas as despesas da prefeitura.	STN, 2016
Despesas por habitante(1)	R$/ hab.ano	Despesas por habitante para o manejo de RSU por ano.	MCidades, 2017
Despesas por geração de resíduo	R$/t	Despesas com a limpeza pública sobre o montante de resíduo coletado pelas coletas regular, seletiva e via estabelecimentos comerciais de reciclagem.	MCidades, 2017; Dados de campo
Despesas com a coleta regular em relação ao custo total de GRSU	%	A incidência de custos com a coleta regular em relação à despesa total com a GRSU.	MCidades, 2017

Quadro 12 - Indicador de sustentabilidade financeira.

Descrição do indicador	Unidade	Base de cálculo	Fonte
Recuperação de custos	%	Receita com a cobrança sobre o total de gastos com o SGRSU.	MCidades, 2017

Esse indicador procura elucidar a capacidade do sistema de cobrança pelos serviços de limpeza pública de cobrir os custos com todos os serviços de manejo dos resíduos.

Por meio desse conjunto de indicadores, buscou-se contemplar informações sobre os fluxos de resíduos dentro dos municípios, via coletas regular, seletiva e através de estabelecimentos comerciais de reciclagem e, também, sobre as despesas dos municípios com os serviços de manejo dos resíduos.

4.2.2. Levantamento de dados secundários

Após a seleção dos indicadores, foi realizada a investigação dos dados secundários. Nessa etapa, foram pesquisadas as bases de dados fornecidas pelos órgãos públicos especializados.

A maior parte dos dados pesquisados foram disponibilizados pelo Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento – SNIS e o Sistema Nacional de Informações sobre a Gestão dos Resíduos Sólidos – SNIR. Também foram consultadas as bases de dados do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE e da Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental do

Estado de São Paulo - CETESB. Ainda, foram consultados valores na Secretaria do Tesouro Nacional – STN.

Assim, foram utilizados os dados referentes aos anos de 2015 e 2016, disponibilizados pela base de dados do Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento e apresentados pela décima quarta edição do Diagnóstico do manejo de resíduos sólidos urbanos (MCidades, 2017; 2018). Trata-se de uma pesquisa realizada pelo Ministério das Cidades anualmente que investiga aspectos operacionais, administrativos, financeiros e de qualidade dos serviços prestados para abastecimento de água, coleta de esgoto e manejo dos resíduos sólidos.

Para os resíduos sólidos, as informações coletadas pelo SNIS são fornecidas por órgãos gestores dos serviços nos municípios, que no caso dos municípios estudados foram: Analândia a Secretaria de Meio Ambiente; Charqueada a Secretaria de Obras, Serviços e Meio Ambiente; Corumbataí a Secretaria de Governo e Planejamento; Ipeúna a Secretaria de Projetos, Obras, Serviços Públicos e Saneamento Básico; Rio Claro o Departamento de Resíduos Sólidos da Secretaria de Planejamento, Desenvolvimento e Meio Ambiente; Santa Gertrudes a Secretaria de Saneamento e Meio Ambiente.

As informações extraídas da base de dados disponibilizada pelo IBGE, são provenientes do IBGE cidades e são referentes a população e PIB. Esses dados foram estimados a partir das informações coletadas pelo censo de 2010.

A partir da consulta a base de dados disponibilizada pela Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental do Estado de São Paulo – CETESB, obteve-se informações sobre a qualidade dos aterros e da quantidade de resíduo aterrada por cada município, para o ano de 2016.

Também foram consultados o Plano Nacional de Saneamento (BRASIL, 2013) e as metas propostas no Plano Nacional de Resíduos Sólidos (BRASIL, 2012), nesses documentos foram consultadas as metas estabelecidas, as quais foram comparadas com os indicadores e informações utilizadas nessa pesquisa.

As informações cruzadas nesse estudo foram utilizadas dos mesmos anos sempre que possível. Abaixo estão listadas as informações de base que foram utilizadas para a composição dos indicadores.

Para compor o conjunto de indicadores selecionados para esse diagnóstico, foram necessárias algumas informações, as quais foram utilizadas para calcular os indicadores. Os dados utilizados para essa pesquisa são referentes aos anos de 2015, 2016 e 2017, cada uma das diferentes

fontes disponibilizaram dados de diferentes anos. Os dados foram cruzados entre si e correspondem a uma estimativa para o intervalo de tempo dos anos de referência.

As informações de base foram agrupadas em categorias, são elas: Informações sobre (1) municípios; (2) geração e coleta regular; (3) coleta seletiva; (4) poda e capina; (5) disposição final; (6) gestão pública; (7) autossuficiência financeira. Os Quadros de 10 a 16 apresentam as informações de base utilizadas nesse estudo.

O Quadro 13 apresenta as informações gerais sobre os municípios.

Quadro 13 – Informações gerais sobre os municípios.

Descrição	Unidade	Base de cálculo	Fonte
População total – 2015	Número	Quantidade de habitantes da zona urbana e da zona rural – 2015.	IBGE, 2017
População total – 2017	Número	Quantidade de habitantes da zona urbana e da zona rural – 2017.	IBGE, 2017
População urbana - 2015	Número	Quantidade de habitantes da zona urbana - 2015.	IBGE, 2017
População urbana - 2017	Número	Quantidade de habitantes da zona urbana - estimada para 2017.	IBGE, 2017
PIB	R$/ano	Produção em Reais de bens e serviços por ano (ano de referência 2014).	IBGE, 2017
PIB por habitante	R$/hab.ano	Produção em Reais de bens e serviços por habitante por ano.	IBGE, 2017

Os valores de população, fornecidos pelo IBGE, são estimados a partir dos dados coletados no censo de 2010. Para estimativa da população urbana de 2017 foi utilizada a mesma proporção de habitantes da zona urbana e da zona rural do ano de 2015. Os dados de PIB dos municípios são referentes ao ano de 2014.

O Quadro 14 apresenta as informações gerais sobre a coleta regular.

Quadro 14 – Informações sobre a coleta regular.

Descrição	Unidade	Detalhamento da informação	Fonte
Produção total de resíduos	t/mês	Toneladas de material coletado pelas coletas regular, seletiva e informal no município por mês.	MCidades, 2017; Dados de Campo
Taxa de coleta regular (1) (2)	t/mês	Quantidade total de resíduos coletados por mês.	MCidades, 2017; Dados de Campo
Produtividade dos funcionários da coleta regular (1) (2)	Kg/ pessoa.dia	Produtividade média dos empregados da coleta por dia.	MCidades, 2017; Dados de Campo
Existência de coleta rural	-	Existência de coleta regular rural, por contêiner.	Dados de Campo

Para o cálculo do valor de produção total, foram somados os valores de coleta regular, coleta seletiva e quantidade comprada por estabelecimentos comerciais, encontrados nas diferentes fontes investigadas, para cada um dos municípios. Essas informações foram coletadas em diferentes fontes para cada um dos municípios estudados. Foram preferidas as informações coletadas diretamente com a prefeitura, contudo quando indisponíveis, foram utilizados valores apresentados pelo SNIS (MCidades, 2017; 2018). A coleta rural foi investigada por meio da entrevista realizada nas prefeituras sobre a existência da coleta por contêiner e a porcentagem de habitantes que é atendida por esse serviço.

O Quadro 15 apresenta as informações gerais sobre a coleta seletiva.

Quadro 15 – Informações sobre a coleta seletiva.

Descrição	Unidade	Detalhamento da informação	Fonte
Coleta seletiva frequente	-	Existência de coleta seletiva realizada porta a porta com ou sem o apoio da prefeitura.	MCidades, 2017; Dados de Campo
Responsável pela coleta seletiva	-	Organização responsável pela coleta seletiva.	MCidades, 2017; Dados de Campo
Cooperativa	-	Existência de organização de catadores.	MCidades, 2017; Dados de Campo
Número de trabalhadores da coleta seletiva	Número	Número de cooperados associados pela cooperativa ou trabalhadores envolvidos na coleta seletiva.	Dados de Campo
Taxa de coleta seletiva frequente – 2017	t/mês	Quantidade de material reciclável coletado pela cooperativa por mês.	Dados de Campo
Quantidade de material da coleta seletiva por mês – 2015	t/mês	Toneladas de material reciclável coletadas pela coleta seletiva por mês em 2015.	MCidades, 2017

As informações referentes à coleta seletiva foram obtidas diretamente com as prefeituras, com as cooperativas ou empresas e pessoas responsáveis pelo fornecimento do serviço de coleta seletiva porta a porta nos seis municípios.

O Quadro 16 apresenta as informações sobre poda, campina e compostagem.

Buscou-se com essas informações diagnosticar os resíduos orgânicos, provenientes dos serviços de poda e capina de praças e vias públicas. Esse resíduo é composto de material orgânico e coletado separadamente, em processo executado pelas prefeituras. Trata-se de outro fluxo de material que apresenta dificuldade de contabilização, pois os serviços não possuem etapa de

pesagem, tal fato ocorre pela natureza do resíduo que, na maioria das vezes é disposto em terrenos privados ou da prefeitura.

Quadro 16– Informações sobre poda, capina e compostagem.

Descrição	Unidade	Detalhamento da informação	Fonte
Quantidade de resíduo verde por mês	t/mês	Toneladas material de poda e capina coletadas pela prefeitura por mês.	Dados de Campo
Forma de disposição do resíduo verde	-	Maneira como é realizada a disposição final dos resíduos de poda e capina.	Dados de Campo
Taxa de compostagem	t/mês	Quantidade de material orgânico coletado separadamente, para compostagem.	MCidades, 2017

Quadro 17 - Informações sobre a disposição final.

Descrição	Unidade	Detalhamento da informação	Fonte
Qualidade da disposição final	Valor IQR 2016	Capacidade do município de dispor adequadamente os resíduos, conforme o inventário realizado pela CETESB. > 7,0 – Condições adequadas < 7,0 – Condições inadequadas	CETESB, 2016
Distância até a disposição final	Km	Distância do centro da coleta regular até o aterro sanitário.	Dados de Campo
Disposição final	t/dia	Toneladas aterradas de resíduo por dia.	CETESB, 2016

A etapa de disposição final foi avaliada por meio do Índice de Qualidade de Resíduos – IQR disponibilizado pela CETESB para todos os municípios do estado de São Paulo. Também foi verificada a distância percorrida pelos caminhões de coleta regular desde o centro da cidade até o aterro onde são disponibilizados os resíduos. Ainda, foi verificada a quantidade aterrada por dia pelos municípios investigados.

Quadro 18 - Informações sobre a gestão pública.

Descrição	Detalhamento da informação	Fonte
Órgão gestor específico para RSU	Existência de órgão específico na prefeitura para a GRSU.	Dados de campo
Plano de manejo dos RSU	Possui plano municipal de gestão integrada de resíduos sólidos, de acordo com a PNRS.	Dados de campo
Consórcio	Existência de consórcio intermunicipal para GRSU.	Dados de campo

As informações sobre a gestão pública buscaram conhecimento sobre órgão gestor específico para o manejo dos resíduos dentro da organização da prefeitura, sobre plano municipal aprovado, como prevê a Política Nacional de Resíduos Sólidos. Ainda, se o município participa de algum consórcio intermunicipal.

Quadro 19 - Informações sobre a autossuficiência financeira.

Descrição do indicador	Unidade	Base de cálculo	Fonte
Cobrança pela coleta regular (1)	-	Existência de cobrança pelo serviço de coleta regular ou serviços especiais e eventuais de manejo de RSU.	MCidades, 2017
Receita arrecadada (2)	R$/ano	Receita arrecadada com taxas e tarifas referentes à gestão e manejo de RSU.	MCidades, 2017
Forma de cobrança (1)	-	Como é realizada a cobrança pelos serviços de manejo dos RSU pela prefeitura.	MCidades, 2017
Centro de custo (2)	-	Existência de centro de custo específico de recursos para RSU.	Dados de campo

Também, foi investigada a autossuficiência do sistema de gestão, por meio das informações sobre cobrança e arrecadação dos sistemas de gestão de resíduos dos municípios.

Essas informações foram utilizadas como base para o cálculo dos indicadores apresentados anteriormente e também para compreensão dos fluxos e despesas dos sistemas de gestão de resíduos domésticos, públicos e comerciais dos municípios investigados.

4.2.3. Elaboração dos questionários para levantamento de dados primários

Após a consulta às bases de dados secundários disponíveis, verificou-se que essas não contêm todas as informações para a determinação dos indicadores escolhidos para esse estudo. Com isso, foram buscadas informações diretamente com os agentes do sistema de gestão dos resíduos sólidos urbanos dos municípios estudados. Nessa etapa, foram visitadas as prefeituras, as cooperativas e os estabelecimentos de comercialização de material reciclável.

Para isso, questionários foram elaborados, com o intuito de consultar informações provenientes das prefeituras municipais, das cooperativas de coleta seletiva e dos estabelecimentos que comercializam material reciclável.

Algumas informações foram inseridas no questionário da prefeitura (Apêndice 2) mesmo sendo contempladas pelo SNIS (MCidades, 2017), nesses casos, a intenção foi atualizar e verificar os valores secundários. As questões dirigidas às prefeituras dos municípios estudados foram sobre

(1) histórico da coleta regular; (2) tipo de serviço municipal ou terceirizado para qualquer serviço relacionado a gestão de resíduos; (3) existência de cooperativa para coleta seletiva; (4) reconhecimento de estabelecimentos de compra de material reciclável; (5) existência de registros sobre quantidade e disposição de resíduos de poda e capina; (6) existência e abrangência da coleta rural; (7) existência e quantidade de compostagem; (8) a distância do centro de coleta ao aterro; (9) existência de órgão especifico para gestão de resíduos; (10) existência de plano municipal de gestão de resíduos, conforme exigência da Política Nacional de Resíduos Sólidos; (11) participação em consórcio intermunicipal para gestão de resíduos; (12) existência de legislação aprovada ou em tramitação para gestão de resíduos; (13) existência de organização, de qualquer tipo, com foco específico em RSU; (14) valor gasto com varrição poda e capina; (15) valor total gasto com manejo de resíduos; (16) valor total de despesas da prefeitura; (17) valor total de arrecadação da prefeitura; (18) existência de cobrança pelos serviços de manejo dos resíduos e um centro de custo para gerir essa receita;

Para a consulta às cooperativas de material reciclável em operação nos municípios estudados, foi elaborado um questionário capaz de contemplar questões sobre (1) o número de cooperados; (2) a porcentagem de domicílios urbanos atendidos pela coleta seletiva; (3) a quantidade de rejeito coletado pela coleta seletiva (4) a quantidade de material recolhido; (5) o valor e local de venda dos diferentes tipos de material coletado metal, plástico, papel e vidro; (6) qual auxílio da prefeitura.

Foi elaborado um questionário para aquisição de dados juntamente com os estabelecimentos que comercializam material reciclável. Essa parte do estudo objetivou investigar a participação dos catadores informais e de geradores na coleta de material reciclável. Os catadores informais percorrem a cidade fazendo a coleta do material reciclável disponível na zona urbana para coleta regular e para coleta seletiva, em seguida vendem o material nos estabelecimentos comerciais espalhados pelos bairros. Os diversos geradores buscam vender seus resíduos como forma de ampliação de receitas, esses são principalmente bares, restaurantes e supermercados, mas também são estabelecimentos comerciais de tipos variados. A população em geral, especialmente nos bairros de média e baixa renda, também busca os estabelecimentos comerciais de reciclagem para vender seus resíduos. Nos estabelecimentos comerciais, foram perguntadas investigadas questões sobre a quantidade de material comprada e vendida nos últimos três meses e o valor de compra e venda dos diferentes tipos de material metal, plástico, papel e vidro.

4.2.4. Visitas e aplicação dos questionários

Após a elaboração dos questionários, foram coletadas informações diretamente com as instituições participantes do sistema de gestão dos resíduos, por meio de visitas. Essas instituições foram as prefeituras, as cooperativas e os estabelecimentos comerciais de material reciclável. Os questionários foram aplicados durante os meses de junho, julho e agosto de 2017.

Todas as prefeituras foram visitadas, nesses momentos foram conduzidas entrevistas estruturadas sempre que possível. As prefeituras que atenderam as entrevistas foram: Analândia, Corumbataí e Santa Gertrudes. A prefeitura de Rio Claro enviou as respostas do questionário. Charqueada e Ipeúna não enviaram os questionários respondidos, apesar da visita e do contato realizado por correio eletrônico e por telefone. Portanto, dificuldades existiram na fase de aplicação dos questionários.

As cooperativas de Rio Claro e Santa Gertrudes responderam ao questionário através de entrevista realizada na sede das cooperativas. Por meio da consulta às cooperativas de coleta de material reciclável, foi possível estimar a quantidade de material por tipo (metal, plástico, papel e vidro) foi coletada pela coleta seletiva durante o primeiro semestre de 2017.

Os estabelecimentos de compra de material reciclável responderam ao questionário através de entrevistas estruturadas realizadas nos estabelecimentos. Esses foram identificados a partir de consulta às prefeituras e aos profissionais do segmento de reciclagem, que conhecem os locais de comércio do material coletado pelos catadores informais e/ou segregados e vendidos pela população. Foram visitados os estabelecimentos que comercializam material reciclado em todo o perímetro urbano dos municípios, ao todo, foram 20 estabelecimentos visitados.

As informações obtidas foram tabuladas em planilhas e cruzadas entre si para obtenção dos indicadores selecionados.

4.2.5. Método de análise matriz SWOT

A análise SWOT é o processo de explorar as possibilidades internas e externas de um sistema, com o intuito de visualizar estratégias baseadas nas forças e fraquezas, internas ao sistema e oportunidades e ameaças, externas ao sistema analisado. A análise SWOT é uma ferramenta de estratégia, utilizada em todo o mundo para análise de ambientes internos e externos com o propósito de alcançar uma visão sistemática capaz de favorecer o processo de tomada de decisão (SRIVASTAVA et al., 2004; GHAZINOORY et al., 2011; YUAN, 2013; BORODKO et al., 2015).

A matriz SWOT foi utilizada para a avaliação do conjunto de indicadores elaborado para a realização do diagnóstico sobre as etapas do sistema de gestão de resíduos sólidos urbanos dos seis municípios com sede na bacia hidrográfica do rio Corumbataí.

As matrizes foram construídas para cada um dos municípios e, também, para os municípios em conjunto. Durante a construção das matrizes foram considerados aspectos econômicos, ambientais e administrativos contemplados pelos indicadores investigados para essa pesquisa. As matrizes consideram os fatores internos positivos e negativos específicos de cada município e, também, lista os fatores externos que podem ser comuns às cidades estudadas.

A partir da análise das matrizes, foi possível visualizar as potencialidades e deficiências de cada município, bem como as oportunidades e possíveis ameaças externas ao sistema de gestão. Foi considerado interno aquilo gerido pelo órgão gestor responsável e as ações do sistema informal ocorridas dentro do município. Foi considerado externo as condições externas aos municípios, como situação do país e envolvimento com outros municípios.

4.3. Planejamento e levantamento de custos da gestão compartilhada de resíduos

A segunda etapa dessa pesquisa consistiu em elaborar cenários de atuação para a gestão compartilhada dos resíduos sólidos urbanos, gerados nos municípios investigados. Com base nos dados levantados, durante a etapa de diagnóstico, foram realizadas projeções de crescimento populacional e de geração de resíduos, essas projeções foram utilizadas para a proposição de cenários de gestão para 20 anos de projeto. Os cenários se baseiam na operação de uma Central de Tratamento e Disposição Final de resíduos – CTDF. A CTDF é responsável pelo tratamento da fração orgânica, coletada separadamente, e pela disposição final em aterro sanitário, dos resíduos provenientes da coleta regular.

A área escolhida para receber a central de tratamento foi selecionada por Oliveira (2008), trata-se de uma porção do terreno geologicamente compatível com o recebimento de um aterro sanitário, localizada no bairro de Ajapi, município de Rio Claro, na porção central da bacia do rio Corumbataí. O município de Rio Claro representa, aproximadamente, 79% do total de resíduos domiciliares gerados nos municípios e, também, encontra-se espacialmente localizado no centro da bacia.

Na composição dos cenários, a etapa de coleta é de responsabilidade dos municípios e contempla duas partes: (i) a coleta regular, que recolhe os resíduos misturados e (ii) a coleta seletiva da fração orgânica separada na fonte. As prefeituras encaminham os resíduos coletados para as

estações de transbordo em cada município. A partir das estações de transbordo, caminhões da gestão compartilhada conduzem os resíduos orgânicos ao tratamento e os resíduos da coleta regular ao aterro sanitário, localizados na Central de Tratamento e Disposição Final, em Ajapi.

A partir da CTDF, foram propostos três cenários para o tratamento dos resíduos orgânicos, coletados seletivamente: (i) tratamento aeróbio por compostagem natural executado de forma centralizada na CTDF; (ii) tratamento aeróbio por compostagem natural executado de forma descentralizada, junto às estações de transbordo em cada município; e (iii) tratamento anaeróbio por biometanização, com comercialização da eletricidade gerada a partir do biogás.

A seguir, estão descritos os métodos executados para o desenvolvimento do planejamento dos cenários de ação para cada etapa da gestão compartilhada, as etapas são: (i) estação de transbordo e transporte dos resíduos; (ii) infraestrutura geral da CTDF; (iii) cenário de tratamento de orgânicos via compostagem centralizada, (iv) cenário de tratamento de orgânicos via compostagem descentralizada; (v) cenário de tratamento de orgânicos via biometanização, (vi) disposição final dos resíduos da coleta regular em aterro sanitário. A Figura 12 mostra o diagrama de fluxos para o planejamento da central de tratamento de resíduos.

A coleta seletiva dos resíduos orgânicos deve ser estruturada com planejamento de segregação na fonte, essa etapa é importante no processo, pois a separação dos resíduos pelos usuários determina a qualidade do composto no final do processo. Nessa fase, a prefeitura coleta os resíduos orgânicos previamente selecionados pelos usuários em caminhão coletor específico para esse fim. A abrangência da coleta de orgânicos será gradual, por meio de metas progressivas para os 20 anos de projeto.

Foram estipuladas metas progressivas de desvio de resíduos orgânicos do aterro para o tratamento, essas metas tem o início em conformidade com as metas estipuladas pelo Plano Nacional de Resíduos Sólidos (2012). As metas representam o desvio de resíduos orgânicos, previamente separados pelos usuários, para o tratamento. A quantidade de resíduos orgânicos foi determinada em 51,4% (PlanoNRS, 2012) do total de resíduos produzidos. A meta de desvio de resíduos orgânicos começa em 35%, sobe para 50% em 2025, depois 75% em 2030 e 100% a partir de 2035.

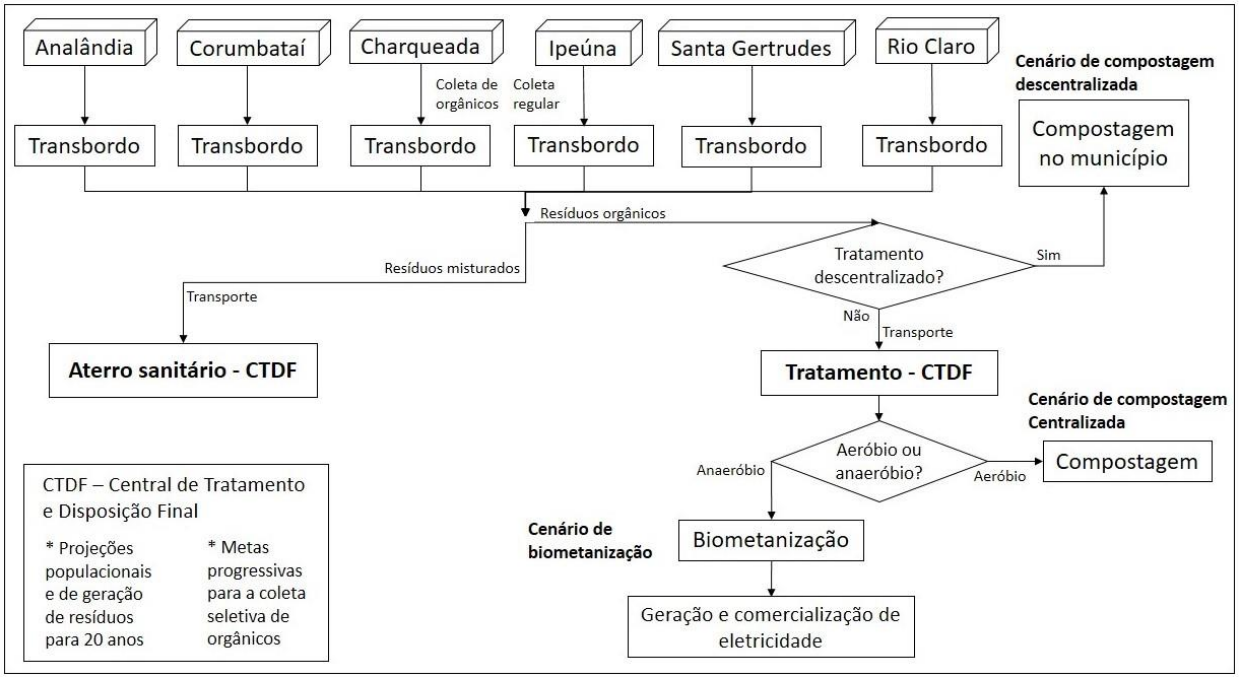

Figura 12 – Diagrama explicativo dos cenários propostos para a gestão compartilhada de resíduos dos municípios com sede na bacia do rio Corumbataí.

Cada município possui uma estação de transbordo e envia seus resíduos para a central. Os locais de transbordo devem ser capazes de receber e entregar os resíduos orgânicos e os resíduos misturados. Dessa forma, as estações de transbordo foram planejadas para que os caminhões da gestão compartilhada possam recolher o material para serem transportados até a central de tratamento. Para o cenário de tratamento de orgânicos por compostagem descentralizada, as estações de transbordo foram aumentadas para comportar o pátio de compostagem afim de atender a demanda do município.

Para atender a demanda do projeto, foram investigadas as despesas com infraestrutura geral para resíduos. Essas despesas são comuns a etapa de tratamento de resíduos e a etapa de disposição final dos resíduos da coleta regular, por isso compõem uma fração da valoração dos cenários produzidos nessa pesquisa. Cada uma dessas frações estão detalhadas em itens a seguir.

O aterro sanitário foi dimensionado de acordo com as projeções de população e geração de resíduos e as metas determinadas para o desvio da porção orgânica para tratamento. O item a seguir descreve a metodologia utilizada para a elaboração das projeções de crescimento de população e de geração de resíduos.

4.3.1. Projeções de crescimento populacional e de geração de resíduos

Para o levantamento dos valores envolvidos com os cenários investigados nessa pesquisa, foram necessárias projeções de população e de geração de resíduos. Essas projeções foram realizadas com o intuito de estimar a população e a geração de resíduos dos municípios investigados em um horizonte de planejamento de 20 anos, intervalo 2019-2039.

Para a elaboração da projeção de população, os dados utilizados foram extraídos do banco de dados do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE e são referentes aos anos de 1980, 1991, 1996, 2000, 2007 e 2010. Para a estimativa de projeção de geração de resíduos, foi utilizada a série de dados do Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento – SNIS, dos anos de 2008 a 2016. Foram descartados os dados de geração de resíduos que apresentaram valores discrepantes em mais de 30% em relação aos valores dos anos anterior ou posterior.

Para a elaboração dos cálculos de projeção, a metodologia utilizada foi apresentada pelo Ministério do Meio Ambiente (2013), a qual aponta quatro métodos de cálculo distintos: aritmético, geométrico, método dos mínimos quadrados e método da correlação gráfica. Os métodos foram aplicados para cada município, individualmente.

Para análise dos resultados obtidos, foi aplicado o coeficiente de correlação de Pearson (R^2), que mede o grau de correlação entre as projeções obtidas e os dados disponíveis. Esse coeficiente varia de -1 até 1, com valores mais próximos de 1 indicando maior correlação. O método que apresentou maior R^2 foi escolhido.

Método aritmético

O método aritmético de cálculo de projeção consiste em somar, à população atual, sempre o mesmo número de habitantes em iguais períodos do tempo. Graficamente, o crescimento é representado por uma linha reta. Nesse cálculo, os dados dos dois últimos censos são utilizados como base.

Método geométrico

Esse modelo de crescimento é calculado por uma progressão geométrica, a curva que representa a evolução da população é uma parábola. A fórmula utilizada para esse cálculo utiliza a taxa de crescimento populacional (% / ano), essa taxa consiste na variação percentual da população de ano em ano.

Método dos mínimos quadrados

Esse método é o cálculo da equação da reta dos mínimos quadrados para os dados de base e a sua extrapolação para anos futuros. Nesse cálculo, a estimativa da população, é dada pela Equação 5, as Equações 6 e 7 apresentam os parâmetros utilizados.

(5)

$$P_n = \mathrm{a} * t_n + b$$

Onde, P_n é a população no ano n e t_n o ano n.

Os parâmetros a e b são obtidos pelas seguintes Equações 3 e 4.

(6)

$$a = \frac{\sum t_i * \sum P_i - M * \sum t_i P_i}{(\sum t_i)^2 - M * \sum (t_i)^2}$$

(7)

$$b = \frac{\sum t_i * \sum t_1 P_i - \sum P_i \sum (t_i)^2}{(\sum t_i)^2 - M * \sum (t_i)^2}$$

Onde, M é o número de censos disponíveis e t_i é o ano em que se apurou a população Pi.

Correlação gráfica

Após a elaboração dos cálculos por cada um dos métodos descritos, foi realizada a correlação numérica e gráfica, por meio da média aritmética dos valores encontrados ano a ano para cada um dos métodos. Este método resulta em uma regressão polinomial.

Coeficiente de Pearson

O coeficiente de determinação R^2 é uma medida de ajustamento de um modelo estatístico generalizado em relação aos valores reais. O R^2 varia entre os valores 0 e 1, indicando o quanto o modelo está relacionado aos dados. Quanto maior o R^2, melhor os valores projetados se ajustam à amostra. O coeficiente de determinação de cada uma das projeções foi calculado com o intuito de definir qual modelo de projeção melhor se ajustou aos dados existentes. Os valores de projeção foram escolhidos com base no maior R^2 para população e para geração de cada município.

O método que apresentou os maiores valores para o coeficiente de Pearson em todos os ensaios, para todos os municípios, foi o método dos mínimos quadrados. Os valores obtidos foram utilizados para compor os cenários propostos para a gestão compartilhada dos municípios estudados.

4.3.2. Composição e levantamento de custos dos cenários de gestão compartilhada

Nessa etapa, foram levantados itens que compõem as despesas e seus respectivos valores de custo para implantação e operação da proposta de gestão compartilhada e dos cenários de tratamento dos resíduos orgânicos coletados separadamente. Os custos foram levantados para 20 anos, também, foram divididos em despesas de implantação, necessárias uma vez, no início ou quando a demanda aumenta, e despesas de operação, valores anuais que se repetem ao longo do tempo.

Dessa forma, foram elaborados quadros para a apresentação das despesas com (i) transbordo e transporte; (ii) infraestrutura geral; (iii) aterro sanitário; (iv) o cenário de tratamento de resíduos orgânicos por compostagem centralizada; (v) o cenário de tratamento de resíduos orgânicos por compostagem descentralizada e (vi) o cenário de tratamento por biometanização. A Figura 13 apresenta o diagrama explicativo de como os valores de despesas foram agrupados e calculados.

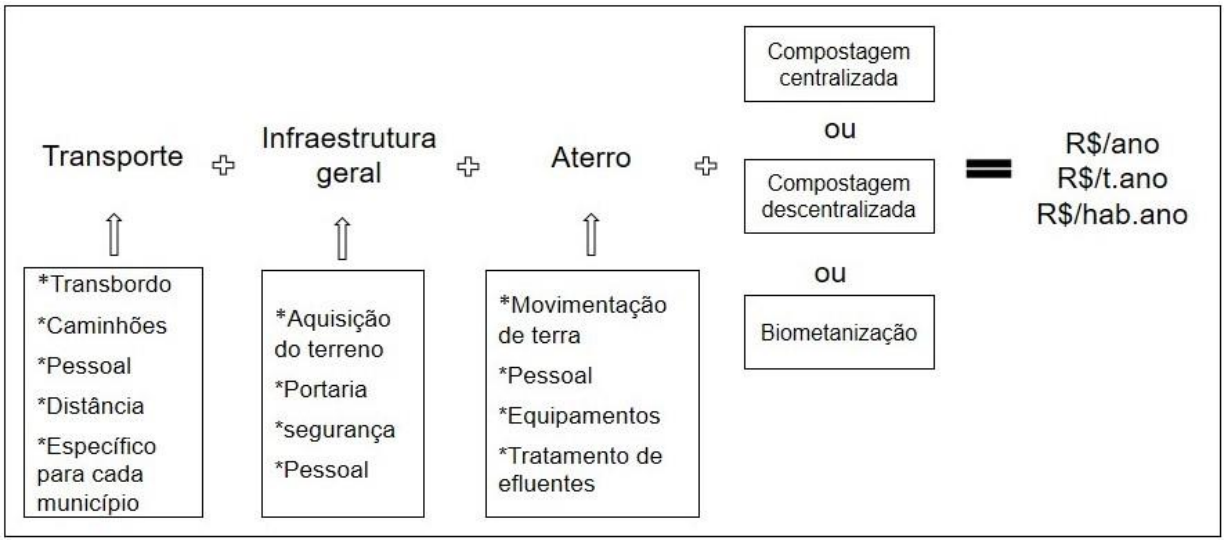

Figura 13 – Diagrama explicativo do cálculo das despesas totais por município e por cenário de tratamento dos resíduos orgânicos.

Todas as etapas englobam gastos com manutenção de equipamentos e instalações, bem como despesas com novas aquisições de equipamentos, após o tempo de vida útil. Os custos de manutenção foram estabelecidos em 85% do valor dos equipamentos ao longo da vida útil e em 25% do valor das instalações ao longo do tempo do projeto, conforme metodologia apresentada pelo Ministério do Meio Ambiente (MMA, 2013).

Os valores, em Reais (R$), foram extraídos de diversas fontes (Anexo 3). Essas fontes incluem o banco de preços de obras e serviços de engenharia divulgado pela SABESP (2018), cotações com vendedores de equipamentos específicos e cotações com a média de três preços correntes no mercado no mês de novembro, ano 2018. Os métodos utilizados em cada etapa da composição de custos estão descritos abaixo. As etapas estão divididas em despesas com implantação e com operação anual.

4.3.2.1.Transbordo e transporte

As despesas de implantação de transbordo e de transporte são referentes à instalação das estações de transbordo em todos os municípios e à aquisição de dois tipos de caminhões, um para a condução dos resíduos coletados pela coleta regular e outro para o transporte dos resíduos orgânicos, coletados separadamente. Os municípios de Analândia e Corumbataí dividem os caminhões, devido à pequena população e, consequentemente, pequena geração.

Os custos de operação dos transportes incluem as despesas com pessoal, combustível e manutenção de caminhões e das instalações das estações de transbordo. A manutenção dos caminhões foi calculada como 100% do valor gasto com combustível. Os cálculos de despesas com transporte foram realizados individualmente para cada um dos seis municípios estudados.

4.3.2.2.Infraestrutura geral

Os custos de infraestrutura geral são referentes às atividades realizadas em comum pelas diversas etapas dos cenários analisados nessa pesquisa. Os itens de implantação de infraestrutura geral abrangem a aquisição do terreno, o processo de licenciamento, as instalações de apoio, como portaria, cercas e seguranças.

Os itens de operação da infraestrutura geral incluem o pagamento de pessoal, como porteiros, operador de balança, seguranças e engenheiro responsável pela central. Esses custos de operação também abrangem despesas com manutenção de equipamentos e instalações e eletricidade.

4.3.2.3.Aterro sanitário

Foi analisada a implantação e operação de um aterro sanitário comum entre os seis municípios. O aterro sanitário, foi dimensionado a partir dos valores de geração estimados para os

20 anos de projeto e das metas de desvio de resíduos orgânicos para o tratamento. Os custos de implantação se referem a despesas com movimentação de terra e a preparação do terreno, ainda incluem, a aquisição de máquinas e de equipamentos. Esses custos também se referem a despesas com o tratamento de efluentes gasosos e líquidos. Os valores de implantação do aterro foram divididos em 5 patamares ao longo dos 20 anos.

As despesas referentes a operação do aterro são relacionadas ao pagamento de funcionários para supervisão, para operação de máquinas e para auxiliar serviços gerais e serviços de pátio. Os custos com operação também incluem combustível e manutenção de equipamentos e instalações.

Tratamento de resíduos orgânicos

As despesas referentes aos cenários de tratamento de resíduos orgânicos foram contabilizadas de acordo com a projeção de geração de resíduos e as metas progressivas de desvio de material orgânico coletado separadamente, estabelecidas para aumentar a cada cinco anos. A seguir, está descrita a metodologia utilizada para o levantamento de custos dos dois cenários propostos para o tratamento dos resíduos orgânicos.

4.3.2.4.Cenários de tratamento por compostagem centralizada e descentralizada

Para o tratamento dos resíduos orgânicos segregados na fonte, foi elaborado um cenário com a aplicação da tecnologia de compostagem natural devido ao volume levantado na etapa do diagnóstico. Para essa etapa, foi escolhida a metodologia apresentada no Manual para Implantação de Compostagem e de Coleta Seletiva no Âmbito de Consórcios Públicos. Esse documento é um produto da Secretaria de Recursos Hídricos e Ambiente Urbano do Ministério de Meio Ambiente/MMA, no âmbito do Projeto Internacional de Cooperação Técnica para a melhoria da gestão ambiental urbana no Brasil (MMA, 2010). Esse material fornece diretrizes tecnológicas para realização da compostagem natural dos resíduos orgânicos. A Figura 14 apresenta as etapas que foram percorridas para a elaboração desse cenário.

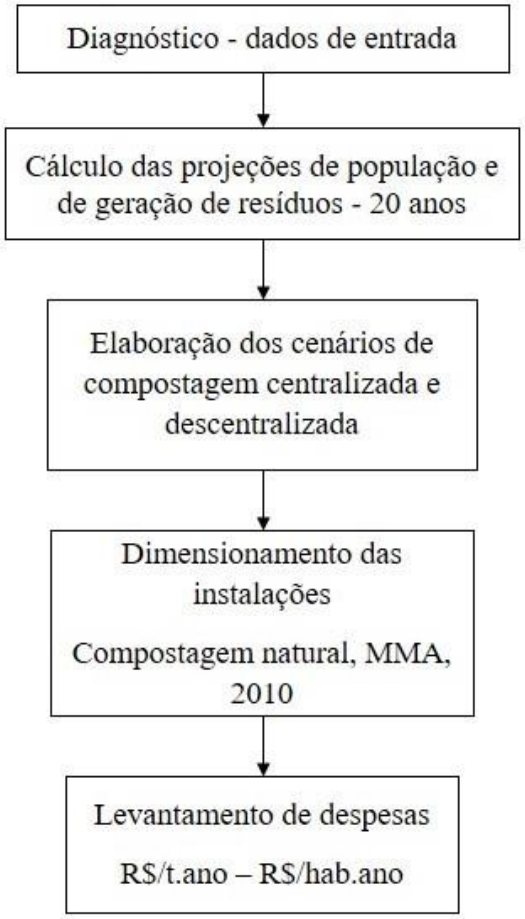

Figura 14 – Etapas para elaboração dos cenários de tratamento por compostagem.

Para atender a escolha da compostagem natural dos resíduos orgânicos, o tamanho do pátio foi dimensionado para a demanda de tratamento de acordo com as metas apresentadas anteriormente. A compostagem natural ocorre em pátio com reviramento periódico das leiras por equipamento específico acoplado ao trator. O pátio foi dimensionado para que o material permaneça por 120 dias, com leiras de 1,2 metro de altura e 1,2 metro de largura, valor dimensionado de acordo com a máquina revolvedora. Os cálculos utilizados para o dimensionamento das leiras foram estão detalhados nas Equações de 8 a 11.

Área da seção triangular da leira:

(8) $$A = (H \times L)/2$$

Onde: A = área da seção triangular (m^2); H = altura da leira (m); L = largura da leira (m).

Volume da leira:

(9) $$V = P / d$$

Onde: P = peso (kg); d = densidade (kg/m^3).

Comprimento da leira:

(10) $C = V/A$

Onde: C = comprimento; V = volume; A = área da seção.

Dimensão da leira:

(11) $D = C \times L \times H$

Para o cálculo da área do pátio, foi considerado espaço de reviramento igual ao espaço ocupado pela leira e mais 10% para operação e circulação. Após a etapa de dimensionamento das instalações e listagem dos materiais, foram levantadas as despesas de implantação e de operação para obter um valor de custo por quantidade de resíduos tratado.

Para o cenário de compostagem descentralizada, foram estimados valores para a implantação e operação do sistema de compostagem em conjunto com as estações de transbordo, em cada município investigado. Nesse quadro, cada município possui maquinário e pessoal para a realização do processo de compostagem, sem que os resíduos orgânicos sejam transportados até a central em Rio Claro.

Os custos de implantação dos cenários de tratamento por compostagem englobam despesas referentes à construção do pátio impermeabilizado, à compra de máquinas, equipamentos e do sistema de irrigação das leiras. As despesas relativas à operação do sistema de tratamento de resíduos orgânicos por compostagem são referentes aos custos com pessoal, com combustível e com manutenção e, também com novas aquisições de equipamentos e máquinas para atendimento da demanda crescente. Os custos com consumo de diesel pelos tratores foi retirado de Lopes et al. (2003).

4.3.2.5.Cenário de tratamento por biometanização

O cenário de tratamento de resíduos orgânicos por biometanização foi dimensionado para receber os resíduos provenientes da coleta seletiva de orgânicos e tratá-los, por meio de biodigestão anaeróbia, com recuperação do metano contido no biogás resultado do processo. A Figura 15 apresenta as etapas percorridas para a elaboração do cenário de tratamento de resíduos orgânicos por biometanização.

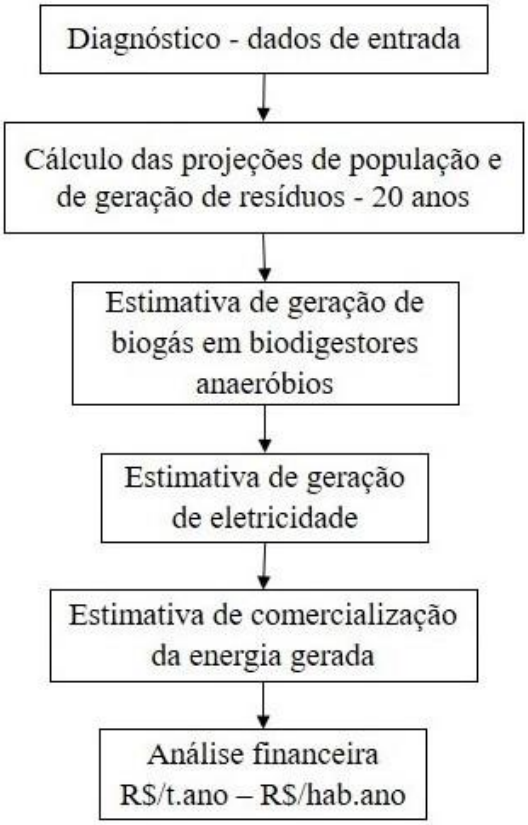

Figura 15 – Etapas para elaboração do cenários de tratamento de resíduos orgânicos por biometanização com recuperação de eletricidade.

As despesas envolvidas com a implantação desse cenário envolvem itens com: (i) a implantação do sistema inicial; (ii) o incremento do número de biodigestores, com o aumento da coleta seletiva de orgânicos, ao longo dos 20 anos de estudo; (iii) a instalação de um poço para o abastecimento de água e (iv) um pátio de secagem. As despesas de operação são referentes a pessoal e a manutenção de instalações e de equipamentos.

O biodigestor escolhido foi o modelo Canadense, trata-se de biodigestor tubular de fluxo contínuo, com separador de sólidos e tempo de retenção hidráulica de 30 dias. Foi escolhido esse biodigestor por se tratar de um modelo simples, com aplicação no Brasil. A dimensão dos biodigestores e os valores para a aquisição dos biodigestores e geradores foram propostos por Montoro et al. (2017).

Esse cenário prevê a geração e a comercialização de energia elétrica como receita para abatimento dos custos. Os cálculos de estimativa de geração de eletricidade foram desenvolvidos de acordo com metodologia proposta por Santos et al. (2019). A estimativa da quantidade de biogás produzido nos digestores foi estimada de acordo com as Equações 12 e 13.

(12) $Q_{bp} = G * M_{bp}$

Onde: Q_{bp}= quantidade de biogás produzido (m^3/d); G = quantidade de resíduo orgânico (ton/d); M_{bp}= média de biogás produzido (m^3/ton).

(13) $Q_{bc} = Q_{bp} * E_{col}$

Onde; Q_{bc} = quantidade de biogás coletado (m^3/d); e E_{col}= eficiência de coleta = 90% (adotado por FAULHABER et al., 2012).

A média de biogás produzido (m^3/t) adotada foi de 119 m^3/t. Esse valor foi proposto por Santos et al. (2016), esses autores utilizaram esse valor para estimar o potencial de geração de eletricidade a partir de resíduos sólidos orgânicos no Brasil.

Dessa forma, foi estimado um valor de geração de eletricidade pela queima do metano, contido no biogás obtido a partir dos resíduos orgânicos dos municípios estudados. Para isso, o potencial de geração de metano foi determinado em 65% do biogás produzido (PERSSON et al., 2006), o valor do poder calorífico do metano utilizado foi de 22 MJ/m^3 (GUERINI FILHO et al., 2018), o rendimento energético de conversão em motor a combustão interna em 33% (LEME et al., 2014) e a capacidade de conversão do motor em energia elétrica adotada em 80% (FIESIGER, 2015). Dessa forma, as Equações 14 e 15 mostram como foi obtido o potencial de geração de eletricidade.

(14) $P_a = Q_{bc} * \lambda * PC$

Onde: P_a: potência avaliada; λ: rendimento energético de conversão em motor a combustão interna; PC: poder calorífico do metano.

(15) $E = F_c * P_a * 8.760$

Onde: F_c: fator de conversão do motor em energia elétrica.

Os resultados, para 20 anos, foram dispostos em tabelas e gráficos para a realização da análise dos dados. Ao final, foi realizada pesquisa bibliográfica para elaboração da discussão sobre os resultados alcançados nesse trabalho.

5. RESULTADOS

Nesse item, estão apresentados os resultados referentes a pesquisa descrita no item anterior. Esses resultados são referentes as duas etapas da pesquisa (i) diagnóstico das práticas atuais praticadas nos 6 municípios investigados e (ii) proposta de gestão compartilhada.

O total de habitantes dos municípios estudados foi 256.819. A bacia do rio Corumbataí possui cinco municípios na faixa populacional 1, com menos de 30.000 habitantes e Rio Claro, na faixa populacional 3, municípios entre 100.000 e 250.000 habitantes (MCidades, 2017).

5.1. Diagnóstico das práticas atuais

Nesse item, estão descritos os resultados encontrados para a primeira etapa de análise de indicadores para o diagnóstico. Estão apresentados resultados das visitas e aplicações dos questionários, dos indicadores selecionados para o diagnóstico da gestão de resíduos sólidos urbanos e da análise SWOT.

5.1.1. Visitas e aplicação dos questionários

Durante essa etapa da pesquisa, foram visitados os lugares envolvidos com as diversas fases do fluxo de resíduos no interior das cidades. As prefeituras, as cooperativas e os estabelecimentos comercializadores de material reciclável foram visitados.

As seis prefeituras foram visitadas. Analândia, Corumbataí e Santa Gertrudes responderam ao questionário sob a forma de entrevista estruturada. Rio Claro enviou as respostas por correio. Charqueada e Ipeúna não enviaram as respostas, apesar da visita e do contato realizado por telefone e por correio eletrônico.

Os municípios que possuem cooperativa são Rio Claro, Santa Gertrudes e Charqueada. Rio Claro possui duas cooperativas e Santa Gertrudes possui uma, essas foram visitadas e responderam ao questionário sob a forma de entrevista estruturada. A cooperativa de Charqueada foi visitada, porém não respondeu ao questionário. Os dados de Charqueada foram extraídos da base do SNIS (MCidades, 2017).

Em todos os municípios, foram visitados os estabelecimentos que compram material reciclável coletado por catadores e pela população. Esses estabelecimentos foram identificados por rastreamento da malha urbana e por consulta a profissionais da área, como catadores, funcionários e donos de estabelecimentos comerciais em cada município.

Em Rio Claro, foram visitados 14 estabelecimentos, apenas um se recusou a responder ao questionário, todos os outros responderam ao questionário na forma de entrevista estruturada. Em Santa Gertrudes, 2 estabelecimentos responderam à entrevista, em Charqueada, um estabelecimento.

Em Ipeúna, os catadores informais têm apoio da prefeitura, com um galpão para triagem, para fazer a coleta seletiva em todo o perímetro urbano, em veículo próprio. São quatro famílias com duas pessoas cada uma que trabalham coletando os resíduos previamente separados pela população.

Em Analândia a empresa familiar de catadores, que realiza coleta seletiva em toda a zona urbana do município, foi visitada e, de acordo com os dados declarados, consegue índices elevados de segregação na fonte, porém sem auxílio da prefeitura. Em Corumbataí, não existem estabelecimentos que comercializam material reciclável, apenas a prefeitura por meio do programa de coleta seletiva, como descrito anteriormente no item dados gerais dos municípios.

5.1.2. Indicadores selecionados para o diagnóstico da gestão de resíduos sólidos urbanos

Nesse item, estão apresentados os indicadores avaliados para os seis municípios e, também, alguns valores para o Brasil, para a região Sudeste, para as faixas populacionais 1 e 3. Ainda, estão apresentadas as metas encontradas na legislação para assegurar a melhoria dos sistemas municipais e regionais de gestão de resíduos.

Como apresentado na metodologia, os indicadores estão agrupados em 8 categorias: (1) geração; (2) coleta regular; (3) coleta seletiva; (4) coleta via estabelecimentos comerciais de reciclagem; (5) reciclagem total; (6) disposição final; (7) despesas; (8) sustentabilidade financeira.

A Tabela 2 apresenta os indicadores de geração.

Tabela 2 – Geração de resíduos por habitante e produção de renda por geração de resíduos.

Município	Geração por habitante[(1)] Kg/hab.dia	Produção de renda por geração de resíduos [(2)] R$/t
Corumbataí	0,78	0,11
Analândia	0,72	0,06
Ipeúna	1,21	0,07
Charqueada	0,75	0,20
S. Gertrudes	0,74	0,16
Rio Claro	0,68	0,22

Fonte: (1) MCidades, 2018; (2) Dados da pesquisa; IBGE, 2014.

O indicador de geração de todos os municípios, com exceção de Ipeúna, apresentou valores mais baixos do que as médias nacional (0,94 kg/hab.dia), estadual (0,86 kg/hab.dia) e das faixas populacionais 1 (até 30.000 habitantes, 0,88 kg/hab.dia) e 3 (de 100.000 até 250.000 habitantes, 0,85 kg/hab.dia) (MCidades, 2018). Uma hipótese para os valores mais baixos de geração é que o trabalho de coleta de material reciclável formal e informal que existe nos municípios não é contabilizado, pois os valores oficiais de geração são calculados a partir dos valores de coleta regular e não consideram os trabalhos de coleta seletiva.

Com relação ao indicador que relaciona a produção de renda com a geração de resíduos, os dois municípios com características industriais, Santa Gertrudes e Ipeúna, foram os que apresentaram maior produção de reais por tonelada de resíduo. Quanto maior for esse valor, significa que o município consegue gerar mais renda com menor produção de resíduo.

Os municípios da faixa populacional 1 apresentaram taxa de coleta de 0,802 milhão de toneladas por mês, o que representa 15,4% do total do país. Nos municípios da faixa populacional 3, foram coletadas 0,734 milhões de toneladas por mês, equivalente a 14,1% do total coletado no país. Com isso, esses municípios representam aproximadamente 30% de todo o resíduo produzido no país, por isso soluções de gestão para esses municípios representam recursos valiosos para os países.

De acordo com Sujauddin et al. (2008), a geração de resíduos é influenciada pelo tamanho das famílias, o nível de educação das pessoas e o nível econômico, esse último também foi apontado por outros autores como fator que afeta a geração de resíduos (Asase, 2011; Wilson et al., 2012; Miezah et al., 2015). No entanto, no Brasil, foi reportado pelo SNIS (MCidades, 2017; 2018) que as regiões norte e nordeste, apesar de serem as regiões com menores PIB per capita (18.358,59 e 15.002,31 R$/hab.ano), apresentaram as maiores taxas de resíduo por habitante (1,13 e 1,22 kg/hab.dia respectivamente). Os mesmos relatórios apontam as possíveis causas como sendo maior controle nos aterros de resíduos nas regiões sul e sudeste ou ainda o desvio dos recicláveis pela coleta informal e, consequente, não contabilização desse material pelo sistema.

Sobre a geração de resíduos de poda e capina, apenas Analândia declarou valor de coleta (0,6 t/mês) e que dispõe esse resíduo em terrenos particulares que solicitam para utilização como incremento de matéria orgânica no solo. Corumbataí e Rio Claro declararam dispor esse resíduo no aterro. Santa Gertrudes declarou que realiza reciclagem de resíduos de poda por briquetagem, mas com apenas parte dos resíduos, porém não declarou valores. O Plano Municipal de Gestão

Integrada de Resíduos Sólidos de Charqueada afirma que o resíduo de poda e capina é triturado, disposto em uma área de 200.000 m^2 e, posteriormente, utilizado em jardins municipais.

Os resíduos de poda e capina possuem coleta especial e podem ser encaminhados para compostagem sem custos adicionais e com economia dos custos do aterro (MEIRA, 2010). Trata-se de uma questão a ser tratada com mais cautela pelos municípios, pois a Política Nacional de Resíduos Sólidos, no artigo 36, estabelece que os planos municipais devem conter soluções para os resíduos da limpeza pública.

A Tabela 3, apresenta os indicadores para coleta regular.

Tabela 3 – Indicadores de coleta regular.

Município	% habitantes com coleta regular(1)	% habitantes rurais com coleta regular(2)
Corumbataí	54	20
Analândia	79	0
Ipeúna	100	100(1)
Charqueada	93	ad
S. Gertrudes	98	0
Rio Claro	100	100

ad – ausência de dados.
Fonte: (1) MCidades, 2018; (2) Dados de campo.

Quanto à cobertura da coleta, verificou-se que a coleta porta-a-porta é oferecida em toda a zona urbana dos municípios e que os menores índices de atendimento são na zona rural. Rio Claro declarou possuir coleta em toda a zona rural, contudo possui baixa porcentagem de população rural (2,4%).

Corumbataí possui coleta regular por contêiner em alguns bairros rurais, porém 46% da população, especialmente habitantes da zona rural, não são atendidos pela coleta regular. Analândia possui 21% de sua população na zona rural e não oferece coleta regular rural. Em todo o Brasil,

Os indicadores selecionados para coleta seletiva estão apresentados no Quadro 20. Para esse estudo, foi definida coleta seletiva, aquela praticada na zona urbana dos municípios, frequentemente, com ou sem o auxílio do poder público. A cooperativa de Charqueada não respondeu ao questionário.

Quadro 20 - Indicadores de coleta seletiva.

Indicador	Analândia	Charqueada	Corumbataí	Ipeúna	Rio Claro	Santa Gertrudes
Organização responsável	Empresa familiar informal	Cooperativa (1)	Prefeitura	Catadores informais	2 Cooperativas	Cooperativa
Coleta seletiva em relação à coleta regular	24,3%	12,2% (1)	14,4%	9,6%	1,6%	1,3%
Rejeito da coleta seletiva	12,0%	ad	12,0%	3,0%	10,0%	17,0%
Eficiência dos trabalhadores – (kg/pessoa.mês)	4.250,0	ad	1.222,2	2.550,0	1.042,2	890,0
Receita dos trabalhadores (R$/pessoa.mês)	2.080,0	ad	738,9	1.765,0	733,2	1.397,9
Receita média por quilograma de material (R$/Kg)	0,5	ad	0,6	0,7	0,7	0,8

ad – ausência de dados.
Fonte: Dados da pesquisa; (1) MCidades, 2018.

De acordo com o relatório do SNIS referente a 2016 (MCidades, 2018), os municípios menores são os que tem percentual mais baixo de atendimento de coleta seletiva, tal fato sinaliza para as dificuldades desses municípios de se organizarem para melhorar a gestão dos resíduos. O mesmo relatório afirma que 21% dos municípios brasileiros possuem coleta seletiva porta a porta, sendo que a meta do Plano Nacional de Saneamento - PLANSAB para mesmo ano era de 28%. Na região Sudeste, 30% dos municípios possuem coleta seletiva e a meta do PLANSAB para 2016 era de 36%.

Nota-se, pelos resultados apresentados, que existe coleta seletiva frequente sendo praticada nas zonas urbanas de todos os municípios investigados, contudo, esse serviço é praticado por diferentes atores e nem sempre apoiado pela prefeitura, como o caso de Analândia.

Rio Claro, Santa Gertrudes e Charqueada possuem cooperativas de catadores que oferecem o serviço de coleta de recicláveis com o apoio da prefeitura, dessas, Rio Claro e Santa Gertrudes apresentaram incidência de coleta seletiva por volta da média brasileira de 2,1%. O mesmo indicador para municípios de até 30.000 habitantes é de 8% e para os municípios de 100.000 a 250.000 habitantes é de 2,8% (MCidades, 2018).

Rio Claro possui duas cooperativas que dividem a zona urbana e realizam a coleta em caminhões da prefeitura. Os resíduos são encaminhados para galpões cedidos pela prefeitura para realização da triagem do material para posterior venda.

Santa Gertrudes possui uma cooperativa que coleta os resíduos recicláveis com apoio da prefeitura encaminha para um galpão de triagem. Essa cooperativa recebe resíduos de papelão de fábricas de cerâmica da cidade.

Em Charqueada, a prefeitura realiza a coleta dos materiais recicláveis em conjunto com uma cooperativa de coletadores. A prefeitura entrega embalagens plásticas diferenciadas para o acoplamento do material reciclável e coleta em um caminhão com motorista próprio e leva para um centro de triagem, onde os coletadores separam os diferentes tipos de material para venda. Contudo, a cooperativa não respondeu ao questionário com as informações solicitadas. O valor de 12,2% para incidência de coleta seletiva foi informado pela prefeitura para o SNIS (MCidades, 2018), esse valor é maior do que a média apontada pelo mesmo relatório para os municípios pequenos.

Corumbataí possui um programa com nove funcionários da prefeitura, que distribui embalagens para recicláveis e orgânicos, e realiza coleta seletiva em toda a zona urbana. Esse programa consegue valores elevados para segregação na fonte, devido a um trabalho realizado pela prefeitura há 20 anos. O indicador de incidência da coleta seletiva sobre a coleta regular também sinaliza para o sucesso desse programa de coleta seletiva da prefeitura de Corumbataí que consegue 14,42% de reciclagem sobre o total coletado pela coleta regular. Contudo, as receitas arrecadadas pelo programa não cobrem todos os custos.

Em Analândia e em Ipeúna, a coleta seletiva é praticada por coletadores informais. Em Analândia, a coleta seletiva é praticada por uma família de catadores, que tem uma empresa com quatro funcionários. Essa empresa existe há nove anos e possui quatro funcionários e, de acordo com os valores levantados, consegue altos índices de segregação na fonte, por meio de trabalho com a população e distribuição de embalagens para o material reciclado. Nesse caso, especificamente, a empresa realiza a coleta seletiva na cidade com veículo próprio e embalagens especiais para o material reciclável. Ainda, esse município tem vocação turística e recebe pessoas de diversos locais para temporada.

Em Ipeúna, quatro famílias, com dois catadores cada, fazem a coleta seletiva em veículos próprios e possuem um galpão cedido pela prefeitura para realizar a triagem do material. Esse

trabalho alcançou a incidência de 9,6% em relação a coleta regular no município. Os catadores de Ipeúna relataram baixo valor de rejeito. Esse fato pode ser explicado pela segregação do material pelos catadores durante a coleta, eles percorrem a cidade pedindo material para a população e separando embalagens dos resíduos nas ruas e acabam por eliminar os rejeitos durante o processo de coleta.

O indicador de eficiência dos trabalhadores da coleta seletiva revelou que, nos municípios onde a coleta seletiva é praticada por coletadores autônomos, a quantidade de material coletada por pessoa é maior do que nos municípios com cooperativa suportada pela prefeitura. De acordo com Damásio 2006, os programas de coleta seletiva em operação em Analândia e em Ipeúna apresentaram alta eficiência, enquanto os programas de Corumbataí e Rio Claro apresentaram média eficiência e Santa Gertrudes baixa eficiência. O indicador de eficiência por trabalhador é uma informação pertinente, uma vez que, por meio da eficiência física, é possível medir o papel ambiental dos catadores, como agentes ecológicos, na redução do material enviado para os aterros (IPEA, 2010).

A coleta seletiva é destacada pela Política Nacional como sendo instrumento que deve ser organizado pelos planos estaduais e municipais de resíduos, como fator necessário para receber recursos da união para esse setor. Ainda, o artigo 18, inciso 1°, estabelece que serão priorizados os municípios que implantarem a coleta seletiva por meio de associações de catadores de baixa renda. Também, a Política Nacional, no artigo 35, estabelece que os consumidores são obrigados a acondicionar e disponibilizar adequadamente os materiais recicláveis sendo que, o poder público pode instituir incentivos econômicos para incentivar os consumidores a participarem da coleta seletiva.

O sucesso de um sistema de gestão de resíduos depende da segregação na fonte, o que é resultado da participação ativa dos geradores. Contudo, nos países em desenvolvimento, os geradores nem sempre são conhecidos e, muitas vezes, esses encaminham seus resíduos à reciclagem via coleta informal, sem serem reconhecidos e contabilizados pelo sistema (Asase et al., 2009; Miezah et al., 2015).

Nesse trabalho, buscou-se identificar uma parcela gerada de resíduos que não é contabilizada pelo sistema formal de gestão, para tanto, foi investigado o material comprado pelos estabelecimentos comerciais de reciclagem. Parte desse material é desviado do aterro, ou seja, iria para o aterro se não fosse coletado por esses profissionais que se encarregam de enviar para

reciclagem. O Quadro 21 exibe os indicadores de coleta informal, essas informações foram obtidas a partir da consulta aos estabelecimentos que comercializam material reciclável nas zonas urbanas dos municípios investigados.

Quadro 21 - Indicadores de reciclagem via estabelecimentos comerciais de recicláveis.

Indicador	Analândia	Charqueada	Corumbataí	Ipeúna	Rio Claro	Santa Gertrudes
Depósitos de recicláveis	1	1	0	0	14	3
Habitantes por depósito	3.847	15.216	-	-	14.144	8.455
Recuperação de recicláveis via depósitos de reciclagem (t/mês)	17,0	2,1	0,0	20,4	511,4	45,5
Incidência da reciclagem por depósitos	100%	20%	0,00	100%	767%	511%
Material coletado por depósitos ou catadores em relação ao coletado pela coleta regular	21,0%	2,6%	-	9,6%	13,9%	8,1%
Receita dos depósitos (R$/kg)	0,40 papelão 3,70 latas 0,30 ferro 0,80 plástico 0,10 vidro	3,90 latas 0,30 ferro	-	-	0,33 papel/ papelão 3,90 latas 0,38 ferro 0,91 plástico 0,13 vidro	ad
Valor de compra de recicláveis (R$/kg)	-	-	-	-	0,19 papel/ papelão 3,58 latas 0,25 ferro 0,44 plástico 0,06 vidro	0,18 papel/ papelão 2,63 latas 0,17 ferro 0,28 plástico 0,05 vidro

ad – ausência de dados.
Fonte: Dados da pesquisa.

Os resultados das entrevistas com os estabelecimentos comerciais de reciclagem encontraram valores elevados para a participação do setor informal no processo de reciclagem dos municípios estudados. Em Rio Claro, por exemplo, o maior município investigado, a incidência de reciclagem

via estabelecimentos comerciais de recicláveis encontrada foi maior do que sete vezes a coleta seletiva formal.

As atividades de reciclagem informal realizadas nos municípios de Analândia e Ipeúna são responsáveis por todo o material enviado para reciclagem nessas duas cidades, esse indicador considera o fato de que não foram encontradas outras famílias que trabalham com reciclagem no município. Em Santa Gertrudes e Rio Claro, a reciclagem informal ocorre via os estabelecimentos comerciais de reciclagem, que também são micro-empresas familiares. Nesses municípios a reciclagem informal investigada foi responsável pela grande maior parte dos resíduos enviados para reciclagem no município.

O mesmo foi apontado por Scheinberg et al. (2011) que investigou a reciclagem informal em cidades de países de média e baixa renda e encontrou que esse trabalho é realizado por famílias e micro-empresas familiares que buscam na reciclagem de material descartado, uma forma de renda. Os recicladores informais se baseiam inteiramente na receita da reciclagem e não recebem contribuição financeira ou reconhecimento social de seu trabalho de recuperação de materiais que de outra forma iriam para o aterro com custos para a gestão de resíduos (UN-Habitat, 2010).

Nos países de média e baixa renda, os dados são raros e pouco se sabe sobre a participação do setor informal sobre reciclagem (Scheinberg et al., 2011), contudo, os estudos de UN-Habitat (2010) sugerem que a reciclagem via setor informal nos países em desenvolvimento pode chegar a 15-35% dos resíduos gerados nas cidades. Por isso, a organização do setor informal e a promoção de micro-empresas é uma maneira de aumentar as taxas de reciclagem e, também, diminuir o material enviado aos aterros (Sharholy et al., 2008; Asase et al., 2009).

Os números encontrados nessa pesquisa foram investigados diretamente com as pessoas que compram o material reciclável em pequenas empresas privadas. Essas empresas compram o material reciclável de coletadores informais, que percorrem as ruas de entorno dessas empresas coletando material deixado para as coletas regular e seletiva ou ainda diretamente com os geradores. Os estabelecimentos comerciais também compram material de geradores maiores que comercializam seus resíduos e, por isso, enviam resíduos para reciclagem por uma via informal que não é contabilizada pelo sistema de gestão de resíduos.

Os dados do SNIS são referentes ao ano de 2015, porém os dados coletados em campo, diretamente com os atores, são referentes às médias obtidas para os meses do primeiro semestre de 2017, as datas de referência de cada informação estão descritas no apêndice 1.

O Quadro 22 mostra os resultados para valores encontrados dos indicadores de reciclagem total, ou seja, todo o material enviado para reciclagem via coleta seletiva formal e via os estabelecimentos comerciais de reciclagem. Com isso, buscou-se analisar a capacidade dos municípios de enviar o material reciclável para ser reutilizado pelo mercado.

Quadro 22 - Indicadores de coleta total de recicláveis vias formal e informal.

Indicador	Analândia	Charqueada	Corumbataí	Ipeúna	Rio Claro	Santa Gertrudes
Quantidade de material reciclável coletado pela coleta seletiva por habitante por ano - 2017 (kg/hab.ano)	53,0	6,5	60,2	39,6	4,0	4,2
Total recuperado para reciclagem (t/mês)	17,0	10,4	11,0	20,4	578,1	54,4
Total recuperado para reciclagem em relação a coleta regular	21,0%	2,6%	14,4%	9,6%	13,9%	8,1%
Quantidade de material reciclável por habitante por ano (kg/hab.ano)	53,0	6,5	60,2	39,6	35,0	25,7

Fonte: Dados da pesquisa.

O indicador de material coletado por habitante revelou valores elevados para Corumbataí, Analândia e Ipeúna, esse valor sinaliza para eficiência do trabalho de coleta seletiva em processo nesses municípios. O relatório do SNIS (MCidades, 2018) aponta para 13,6 kg/hab.ano em média para o Brasil e 10,4 para região Sudeste. O mesmo relatório revela os valores de 25,0 kg/hab.ano para os municípios até 30.000 habitantes e 8,5 kg/hab.ano para os municípios de 100.000 a 250.000 habitantes, esses valores demonstram maior eficácia dos pequenos municípios que possuem coleta seletiva na recuperação de materiais recicláveis. Uma hipótese para esses valores é que a comunicação e divulgação dos agentes da coleta seletiva é mais efetiva nos pequenos municípios.

Contudo, é importante ressaltar que esses valores se apresentam de maneira muito variada e que cada cidade enfrenta uma realidade diferente.

Corumbataí apresentou 60,2 kg/hab.ano. O alto valor encontrado para a reciclagem por pessoa no município de Corumbataí pode ser explicado pelo trabalho executado na cidade por 20 anos de programa da prefeitura para coleta seletiva. O programa envolve distribuição de embalagens próprias para resíduos orgânicos e resíduos recicláveis em toda a zona urbana e trabalho de informação à população com panfletos e visitas.

Em Analândia, foi encontrado o valor de 54,3 kg/hab.ano enviados para recilagem, trata-se de quantidade expressiva de segregação na fonte, como indicado anteriormente. Esses resultados sinalizam para o impacto do trabalho realizado diretamente com a população, o que demonstra a importância dos trabalhos realizados, tanto pelo poder público, como por agentes sociais, no sentido de despertar a conscientização da população.

Em Rio Claro, observa-se que somente a coleta seletiva consegue 4,0 kg/hab.ano, contudo quando somado o valor encontrado para coleta informal, esse valor sobe para 35,03 kg/hab.ano, indicando que os profissionais informais de material reciclável exercem função ambiental, quando desviam do aterramento toneladas de material encaminhando-as para reciclagem.

Segregação na fonte é um passo fundamental para o funcionamento do sistema integrado de resíduos sólidos (Miezah et al., 2015). As atitudes da população de separar os materiais recicláveis são afetadas pelo suporte ativo e por investimentos reais do sistema de gestão, além da existência de comitês de participação pública (Zhuang et al., 2008), ou ainda, a existência de taxas e sistemas de cobrança pelo sistema de gestão de resíduos (Scheinberg, 2011).

Com relação a disposição final dos resíduos, foi verificado que todos os aterros apresentam qualidade satisfatória de acordo com a CETESB. Também, foi verificado que Analândia e Santa Gertrudes encaminham seus resíduos para aterros em outros municípios com distâncias de 123 km e 70 km, esse fato implica em maiores custos de transporte. Ainda, foi verificado que o aterro de Rio Claro está no final de sua capacidade, portanto novas soluções para disposição final são necessárias.

O Quadro 23 expõe os valores encontrados para as despesas do sistema de gestão dos resíduos sólidos dos municípios com sede na bacia do rio Corumbataí. Esses dados foram obtidos a partir da base de dados do SNIS (MCidades, 2017) e dos questionários aplicados nas prefeituras,

ainda, para os indicadores de despesas em relação ao custo e arrecadação total das prefeituras, foram utilizados dados da Secretaria do Tesouro Nacional.

Quadro 23 - Indicadores de despesas do SGRSU.

Indicador	Charqueada	Corumbataí	Ipeúna	Rio Claro	Santa Gertrudes
Despesa total (R$/ano)	1.000.000,00 (1)	526.743,02 (1)	798.585,58 (1)	17.565.641,22 (2)	4.419.883,98 (2)
Despesas em relação ao custo total da prefeitura (2,3)	2,4%	2,8%	3,1%	2,5%	4,9%
Despesas por habitante (1) (R$/hab.ano)	67,05	241,51	134,19	90,04	178,67(2)
Despesas por geração de resíduo (2) (R$/t)	260,00	840,00	310,00	350,00	550,00
Despesas com a coleta regular em relação ao custo total de GRSU (1)	ad	29,2%	46,4%	41,9%	62,6%

Fonte: (1) MCidades, 2017; (2) Dados da pesquisa; (3) Secretaria do Tesouro Nacional, 2016.

Analândia não apresentou dados para os indicadores de despesas. Os valores apresentados são os números informados pelas prefeituras sobre os gastos com a limpeza pública. As prefeituras não disponibilizaram os dados sobre as despesas específicas com a coleta seletiva.

Corumbataí apresentou a maior despesa por tonelada e por habitante, porém a menor porcentagem de gastos com a coleta regular. Esses dados representam as despesas com o programa de coleta seletiva que possui funcionários da prefeitura.

Ipeúna obteve os valores mais baixos de despesas por tonelada, porém Charqueada apresentou os menores valores para despesas por habitante.

Sobre o indicador de autossuficiência financeira, trata-se de um valor que representa o quanto a cobrança pelo serviço de coleta recupera das despesas com o sistema de gestão de resíduos. Verificou-se que, Charqueada, Ipeúna e Santa Gertrudes possuem cobrança pelos serviços

de gestão de resíduos sólidos. As prefeituras de Ipeúna e Charqueada não apresentaram valores, contudo Santa Gertrudes apresentou 6,82% apenas de recuperação de custos pelo sistema de cobrança. Esse valor sinaliza para a imaturidade do processo de cobrança utilizado pelos gestores nos municípios investigados.

5.1.3. Método de análise matriz SWOT

Nesse trabalho, o método de análise matriz SWOT foi utilizado para realizar a avaliação das forças e das fraquezas internas e das oportunidades e das ameaças externas de cada município investigado. Nesse item, estão apresentadas as matrizes construídas para casa caso.

A Tabela 4 mostra a matriz construída a partir dos indicadores levantados para o município de Analândia.

Tabela 4 – Matriz SWOT para o município de Analândia.

Condições internas	Condições externas
Forças	**Oportunidades**
S1. Faixa populacional 1, facilidade de comunicação com a população.	O1. Legislação nacional atualizada que prevê implantação de cobrança para sustentabilidade financeira.
S2. Serviço de coleta seletiva com alto valor de segregação na fonte.	O2. Possibilidade de gestão de resíduos compartilhada.
	O3. Boa organização da coleta informal.
Fraquezas	**Ameaças**
W1. Falta de informações sobre despesas com a GRSU.	T1. Dependência de serviço privado de disposição final.
W2. Aterro distante (123 km).	T2. Não recebimento de auxílio por não participar de consórcio.
W3. Não existe cobrança pela GRSU.	
W4. Prefeitura não apoia o serviço de coleta seletiva.	
W5. Não possui sistema de compostagem organizado.	

O município de Analândia se destaca por possuir um trabalho de coleta informal diferenciado e eficiente em segregação na fonte, esse fato é uma oportunidade para o município aumentar ainda mais a taxa de reciclagem com apoio do poder público.

Todos os municípios investigados têm como oportunidade a possibilidade de unir esforços para a gestão de seus resíduos sólidos, especialmente os orgânicos que não possuem nenhum tipo de tratamento e representam aproximadamente 50% do montante de resíduos produzido. Também, os municípios apresentam oportunidades semelhantes, isso ocorre, pois as oportunidades são os

fatores externos que, muitas vezes, são comuns. Essas oportunidades são relacionadas a (i) legislação que favorece a implantação de sistemas de cobrança para sustentabilidade financeira; (ii) a possibilidade de gestão compartilhada dos resíduos dos municípios estudados para dividir custos de pesquisa, implantação e operação. A Tabela 5 mostra a matriz de Charqueada.

Tabela 5 - Matriz SWOT para o município de Charqueada.

Condições internas	Condições externas
Forças	**Oportunidades**
S1. Faixa populacional 1, facilidade de comunicação com a população. S2. Coleta seletiva realizada com apoio da prefeitura. S4. Possui cobrança pelo serviço de GRSU.	O1. Legislação nacional atualizada que prevê implantação de cobrança para sustentabilidade financeira. O2. Possibilidade de gestão de resíduos compartilhada.
Fraquezas	**Ameaças**
W1. Falta de informações sobre resíduos de poda e despesas a com coleta seletiva. W2. Não possui sistema de compostagem organizado.	T1. Não recebimento de auxílio por não participar de consórcio.

Charqueada não respondeu ao questionário, apesar de contato realizado por visita, por telefone e por correio eletrônico. Contudo algumas informações foram obtidas por consulta aos dados secundários. Verificou-se que existe coleta seletiva sendo realizada no município com apoio da prefeitura. A Tabela 6 apresenta a matriz construída para Corumbataí.

Tabela 6 - Matriz SWOT para o município de Corumbataí.

Condições internas	Condições externas
Forças	**Oportunidades**
S1. Faixa populacional 1, facilidade de comunicação com a população. S1. Programa de coleta seletiva há 20 anos. S2. Alta taxa de segregação na fonte. S3. Alta taxa de coleta seletiva por habitante. S4. Coleta seletiva em toda zona urbana organizada pela prefeitura.	O1. Legislação nacional atualizada que prevê implantação de cobrança para sustentabilidade financeira. O2. Possibilidade de gestão de resíduos compartilhada.
Fraquezas	**Ameaças**
W2. Falta de coleta regular na zona rural. W3. Não existe cobrança pela GRSU. W4. Elevado custo por habitante. W5. Não possui sistema de compostagem organizado. W6. Ineficiência financeira da coleta seletiva.	T1. Não recebimento de auxílio por não participar de consórcio.

Nota-se, pela matriz SWOT do diagnóstico de Corumbataí, que a coleta seletiva é um ponto forte do sistema de gestão de resíduos e que são conseguidos altos valores para reciclagem, porém sem eficiência financeira, com altos custos por habitante. São necessárias ações no sentido de aumentar o acesso à coleta regular, uma vez que o município possui grande população rural que não possui acesso a esse serviço.

A Tabela 7 apresenta a matriz construída a partir dos indicadores do município de Ipeúna.

Tabela 7 – Matriz SWOT para o município de Ipeúna.

Condições internas	Condições externas
Forças	**Oportunidades**
S1. Faixa populacional 1, facilidade de comunicação com a população. S2. Alta taxa de reciclagem por habitante. S3. Possui cobrança pelo serviço de GRSU.	O1. Legislação nacional atualizada que prevê implantação de cobrança para sustentabilidade financeira. O2. Possibilidade de gestão de resíduos compartilhada. O3. Boa organização da coleta informal.
Fraquezas	**Ameaças**
W1. Elevada taxa de resíduo por habitante. W2. Elevado custo por habitante. W5. Não possui sistema de compostagem organizado.	T1. Coleta seletiva realizada informalmente, com pouco apoio do poder público. T2. Não recebimento de auxílio por não participar de consórcio.

O município de Ipeúna possui taxa de cobrança sendo aplicada em conjunto com o IPTU. Ainda, esse município apresentou coleta seletiva realizada informalmente, com algum auxílio da prefeitura com um local para triagem.

A Tabela 8 mostra a matriz elaborada para o município de Rio Claro.

Tabela 8 - Matriz SWOT para o município de Rio Claro.

Condições internas	Condições externas
Forças	**Oportunidades**
S1. Coleta seletiva em toda zona urbana, realizada com apoio da prefeitura. S2. Estabelecimentos especializados em reciclagem.	O1. Legislação nacional atualizada que prevê implantação de cobrança para sustentabilidade financeira. O2. Possibilidade de gestão de resíduos compartilhada. O3. Boa organização da coleta informal.
Fraquezas	**Ameaças**
W5. Não possui sistema de compostagem organizado. W2. Baixa eficiência da coleta seletiva.	T1. Não recebimento de auxílio por não participar de consórcio.

Rio Claro, apesar de possuir coleta seletiva realizada com apoio da prefeitura, não possui altos valores para taxa de coleta seletiva por habitante. Contudo, os valores encontrados para coleta seletiva informal elevam os resultados de taxa de reciclagem. Assim, é importante ressaltar que as atividades informais, em conjunto com os estabelecimentos que compram material reciclável, também correspondem a uma oportunidade, uma vez que existe uma força de trabalho que atua com o propósito de aumentar o volume de material enviado para reciclagem e esse material, necessariamente, é desviado do aterro sanitário. Esse trabalho, se fomentado, pode exercer papel importante no sentido de diminuir o montante destinado ao aterro e, ainda, aumentar a disponibilidade de material reciclável no mercado. A reciclagem diminui a necessidade de novos materiais oriundos da extração de recursos naturais e, também, libera espaço aterrado e aumenta a vida útil dos aterros.

A Tabela 9 revela a matriz desenvolvida para o município de Santa Gertrudes.

Tabela 9 - Matriz SWOT para o município de Santa Gertrudes.

Condições internas	Condições externas
Forças	**Oportunidades**
S1. Coleta seletiva em toda zona urbana, realizada com apoio da prefeitura. S2. Possui sistema de cobrança.	O1. Legislação nacional atualizada que prevê implantação de cobrança para sustentabilidade financeira. O2. Possibilidade de gestão de resíduos compartilhada.
Fraquezas	**Ameaças**
W1. Baixa eficiência da coleta seletiva. W3. Não possui sistema de compostagem organizado.	T2. Não recebimento de auxílio por não participar de consórcio.

O município de Santa Gertrudes possui coleta seletiva que opera em toda a zona urbana com apoio da prefeitura. Entretanto, a cooperativa consegue os menores valores de taxa de coleta seletiva por habitante encontrados nos municípios investigados.

A Tabela 10 apresenta a matriz desenvolvida para todos os municípios em conjunto.

Com essas informações, destaca-se que os municípios investigados possuem algumas iniciativas que produzem resultados de reciclagem de maneira organizada e efetiva, também possuem coletas regular e seletiva nas zonas urbanas. Contudo, alguns pontos podem ser destacados para proposição de ações como (1) o baixo atendimento da população rural com coleta regular; (2) a falta de dados e tratamento para os resíduos de poda capina (3) a baixa eficiência das cooperativas de reciclagem; (4) estabelecimentos de comercialização de recicláveis, pequenas

empresas familiares, prestam serviço de importância para o município que não é reconhecido pelo sistema formal, apesar de exercerem papel chave dentro do sistema, com alta participação no poder de reciclagem dos municípios; (5) modelos dentro da área de estudo que conseguem atingir altos índices de segregação na fonte (os casos de Corumbataí e Analândia) e que podem ser melhorados e reproduzidos em outros municípios; (6) ausência de cobrança satisfatória pelos serviços de manejo dos resíduos (7) ausência de consórcio intermunicipal para gestão de resíduos; (8) elevada distância percorrida para aterrar os resíduos (Analândia e Santa Gertrudes).

Tabela 10 - Matriz SWOT para o conjunto de todos os municípios.

Condições internas	Condições externas
Forças	**Oportunidades**
S1. Coleta regular com elevado atendimento à população urbana.	O1. Legislação nacional atualizada que prevê implantação de cobrança para sustentabilidade financeira.
S2. Coleta seletiva de recicláveis em todas as zonas urbanas.	O2. Possibilidade de gestão de resíduos compartilhada.
Continuação	
Fraquezas	**Ameaças**
W1. Não atendimento da população rural com coleta regular.	T1. Não recebimento de auxílio por não participar de consórcio.
W2. Ausência de tratamento para resíduos orgânicos.	
W3. Ausência de sistema de cobrança eficiente.	
W4. Ausência de dados sobre a gestão dos resíduos sólidos urbanos.	

5.2.Planejamento e levantamento financeiro da gestão compartilhada de resíduos

Nesse item, estão descritos os resultados referentes a segunda etapa dessa pesquisa. Para essa etapa, foi primeiramente proposto um cenário para a coleta seletiva de resíduos orgânicos, em seguida, foram investigados dois cenários, um para o tratamento aeróbio dos resíduos orgânicos e outro anaeróbio com recuperação de energia elétrica. Também, foi elaborado um cenário para a disposição final em aterro sanitário dos resíduos da coleta regular. Para cada um dos cenários propostos, foi realizada análise de despesas com estimativa de valores de implantação e operação dos cenários propostos. Os cenários foram estruturados em função de uma central de tratamento de orgânicos e disposição final de resíduos.

Para a elaboração dos cenários dessa etapa da pesquisa, foram analisadas diferentes projeções de crescimento populacional e de geração de resíduos para os municípios investigados. Nos itens a seguir, estão descritos os resultados obtidos para os ensaios de projeção e para análise financeira dos cenários propostos.

5.2.1. Projeção de população e de geração de resíduos

A projeção da população foi calculada para cada um dos municípios investigados, a partir de quatro métodos diferentes, como descrito no item Material e Métodos. Os maiores valores do coeficiente de Pearson (R^2) foram obtidos pelo método dos mínimos quadrados. As Figuras 16 a 21 mostram as projeções estimadas pelos quatro métodos para os seis municípios investigados.

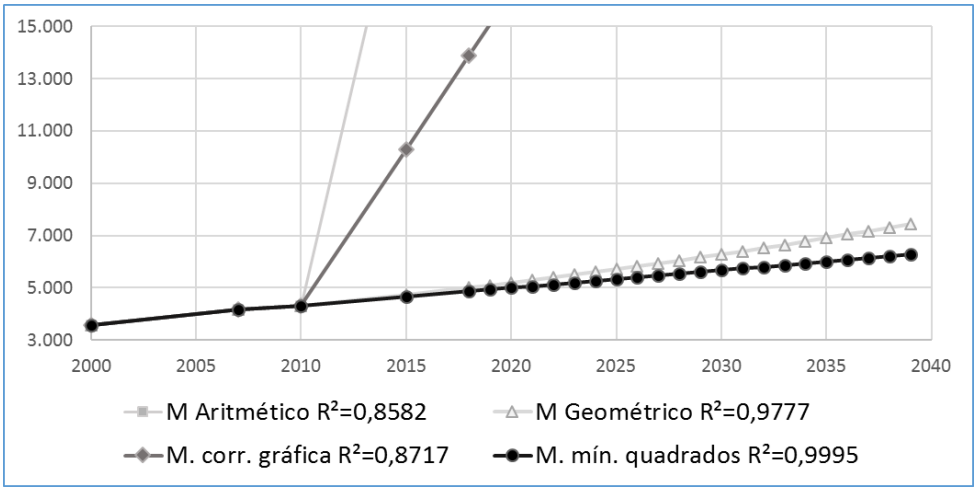

Figura 16 – Projeções do crescimento populacional para o município de Analândia.

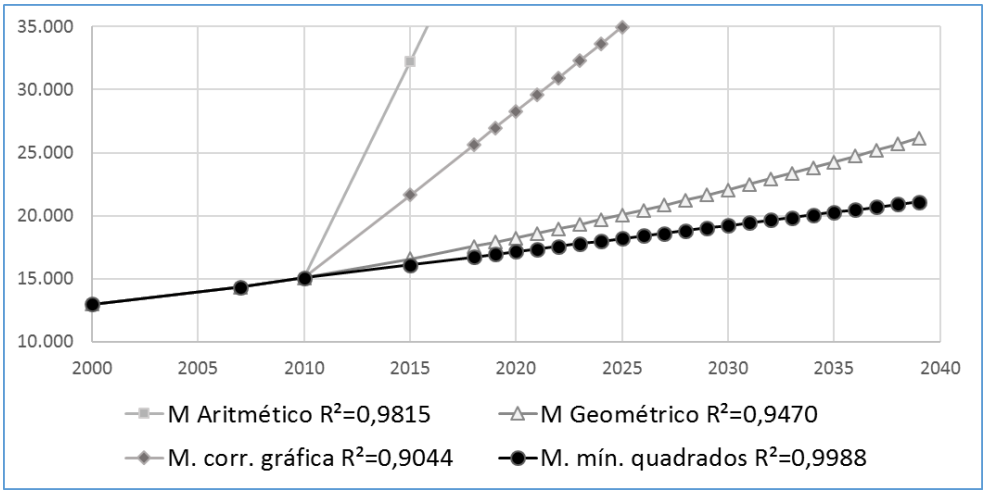

Figura 17 – Projeções do crescimento populacional para o município de Charqueada.

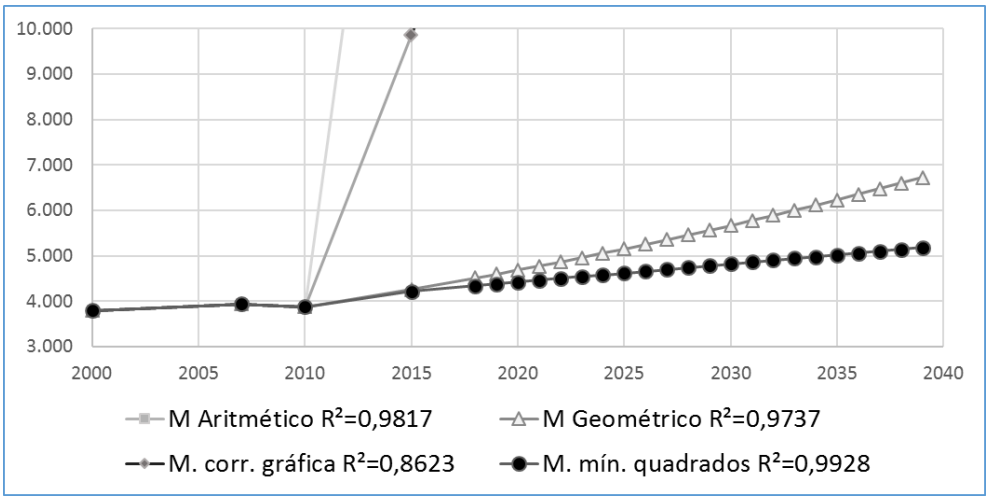

Figura 18 – Projeções do crescimento populacional para o município de Corumbataí.

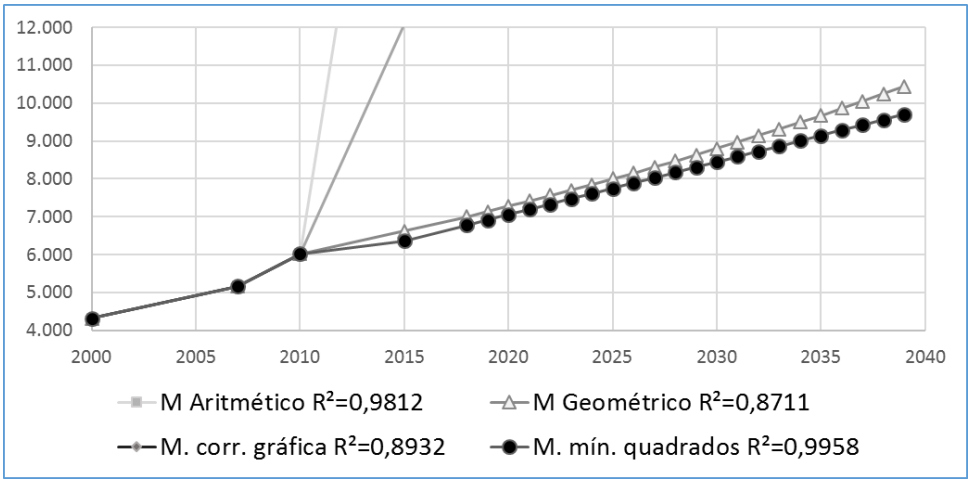

Figura 19 – Projeções do crescimento populacional para o município de Ipeúna.

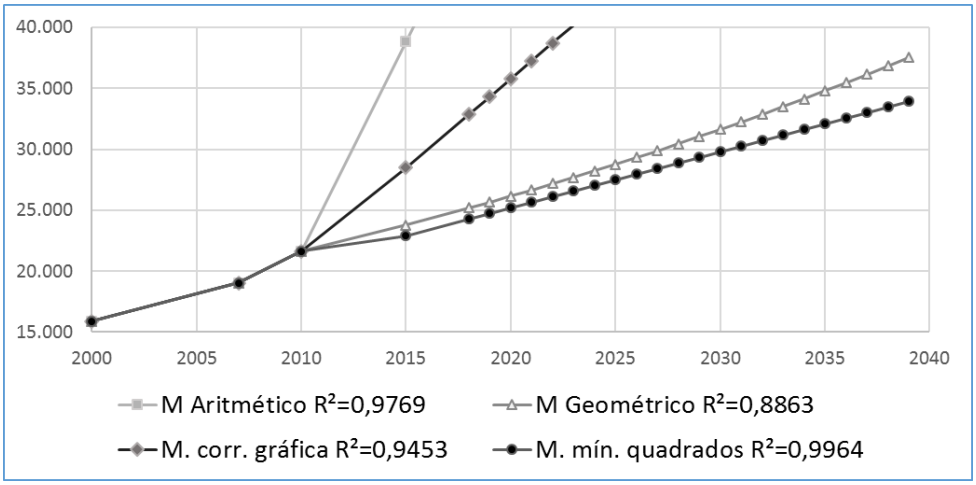

Figura 20 – Projeções do crescimento populacional para o município de Santa Gertrudes.

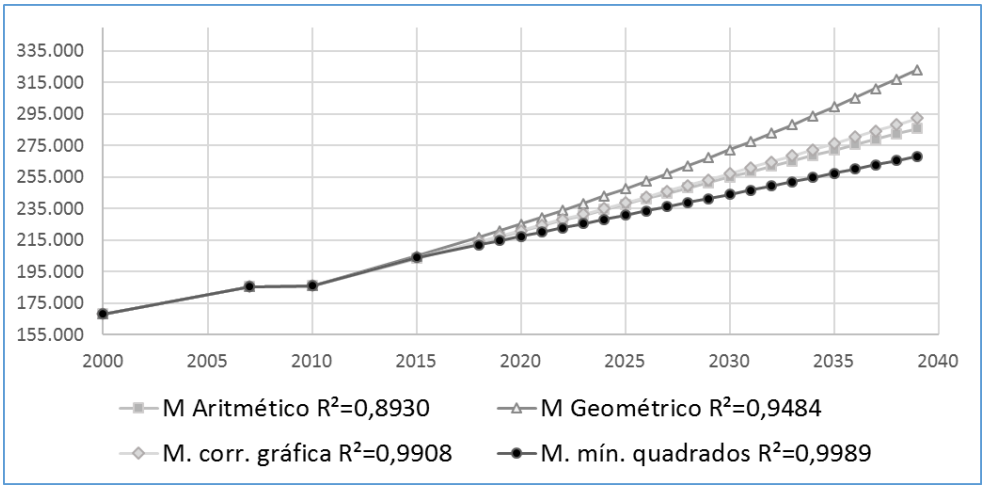

Figura 21 – Projeções do crescimento populacional para o município de Rio Claro.

O método de projeção dos mínimos quadrados apresentou maior coeficiente de Pearson em todas as projeções. Os resultados encontrados para o método dos mínimos quadrados estão apresentados na Tabela 11.

Tabela 11– Projeções de crescimento populacional calculadas pelo método dos mínimos quadrados de 2020 a 2039 para cada município.

Ano	Analândia	Char-queada	Corum-bataí	Ipeúna	Rio Claro	Santa Gertrudes
2020	4.992	17.158	4.420	7.055	217.425	25.199
2021	5.060	17.366	4.460	7.194	220.099	25.659
2022	5.127	17.574	4.500	7.334	222.773	26.119
2023	5.194	17.782	4.539	7.473	225.447	26.579
2024	5.262	17.990	4.579	7.612	228.120	27.038
2025	5.329	18.198	4.619	7.752	230.794	27.498
2026	5.396	18.406	4.659	7.891	233.468	27.958
2027	5.463	18.615	4.699	8.030	236.142	28.418
2028	5.531	18.823	4.739	8.169	238.816	28.878
2029	5.598	19.031	4.779	8.309	241.490	29.338
2030	5.665	19.239	4.819	8.448	244.164	29.797
2031	5.733	19.447	4.859	8.587	246.838	30.257
2032	5.800	19.655	4.899	8.727	249.512	30.717
2033	5.867	19.863	4.939	8.866	252.186	31.177
2034	5.934	20.071	4.979	9.005	254.860	31.637
2035	6.002	20.279	5.019	9.144	257.534	32.097
2036	6.069	20.487	5.059	9.284	260.207	32.556

Continua

Continuação

Ano	Analândia	Char-queada	Corum-bataí	Ipeúna	Rio Claro	Santa Gertrudes
2037	6.136	20.695	5.099	9.423	262.881	33.016
2038	6.204	20.903	5.139	9.562	265.555	33.476
2039	6.271	21.111	5.179	9.702	268.229	33.936

Para a projeção de geração de resíduos, foram aplicados os métodos apresentados na metodologia de cálculo de projeção para cada município. Os maiores valores do coeficiente de Pearson (R^2), encontrados para todos os municípios, também foram obtidos a partir do método dos mínimos quadrados. As Figuras de 22 a 27 apresentam os gráficos das projeções de geração de resíduos obtidas por cada método para cada município.

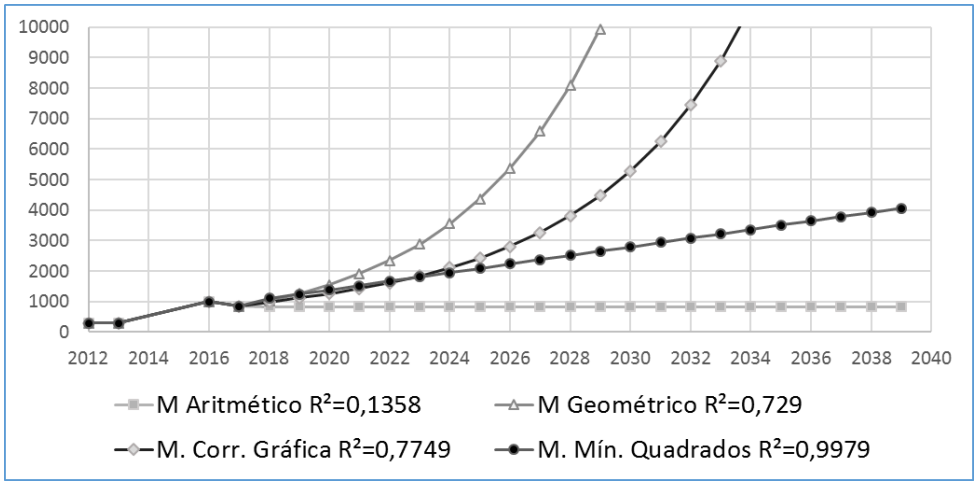

Figura 22 – Dados disponíveis e projeções obtidas, em t/a, para a geração de resíduos do município de Analândia.

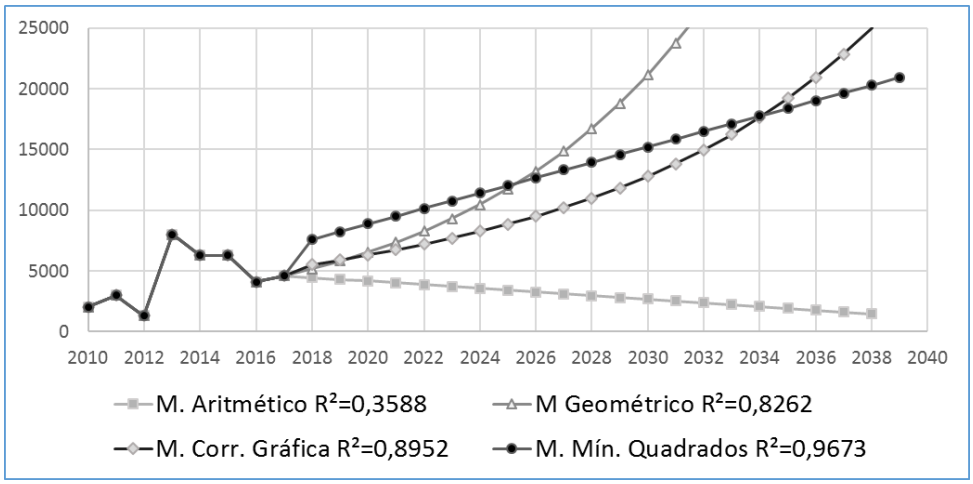

Figura 23 – Dados disponíveis e projeções obtidas, em t/a, para a geração de resíduos do município de Charqueada.

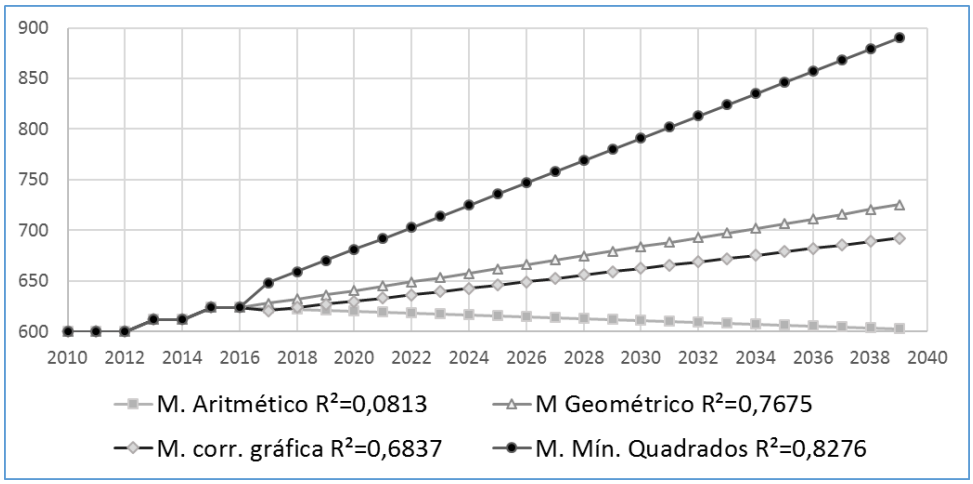

Figura 24 – Dados disponíveis e projeções obtidas, em t/a, para a geração de resíduos do município de Corumbataí.

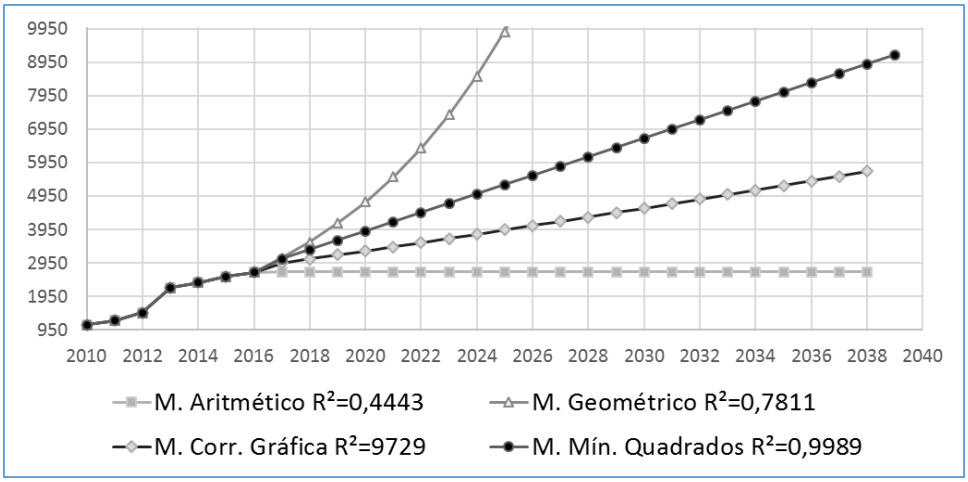

Figura 25 – Dados disponíveis e projeções obtidas, em t/a, para a geração de resíduos do município de Ipeúna.

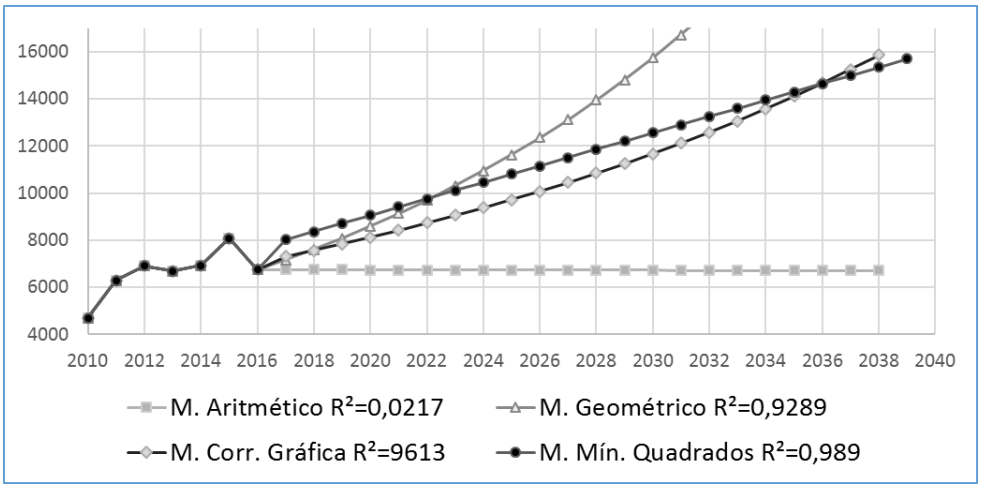

Figura 26 – Dados disponíveis e projeções obtidas, em t/a, para a geração de resíduos do município de Santa Gertrudes.

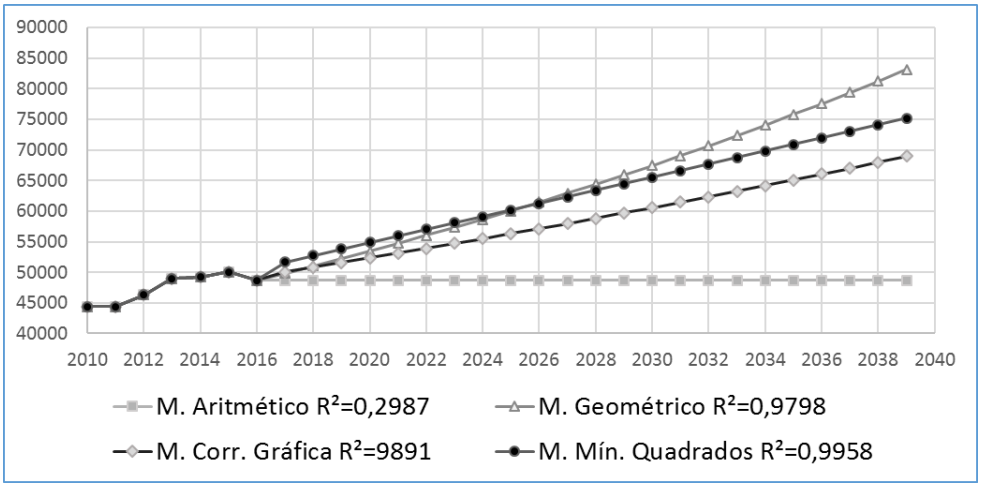

Figura 27 – Dados disponíveis e projeções obtidas, em t/a, para a geração de resíduos do município de Rio Claro.

A Tabela 12 apresenta os valores estimados de geração de resíduos para a projeção de 20 anos dos municípios estudados pelo método dos mínimos quadrados.

Tabela 12 – Projeções de 2019 a 2039 para geração de resíduos por município.

Ano	Analândia t/a	Char-queada t/a	Corum-bataí t/a	Ipeúna t/a	Rio Claro t/a	Santa Gertrudes t/a	Geração total t/a
2020	1.386	8.871	629	3.901	54.864	9.058	78.709
2021	1.528	9.506	635	4.178	55.931	9.407	81.185
2022	1.669	10.140	642	4.456	56.998	9.756	83.661
2023	1.810	10.775	648	4.733	58.065	10.105	86.137
2024	1.951	11.410	654	5.011	59.132	10.455	88.612
2025	2.092	12.044	661	5.288	60.199	10.804	91.088
2026	2.234	12.679	667	5.566	61.266	11.153	93.564
2027	2.375	13.313	673	5.843	62.333	11.502	96.040
2028	2.516	13.948	679	6.121	63.400	11.851	98.516
2029	2.657	14.583	686	6.398	64.467	12.201	100.992
2030	2.798	15.217	692	6.676	65.535	12.550	103.467
2031	2.939	15.852	698	6.953	66.602	12.899	105.943
2032	3.081	16.486	705	7.231	67.669	13.248	108.419
2033	3.222	17.121	711	7.508	68.736	13.597	110.895
2034	3.363	17.756	717	7.786	69.803	13.947	113.371
2035	3.504	18.390	723	8.063	70.870	14.296	115.847
2036	3.645	19.025	730	8.341	71.937	14.645	118.323
2037	3.786	19.659	736	8.618	73.004	14.994	120.798

Continua

Continuação

Ano	Analândia t/a	Char-queada t/a	Corum-bataí t/a	Ipeúna t/a	Rio Claro t/a	Santa Gertrudes t/a	Geração total t/a
2038	3.928	20.294	742	8.896	74.071	15.344	123.274
2039	4.069	20.929	749	9.173	75.138	15.693	125.750
Total	**54.553**	**297.997**	**13.777**	**130.740**	**1.300.020**	**247.504**	**2.044.591**

A partir dos valores projetados, considerando a porcentagem de 51,4% de resíduos orgânicos (Plano Nacional de Resíduos Sólidos, 2012) e metas de atuação da gestão compartilhada para o tratamento da fração orgânica, foram calculados valores de quantidade de resíduo que deverá ser encaminhada para o tratamento e para o aterro sanitário. As metas estipuladas são referentes a fração orgânica dos resíduos sólidos urbanos. A Tabela 13 apresenta as metas estipuladas e os valores de quantidade de resíduo encaminhada para o tratamento e para o aterro de cada município.

Tabela 13 – Valores projetados de resíduos orgânicos para tratamento e de resíduos sólidos urbanos para o aterro sanitário.

Ano	Meta	Analândia		Charqueada		Corumbataí		Ipeúna		Rio Claro		Santa Gertrudes	
		Trat. t/a	Ater. t/a	Trat. t/a	Ater. t/a	Trat. t/a	Ater. t/a	Trat. t/a	Ater. t/a	Trat. t/a	Ater. t/a	Trat. t/a	Ater t/a
2019	35%	224	1.021	1.482	6.755	112	511	652	2.971	9.678	44.119	1.567	7.142
2020		249	1.137	1.596	7.275	113	516	702	3.199	9.870	44.994	1.629	7.428
2021		275	1.253	1.710	7.796	114	521	752	3.427	10.062	45.869	1.692	7.715
2022		300	1.369	1.824	8.316	115	526	802	3.654	10.254	46.744	1.755	8.001
2023		326	1.484	1.938	8.837	117	531	852	3.882	14.923	43.142	1.818	8.287
2024	50%	501	1.450	2.932	8.477	168	486	1.288	3.723	15.197	43.935	2.687	7.768
2025		538	1.555	3.095	8.949	170	491	1.359	3.929	15.471	44.728	2.777	8.027
2026		574	1.660	3.258	9.420	171	495	1.430	4.135	15.745	45.521	2.866	8.287
2027		610	1.764	3.422	9.892	173	500	1.502	4.342	16.020	46.314	2.956	8.546
2028		647	1.869	3.585	10.363	175	505	1.573	4.548	24.441	38.960	3.046	8.806
2029	75%	1.024	1.633	5.622	8.961	264	421	1.644	4.754	24.852	39.615	4.703	7.497
2030		1.079	1.720	5.866	9.351	267	425	1.716	4.960	25.264	40.271	4.838	7.712
2031		1.133	1.806	6.111	9.741	269	429	1.787	5.166	25.675	40.927	4.973	7.926
2032		1.188	1.893	6.356	10.131	272	433	1.858	5.372	26.086	41.582	5.107	8.141
2033		1.242	1.980	6.600	10.521	274	437	1.930	5.579	26.498	42.238	5.242	8.356
2034	100%	1.729	1.634	9.126	8.629	276	441	4.002	3.784	35.879	33.924	7.169	6.778
2035		1.801	1.703	9.453	8.938	372	352	4.145	3.919	36.427	34.443	7.348	6.948

Continua

Continuação

Ano	Meta	Analândia		Charqueada		Corumbataí		Ipeúna		Rio Claro		Santa Gertrudes	
		Trat. t/a	Ater. t/a	Trat. t/a	Ater. t/a	Trat. t/a	Ater. t/a	Trat. t/a	Ater. t/a	Trat. t/a	Ater. t/a	Trat. t/a	Ater t/a
2036		1.874	1.772	9.779	9.246	375	355	4.287	4.054	36.976	34.961	7.528	7.118
2037		1.946	1.840	10.105	9.554	378	358	4.430	4.188	37.524	35.480	7.707	7.287
2038		2.019	1.909	10.431	9.863	382	361	4.572	4.323	38.073	35.999	7.887	7.457
2039		2.091	1.977	10.757	10.171	385	364	4.715	4.458	38.621	36.517	8.066	7.627
Total		21.37	34.42	115.04	191.18	4.942	9.458	45.99	88.36	493.53	860.28	93.36	162.85
% *		**1,01**	**1,6**	**5,4**	**9,0**	**0,2**	**0,4**	**2,2**	**4,2**	**23,3**	**40,6**	**4,4**	**7,7**

* porcentagem em relação ao total da gestão compartilhada.

Com isso, os valores de projeção apresentados foram utilizados para a estimativa de custos dos cenários propostos, de acordo com a metodologia apresentada anteriormente.

5.2.2. Cenários e levantamento financeiro da gestão compartilhada

Nesse item, os valores utilizados para analisar os custos dos cenários propostos para a gestão compartilhada dos resíduos dos municípios estudados estão apresentados. Os resultados foram agrupados em despesas com a implantação e a operação (i) das estações de transbordo e do transporte dos resíduos até a CTDF; (ii) da infraestrutura geral para o funcionamento da Central de Tratamento; (iii) do aterro sanitário compartilhado; (iv) dos cenários de tratamento de resíduos orgânicos por compostagem centralizada e descentralizada e (v) do cenário de tratamento de orgânicos por digestores anaeróbios, como descrito anteriormente.

Os itens de cada etapa estão separados em despesas de implantação e despesas de operação. As despesas de implantação são referentes aos gastos do primeiro ano, necessários para colocar o sistema em funcionamento. As despesas de operação são referentes a gastos fixos anuais, os gastos anuais variáveis estão somados aos valores totais nas tabelas anuais.

5.2.2.1.Transbordo e transporte

Os custos de instalação das estações de transbordo e de transporte foram calculados para cada município, pois esses são influenciados pela quantidade de resíduos e distância de cada município até o bairro de Ajapi, no município de Rio Claro, onde foi selecionada a área de maior aptidão para receber a central de tratamento de resíduos. Os resultados apresentam os valores

estimados com transbordo e transporte dos resíduos coletados separadamente pela coleta seletiva de orgânicos e pela coleta regular de resíduos misturados.

Os resultados estão apresentados abaixo, divididos por município. Para cada município, as despesas de implantação e as despesas de operação estão apresentadas em quadros. As despesas com combustível e manutenção dos caminhões são variáveis e foram calculadas ano a ano, ao longo do período de operação do projeto, e estão somadas aos valores finais apresentados. Os valores de implantação são referentes às despesas iniciais, os valores de operação são anuais. Os Quadros 24 e 25 apresentam os itens e valores utilizados para a composição de custos de implantação e operação do transporte dos resíduos de Analândia, respectivamente.

Quadro 24 – Discriminação dos itens selecionados e dos valores levantados para a implantação da estação de transbordo e do sistema de transporte dos resíduos do município de Analândia.

Discriminação	**Unid**	**Quant**	**Preço (R$)**	
			Unitário	**Total**
Terreno estação de transbordo				
Aquisição do terreno	m²	5.000	4,50	22.500,00
Limpeza do terreno com destoca de árvores	un	5.000	2,91	14.550,00
Escritório, copa	m²	70	1.200,00	84.000,00
Galpão	m²	100	600,00	60.000,00
Caminhões				
Caminhão basculante	un	1	311.000,00	311.000,00
Caminhão carreta (divide com Corumbataí)	un	0,5	334.584,00	167.292,00
Caçamba	un	4	18.999,00	75.996,00
			Total	**735.338,00**

Quadro 25 - Discriminação dos itens selecionados e valores levantados para operação do transbordo e transporte dos resíduos do município de Analândia.

Discriminação	**Quant**	**Preço (R$/a)**	
		Unitário	**Total**
Motorista	1,5	37.437,08	56.155,61
Auxiliar de pátio	1	24.525,93	24.525,93
Impostos e seguro			
IPVA	1	2.391,46	3.587,19
Seguro 0,7% instalações e caminhões	1	4.513,54	4.513,54
		Total	**88.782,28**

A Tabela 14 apresenta os valores totais para o transporte dos resíduos de Analândia para o bairro de Ajapi no município de Rio Claro ao longo dos 20 anos de planejamento desse projeto.

Tabela 14 – Despesas anuais de implantação e operação do transbordo e do transporte dos resíduos das coletas regular e seletiva de resíduos orgânicos do município de Analândia.

Ano	R$	R$/t.a	R$/hab.a
2020	887.617,69	640,20	177,79
2021	152.279,69	99,68	30,10
2022	163.877,40	98,20	31,96
2023	163.877,40	90,54	31,55
2024	163.877,40	83,99	31,15
2025	173.445,50	82,89	32,55
2026	173.445,50	77,66	32,14
2027	173.445,50	73,04	31,75
2028	173.445,50	68,94	31,36
2029	192.581,71	72,48	34,40
2030	680.441,81	243,17	120,11
2031	202.149,81	68,77	35,26
2032	202.149,81	65,62	34,85
2033	202.149,81	62,75	34,45
2034	230.854,12	68,65	38,90
2035	230.854,12	65,88	38,46
2036	230.854,12	63,33	38,04
2037	230.854,12	60,97	37,62
2038	230.854,12	58,78	37,21
2039	230.854,12	56,74	36,81
Total/média	**5.089.909,27**	**110,11**	**45,82**

Analândia é o município de maior distância até o local escolhido para a instalação da central de tratamento de resíduos, portanto o município que apresentou os maiores valores para transporte dos resíduos. O valor elevado do ano de 2030 é referente a nova aquisição de caminhões após 10 anos de uso.

Os Quadros 26 e 27 apresentam os itens e valores utilizados para implantação e operação do transporte dos resíduos de Corumbataí, respectivamente.

A Tabela 15 apresenta os valores anuais totais para o transporte dos resíduos de Corumbataí até o bairro de Ajapi no município de Rio Claro onde está a área selecionada para receber a Central de Tratamento e Disposição Final.

Quadro 26 - Discriminação dos itens selecionados e dos valores levantados para a implantação da estação de transbordo e do sistema de transporte dos resíduos do município de Corumbataí.

Discriminação	Unid	Quant	Preço (R$)	
			Unitário	Total
Terreno estação de transbordo				
Aquisição do terreno	m²	5.000	4,50	22.500,00
Limpeza do terreno com destoca de árvores	un	5.000	2,91	14.550,00
Escritório, copa	m²	70	1.200,00	84.000,00
Galpão	m²	100	600,00	60.000,00
Caminhões				
Caminhão basculante	un	1	311.000,00	311.000,00
Caminhão carreta (divide com Analândia)	un	0,5	334.584,00	167.292,00
Caçamba	un	4	18.999,00	75.996,00
			Total	**735.338,00**

Quadro 27 - Discriminação dos itens selecionados e valores levantados para operação do transporte dos resíduos do município de Corumbataí.

Discriminação	Quant	Preço (R$/a)	
		Unitário	Total
Motorista	1,5	37.437,08	56.155,61
Auxiliar de pátio	1	24.525,93	24.525,93
Impostos e seguro			
IPVA	1,5	2.391,46	3.587,19
Seguro 0,7% instalações e caminhões	1	4.513,54	4.513,54
		Total	**88.782,28**

Tabela 15 – Despesas anuais de implantação e operação do transbordo e do transporte dos resíduos das coletas regular e seletiva de resíduos orgânicos do município de Corumbataí.

Ano	R$	R$/t.a	R$/hab.a
2020	840.750,55	1.336,34	190,23
2021	105.412,55	165,89	23,64
2022	105.412,55	164,27	23,43
2023	105.412,55	162,67	23,22
2024	105.412,55	161,11	23,02
2025	105.412,55	159,58	22,82
2026	105.412,55	158,07	22,62
2027	105.412,55	156,60	22,43
2028	105.412,55	155,15	22,24
2029	105.412,55	153,73	22,06
2030	583.704,55	843,50	121,12
2031	105.412,55	150,96	21,69
2032	105.412,55	149,61	21,52
2033	105.412,55	148,29	21,34
2034	105.412,55	146,99	21,17

Continua

Continação			
Ano	**R$**	**R$/t.a**	**R$/hab.a**
2035	105.412,55	145,71	21,00
2036	105.412,55	144,46	20,84
2037	105.412,55	143,22	20,67
2038	105.412,55	142,01	20,51
2039	105.412,55	118,44	20,35
Total/ média	**3.321.881,05**	**245,33**	**35,30**

O valor elevado de 2030 é referente a substituição dos caminhões após 10 anos de vida útil.

Os Quadros 28 e 29 apresentam os itens e valores utilizados para implantação e operação do transporte dos resíduos de Ipeúna, respectivamente.

Quadro 28 - Discriminação dos itens selecionados e dos valores levantados para a implantação da estação de transbordo e do sistema de transporte dos resíduos do município de Ipeúna.

Discriminação	**Unid**	**Quant**	**Preço (R$)**	
			Unitário	**Total**
Terreno estação de transbordo				
Aquisição do terreno	m²	5.000	4,50	22.500,00
Limpeza do terreno com destoca de árvores	un	5.000	2,91	14.550,00
Escritório, copa	m²	70	1.200,00	84.000,00
Galpão	m²	100	600,00	60.000,00
Caminhões				
Caminhão basculante	un	1	311.000,00	311.000,00
Caminhão carreta (divide com Charqueada)	un	0,5	334.584,00	167.292,00
Caçamba	un	14	18.999,00	265.986,00
			Total	**925.328,00**

Quadro 29 - Discriminação dos itens selecionados e valores levantados para operação do transbordo e transporte dos resíduos do município de Ipeúna.

Discriminação	**Quant**	**Preço (R$/a)**	
		Unitário	**Total**
Pessoal			
Motorista	1,5	37.437,08	56.155,61
Auxiliar de pátio	1	24.525,93	24.525,93
Impostos e seguro			
IPVA	1,5	2.391,46	3.587,19
Seguro 0,7% instalações e caminhões	1	4.189,77	4.189,77
		Total	**88.782,28**

A Tabela 16 apresenta os valores para o transporte dos resíduos de Ipeúna para o bairro de Ajapi no município de Rio Claro, ao longo de 20 anos.

Tabela 16 – Despesas anuais de implantação e operação do transbordo e do transporte dos resíduos das coletas regular e seletiva de resíduos orgânicos do município de Ipeúna.

Ano	R$	R$/t.a	R$/hab.a
2020	1.081.058,33	277,14	153,23
2021	155.730,33	37,27	21,65
2022	155.730,33	34,95	21,24
2023	166.455,02	35,17	22,27
2024	171.817,36	34,29	22,57
2025	171.817,36	32,49	22,17
2026	191.316,79	34,37	24,25
2027	191.316,79	32,74	23,82
2028	191.316,79	31,26	23,42
2029	207.403,83	32,42	24,96
2030	685.695,83	102,71	81,17
2031	207.403,83	29,83	24,15
2032	213.903,64	29,58	24,51
2033	213.903,64	28,49	24,13
2034	230.803,14	29,64	25,63
2035	241.527,83	29,95	26,41
2036	266.389,61	31,94	28,69
2037	266.389,61	30,91	28,27
2038	266.389,61	29,95	27,86
2039	266.389,61	29,04	27,46
Total/média	**5.542.759,27**	**47,71**	**33,89**

Os Quadros 30 e 31 apresentam os itens e valores utilizados para implantação e operação do transbordo e do transporte dos resíduos de Charqueada.

Quadro 30 - Discriminação dos itens selecionados e dos valores levantados para a implantação da estação de transbordo e do sistema de transporte dos resíduos do município de Charqueada.

Discriminação	Unid	Quant	Preço (R$)	
			Unitário	Total
Terreno estação de transbordo				
Aquisição do terreno	m²	5.000	4,50	22.500,00
Limpeza do terreno com destoca de árvores	un	5.000	2,91	14.550,00
Escritório, copa	m²	70	1.200,00	84.000,00
Galpão	m²	100	600,00	60.000,00
Caminhões				
Caminhão basculante	un	1	311.000,00	311.000,00
Caminhão carreta (divide com Ipeúna)	un	0,5	334.584,00	167.292,00
Caçamba	un	30	18.999,00	569.970,00
			Total	**1.229.312,00**

Quadro 31 - Discriminação dos itens selecionados e valores levantados para operação do transbordo e do transporte dos resíduos do município de Charqueada.

Discriminação	Quant	Preço (R$/a)	
		Unitário	Total
Pessoal			
Motorista	2	37.437,08	74.874,15
Auxiliar de pátio	2	24.525,93	49.051,86
Impostos e seguro			
IPVA	1	3.227,92	3.227,92
Seguro 0,7% instalações e caminhões	1	4.513,54	4.513,54
		Total	**131.667,47**

A Tabela 17 apresenta os valores para o transporte dos resíduos de Charqueada para o bairro de Ajapi no município de Rio Claro ao longo dos 20 anos de projeto.

Tabela 17– Despesas anuais de implantação e operação do transbordo e do transporte dos resíduos das coletas regular e seletiva de resíduos orgânicos do município de Charqueada.

Ano	R$	R$/t.a	R$/hab.a
2020	1.544.959,17	174,16	90,04
2021	338.673,71	35,63	19,50
2022	366.584,66	36,15	20,86
2023	366.584,66	34,02	20,62
2024	397.286,71	34,82	22,08
2025	397.286,71	32,99	21,83
2026	429.616,89	33,88	23,34
2027	429.616,89	32,27	23,08
2028	448.224,20	32,14	23,81
2029	497.068,36	34,09	26,12
2030	975.360,36	64,10	50,70
2031	514.047,53	32,43	26,43
2032	532.654,83	32,31	27,10
2033	555.681,36	32,46	27,98
2034	612.201,04	34,48	30,50
2035	612.201,04	33,29	30,19
2036	635.227,58	33,39	31,01
2037	644.531,23	32,78	31,14
2038	652.206,74	32,14	31,20
2039	693.840,58	33,15	32,87
Total/média	**11.643.854,26**	**42,03**	**30,52**

Os Quadros 32 e 33 apresentam os itens e valores utilizados para implantação e operação do transporte dos resíduos de Santa Gertrudes.

Quadro 32 - Discriminação dos itens selecionados e dos valores levantados para a implantação da estação de transbordo e do sistema de transporte dos resíduos do município de Santa Gertrudes.

Discriminação	Unid	Quant	Preço (R$)	
			Unitário	Total
Terreno estação de transbordo				
Aquisição do terreno	m²	5.000	4,50	22.500,00
Limpeza do terreno com destoca de árvores	un	5.000	2,91	14.550,00
Escritório, copa	m²	70	1.200,00	84.000,00
Galpão	m²	100	600,00	60.000,00
Caminhões				
Caminhão basculante	un	1	311.000,00	311.000,00
Caminhão carreta	un	1	334.584,00	334.584,00
Caçamba	un	23	18.999,00	436.977,00
			Total	**1.263.611,00**

Quadro 33 – Discriminação dos itens selecionados e valores levantados para operação do transbordo e do transporte dos resíduos do município de Santa Gertrudes.

Discriminação	Quant	Preço (R$/a)	
		Unitário	Total
Pessoal			
Motorista	2	37.437,08	74.874,15
Auxiliar de pátio	2	24.525,93	49.051,86
Impostos e seguro			
IPVA	1	3.227,92	3.227,92
Seguro 0,7% instalações e caminhões	1	5.684,59	5.684,59
		Total	**132.838,52**

A Tabela 18 apresenta os valores para o transporte dos resíduos de Santa Gertrudes para o bairro de Ajapi no município de Rio Claro.

Tabela 18 – Despesas anuais de implantação e operação do transbordo e do transporte dos resíduos da coleta regular e da coleta seletiva de resíduos orgânicos do município de Santa Gertrudes.

Ano	R$	R$/t.a	R$/hab.a
2020	1.471.842,55	162,50	58,41
2021	207.480,58	22,06	8,09
2022	208.162,40	21,34	7,97
2023	213.623,48	21,14	8,04
2024	219.435,77	20,99	8,12
2025	220.053,48	20,37	8,00
2026	225.450,47	20,21	8,06
2027	226.068,18	19,65	7,96
2028	226.685,90	19,13	7,85
2029	238.506,43	19,55	8,13

Continua

Continuação			
Ano	**R$**	**R$/t.a**	**R$/hab.a**
2030	892.487,11	71,12	29,95
2031	247.413,99	19,18	8,18
2032	252.704,14	19,07	8,23
2033	253.215,02	18,62	8,12
2034	268.337,46	19,24	8,48
2035	272.684,41	19,07	8,50
2036	277.031,36	18,92	8,51
2037	277.435,41	18,50	8,40
2038	277.839,46	18,11	8,30
2039	286.129,31	18,23	8,43
Total/média	**6.762.586,90**	**29,35**	**11,79**

Os Quadros 34 e 35 apresentam os itens e valores para implantação e operação do transporte dos resíduos de Rio Claro. Também, foram estimados os valores de implantação e operação de uma estação de transbordo próximo ao centro de coleta, com distância de 15 km até a CTDF.

Quadro 34 – Discriminação dos itens selecionados e dos valores levantados para a implantação da estação de transbordo e do sistema de transporte dos resíduos do município de Rio Claro.

Discriminação	**Unid**	**Quant**	**Preço (R$)**	
			Unitário	**Total**
Terreno estação de transbordo				
Aquisição do terreno	m²	10.000	4,50	45.000,00
Limpeza do terreno com destoca de árvores	un	10.000	2,91	29.100,00
Escritório, copa	m²	70	1.200,00	84.000,00
Galpão	m²	100	600,00	60.000,00
Caminhões				
Caminhão basculante	un	2	311.000,00	622.000,00
Caminhão carreta	un	2	334.584,00	669.168,00
Caçamba	un	101	18.999,00	1.918.899,00
			Total	**3.428.167,00**

Quadro 35 – Discriminação dos itens selecionados e valores levantados para operação do transporte dos resíduos do município de Rio Claro.

Discriminação	**Quant**	**Preço (R$/a)**	
		Unitário	**Total**
Pessoal			
Motorista	4	37.437,08	149.748,30
Auxiliar de pátio	4	24.525,93	98.103,72
Impostos e seguro			
IPVA	1	6.455,84	6.455,84
Seguro 0,7% instalações e caminhões	1	10.361,18	10.361,18
		Total	**264.669,04**

A Tabela 19 apresenta os valores para o transporte dos resíduos do centro de Rio Claro para o bairro de Ajapi no mesmo município.

Tabela 19 – Despesas anuais de implantação e operação do transbordo e do transporte dos resíduos das coletas regular e seletiva de resíduos orgânicos do município de Rio Claro.

Ano	R$	R$/t.a	R$/hab.a
2020	3.869.987,75	70,54	17,80
2021	443.944,87	7,94	2,02
2022	447.821,39	7,86	2,01
2023	463.858,50	7,99	2,06
2024	465.610,90	7,87	2,04
2025	471.611,55	7,83	2,04
2026	475.488,07	7,76	2,04
2027	477.612,19	7,66	2,02
2028	505.809,90	7,98	2,12
2029	507.562,30	7,87	2,10
2030	1.806.483,34	27,57	7,40
2031	515.315,34	7,74	2,09
2032	520.944,26	7,70	2,09
2033	524.820,78	7,64	2,08
2034	554.027,45	7,94	2,17
2035	559.656,37	7,90	2,17
2036	565.285,29	7,86	2,17
2037	567.037,69	7,77	2,16
2038	570.542,49	7,70	2,15
2039	576.795,19	7,68	2,15
Total/média	**14.890.215,60**	**11,94**	**3,14**

A CTDF está localizada em Rio Claro, por isso as distâncias percorridas são menores, esse município é o mais populoso, por isso os valores por habitante foram os menores. As despesas totais de cada município foram compostas a partir dos valores apresentados nesse item e estão descritas posteriormente. A Figura 28 apresenta um gráfico comparativo entre as médias das despesas com transbordo e transporte de todos os municípios estudados.

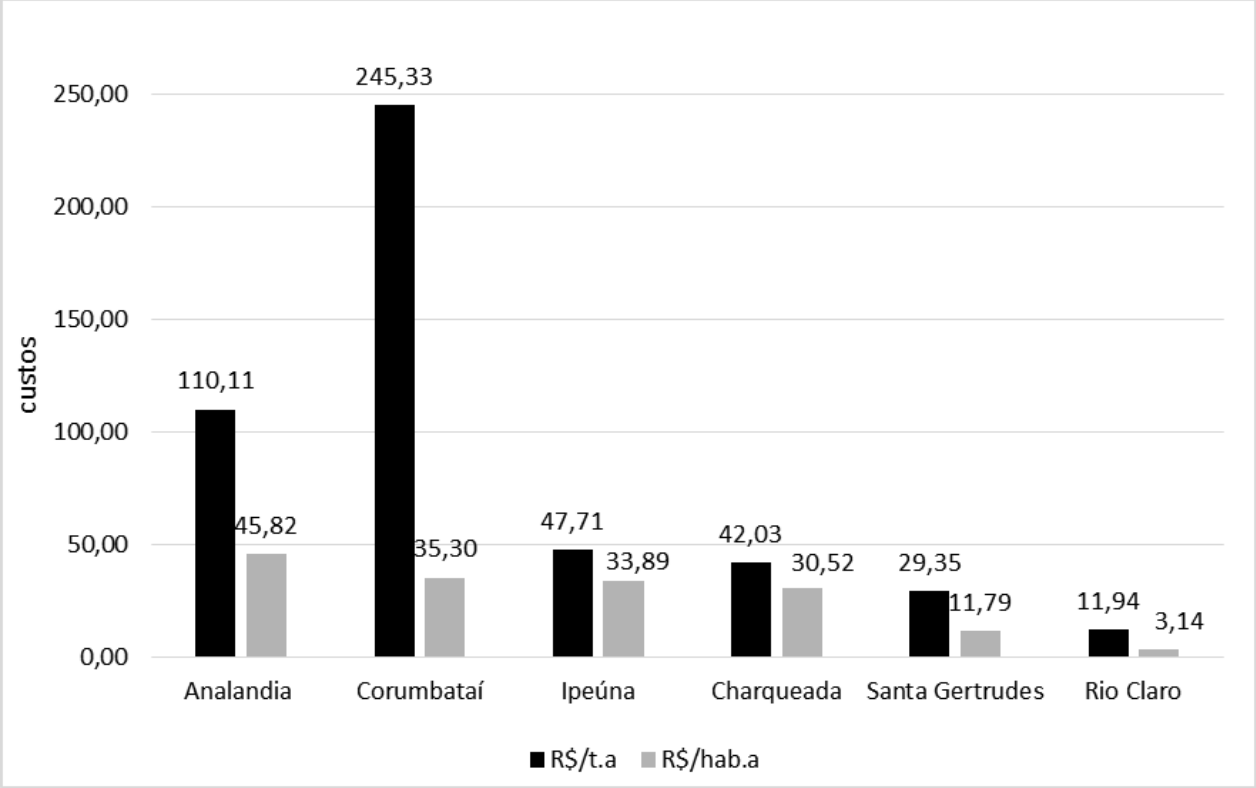

Figura 28 – Valores médios de despesas com transbordo e transporte para cada um dos municípios.

A Figura mostra a comparação entre os valores de despesas para cada município. Os valores mais baixos foram de Rio Claro, o maior município com as menores distâncias, seguidos dos municípios mais próximos. Os maiores valores por tonelada foram encontrados para o município de Corumbataí, esse município possui coleta seletiva de recicláveis há 20 anos, como descrito na primeira parte dessa pesquisa, esse fato pode reduzir a geração por habitante de resíduos e ter causado esse valor elevado para o transporte dos resíduos por tonelada, porém não tão elevado no valor por habitante. Analândia, o município mais distante apresentou o maior valor por habitante.

5.2.2.2. Infraestrutura geral

As despesas com infraestrutura geral são referentes aos gastos compartilhados por todas as etapas da central de tratamento. O Quadro 36 apresenta os itens selecionados e os respectivos valores estimados para a implantação da infraestrutura geral da CTDF.

Quadro 36 – Discriminação dos itens selecionados e valores cotados para implantação da infraestrutura geral da Central de Tratamento e Disposição Final.

Discriminação	Unid	Quant	Preço (R$)	
			Unitário	Total
Serviços Preliminares e complementares				
Aquisição do terreno	m²	228.000	4,50	1.026.000,00
Cadastro de propriedades	un	1	2.349,53	2.349,53
Processo e Estudos de Licenciamento (EIA-RIMA)	un	1	2.000.000,00	2.000.000,00
Levantamento Planialtimétrico	un	1	1.650,96	1.650,96
Desmobilização e limpeza da obra	m²	240	9,78	2.347,20
Placa de obra	m²	10	213,43	2.134,30
Sistema de segurança	un	1	1.614,93	1.614,93
Preparação do terreno				
Limpeza de terreno com destoca de árvores	m²	1.000	2,91	2.910,00
Espalhamento/ regularização	m^2	1.000	1,41	1.410,00
Escavação, carga e descarga de material areno-siltoso no corte	m^3	1.000	3,43	3.430,00
Compactação de material siltoso caixa	m^3	1.000	6,34	6.340,00
Sistema de Drenagem de Águas Pluviais				
Fornecimento e aplicação ½ canas de concreto em todo o entorno do terreno	m	220	37,67	8.287,40
Instalações de apoio				
Construção de guarita, prédio administrativo, vestiário, almoxarifado, cozinha, refeitório	m^2	350	1.200,00	420.000,00
Acesso arruamento e estacionamento	m²	20.000	200,00	4.000.000,00
Móveis de escritório		1	10.000,00	10.000,00
Galpão de estrutura metálica com cobertura e impermeabilização do chão com cimento	m^2	450	137,47	61.861,50
Cerca de tela tipo alambrado - arame galvanizado	m	220	200,18	44.039,60
Portao de grade metálica	m²	13	701,89	8.773,63
Área de grama	m²	22.800	6,00	136.800,00
Mudas para proteção por cerca viva plantadas	un	15.000	1,00	15.000,00
Oficina, borracharia e garagem	m²	450	1.000,00	450.000,00
Levantamento de passeios levantados	m	220	15,09	3.319,80
Balança rodoviária	un	1	42.105,00	42.105,00
			Total	**8.250.373,85**

O Quadro 37 apresenta os itens para operação da infraestrutura geral da Central de Tratamento e Disposição Final e os valores cotados paras composição de custos.

Quadro 37 – Discriminação dos itens selecionados e valores cotados para operação de infraestrutura geral.

Discriminação	Quant	Preço (R$/a)	
		Unitário	Total
Engenheiro pleno responsável	1	372.819,20	372.819,20
Segurança	4	13.174,95	52.699,80
Porteiro	3	10.261,88	30.785,63
Auxiliar administrativo	1	73.944,00	73.944,00
Auxiliar de serviços gerais	1	8.756,48	8.756,48
Uniforme - calça, blusa, boné, sapato	18	109,54	1.971,72
Protetor auricular	9	18,27	164,43
Capacete	9	34,51	310,59
Luvas	9	13,30	119,70
Seguro das instalações (0,7% do valor do imóvel/ ano)	1	7.182,00	7.182,00
Material de copa e escritório	1	6.000,00	6.000,00
Material de limpeza	1	6.000,00	6.000,00
Eletricidade sub grupo B2 rural (1 geladeira, 6 lâmpadas, computador e sistema de segurança)	3336kw	0,36	1.200,96
Manutenção das instalações	1	6.724,93	6.724,93
Manutenção dos equipamentos	1	4.624,84	4.624,84
		Total	**573.304,27**

A Tabela 20 apresenta os valores totais para a operação da infraestrutura geral da Central de Tratamento e Disposição Final e os valores por tonelada e por habitante.

Tabela 20 – Despesas anuais de implantação e operação dos itens de infraestrutura geral da Central de Tratamento e Disposição Final.

Ano	R$	R$/t.a	R$/hab.a
2020	8.823.678,12	112,11	31,94
2021	573.304,27	7,06	2,05
2022	573.304,27	6,85	2,02
2023	573.304,27	6,66	2,00
2024	573.304,27	6,47	1,97
2025	573.304,27	6,29	1,95
2026	573.304,27	6,13	1,93
2027	573.304,27	5,97	1,90
2028	573.304,27	5,82	1,88
2029	573.304,27	5,68	1,86
2030	573.304,27	5,54	1,84
2031	573.304,27	5,41	1,82
2032	573.304,27	5,29	1,80
2033	573.304,27	5,17	1,78

Continua

Continuação

Ano	R$	R$/t.a	R$/hab.a
2034	573.304,27	5,06	1,76
2035	573.304,27	4,95	1,74
2036	573.304,27	4,85	1,72
2037	573.304,27	4,75	1,70
2038	573.304,27	4,65	1,68
2039	573.304,27	4,55	1,66
Total/média	**19.716.459,28**	**10,96**	**3,35**

Os valores desse item foram utilizados para compor os custos totais por cenário e por município.

5.2.2.3. Aterro sanitário

O Quadro 38 apresenta os itens e valores levantados para a implantação do aterro sanitário compartilhado. O aterro foi planejado para receber os resíduos provenientes da coleta regular dos municípios participantes da gestão compartilhada. As despesas com implantação foram alocadas em cinco patamares a serem construídos a cada 4 anos, ao longo dos 20 anos de projeto.

Quadro 38 – Itens selecionados e valores cotados para implantação do aterro sanitário compartilhado.

Discriminação	Unid	Quant	Preço (R$)	
			Unitário	Total
Movimento de Terra				
Limpeza de terreno com destoca de árvores	m²	80.589	2,91	234.512,87
Espalhamento/ regularização	m^2	80.589	1,41	113.629,95
Escavação, carga e descarga de material areno-siltoso no corte	m^3	335.786	3,43	1.151.745,65
Transporte de material areno-siltoso até 1 km	m^3.km	335.786	2,28	765.591,86
Espalhamento de material siltoso em fundo de caixa e diques e compactação com controle do G.C.	m^3	67.157	7,41	497.634,71
Sistema de Contenção e Drenagem de Percolados e gases				
Geomembrana de PEAD 2 mm instalada	m^2	80.589	40,08	3.229.991,75
Fornecimento e espalhamento de brita	m^3	3.990	137,17	547.308,30
Tubos de concreto perfurados	m	10.000	50,00	500.000,00
Fornecimento e aplicação ½ canas de concreto de 200 mm para drenagem subterrânea	m	15.960	37,67	601.213,20
Tratores e máquinas				
Trator do tipo esteira	un	1	760.000,00	760.000,00
Retroescavadeira	un	1	240.000,00	240.000,00
Pá mecânica	un	1	240.000,00	240.000,00

Continua

Continuação				
Discriminação	**Unid**	**Quant**	**Preço (R$)**	**Total**
Sistema de Drenagem de Águas Pluviais				
Fornecimento e aplicação ½ canas de concreto de 200 mm	m	1.037	37,67	39.048,27
Sistema de tratamento de percolados				
Lagoas de tratamento		1	1.000.000,00	1.000.000,00
			Total	**9.920.676,56**

O Quadro 39 apresenta os itens e valores levantados para a operação do aterro sanitário compartilhado.

Quadro 39 - Itens selecionados e valores cotados para operação do aterro sanitário compartilhado.

Discriminação	**Unid**	**Quant**	**Preço (R$/a)**	
			Unitário	**Total**
Pessoal (salário + 20% insalubridade + 30% encargos)				
Encarregado		1	36.711,48	36.711,48
operador de trator		6	40.828,32	244.969,92
auxiliar de pátio		4	24.525,93	98.103,72
Auxiliar de serviços gerais		6	22.766,84	136.601,01
Limpeza		4	22.290,65	89.162,58
Equipamentos manutenção e nova aquisição				
Trator de esteira manutenção e nova aquisição	un	1	108.000,00	108.000,00
Retroescavadeira	un	1	32.400,00	32.400,00
Pá mecânica	un	1	32.400,00	32.400,00
Transporte e deposição de terra	t	35.931	2,28	81.923,19
Combustível				
Diesel para 3 máquinas	L	12.472	3,37	42.031,31
			Total	**902.303,21**

Os valores com consumo de combustível foram calculados para cada máquina trabalhar durante cinco horas diárias, com consumo médio de 15,99L/h (LOPES, 2003). As despesas referentes à manutenção e às novas aquisições de equipamentos foram divididas anualmente. O tempo de vida útil dos equipamentos foi determinado em 10 anos. O combustível foi estimado a partir de 5 horas por dia de trabalho para cada uma das três máquinas (Trator, Retroescavadeira e pá mecânica).

A Tabela 21 apresenta os custos totais, os custos por tonelada e por habitante ao longo dos 20 anos de operação do aterro compartilhado dividido em 5 patamares.

Tabela 21– Custos do aterro sanitário compartilhado ao longo do tempo.

Ano	Total/ano	R$/t.a	R$/hab.a
2020	2.886.438,52	44,72	10,45
2021	902.303,21	13,55	3,22
2022	902.303,21	13,15	3,18
2023	902.303,21	12,77	3,14
2024	2.886.438,52	43,84	9,93
2025	902.303,21	13,33	3,07
2026	902.303,21	12,98	3,03
2027	902.303,21	12,64	2,99
2028	2.886.438,52	39,43	9,47
2029	902.303,21	14,54	2,92
2030	902.303,21	14,19	2,89
2031	902.303,21	13,86	2,86
2032	2.886.438,52	43,32	9,04
2033	902.303,21	13,24	2,79
2034	902.303,21	16,38	2,76
2035	902.303,21	16,03	2,73
2036	2.886.438,52	50,19	8,65
2037	902.303,21	15,37	2,68
2038	902.303,21	15,06	2,65
2039	902.303,21	14,75	2,62
Total/média	**27.966.740,78**	**21,67**	**4,55**

A cada quatro anos foi determinado investimento para implantação de um novo patamar do aterro, dessa forma, o valor de implantação foi dividido em 5 e são os valores mais elevados no Quadro 46. Esses valores são referentes apenas a implantação e operação do aterro sanitário para receber os resíduos sólidos orgânicos, progressivamente desviados, para o tratamento. Esses valores foram utilizados para compor os valores finais.

Tratamento de resíduos orgânicos

Como descrito anteriormente, foram elaborados três cenários para o tratamento de resíduos orgânicos, coletados seletivamente: (i) cenário de tratamento de orgânicos por compostagem centralizada; (ii) cenário de tratamento de orgânicos por compostagem descentralizada; (iii) cenário de tratamento de orgânicos por biometanização. Nos itens a seguir estão apresentados os resultados para cada um dos três cenários para o tratamento dos resíduos orgânicos.

5.2.2.4. Compostagem centralizada

No cenário de tratamento dos resíduos orgânicos por compostagem centralizada, os resíduos orgânicos, coletados seletivamente pelas prefeituras, são encaminhados para a CTDF. O Quadro 40 apresenta os valores levantados para implantação do cenário de tratamento dos resíduos orgânicos por compostagem centralizada.

Quadro 40 – Discriminação dos itens selecionados e dos valores cotados para implantação de infraestrutura do cenário de tratamento de resíduos orgânicos por compostagem centralizada.

Discriminação	Unid	Quant	Preço (R$)	
			Unitário	Total
Serviços preliminares				
Levantamento Planialtimétrico	un	1	2.197,00	2.197,00
Placa de obra	m²	10	213,43	2.134,30
Movimento de terra				
Limpeza de terreno com capina e roçada	m²	80.800	2,91	235.128,00
Transporte e carga de material de limpeza até 1 km	m³	200	4,68	936,00
Regularização mecanizada de superfícies	m^2	80.800	0,54	43.632,00
Equipamentos				
Triturador de resíduos	un	1	19.706,95	19.706,95
Trator	un	2	240.000,00	480.000,00
Complemento revolvedor	un	2	73.000,00	146.000,00
Motosserra	un	1	2.584,34	2.584,34
Balança 500 kg	un	1	2.155,00	2.155,00
Água				
Poço artesiano	m	23	500,00	11.500,00
Caixa d´água 30.000L	un	1	13.797,00	13.797,00
bomba submersa	m³	1	7.193,83	7.193,83
Instalações				
Pátio com pavimentação asfáltica	m^2	79.778	17,47	1.393.721,66
Galpão estrutura metálica com impermeabilização do chão	m²	500	276,38	138.190,00
Sala de ferramentas	m²	50	1.200,97	60.048,50
Sistema de drenagem de águas pluviais				
Fornecimento e aplicação ½ canas de concreto ao redor do pátio 300mm	m	1.130	46,32	52.332,34
			Total	**2.611.256,92**

O Quadro 41 apresenta os itens e valores encontrados para a operação do cenário proposto para o tratamento de resíduos orgânicos por compostagem centralizada.

Quadro 41 – Itens selecionados e valores cotados para operação do cenário de tratamento de resíduos orgânicos por compostagem centralizada.

Discriminação	Unid	Quant	Preço (R$/a)	
			Unitário	Total
Pessoal (salário + 20% insalubridade + 30% encargos)				
Encarregado		2	36.711,48	73.422,96
Operador de trator		4	40.828,32	163.313,28
Auxiliar de serviços gerais		36	22.766,84	819.606,06
Auxiliar de pátio		28	24.525,93	686.726,04
Limpeza		4	22.290,65	89.162,58
Ferramentas				
Garfo	un	20	33,89	677,80
Enxada	un	20	30,02	600,40
Vassoura	un	50	20,08	1.004,00
Termômetro de solo	un	100	48,39	4.839,00
Peneira manual	un	30	22,92	687,60
Carro de mão	un	30	276,90	8.307,00
Sistema de irrigação das leiras				
Mangueiras	un	1		16.380,89
Combustível				
Diesel	L	8.314,80	3,37	28.020,88
Manutenção				
Manutenção das instalações		1	19.035,81	19.035,81
Manutenção e nova aquisição de equipamentos		1	87.810,25	87.810,25
			Total	**2.000.458,23**

Os custos com combustível foram calculados para dois tratores trabalharem cinco horas por dia, cinco dias por semana. Os valores com eletricidade, novas aquisições e manutenção das bombas submersas, para o abastecimento, de água foram calculados ano a ano, de acordo com a demanda crescente de resíduos desviados para o tratamento. A Tabela 22 apresenta os custos totais, os custos por tonelada e por habitante, ao longo dos 20 anos de operação do cenário de compostagem, composto de acordo com as metas de coleta seletiva de resíduos orgânicos.

Tabela 22 – Custos do cenário de compostagem centralizada dos resíduos orgânicos coletados seletivamente.

Ano	R$/ano	R$/t.a	R$/hab.a
2020	2.560.646,53	180,84	9,27
2021	2.032.758,39	139,18	7,26
2022	2.033.703,99	135,12	7,18
2023	2.034.649,59	131,30	7,09

Continua

Continuação

Ano	R$/ano	R$/t.a	R$/hab.a
2024	2.610.287,91	114,62	8,98
2025	2.051.450,47	87,63	6,97
2026	2.052.801,32	85,37	6,89
2027	2.054.152,18	83,22	6,82
2028	2.622.273,69	103,57	8,60
2029	2.085.016,54	53,55	6,76
2030	2.094.236,66	52,50	6,71
2031	2.089.069,11	51,15	6,62
2032	2.651.283,69	63,43	8,30
2033	2.107.509,34	49,30	6,53
2034	2.127.299,23	36,51	6,52
2035	2.130.000,94	35,77	6,45
2036	2.692.890,95	44,28	8,07
2037	2.135.404,37	34,39	6,33
2038	2.138.106,08	33,74	6,27
2039	2.140.962,08	33,09	6,22
Total/média	**44.444.503,05**	**77,43**	**7,16**

O cenário de tratamento dos resíduos orgânicos por compostagem centralizada deve atender à crescente demanda, decorrente das metas progressivas para o desvio de resíduos orgânicos da coleta regular. Dessa forma, o valor de implantação do sistema foi dividido em 5 etapas, cujos valores foram acrescidos de 4 em 4 anos.

5.2.2.5. Compostagem descentralizada

Para a composição do cenário de tratamento dos resíduos orgânicos por compostagem descentralizada, foram estimados os valores de implantação e operação de pátios de compostagem para cada um dos municípios investigados. Os pátios de compostagem foram acrescidos às estações de transbordo em cada um dos seis municípios estudados. Com isso, esse cenário contempla os valores com o transbordo e o transporte dos resíduos da coleta regular até a CTDF. Esses valores foram apresentados anteriormente, no item de transbordo e transporte. Assim, os resultados da composição do cenário com tratamento de orgânicos por compostagem descentralizada estão apresentados abaixo, por município.

O Quadro 42 apresenta os valores estimados para a implantação do sistema de compostagem descentralizada no município de Analândia.

Quadro 42 – Discriminação dos itens selecionados e dos valores cotados para implantação de infraestrutura do cenário de tratamento de resíduos orgânicos por compostagem descentralizada para o município de Analândia.

Discriminação	Unid	Quant	Preço (R$)	
			Unitário	Total
Serviços preliminares				
Levantamento Planialtimétrico	un	1	2.197,00	2.197,00
Placa de obra	m²	10	213,43	2.134,30
Movimento de terra				
Limpeza de terreno com capina e roçada	m²	2.894	2,91	8.421,06
Transporte e carga de material de limpeza até 1 km	m³	50	4,68	234,00
Regularização mecanizada de superfícies	m^2	2.894	0,54	1.562,67
Equipamentos				
Triturador de resíduos	un	1	19.706,95	19.706,95
Trator	un	1	240.000,00	240.000,00
Complemento revolvedor	un	1	73.000,00	73.000,00
Motosserra	un	1	2.584,34	2.584,34
Balança 500 kg	un	1	2.155,00	2.155,00
Abastecimento de água				
Poço artesiano	m	23	500,00	11.500,00
Caixa d´água 10.000L	un	1	2.799,00	2.799,00
bomba submersa	m³	1	7.193,83	7.193,83
Instalações				
Pátio com pavimentação asfáltica	m^2	2.894	17,47	10.111,06
Galpão estrutura metálica com impermeabilização do chão	m²	100	276,38	27.638,00
Sala de ferramentas	m²	25	1.200,97	30.024,25
Sistema de drenagem de águas pluviais				
Fornecimento e aplicação ½ canas de concreto ao redor do pátio 300mm	m	215	46,32	9.967,02
			Total	**451.228,49**

O Quadro 43 apresenta os itens e valores estimados para a operação do cenário proposto de tratamento por compostagem descentralizada em Analândia. Esses valores são anuais.

Quadro 43 – Itens selecionados e valores cotados para operação do cenário de tratamento de resíduos orgânicos por compostagem descentralizada de Analândia.

Discriminação	Unid	Quant	Preço (R$/a)	
			Unitário	Total
Pessoal (salário + 20% insalubridade + 30% encargos)				
Operador de trator		1	40.828,32	40.828,32
Auxiliar de pátio		1	24.525,93	24.525,93
Limpeza		1	22.290,65	22.290,65

Continua

Continuação				
Discriminação	**Unid**	**Quant**	**Unitário**	**Total**
Ferramentas				
Garfo	un	1	33,89	33,89
Enxada	un	2	30,02	60,04
Vassoura	un	2	20,08	40,16
Termômetro de solo	un	2	48,39	96,78
Peneira manual	un	2	22,92	45,84
Carro de mão	un	1	276,90	276,90
Sistema de irrigação das leiras				
Mangueiras	un	11	48,33	531,67
Combustível e eletricidade				
Diesel	L	4.157	3,37	14.010,44
Eletricidade da bomba	Kwh	6.345	0,36	2.284,23
Manutenção				
Manutenção das instalações		1	847,17	847,17
Manutenção de equipamentos		1	29.294,41	29.294,41
			Total	**135.214,81**

Os custos da estação de transbordo e do transporte dos resíduos provenientes da coleta regular foram acrescentados aos valores acima para compor os valores finais desse cenário. As despesas com transbordo e transporte estão apresentadas no item 5.3.1.1. A Tabela 23 apresenta os custos totais do cenário de compostagem descentralizada dos resíduos orgânicos de Analândia, por ano, por tonelada e por habitante, ao longo dos 20 anos de operação do projeto.

Tabela 23 – Custos do cenário de compostagem descentralizada, inclui estação de transbordo e o transporte de resíduo misto, para o município de Analândia.

Ano	**R$/ano**	**R$/t.a**	**R$/hab.a**
2020	1.061.940,24	765,93	461,51
2021	224.371,75	146,87	74,32
2022	235.969,45	141,40	68,48
2023	235.969,45	130,37	65,93
2024	235.969,45	120,94	56,64
2025	235.969,45	112,78	54,97
2026	235.969,45	105,65	50,68
2027	235.969,45	99,37	48,57
2028	246.080,52	97,81	49,96
2029	235.969,45	88,81	47,27
2030	757.894,40	270,85	149,79
2031	235.969,45	80,28	46,02

Continua

Continuação

Ano	R$/ano	R$/t.a	R$/hab.a
2032	235.969,45	76,60	45,43
2033	235.969,45	73,24	44,85
2034	235.969,45	70,17	44,28
2035	235.969,45	67,34	43,73
2036	235.969,45	64,73	43,19
2037	235.969,45	62,32	42,67
2038	235.969,45	60,08	42,15
2039	235.969,45	57,99	41,65
Total	**6.065.798,19**	**134,68**	**76,10**

Os valores elevados do ano de 2030 são referentes a substituição de equipamentos após 10 anos de uso. Os resultados estimam que Analândia possui 4.992 habitantes em 2020. Os custos foram calculados para a capacidade máxima de 5,73 t/dia ao final do projeto.

O Quadro 44 apresenta os valores estimados para a implantação do sistema de compostagem descentralizada no município de Corumbataí.

Quadro 44 – Discriminação dos itens selecionados e dos valores cotados para implantação de infraestrutura do cenário de tratamento de resíduos orgânicos por compostagem descentralizada para o município de Corumbataí.

Discriminação	Unid	Quant	Preço (R$)	
			Unitário	Total
Serviços preliminares				
Levantamento Planialtimétrico	un	1	2.197,00	2.197,00
Placa de obra	m²	10	213,43	2.134,30
Movimento de terra				
Limpeza de terreno com capina e roçada	m²	633	2,91	1.841,99
Transporte e carga de material de limpeza até 1 km	m³	50	4,68	234,00
Regularização mecanizada de superfícies	m²	633	0,54	341,81
Equipamentos				
Triturador de resíduos	un	1	19.706,95	19.706,95
Trator	un	1	240.000,00	240.000,00
Complemento revolvedor	un	1	73.000,00	73.000,00
Motosserra	un	1	2.584,34	2.584,34
Balança 500 kg	un	1	2.155,00	2.155,00
Abastecimento de água				
Poço artesiano	m	23	500,00	11.500,00
Caixa d´água 10.000L	un	1	2.799,00	2.799,00
bomba submersa	m³	1	7.193,83	7.193,83
Instalações				

Continua

Continuação				
Discriminação	**Unid**	**Quant**	**Unitário**	**Total**
Pátio com pavimentação asfáltica	m^2	633	17,47	2.211,66
Galpão estrutura metálica com impermeabilização do chão	m^2	100	276,38	27.638,00
Sala de ferramentas	m^2	25	1.200,97	30.024,25
Sistema de drenagem de águas pluviais				
Fornecimento e aplicação ½ canas de concreto ao redor do pátio 300mm	m	101	46,32	4.661,50
			Total	**430.223,64**

O Quadro 45 apresenta os itens e valores estimados para a operação do cenário proposto de tratamento por compostagem descentralizada em Corumbataí. Esses valores são anuais.

Quadro 45 – Itens selecionados e valores cotados para operação anual do cenário de tratamento de resíduos orgânicos por compostagem descentralizada de Corumbataí.

Discriminação	**Unid**	**Quant**	**Preço (R$/a)**	
			Unitário	**Total**
Pessoal (salário + 20% insalubridade + 30% encargos)				
Operador de trator		1	40.828,32	40.828,32
Auxiliar de pátio		1	24.525,93	24.525,93
Limpeza		1	22.290,65	22.290,65
Ferramentas				
Garfo	un	1	33,89	33,89
Enxada	un	2	30,02	60,04
Vassoura	un	2	20,08	40,16
Termômetro de solo	un	2	48,39	96,78
Peneira manual	un	2	22,92	45,84
Carro de mão	un	1	276,90	276,90
Sistema de irrigação das leiras				
Mangueiras	un	3	48,33	144,99
Combustível e eletricidade				
Diesel	L	4.157	3,37	14.010,44
Eletricidade da bomba	Kwh	1.621	0,36	583,69
Manutenção				
Manutenção das instalações		1	748,42	748,42
Manutenção de equipamentos		1	29.294,41	29.294,41
			Total	**132.980,45**

A Tabela 24 apresenta os custos totais, os custos por tonelada e por habitante, ao longo dos 20 anos de operação do cenário de compostagem descentralizada para o município de Corumbataí.

Tabela 24 – Custos do cenário de compostagem descentralizada, inclui estação de transbordo e o transporte de resíduo misto, para o município de Corumbataí.

Ano	R$/ano	R$/t.a	R$/hab.a
2020	1.013.020,55	1.610,16	201,50
2021	196.456,78	309,17	42,18
2022	196.456,78	306,14	37,67
2023	196.456,78	303,17	35,03
2024	196.456,78	300,26	33,79
2025	196.456,78	297,40	34,33
2026	196.456,78	294,60	31,51
2027	196.456,78	291,85	30,64
2028	196.456,78	289,15	30,36
2029	196.456,78	286,50	30,09
2030	708.388,90	1.023,68	107,10
2031	196.456,78	281,34	29,55
2032	196.456,78	278,83	29,29
2033	196.456,78	276,37	29,04
2034	196.456,78	273,94	28,79
2035	196.456,78	271,56	28,54
2036	196.456,78	269,22	28,30
2037	196.456,78	266,92	28,06
2038	196.456,78	264,66	27,82
2039	196.456,78	220,74	27,59
Total/média	**5.257.631,41**	**385,78**	**43,56**

Os valores elevados do ano de 2030 são referentes a substituição de equipamentos após 10 anos de uso.

O Quadro 46 apresenta os valores estimados para a implantação do sistema de compostagem descentralizada no município de Ipeúna.

Quadro 46 – Discriminação dos itens selecionados e dos valores cotados para implantação de infraestrutura do cenário de tratamento de resíduos orgânicos por compostagem descentralizada para o município de Ipeúna.

Discriminação	Unid	Quant	Preço (R$)	
			Unitário	Total
Serviços preliminares				
Levantamento Planialtimétrico	un	1	2.197,00	2.197,00
Placa de obra	m²	10	213,43	2.134,30
Movimento de terra				
Limpeza de terreno com capina e roçada	m²	6.524	2,91	18.985,47
Transporte e carga de material de limpeza até 1 km	m³	50	4,68	234,00
				Continua

Continuação				
Discriminação	**Unid**	**Quant**	**Unitário**	**Total**
Regularização mecanizada de superfícies	m^2	6.524	0,54	3.523,08
Equipamentos				
Triturador de resíduos	un	1	19.706,95	19.706,95
Trator	un	1	240.000,00	240.000,00
Complemento revolvedor	un	1	73.000,00	73.000,00
Motosserra	un	1	2.584,34	2.584,34
Balança 500 kg	un	1	2.155,00	2.155,00
Abastecimento de água				
Poço artesiano	m	23	500,00	11.500,00
Caixa d´água 10.000L	un	1	2.799,00	2.799,00
bomba submersa	m^3	1	7.193,83	7.193,83
Instalações				
Pátio com pavimentação asfáltica	m^2	6.524	17,47	22.795,61
Galpão estrutura metálica com impermeabilização do chão	m^2	100	276,38	27.638,00
Sala de ferramentas	m^2	25	1.200,97	30.024,25
Sistema de drenagem de águas pluviais				
Fornecimento e aplicação ½ canas de concreto ao redor do pátio 300mm	m	323	46,32	14.965,55
			Total	**481.436,37**

O Quadro 47 apresenta os itens e valores estimados para a operação do cenário proposto de tratamento por compostagem descentralizada em Ipeúna. Esses valores são anuais.

Quadro 47 – Itens selecionados e valores cotados para operação anual do cenário de tratamento de resíduos orgânicos por compostagem descentralizada de Ipeúna.

Discriminação	**Unid**	**Quant**	**Preço (R$/a)**	
			Unitário	**Total**
Pessoal (salário + 20% insalubridade + 30% encargos)				
Encarregado		1	36.711,48	36.711,48
Operador de trator		1	40.828,32	40.828,32
Auxiliar de pátio		2	24.525,93	49.051,86
Limpeza		1	22.290,65	22.290,65
Ferramentas				
Garfo	un	1	33,89	33,89
Enxada	un	2	30,02	60,04
Vassoura	un	2	20,08	40,16
Termômetro de solo	un	2	48,39	96,78
Peneira manual	un	2	22,92	45,84
Carro de mão	un	1	276,90	276,90
Sistema de irrigação das leiras				

Continua

Continuação				
Discriminação	**Unid**	**Quant**	**Unitário**	**Total**
Mangueiras	un	24	48,33	1.159,92
Combustível e eletricidade				
Diesel	L	8.315	3,37	28.020,88
Eletricidade da bomba	Kwh	13.383	0,36	4.817,73
Manutenção				
Manutenção das instalações		1	1.005,72	1.005,72
Manutenção de equipamentos		1	29.294,41	29.294,41
			Total	**213.734,57**

A Tabela 25 apresenta os custos totais, os custos por tonelada e por habitante, ao longo dos 20 anos de operação do cenário de compostagem descentralizada para o município de Ipeúna.

Tabela 25 – Custos do cenário de compostagem descentralizada, inclui estação de transbordo e o transporte de resíduo misto, para o município de Ipeúna.

Ano	R$/ano	R$/t.a	R$/hab.a
2020	1.333.365,46	341,82	375,97
2021	313.597,09	75,05	79,19
2022	313.597,09	70,38	63,97
2023	313.597,09	66,25	49,50
2024	313.597,09	62,58	41,39
2025	313.597,09	59,30	35,53
2026	333.096,52	59,85	33,61
2027	333.096,52	57,01	31,54
2028	333.096,52	54,42	30,91
2029	333.096,52	52,06	30,30
2030	845.028,64	126,58	77,61
2031	333.096,52	47,91	29,14
2032	339.596,33	46,97	28,60
2033	339.596,33	45,23	28,08
2034	313.597,09	40,28	27,57
2035	313.597,09	38,89	27,09
2036	333.096,52	39,94	26,62
2037	333.096,52	38,65	26,16
2038	333.096,52	37,44	25,72
2039	333.096,52	36,31	25,30
Total/ média	**8.050.635,06**	**69,85**	**54,69**

Os valores elevados do ano de 2030 são referentes a substituição de equipamentos após 10 anos de uso. Ipeúna tem população de 7.055 pessoas no primeiro ano de projeto. O valor projetado para geração de resíduos ao final do projeto foi de 12,92 t/dia.

O Quadro 48 apresenta os valores estimados para a implantação do sistema de compostagem descentralizada no município de Charqueada.

Quadro 48 – Discriminação dos itens selecionados e dos valores cotados para implantação de infraestrutura do cenário de tratamento de resíduos orgânicos por compostagem descentralizada para o município de Charqueada.

Discriminação	**Unid**	**Quant**	**Preço (R$)**	
			Unitário	**Total**
Serviços preliminares				
Levantamento Planialtimétrico	un	1	2.197,00	2.197,00
Placa de obra	m²	10	213,43	2.134,30
Movimento de terra				
Limpeza de terreno com capina e roçada	m²	14.885	2,91	43.314,99
Transporte e carga de material de limpeza até 1 km	m³	50	4,68	234,00
Regularização mecanizada de superfícies	m²	14.885	0,54	8.037,83
Equipamentos				
Triturador de resíduos	un	1	19.706,95	19.706,95
Trator	un	1	240.000,00	240.000,00
Complemento revolvedor	un	1	73.000,00	73.000,00
Motosserra	un	1	2.584,34	2.584,34
Balança 500 kg	un	1	2.155,00	2.155,00
Abastecimento de água				
Poço artesiano	m	23	500,00	11.500,00
Caixa d´água 10.000L	un	1	2.799,00	2.799,00
bomba submersa	m³	1	7.193,83	7.193,83
Instalações				
Pátio com pavimentação asfáltica	m²	14.885	17,47	52.007,76
Galpão estrutura metálica com impermeabilização do chão	m²	100	276,38	27.638,00
Sala de ferramentas	m²	25	1.200,97	30.024,25
Sistema de drenagem de águas pluviais				
Fornecimento e aplicação ½ canas de concreto ao redor do pátio 300mm	m	488	46,32	22.604,83
			Total	**547.132,08**

O Quadro 49 apresenta os itens e valores estimados para a operação do cenário proposto de tratamento por compostagem descentralizada em Charqueada. Esses valores são anuais.

Quadro 49 – Itens selecionados e valores cotados para operação anual do cenário de tratamento de resíduos orgânicos por compostagem descentralizada de Charqueada.

Discriminação	Unid	Quant	Preço (R$/a)	
			Unitário	Total
Pessoal (salário + 20% insalubridade + 30% encargos)				
Encarregado		1	36.711,48	36.711,48
Operador de trator		1	40.828,32	40.828,32
Continuação				
Auxiliar de pátio		8	49.051,86	392.414,88
Limpeza		1	22.290,65	22.290,65
Ferramentas				
Garfo	un	1	33,89	33,89
Enxada	un	2	30,02	60,04
Vassoura	un	2	20,08	40,16
Termômetro de solo	un	2	48,39	96,78
Peneira manual	un	2	22,92	45,84
Carro de mão	un	1	276,90	276,90
Sistema de irrigação das leiras				
Mangueiras	un	53	48,33	2.561,49
Combustível e eletricidade				
Diesel	L	20.787	3,37	70.052,19
Eletricidade da bomba	Kwh	33.223	0,36	11.960,32
Manutenção				
Manutenção das instalações		1	1.370,88	1.370,88
Manutenção de equipamentos		1	29.294,41	29.294,41
			Total	**608.038,22**

A Tabela 26 apresenta os custos totais, os custos por tonelada e por habitante, ao longo dos 20 anos de operação do cenário de compostagem descentralizada para o município de Charqueada.

Tabela 26– Custos do cenário de compostagem descentralizada, inclui estação de transbordo e o transporte de resíduo misto, para o município de Charqueada.

Ano	R$/ano	R$/t.a	R$/hab.a
2020	2.120.971,01	239,09	238,42
2021	845.516,93	88,95	78,72
2022	873.427,88	86,13	69,47
2023	873.427,88	81,06	67,18
2024	873.427,88	76,55	60,84
2025	873.427,88	72,52	57,90
2026	882.731,54	69,62	54,77
2027	882.731,54	66,30	52,73
2028	901.338,84	64,62	53,18

Continua

Continuação			
Ano	**R$/ano**	**R$/t.a**	**R$/hab.a**
2029	873.427,88	59,90	50,90
2030	1.385.360,00	91,04	79,77
2031	882.731,54	55,69	50,23
2032	901.338,84	54,67	50,69
2033	901.338,84	52,65	50,10
2034	873.427,88	49,19	47,99
2035	873.427,88	47,49	47,45
2036	873.427,88	45,91	46,92
2037	882.731,54	44,90	46,90
2038	882.731,54	43,50	46,38
2039	901.338,84	43,07	46,85
Total/média	**19.358.284,04**	**71,64**	**64,87**

Charqueada possui 17.158 habitantes estimados para 2020. A capacidade do sistema estimado foi referente ao último ano do projeto, aproximadamente, 30 t/dia.

O Quadro 50 apresenta os valores estimados para a implantação do sistema de compostagem descentralizada no município de Santa Gertrudes.

Quadro 50 – Discriminação dos itens selecionados e dos valores cotados para implantação de infraestrutura do cenário de tratamento de resíduos orgânicos por compostagem descentralizada para o município de Santa Gertrudes.

Discriminação	**Unid**	**Quant**	**Preço (R$)**	
			Unitário	**Total**
Serviços preliminares				
Levantamento Planialtimétrico	un	1	2.197,00	2.197,00
Placa de obra	m²	10	213,43	2.134,30
Movimento de terra				
Limpeza de terreno com capina e roçada	m²	11.161	2,91	32.478,51
Transporte e carga de material de limpeza até 1 km	m³	50	4,68	234,00
Regularização mecanizada de superfícies	m^2	11.161	0,54	6.026,94
Equipamentos				
Triturador de resíduos	un	1	19.706,95	19.706,95
Trator	un	1	240.000,00	240.000,00
Complemento revolvedor	un	1	73.000,00	73.000,00
Motosserra	un	1	2.584,34	2.584,34
Balança 500 kg	un	1	2.155,00	2.155,00
Abastecimento de água				
Poço artesiano	m	11.161	17,47	38.996,54
Caixa d´água 10.000L	un	1	2.799,00	2.799,00
				Continua

Continuação				
Discriminação	**Unid**	**Quant**	**Unitário**	**Total**
bomba submersa	m³	1	7.193,83	7.193,83
Instalações				
Pátio com pavimentação asfáltica	m²	14.885	17,47	52.007,76
Galpão estrutura metálica com impermeabilização do chão	m²	100	276,38	27.638,00
Sala de ferramentas	m²	25	1.200,97	30.024,25
Sistema de drenagem de águas pluviais				
Fornecimento e aplicação ½ canas de concreto ao redor do pátio 300mm	m	423	46,32	19.574,02
			Total	**518.242,68**

O Quadro 51 apresenta os itens e valores estimados para a operação do cenário proposto de tratamento por compostagem descentralizada em Santa Gertrudes. Esses valores são anuais.

Quadro 51 – Itens selecionados e valores cotados para operação anual do cenário de tratamento de resíduos orgânicos por compostagem descentralizada de Santa Gertrudes.

Discriminação	**Unid**	**Quant**	**Preço (R$/a)**	
			Unitário	**Total**
Pessoal (salário + 20% insalubridade + 30% encargos)				
Encarregado		1	36.711,48	36.711,48
Operador de trator		1	40.828,32	40.828,32
Auxiliar de pátio		5	24.525,93	122.629,65
Limpeza		2	22.290,65	44.581,29
Ferramentas				
Garfo	un	1	33,89	33,89
Enxada	un	2	30,02	60,04
Vassoura	un	2	20,08	40,16
Termômetro de solo	un	2	48,39	96,78
Peneira manual	un	2	22,92	45,84
Carro de mão	un	1	276,90	276,90
Sistema de irrigação das leiras				
Mangueiras	un	40	48,33	1.933,20
Combustível e eletricidade				
Diesel	L	16.630	3,37	56.041,75
Eletricidade da bomba	Kwh	26.891	0,36	9.680,75
Manutenção				
Manutenção das instalações		1	1.208,23	1.208,23
Manutenção de equipamentos		1	29.294,41	29.294,41
			Total	**343.462,69**

A Tabela 27 apresenta os custos totais, os custos por tonelada e por habitante, ao longo dos 20 anos de operação do cenário de compostagem descentralizada para o município de Santa Gertrudes.

Tabela 27 – Custos do cenário de compostagem descentralizada, inclui estação de transbordo e o transporte de resíduo misto, para o município de Santa Gertrudes.

Ano	R$/ano	R$/t.a	R$/hab.a
2020	1.801.786,55	198,92	107,81
2021	482.173,90	51,26	32,76
2022	482.855,71	49,49	25,25
2023	488.316,80	48,32	21,60
2024	482.300,39	46,13	18,04
2025	482.918,10	44,70	15,88
2026	488.315,09	43,78	15,00
2027	488.932,80	42,51	14,15
2028	489.550,51	41,31	13,88
2029	481.656,54	39,48	13,63
2030	1.161.391,55	92,54	26,82
2031	482.678,31	37,42	13,15
2032	487.968,46	36,83	12,92
2033	488.479,34	35,92	12,70
2034	479.944,38	34,41	12,49
2035	480.348,43	33,60	12,28
2036	480.752,48	32,83	12,09
2037	481.156,53	32,09	11,89
2038	481.560,58	31,39	11,71
2039	481.964,63	30,71	11,53
Total/média	**11.675.051,07**	**50,18**	**20,78**

Santa Gertrudes possui população estimada para o ano de 2020 em 25.199 habitantes. A capacidade máxima estimada foi de, aproximadamente, 22 t/dia.

O Quadro 52 apresenta os valores estimados para a implantação do sistema de compostagem descentralizada no município de Rio Claro.

O Quadro 53 apresenta os itens e valores estimados para a operação do cenário proposto de tratamento por compostagem descentralizada em Rio Claro.

Quadro 52 – Discriminação dos itens selecionados e dos valores cotados para implantação de infraestrutura do cenário de tratamento de resíduos orgânicos por compostagem descentralizada para o município de Rio Claro.

Discriminação	Unid	Quant	Preço (R$)	
			Unitário	Total
Serviços preliminaries				
Levantamento Planialtimétrico	un	1	2.197,00	2.197,00
Placa de obra	m²	10	213,43	2.134,30
Movimento de terra				
Limpeza de terreno com capina e roçada	m²	53.440	2,91	155.510,05
Transporte e carga de material de limpeza até 1 km	m³	50	4,68	234,00
Regularização mecanizada de superfícies	m^2	53.440	0,54	28.857,53
Equipamentos				
Triturador de resíduos	un	2	19.706,95	39.413,90
Trator	un	2	240.000,00	480.000,00
Complemento revolvedor	un	2	73.000,00	146.000,00
Motosserra	un	1	2.584,34	2.584,34
Balança 500 kg	un	1	2.155,00	2.155,00
Abastecimento de água				
Poço artesiano	m	23	500,00	11.500,00
Caixa d´água 10.000L	un	1	2.799,00	2.799,00
bomba submersa	m³	1	7.193,83	7.193,83
Instalações				
Pátio com pavimentação asfáltica	m^2	53.440	17,47	186.718,94
Galpão estrutura metálica com impermeabilização do chão	m²	100	276,38	27.638,00
Sala de ferramentas	m²	25	1.200,97	30.024,25
Sistema de drenagem de águas pluviais				
Fornecimento e aplicação ½ canas de concreto ao redor do pátio 300mm	m	925	46,32	42.831,30
			Total	**1.178.789,44**

Quadro 53 – Itens selecionados e valores cotados para operação anual do cenário de tratamento de resíduos orgânicos por compostagem descentralizada de Rio Claro.

Discriminação	Unid	Quant	Preço (R$/a)	
			Unitário	Total
Pessoal (salário + 20% insalubridade + 30% encargos)				
Encarregado		1	36.711,48	36.711,48
Operador de trator		2	40.828,32	81.656,64
Auxiliar de pátio		36	49.051,86	1.765.866,96
Limpeza		7	22.290,65	156.034,52
Ferramentas				
Garfo	un	20	33,89	677,80
				Continua

Continuação				
Discriminação	**Unid**	**Quant**	**Unitário**	**Total**
Enxada	un	20	30,02	600,40
Vassoura	un	50	20,08	1.004,00
Termômetro de solo	un	100	48,39	4.839,00
Peneira manual	un	30	22,92	687,60
Carro de mão	un	30	276,90	8.307,00
Sistema de irrigação das leiras				
Mangueiras	un	191	48,33	9.231,03
Combustível e eletricidade				
Diesel	L	66.518	3,37	224.167,01
Eletricidade da bomba	Kwh	140.912	0,36	50.728,31
Manutenção				
Manutenção das instalações		1	3.054,76	3.054,76
Manutenção de equipamentos		1	59.716,46	59.716,46
			Total	**2.403.282,97**

A Tabela 28 apresenta os custos totais, os custos por tonelada e por habitante, ao longo dos 20 anos de operação do cenário de compostagem descentralizada para o município de Rio Claro.

Tabela 28 – Custos do cenário de compostagem descentralizada, inclui estação de transbordo e o transporte de resíduo misto, para o município de Rio Claro.

Ano	R$/ano	R$/t.a	R$/hab.a
2020	6.158.753,00	112,26	55,85
2021	2.764.889,68	49,43	20,11
2022	2.768.766,20	48,58	18,05
2023	2.784.803,32	47,96	16,57
2024	2.786.555,72	47,12	15,03
2025	2.792.556,36	46,39	14,99
2026	2.796.432,88	45,64	13,70
2027	2.798.557,00	44,90	13,20
2028	2.826.754,71	44,59	13,16
2029	2.828.507,11	43,87	13,01
2030	4.183.998,18	63,84	19,01
2031	2.836.260,16	42,59	12,73
2032	2.841.889,08	42,00	12,61
2033	2.845.765,60	41,40	12,47
2034	2.874.972,27	41,19	12,46
2035	2.880.601,19	40,65	12,34
2036	2.886.230,11	40,12	12,22
2037	2.887.982,51	39,56	12,09

Continua

Continuação			
Ano	**R$/ano**	**R$/t.a**	**R$/hab.a**
2038	2.891.487,31	39,04	11,97
2039	2.897.740,01	38,57	11,87
Total/média	**61.333.502,41**	**47,98**	**16,17**

Rio Claro é a maior cidade dos municípios investigados, possui população estimada de 217.425 habitantes para o ano de 2020. A capacidade máxima do sistema estimado é de, aproximadamente, 105 t/dia. Os valores elevados do ano de 2030 são referentes a substituição de equipamentos após 10 anos de uso. Esse cenário foi elaborado para que pudesse ser analisada a diferença entre a realização do tratamento de maneira centralizada na CTDF e de maneira descentralizada. Os resultados totais por município estão apresentados no item 5.2.3.

5.2.2.6. Biometanização

O cenário de tratamento da fração orgânica dos resíduos por biometanização foi estruturado pela utilização de biodigestores anaeróbios, com coleta do biogás, para geração de eletricidade em geradores elétricos, que convertem energia mecânica em eletricidade.

O Quadro 54 apresenta os itens selecionados e os valores investigados para a implantação do cenário de tratamento dos resíduos orgânicos via digestão anaeróbia. As despesas, nesse caso, são referentes à implantação do empreendimento, ou seja, devem ocorrer antes do início de operação. A complementação do sistema biodigestores geradores para atender a demanda crescente foi incluído na tabela de composição de custos ano a ano.

Quadro 54 - Itens selecionados e valores cotados para implantação de infraestrutura do cenário de tratamento de resíduos orgânicos por biometanização.

Discriminação	**Unid**	**Quant**	**Preço (R$)**	
			Unitário	**Total**
Serviços Preliminares				
Levantamento Planialtimétrico		1	2.197,00	2.197,00
Placa de obra	m²	10	213,43	2.134,30
Movimento de Terra				
Limpeza de terreno com capina e roçada	m²	47.000	2,91	136.770,00
Transporte e carga de material de limpeza até 1 km	m³	200	4,68	936,00
Regularização mecanizada de superfícies	m^2	47.000	0,54	25.380,00
Escavação para construção dos biodigestores	m³	21.000	3,43	72.030,00
Equipamentos				

Continua

Continuação				
Discriminação	**Unid**	**Quant**	**Unitário**	**Total**
Triturador de resíduos	un	1	100.000,00	100.000,00
Pá mecânica	un	1	240.000,00	240.000,00
Biodigestores	un	2	546.973,46	1.093.946,92
Motor gerador de eletricidade	un	3	460.021,73	1.380.065,19
Transformador 300 Kva	un	1	13.950,00	13.950,00
Balança 500 kg	un	1	2.155,00	2.155,00
Instalações				
Poço artesiano	m	23	500,00	11.500,00
Caixa d´água 30.000L	un	1	13.797,00	13.797,00
Bomba submersa	un	1	7.193,83	7.193,83
Galpão estrutura metálica com impermeabilização	m²	500	276,38	138.190,00
Sala de ferramentas	m²	50	1.200,97	60.048,50
Tratamento de efluentes				
Pátio para secagem do digestato	m²	39.889	17,47	696.860,83
			Total	**4.018.154,57**

Para a determinação da profundidade do poço artesiano foi consultado o mapa potenciométrico elaborado por Oliva e Chang (2007). O Quadro 55 apresenta as despesas fixas com a operação do cenário proposto, essas despesas serão as mesmas durante os vinte anos de projeto.

Quadro 55 - Itens selecionados e valores cotados para operação do cenário de tratamento de resíduos orgânicos por biodigestão anaeróbia.

Discriminação	**Unid**	**Quant**	**Preço (R$/a)**	
			Unitário	**Total**
Pessoal (salário + 20% insalubridade + 30% encargos)				
Encarregado		2	36.711,48	73.422,96
Operador de trator		4	40.828,32	163.313,28
Auxiliar de serviços gerais		4	22.766,84	91.067,34
Auxiliar de pátio		4	49.051,86	196.207,44
Limpeza		4	22.290,65	89.162,58
Manutenção				
Manutenção das instalações		1	11.188,74	11.188,74
			Total	**624.362,34**

O biodigestor escolhido precisa de 2 funcionários para operação (MONTORO et al., 2017), foi utilizada a média de 4 biodigestores para o preenchimento dos custos de operação. As despesas com incremento dos equipamentos e com novas aquisições foram distribuídas de acordo com a evolução das metas determinadas para desvio de material orgânico para o tratamento. A Tabela 29 apresenta as despesas variáveis, por ano, com os equipamentos. Essas despesas são referentes à

manutenção, ao incremento de equipamentos para atender o aumento de resíduos e à substituição de equipamentos pelo fim da vida útil. Ainda estão somados os gastos com a bomba de água.

Tabela 29 – Composição dos custos para o cenário de tratamento dos resíduos por biodigestão anaeróbia.

Ano	Novas aquisições e manutenção de equipamentos R$/ano	Despesas biometanização R$/ano	Custo por tonelada R$/t.a	Custo por habitante R$/hab.a
2020	210.902,50	4.853.419,42	342,76	17,57
2021	210.902,50	835.264,85	57,19	2,98
2022	210.902,50	835.264,85	55,50	2,95
2023	1.130.945,96	1.755.308,31	113,28	6,12
2024	836.079,66	1.460.442,00	64,13	5,03
2025	335.598,94	959.961,28	41,01	3,26
2026	335.598,94	959.961,28	39,92	3,22
2027	335.598,94	959.961,28	38,89	3,19
2028	2.262.637,59	2.886.999,93	114,03	9,47
2029	499.397,23	1.123.759,57	28,86	3,64
2030	2.980.603,17	3.604.965,51	90,38	11,55
2031	500.008,70	1.124.371,05	27,53	3,56
2032	500.008,70	1.124.371,05	26,90	3,52
2033	2.974.020,81	3.598.383,16	84,17	11,14
2034	1.591.241,35	2.215.603,69	38,02	6,79
2035	1.678.193,08	2.302.555,42	38,67	6,98
2036	710.299,73	1.334.662,07	21,95	4,00
2037	710.299,73	1.334.662,07	21,50	3,96
2038	710.299,73	1.334.662,07	21,06	3,92
2039	709.076,78	1.333.439,12	20,61	3,87
Total/média	**971.630,83**	**35.938.017,99**	**64,32**	**5,84**

Para a etapa de geração de eletricidade, foi determinado que são coletados 90% do biogás, esse contém 65% de metano em sua composição (GOMEZ, 2010). O biogás é queimado em motores de combustão interna com eficiência de 33% (HENRIQUEZ, 2016), em seguida 80% dessa energia é convertida em eletricidade pelo gerador.

Para a composição desse cenário, foram estimados valores, de acordo com a metodologia apresentada, para a quantidade de biogás produzida pelos biodigestores e para a quantidade de metano, posteriormente, convertida em eletricidade pelos geradores. Também foi estimada a receita pela venda da eletricidade no mercado. O valor médio utilizado para produção de biogás por m^3 de resíduo foi 119 (SANTOS et al., 2019).

O consumo de eletricidade, pela bomba de abastecimento de água para o sistema de biometanização, foi descontado para a estimativa dos valores anuais de receita com a comercialização da energia gerada. Foi assumido o valor de R$142,00 por MWh para a comercialização de energia (CCEE, 2019).

A Tabela 30 apresenta os resultados para a geração de biogás, de metano e de eletricidade, ainda, apresenta a receita gerada pela venda da eletricidade no mercado de energia e o valor do investimento para a manutenção do sistema, também apresenta os custos por tonelada e por habitante descontadas as receitas estimadas.

Tabela 30 – Geração de biogás, de metano e de eletricidade pelo sistema de tratamento dos resíduos orgânicos por ano. Receita da comercialização da eletricidade e valor do investimento para manutenção do sistema por ano.

Ano	**Biogás**	**Metano**	**Eletricidade gerada**	**Receita**	**Investimento**	**Custo por tonelada**	**Custo por habitante**
	m³/ano	**m³/ano**	**kWh/ano**	**R$/ano**	**R$/ano**	**R$/t.ano**	**R$/hab.ano**
2020	1.685.009,72	985.730,68	1.590.439,40	222.245,62	4.631.173,80	327,07	34,53
2021	1.738.012,97	1.016.737,59	1.640.467,87	229.236,52	606.028,32	41,49	3,62
2022	1.791.016,22	1.047.744,49	1.690.496,34	236.227,43	599.037,42	39,80	3,15
2023	1.844.019,47	1.078.751,39	1.740.524,81	243.218,33	1.512.089,97	97,58	7,25
2024	2.710.032,46	1.585.368,99	2.557.933,25	357.441,76	1.103.000,24	48,43	4,75
2025	2.785.751,38	1.629.664,56	2.629.402,49	367.428,77	592.532,52	25,31	2,50
2026	2.861.470,31	1.673.960,13	2.700.871,73	377.415,77	582.545,51	24,23	2,26
2027	2.937.189,24	1.718.255,71	2.772.340,98	387.402,78	572.558,51	23,20	2,13
2028	3.012.908,17	1.762.551,28	2.843.810,22	397.389,78	2.489.610,15	98,33	9,13
2029	4.632.940,65	2.710.270,28	4.372.919,19	611.065,18	512.694,39	13,17	1,86
2030	4.746.519,04	2.776.713,64	4.480.123,06	626.045,69	2.978.919,82	74,68	10,65
2031	4.860.097,44	2.843.157,00	4.587.326,92	641.026,20	483.344,85	11,83	1,71
2032	4.973.675,83	2.909.600,36	4.694.530,78	656.006,71	468.364,34	11,21	1,63
2033	5.087.254,23	2.976.043,72	4.801.734,65	670.987,21	2.927.395,94	68,48	10,07
2034	6.934.443,49	4.056.649,44	6.545.251,35	914.623,63	1.300.980,06	22,33	4,42
2035	7.085.881,35	4.145.240,59	6.688.189,83	934.597,64	1.367.957,78	22,97	4,59
2036	7.237.319,21	4.233.831,74	6.831.128,32	954.571,65	380.090,43	6,25	1,26
2037	7.388.757,07	4.322.422,88	6.974.066,80	974.545,66	360.116,42	5,80	1,18
2038	7.540.194,93	4.411.014,03	7.117.005,29	994.519,67	340.142,41	5,37	1,10
2039	7.700.280,78	4.504.664,26	7.268.106,40	1.015.652,78	317.786,35	4,91	1,02
Total	**89.552.773,96**	**52.388.372,77**	**84.526.669,66**	**11.811.648,79**	**24.126.369,20**	**48,62**	**5,44**

O investimento estimado é a soma das despesas com implantação e operação do cenário proposto menos a receita pela comercialização da energia gerada. Os custos por tonelada e por habitante são os custos do cenário descontadas as receitas com a comercialização da eletricidade. Nota-se que, houve redução de 24% nos custos por tonelada e de 6% nos custos por habitante, após a comercialização da eletricidade. Esses valores estão relacionados aos 20 anos de projeto e às metas de desvio de resíduos orgânicos, com mais tempo de operação e com a coleta seletiva de orgânicos, os custos podem diminuir ainda mais a longo prazo, novos estudos são necessários para estimativa desses valores.

5.2.3. Composição de despesas por cenário e por município

A partir dos valores apresentados nos itens anteriores, foram compostos os custos anuais, por tonelada e por habitante para as etapas da gestão compartilhada e, também, para os municípios individualmente. Os resultados das despesas com a infraestrutura geral, com o aterro e com os cenários de tratamento da fração orgânica, coletada separadamente, são os mesmos para todos os municípios. Os resultados dos valores estimados para transporte e para os valores finais são diferentes para cada um dos municípios investigados, pois dependem da distância dos centros de coleta até a central em Ajapi.

Os resultados para as despesas por cenário e por município estão apresentados em Tabelas, que contêm os valores especificados e, também, em gráficos que possibilitam a leitura comparativa dos dados apresentados. Os valores dos primeiros anos estão especificados nas Tabelas, esses valores são mais elevados, pois contêm as despesas com a implantação necessária para o início da operação. A variação dos valores acontece de acordo com a necessidade de novos investimentos para atendimento da demanda ou para substituição de equipamentos pelo fim da vida útil.

A Tabela 31 apresenta os valores estimados para as despesas com implantação e com operação das etapas de infraestrutura geral, do aterro sanitário e dos cenários de tratamento de resíduos orgânicos por compostagem e por biometanização. Esses valores são os mesmos para todos os municípios.

Tabela 31 – Valores por tonelada e por habitante para as despesas com infraestrutura geral, com o aterro sanitário e com o tratamento dos resíduos orgânicos por compostagem centralizada e por biometanização.

	Infraestrutura geral		**Aterro**		**Compostagem centralizada**		**Biometanização**	
	R$/t.a	**R$/hab.a**	**R$/t.a**	**R$/hab.a**	**R$/t.a**	**R$/hab.a**	**R$/t.a**	**R$/hab.a**
2020	112,11	31,94	44,72	10,45	180,84	9,27	327,07	34,53
2021	7,06	2,05	13,55	3,22	139,18	7,26	41,49	3,62
2022	6,85	2,02	13,15	3,18	135,12	7,18	39,80	3,15
2023	6,66	2,00	12,77	3,14	131,30	7,09	97,58	7,25
2024	6,47	1,97	43,84	9,93	114,62	8,98	48,43	4,75
2025	6,29	1,95	13,33	3,07	87,63	6,97	25,31	2,50
2026	6,13	1,93	12,98	3,03	85,37	6,89	24,23	2,26
2027	5,97	1,90	12,64	2,99	83,22	6,82	23,20	2,13
2028	5,82	1,88	39,43	9,47	103,57	8,60	98,33	9,13
2029	5,68	1,86	14,54	2,92	53,55	6,76	13,17	1,86
2030	5,54	1,84	14,19	2,89	52,50	6,71	74,68	10,65
2031	5,41	1,82	13,86	2,86	51,15	6,62	11,83	1,71
2032	5,29	1,80	43,32	9,04	63,43	8,30	11,21	1,63
2033	5,17	1,78	13,24	2,79	49,30	6,53	68,48	10,07
2034	5,06	1,76	16,38	2,76	36,51	6,52	22,33	4,42
2035	4,95	1,74	16,03	2,73	35,77	6,45	22,97	4,59
2036	4,85	1,72	50,19	8,65	44,28	8,07	6,25	1,26
2037	4,75	1,70	15,37	2,68	34,39	6,33	5,80	1,18
2038	4,65	1,68	15,06	2,65	33,74	6,27	5,37	1,10
2039	4,55	1,66	14,75	2,62	33,09	6,22	4,91	1,02
Média	**10,96**	**3,35**	**21,67**	**4,55**	**77,43**	**7,19**	**48,62**	**5,44**

As etapas foram somadas para compor os valores finais para cada cenário e cada município. Esses valores não compreendem os valores com transporte.

Os resultados apresentados permitem a comparação dos cenários investigados nesse estudo. Nota-se que, com a eletricidade produzida sendo comercializada no cenário de biometanização, o cenário de tratamento por biodigestão anaeróbia apresentou valores mais baixos por tonelada e por habitante. O cenário de aproveitamento energético do biogás nos últimos anos investigados passou de despesas elevadas para despesas baixas. Isso significa que, o montante de resíduos orgânicos, desviado do aterro e utilizado para a produção de biogás no sistema estimado, consegue gerar eletricidade suficiente para cobrir as despesas. Nesse sentido, novos estudos são necessários para analisar como esse cenário se comporta por mais tempo e com maior quantidade de resíduo orgânico disponível para biometanização.

Os valores apresentados até aqui representam o total de despesas sem o transporte e cenário de tratamento de orgânicos por compostagem descentralizada, que é específico para cada município. A Tabela 32 apresenta as despesas compostas para o município de Analândia, ou seja, os valores apresentados acima somados as despesas com transporte dos resíduos desde Analândia até a central, no bairro de Ajapi, município de Rio Claro.

Tabela 32 – Valores compostos para os custos de transbordo e transporte e para os cenários investigados para o município de Analândia.

Ano	**%**	**%**	**Transbordo e transporte**		**Cenário compostagem descentralizada**		**Cenário compostagem centralizada**		**Cenário biometanização**	
	t	**hab**	**R$/t.a**	**R$/hab.a**	**R$/t.a**	**R$/hab.a**	**R$/t.a**	**R$/hab.a**	**R$/t.a**	**R$/hab.a**
2020	1,8	1,8	640,20	177,79	922,75	503,90	977,86	229,45	1.124,09	254,72
2021	1,9	1,8	99,68	30,10	167,49	79,59	259,48	42,63	161,79	38,99
2022	2,0	1,8	98,20	31,96	161,40	73,68	253,33	44,35	158,00	40,32
2023	2,1	1,8	90,54	31,55	149,80	71,07	241,27	43,78	207,55	43,94
2024	2,2	1,8	83,99	31,15	171,25	68,55	248,92	52,03	182,73	47,80
2025	2,3	1,8	82,89	32,55	132,40	59,98	190,15	44,54	127,83	40,06
2026	2,4	1,8	77,66	32,14	124,76	55,64	182,13	43,99	120,99	39,35
2027	2,5	1,8	73,04	31,75	117,98	53,47	174,88	43,46	114,85	38,77
2028	2,6	1,8	68,94	31,36	143,06	61,31	217,76	51,30	212,52	51,84
2029	2,6	1,8	72,48	34,40	109,02	52,05	146,25	45,94	105,86	41,04
2030	2,7	1,8	243,17	120,11	290,58	154,52	315,41	131,54	337,59	135,48
2031	2,8	1,8	68,77	35,26	99,55	50,70	139,19	46,55	99,88	41,64
2032	2,8	1,8	65,62	34,85	125,21	56,26	177,67	53,99	125,44	47,32
2033	2,9	1,8	62,75	34,45	91,65	49,42	130,45	45,55	149,63	49,10
2034	3,0	1,8	68,65	38,90	91,60	48,80	126,59	49,94	112,41	47,84
2035	3,0	1,8	65,88	38,46	88,32	48,20	122,63	49,39	109,83	47,53
2036	3,1	1,8	63,33	38,04	119,77	53,56	162,65	56,48	124,62	49,67
2037	3,1	1,8	60,97	37,62	82,43	47,04	115,48	48,33	86,88	43,18
2038	3,2	1,8	58,78	37,21	79,79	46,48	112,23	47,82	83,86	42,65
2039	3,2	1,8	56,74	36,81	77,30	45,94	109,13	47,31	80,95	42,12
Média			**110,11**	**45,82**	**167,31**	**84,01**	**220,17**	**60,92**	**191,37**	**59,17**

* % t - % de geração de resíduos em relação ao total gerado nos 6 municípios estudados.
* % hab - % da população em relação à população total dos 6 municípios estudados.

Os valores de porcentagem, que compõem as duas primeiras colunas, são referentes a quanto da geração total de resíduos e da população total da gestão compartilhada é de Analândia. Os altos valores do primeiro ano são referentes à implantação da estação de transbordo e à aquisição de caminhões para o transporte dos resíduos orgânicos e dos resíduos da coleta regular em todos

os municípios. Analândia apresenta os maiores valores por habitante para transporte, pois é o município mais distante de Rio Claro, localizado a 54,6 km de Ajapi.

Os resultados revelaram que, o cenário de compostagem descentralizada apresentou menores valores por tonelada do que os outros cenários de tratamento de orgânicos investigados nessa pesquisa. Contudo, os resultados revelam que, ao analisar os valores por habitante, o cenário de biometanização apresentou os menosres valores estimados,

A Tabela 33 apresenta os custos compostos nesse trabalho para o município de Corumbataí.

Tabela 33– Valores estimados por tonelada e por habitante para os custos de transbordo e transporte e para os cenários investigados para o município de Corumbataí.

Ano	**%**	**%**	**Transbordo e transporte**		**Cenário compostagem descentralizada**		**Cenário Compostagem centralizada**		**Cenário biometanização**	
	t	**hab**	**R$/t.a**	**R$/hab.a**	**R$/t.a**	**R$/hab.a**	**R$/t.a**	**R$/hab.a**	**R$/t.a**	**R$/hab.a**
2020	0,8	1,6	1.336,34	190,23	1.766,98	243,89	1.674,00	241,89	1.820,23	267,16
2021	0,8	1,6	165,89	23,64	329,79	47,45	325,69	36,17	228,00	32,53
2022	0,8	1,6	164,27	23,43	326,15	42,88	319,40	35,81	224,07	31,79
2023	0,8	1,6	162,67	23,22	322,60	40,17	313,40	35,45	279,68	35,61
2024	0,7	1,6	161,11	23,02	350,57	45,70	326,04	43,91	259,86	39,68
2025	0,7	1,6	159,58	22,82	317,03	39,34	266,84	34,81	204,52	30,33
2026	0,7	1,6	158,07	22,62	313,71	36,47	262,55	34,47	201,41	29,83
2027	0,7	1,6	156,60	22,43	310,46	35,54	258,44	34,14	198,41	29,46
2028	0,7	1,6	155,15	22,24	334,40	41,71	303,97	42,19	298,73	42,72
2029	0,7	1,5	153,73	22,06	306,72	34,87	227,50	33,60	187,11	28,69
2030	0,7	1,5	843,50	121,12	1043,42	111,83	915,74	132,56	937,92	136,49
2031	0,7	1,5	150,96	21,69	300,61	34,23	221,38	32,98	182,07	28,07
2032	0,6	1,5	149,61	21,52	327,44	40,13	261,66	40,65	209,43	33,98
2033	0,6	1,5	148,29	21,34	294,78	33,61	216,00	32,44	235,18	35,99
2034	0,6	1,5	146,99	21,17	295,38	33,31	204,93	32,21	190,75	30,11
2035	0,6	1,5	145,71	21,00	292,54	33,01	202,46	31,93	189,66	30,07
2036	0,6	1,5	144,46	20,84	324,26	38,67	243,78	39,28	205,75	32,47
2037	0,6	1,5	143,22	20,67	287,04	32,43	197,73	31,38	169,14	26,23
2038	0,6	1,5	142,01	20,51	284,38	32,15	195,47	31,12	167,09	25,94
2039	0,6	1,5	118,44	20,35	240,04	31,88	170,83	30,85	142,65	25,66
Média			**245,33**	**35,30**	**418,41**	**51,46**	**355,39**	**50,39**	**326,58**	**48,64**

* % t - % de geração de resíduos em relação ao total gerado nos 6 municípios estudados.
* % hab - % da população em relação à população total dos 6 municípios estudados.

O município de Corumbataí está a 14,3 km de Ajapi. Os valores de transporte de Analândia e Corumbataí foram estimados com os dois municípios dividindo as despesas com os caminhões. Corumbataí possui baixa taxa de geração por habitante, por isso apresentou valores elevados para

custos por tonelada. A alta estimativa por tonelada para o município de Corumbataí é devido a baixa geração do município.

Os resultados para despesas por habitante dos três cenários, mostraram que, para esse município, não existem diferenças de valores muito grandes. O cenário de tratamento por biometanização apresentou valores mais baixos, em média, do que os cenários de tratamento por compostagem.

A Tabela 34 apresenta os custos compostos nesse trabalho para o município de Ipeúna.

Tabela 34 – Valores estimados por tonelada e por habitante para os custos de transbordo e transporte e para os cenários investigados para o município de Ipeúna.

Ano	**%**	**%**	**Transbordo e transporte**		**Cenário compostagem descentralizada**		**Cenário Compostagem centralizada**		**Cenário biometanização**	
	t	**hab**	**R$/t.a**	**R$/hab.a**	**R$/t.a**	**R$/hab.a**	**R$/t.a**	**R$/hab.a**	**R$/t.a**	**R$/hab.a**
2020	5,0	2,6	277,14	153,23	498,64	418,36	614,80	204,89	761,03	230,15
2021	5,1	2,6	37,27	21,65	95,67	84,46	197,07	34,18	99,38	30,54
2022	5,3	2,6	34,95	21,24	90,38	69,18	190,08	33,62	94,76	29,60
2023	5,5	2,6	35,17	22,27	85,68	54,64	185,90	34,50	152,18	34,66
2024	5,7	2,6	34,29	22,57	112,90	53,29	199,22	43,46	133,03	39,23
2025	5,8	2,6	32,49	22,17	78,93	40,54	139,75	34,15	77,43	29,68
2026	5,9	2,6	34,37	24,25	78,95	38,57	138,85	36,09	77,71	31,46
2027	6,1	2,7	32,74	23,82	75,62	36,44	134,58	35,54	74,55	30,85
2028	6,2	2,7	31,26	23,42	99,67	42,25	180,08	43,36	174,84	43,89
2029	6,3	2,7	32,42	24,96	72,28	35,08	106,19	36,50	65,80	31,60
2030	6,5	2,7	102,71	81,17	146,31	82,34	174,95	92,60	197,13	96,54
2031	6,6	2,7	29,83	24,15	67,18	33,82	100,25	35,44	60,93	30,53
2032	6,7	2,7	29,58	24,51	95,58	39,44	141,63	43,65	89,40	36,98
2033	6,8	2,7	28,49	24,13	63,64	32,65	96,20	35,22	115,38	38,77
2034	6,9	2,8	29,64	25,63	61,71	32,09	87,58	36,67	73,40	34,57
2035	7,0	2,8	29,95	26,41	59,87	31,56	86,70	37,34	73,90	35,48
2036	7,0	2,8	31,94	28,69	94,98	36,99	131,26	47,13	93,23	40,32
2037	7,1	2,8	30,91	28,27	58,77	30,54	85,42	38,98	56,83	33,83
2038	7,2	2,8	29,95	27,86	57,16	30,05	83,40	38,46	55,03	33,29
2039	7,3	2,8	29,04	27,46	55,61	29,58	81,43	37,96	53,25	32,76
Média			**47,71**	**33,89**	**102,48**	**62,59**	**157,77**	**48,99**	**128,96**	**47,24**

* % t - % de geração de resíduos em relação ao total gerado nos 6 municípios estudados.
*% h - % da população em relação à população total dos 6 municípios estudados.

Ipeúna está localizado a 30,6 km de Ajapi e divide o caminhão de transporte de resíduos da coleta regular com Charqueada. Em Ipeúna, os valores de despesas para o cenário de tratamento de orgânicos por compostagem centralizada apresentou maiores valores por tonelada. No entanto,

apesar dos valores estimados para o cenário de biometanização por tonelada terem sido mais elevados.

A Tabela 35 apresenta os custos compostos nesse trabalho para o município de Charqueada.

Tabela 35 – Valores estimados por tonelada e por habitante para os custos de transbordo e transporte e para os cenários investigados para o município de Charqueada.

Ano	**%**	**%**	**Transbordo e transporte**		**Cenário compostagem descentralizada**		**Cenário compostagem centralizada**		**Cenário biometanização**	
	t	**hab**	**R$/t.a**	**R$/hab.a**	**R$/t.a**	**R$/hab.a**	**R$/t.a**	**R$/hab.a**	**R$/t.a**	**R$/hab.a**
2020	11,3	6,2	174,16	90,04	395,91	280,81	511,82	141,70	658,04	166,97
2021	11,7	6,2	35,63	19,50	109,56	83,99	195,42	32,04	97,74	28,39
2022	12,1	6,2	36,15	20,86	106,14	74,68	191,28	33,24	95,96	29,22
2023	12,5	6,2	34,02	20,62	100,49	72,32	184,75	32,85	151,03	33,00
2024	12,9	6,2	34,82	22,08	126,86	72,75	199,75	42,97	133,56	38,74
2025	13,2	6,2	32,99	21,83	92,15	62,92	140,24	33,82	77,92	29,35
2026	13,6	6,2	33,88	23,34	88,73	59,72	138,36	35,19	77,22	30,55
2027	13,9	6,2	32,27	23,08	84,92	57,62	134,11	34,79	74,08	30,10
2028	14,2	6,2	32,14	23,81	109,87	64,52	180,96	43,76	175,72	44,29
2029	14,4	6,2	34,09	26,12	80,11	55,69	107,86	37,66	67,47	32,76
2030	14,7	6,2	64,10	50,70	110,77	84,50	136,33	62,13	158,51	66,07
2031	15,0	6,2	32,43	26,43	74,96	54,90	102,85	37,72	63,53	32,81
2032	15,2	6,2	32,31	27,10	103,28	61,52	144,36	46,24	92,13	39,57
2033	15,4	6,2	32,46	27,98	71,06	54,67	100,17	39,07	119,34	42,62
2034	15,7	6,1	34,48	30,50	70,62	52,51	92,42	41,54	78,24	39,44
2035	15,9	6,1	33,29	30,19	68,47	51,92	90,04	41,11	77,24	39,25
2036	16,1	6,1	33,39	31,01	100,95	57,29	132,71	49,45	94,68	42,64
2037	16,3	6,1	32,78	31,14	65,02	51,27	87,29	41,85	58,70	36,70
2038	16,5	6,1	32,14	31,20	63,21	50,71	85,59	41,80	57,22	36,63
2039	16,6	6,1	33,15	32,87	62,37	51,13	85,54	43,37	57,37	38,17
Média			**42,03**	**30,52**	**104,27**	**72,77**	**152,09**	**45,62**	**123,29**	**43,86**

* % t - % de geração de resíduos em relação ao total gerado nos 6 municípios estudados.
*% h - % da população em relação à população total dos 6 municípios estudados.

Para o município de Charqueada, os custos estimados para o cenário de tratamento por compostagem descentralizada apresentaram os menores valores por tonelada. Porém, por habitante, o cenário por biometanização foi o que apresentou menores custos em média.

A Tabela 36 apresenta os custos compostos nesse trabalho para o município de Santa Gertrudes. Santa Gertrudes está a 22,5 km do bairro de Ajapi.

Tabela 36 – Valores estimados por tonelada e por habitante para os custos de transbordo e transporte e para os cenários investigados para o município de Santa Gertrudes.

Ano	%	%	Transbordo e transporte		Cenário compostagem descentralizada		Cenário compostagem centralizada		Cenário biometanização	
	t	hab	R$/t.a	R$/hab.a	R$/t.a	R$/hab.a	R$/t.a	R$/hab.a	R$/t.a	R$/hab.a
2020	11,5	9,1	162,50	58,41	355,75	150,20	500,16	110,07	646,39	135,33
2021	11,6	9,2	22,06	8,09	71,87	38,03	181,85	20,62	84,16	16,98
2022	11,7	9,2	21,34	7,97	69,50	30,45	176,47	20,35	81,14	16,33
2023	11,7	9,3	21,14	8,04	67,75	26,75	171,87	20,27	138,15	20,42
2024	11,8	9,3	20,99	8,12	96,44	29,94	185,92	29,00	119,73	24,77
2025	11,9	9,3	20,37	8,00	64,33	20,89	127,63	19,99	65,31	15,52
2026	11,9	9,4	20,21	8,06	62,89	19,95	124,69	19,91	63,55	15,27
2027	12,0	9,4	19,65	7,96	61,12	19,04	121,49	19,67	61,47	14,98
2028	12,0	9,5	19,13	7,85	86,56	25,23	167,95	27,79	162,71	28,33
2029	12,1	9,5	19,55	8,13	59,69	18,41	93,32	19,67	52,93	14,77
2030	12,1	9,5	71,12	29,95	112,28	31,54	143,35	41,39	165,53	45,32
2031	12,2	9,6	19,18	8,18	56,69	17,82	89,60	19,47	50,29	14,56
2032	12,2	9,6	19,07	8,23	85,45	23,76	131,12	27,37	78,89	20,69
2033	12,3	9,7	18,62	8,12	54,34	17,27	86,33	19,22	105,51	22,77
2034	12,3	9,7	19,24	8,48	55,85	17,01	77,18	19,52	63,00	17,42
2035	12,3	9,7	19,07	8,50	54,58	16,76	75,82	19,42	63,02	17,56
2036	12,4	9,8	18,92	8,51	87,87	22,46	118,23	26,95	80,21	20,14
2037	12,4	9,8	18,50	8,40	52,20	16,27	73,01	19,11	44,42	13,96
2038	12,4	9,8	18,11	8,30	51,10	16,04	71,56	18,90	43,19	13,73
2039	12,5	9,9	18,23	8,43	50,01	15,81	70,62	18,93	42,45	13,73
Média			**29,35**	**11,79**	**82,81**	**28,68**	**139,41**	**26,88**	**110,60**	**25,13**

* % t - % de geração de resíduos em relação ao total gerado nos 6 municípios estudados.
% h - % da população em relação à população total dos 6 municípios estudados.

Para o município de Santa Gertrudes, os resultados apontaram os valores por toneladas mais baixos foram para o cenário de compostagem descentralizada, seguidos dos valores estimados para o cenário de biometanização. Em valores por habitante, o cenário de biometanização apresentou os menores valores.

A Tabela 37 apresenta os custos compostos nesse trabalho para o município de Rio Claro. As despesas com transporte foram estimadas para 10 km desde o centro de coleta até o bairro de Ajapi.

Tabela 37– Valores estimados por tonelada e por habitante para os custos de transbordo e transporte e para os cenários investigados para o município de Rio Claro.

Ano	%	%	Transbordo e transporte		Cenário compostagem descentralizada		Cenário compostagem centralizada		Cenário biometanização	
	t	hab	R$/t.a	R$/hab.a	R$/t.a	R$/hab.a	R$/t.a	R$/hab.a	R$/t.a	R$/hab.a
2020	69,7	78,7	70,54	17,80	269,08	98,24	408,20	69,46	546,38	94,72
2021	68,9	78,7	7,94	2,02	62,99	25,39	160,67	14,55	67,61	10,91
2022	68,1	78,6	7,86	2,01	61,73	23,26	156,13	14,39	65,30	10,37
2023	67,4	78,5	7,99	2,06	60,73	21,71	152,06	14,29	122,70	14,44
2024	66,7	78,5	7,87	2,04	90,97	26,93	166,34	22,93	95,35	18,70
2025	66,1	78,5	7,83	2,04	59,72	20,01	108,80	14,03	49,35	9,56
2026	65,5	78,4	7,76	2,04	58,62	18,66	106,11	13,89	47,76	9,25
2027	64,9	78,4	7,66	2,02	57,54	18,09	103,53	13,74	46,22	9,05
2028	64,4	78,3	7,98	2,12	84,02	24,51	150,98	22,06	141,43	22,59
2029	63,8	78,3	7,87	2,10	58,41	17,79	75,97	13,64	35,65	8,74
2030	63,3	78,2	27,57	7,40	78,04	23,74	94,26	18,84	116,51	22,77
2031	62,9	78,2	7,74	2,09	56,45	17,41	72,75	13,38	33,50	8,47
2032	62,4	78,1	7,70	2,09	85,32	23,44	114,46	21,23	50,82	14,55
2033	62,0	78,1	7,64	2,08	54,64	17,04	70,17	13,18	89,42	16,72
2034	61,6	78,1	7,94	2,17	57,56	16,98	60,82	13,21	43,28	11,12
2035	61,2	78,0	7,90	2,17	56,67	16,81	59,69	13,10	43,61	11,24
2036	60,8	78,0	7,86	2,17	90,32	22,59	102,33	20,61	43,35	13,80
2037	60,4	77,9	7,77	2,16	54,93	16,47	57,53	12,86	25,78	7,71
2038	60,1	77,9	7,70	2,15	54,10	16,30	56,51	12,75	25,04	7,58
2039	59,8	77,9	7,68	2,15	53,31	16,15	55,51	12,65	24,31	7,45
Média			**11,94**	**3,14**	**75,26**	**24,08**	**116,64**	**18,24**	**85,67**	**16,49**

* % t - % de geração de resíduos em relação ao total gerado nos 6 municípios estudados. % h - % da população em relação à população total dos 6 municípios estudados.

Os resultados encontrados para Rio Claro mostraram o cenário de tratamento por compostagem centralizada com valores médios mais elevados para despesas por tonelada de resíduo, porém valores por habitante o cenário de biometanização foi o que apresentou os menores resultados.

Ainda, os resultados médios por tonelada e por habitante foram agrupados por cenário para permitir a comparação dos valores estimados por município. As Figuras 29 e 30 mostram os valores médios encontrados para os três cenários investigados para cada um dos seis municípios.

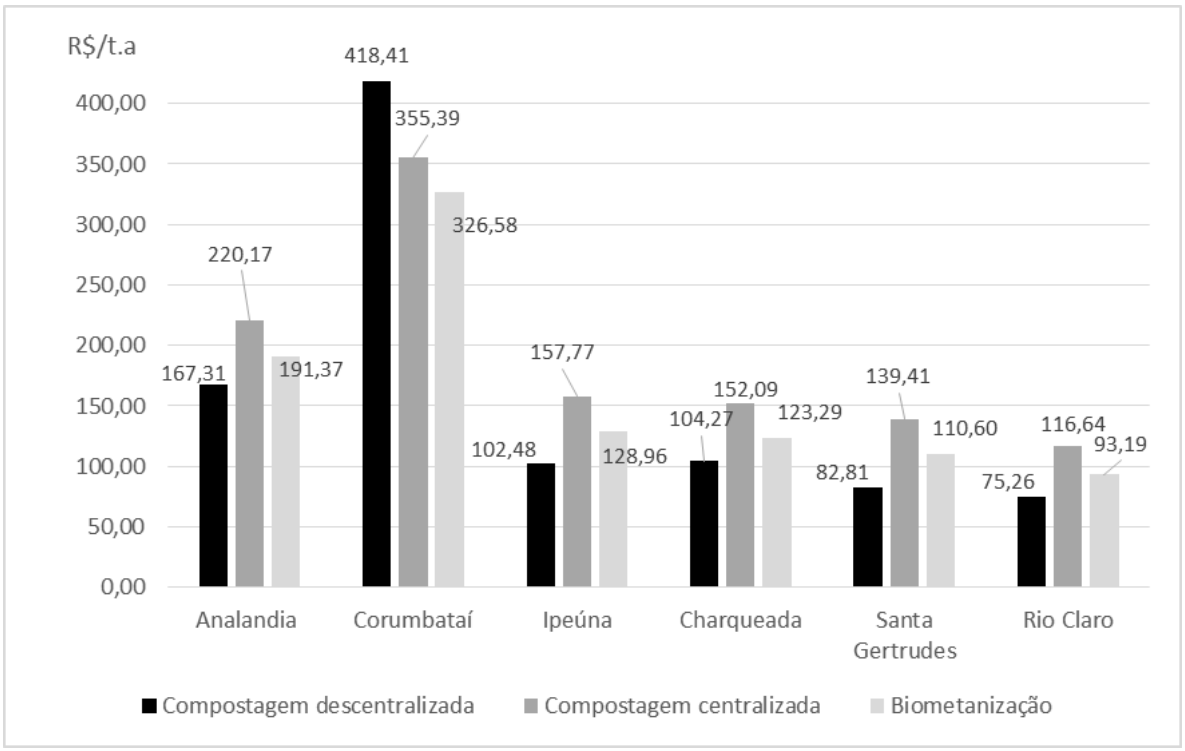

Figura 29 – Valores médios estimados para implantação e operação dos cenários investigados para todos os municípios estudados.

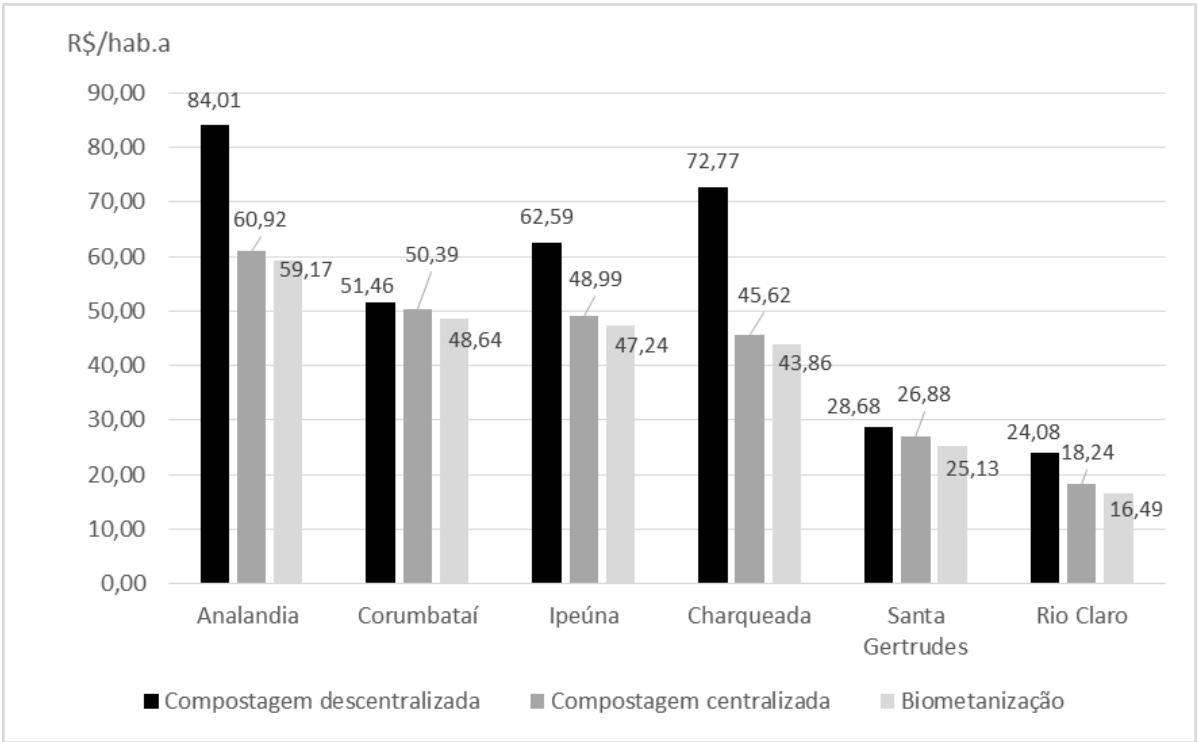

Figura 30 – Valores médios estimados para implantação e operação dos cenários investigados para todos os municípios estudados.

Os resultados médios dos custos por tonelada revelaram valores mais elevados para os municípios com as menores populações, Analândia e Corumbataí. O cenário de compostagem centralizada apresentou os maiores valores por tonelada, exceto para os municípios de Corumbataí e Analândia.

O cenário de compostagem descentralizada apresentou os maiores valores por habitante para todos os municípios. Os cenário de compostagem centralizada e de biometanização apresentaram valores por habitante muito semelhantes para todos os municípios. O município de Rio Claro apresentou os menores valores por tonelada e por habitante, esse município possui 79% da população total dos municípios estudados.

Com os resultados apresentados, foi possível observar que, apesar de ser mais oneroso por tonelada, o cenário de tratamento por biometanização possui a vantagem de produzir eletricidade. Com o aumento da quantidade de resíduos orgânicos desviada para o tratamento, os valores de despesas podem ser cobertos pelas receitas. Nesse sentido, mais estudos são necessários para investigar qual a quantidade de resíduos, ao longo de quanto tempo, é necessária para esse se tornar um investimento lucrativo ao invés de apenas tratar os resíduos.

Também, os cenários de tratamento de resíduos por compostagem centralizada e descentralizada apresentaram valores para a implantação de um sistema simples e de fácil manejo, como solução eficaz para o tratamento dos resíduos orgânicos e da disposição final em aterro sanitário dos resíduos dos municípios investigados. Nesse trabalho, foram propostas soluções reais de aplicação prática para a realidade específica dos municípios, de forma que esses possam ter autonomia e poder de decisão sobre os processos envolvidos com a gestão de resíduos sólidos domiciliares.

De acordo com Relatório FIPE dos aspectos econômicos e financeiros da implantação, da operação e do encerramento de aterros sanitários (2017), a redução dos custos em empreendimentos de maior porte viabiliza o transporte dos resíduos a maiores distâncias, nesse sentido a regionalização dos aterros pode ser uma medida de redução de custos. Esse relatório aponta o valor de R$156,83 por tonelada para a disposição final de resíduos em aterros com capacidade para receber 300 t/d. Naruo (2003) analisou a implantação e operação de aterros para pequenos municípios e encontrou o valor médio ajustado para 2017 de 114,74 R$/t para disposição final de resíduos no estado de São Paulo.

Segundo o relatório do SNIS para o ano de 2015 (MCidades, 2016), os valores de despesas com o manejo dos resíduos sólidos, descontados os custos com a coleta regular, foram de 72,46 R$/hab.ano em Ipeúna, 52,31 R$/hab.ano em Rio Claro e 66,82 R$/hab.ano em Santa Gertrudes, esses valores também incluem outros serviços que não foram contabilizados nessa pesquisa, como coleta seletiva, serviços de poda e capina e limpeza de logradouros. Os valores encontrados nessa pesquisa contemplam a etapa de tratamento e de disposição final, o tratamento dos resíduos pode influenciar os valores

O relatório do SNIS para dados de 2016 (MCidades, 2017) apresenta valor médio de despesas com o manejo dos resíduos sólidos urbanos para a região Sudeste de 136,28 R$/hab.ano e para o Brasil de 121,62 R$/hab.ano. O Relatório da ABRELP de 2017 afirma que, em média, os municípios brasileiros gastaram 124,00 R$/hab.ano com o manejo dos resíduos (ABRELP, 2017). Nesse valor, estão inclusas as despesas com coleta regular, coleta seletiva, poda, capina e serviços de limpeza urbana, além de transporte e disposição final. Nos municípios estudados, em média, 45% do total gasto com o manejo dos resíduos são referentes à coleta regular.

Os valores apresentados nessa pesquisa são referentes a etapa de disposição final e tratamento de resíduos orgânicos, sendo assim, representam estimativas de valores para comparação de diferentes alternativas de gestão de resíduos. Com isso, buscou-se soluções para que os resíduos sólidos urbanos possam ser manejados de maneira mais inteligente e adequada, por meio de tecnologias disponíveis e de possível aplicação se colocadas de forma prática. Pretende-se, com esse trabalho, contribuir com informações sobre possibilidades de manejo dos resíduos de municípios de pequeno porte que, com técnicas de ação simples e com tecnologia disponível no mercado, podem fazer a gestão adequada dos diversos tipos de material de forma que os recursos presentes nos resíduos possam ser circulados no mercado. Contudo, mais estudos são necessários no sentido de analisar e valorar os impactos positivos de realizar o tratamento dos resíduos orgânicos com recuperação de composto e energia.

Para que soluções práticas ocorram, é necessário que exista uma forma de cobrança pelos serviços de manejo dos resíduos. Nesse sentido, a existência de estruturas tarifárias socialmente aceitas e de mecanismos efetivos de cobrança são aspectos chave para a sustentabilidade financeira do sistema (GIZ, 2015). A implementação de instrumentos econômicos capazes de fornecer sustentabilidade para o sistema de gestão de resíduos, é necessária. Para que isso ocorra, a questão dos resíduos deve ser uma prioridade política, de forma que recursos suficientes sejam acessados

pelos departamentos responsáveis, também que os trabalhadores do sistema de gestão sejam adequadamente capacitados e a população deve ser intensamente educada e conscientizada para que haja participação na segregação dos materiais (NAHMAN E GODFREY, 2010). Dessa forma, esse trabalho contribui com informações sobre possibilidades e valores para que os resíduos possam ser encaminhados para o tratamento e adequada disposição final.

Com relação a novos estudos que podem ser realizados a partir dessa pesquisa, destaca-se o valor das despesas com o fechamento da Central de Tratamento e Disposição Final, após os anos de funcionamento. Esses estudos são necessários para que os valores finais de investimentos sejam revelados. Ainda, novos estudos podem avaliar possíveis receitas com o aumento do desvio dos resíduos orgânicos para geração de eletricidade após 20 anos calculados nesse projeto. Outro estudo que pode decorrer dessa pesquisa é a valoração dos benefícios ambientais do tratamento dos resíduos orgânicos e consequente desvio desses resíduos do aterro sanitário.

Com isso, essa pesquisa procurou satisfazer o objetivo de propor soluções para a gestão compartilhada dos resíduos gerados nos município investigados. Desse modo, buscou-se fornecer subsídios para a tomada de decisões dos municípios investigados e, também, de outros municípios com características semelhantes.

6. CONCLUSÕES

Nesse estudo, foram analisadas estratégias para a gestão dos resíduos de cinco pequenos municípios e Rio Claro, cidade de porte médio. A proposta foi desenvolvida de maneira que foram propostas soluções para os seis municípios atuarem em conjunto. Contudo, para que isso seja possível, é necessário que a sociedade regional entenda o sistema de gestão de resíduos urbanos sob uma concepção de responsabilidade participativa, para que seja possível a etapa de segregação dos resíduos orgânicos.

Os resultados obtidos pela etapa de diagnóstico revelaram as condições atuais das práticas de manejo dos resíduos. Os seis municípios têm potencial para realizar a gestão compartilhada de seus resíduos e, assim, diminuir custos, esforços e deter os meios de tratamento e disposição. A segunda etapa gerou resultados referentes a implantação e operação de três diferentes cenários de ação para o tratamento da fração orgânica e para a disposição final dos resíduos dos municípios estudados.

Os indicadores investigados, durante a primeira fase da pesquisa, apontaram para potencialidades e fragilidades das práticas de gestão atuais realizadas nos municípios. Entre os pontos levantados durante a etapa de diagnóstico dessa pesquisa, é possível destacar (1) o baixo atendimento da população rural com coleta regular; (2) a falta de dados e tratamento para os resíduos de poda capina (3) a baixa eficiência das cooperativas de reciclagem; (4) estabelecimentos de comercialização de recicláveis são pequenas empresas familiares, que prestam serviço de importância para o município, não são reconhecidos pelo sistema formal de gestão de resíduos, apesar de exercerem papel chave dentro do sistema, com alta participação no poder de reciclagem dos municípios; (5) modelos de coleta seletiva dentro da área de estudo conseguem atingir altos índices de segregação na fonte (os casos de Corumbataí e Analândia) podem ser melhorados e reproduzidos em outros municípios; (6) ausência de cobrança satisfatória pelos serviços de manejo dos resíduos (7) ausência de consórcio intermunicipal para gestão de resíduos; (8) elevada distância percorrida para aterrar os resíduos (Analândia e Santa Gertrudes).

A segunda fase dessa pesquisa consistiu na proposição de três diferentes cenários para o tratamento dos resíduos orgânicos dos seis municípios estudados. Os cenários foram compostos para realizar o tratamento da fração orgânica, coletada separadamente, de três diferentes maneiras e executar a disposição final dos resíduos provenientes da coleta regular.

O cenário de tratamento de orgânicos por compostagem descentralizada apresentou os maiores valores por habitante para todos os municípios, porém os menores valores por tonelada, exceto para os menores municípios de Analândia e Corumbataí. Os cenários de tratamento de orgânicos por compostagem centralizada e por biometanização apresentaram valores por habitante muito semelhantes, porém a digestão anaeróbia apresentou os valores médios um pouco mais baixos. O cenário de biometanização considerou a comercialização da eletricidade, por isso gerou receitas que diminuíram os custos, especialmente nos últimos anos de projeto quando as metas de desvio dos resíduos orgânicos pela coleta seletiva é maior.

Esses valores indicam que, com prazos mais longos, o cenário de biometanização deve superar o cenário de compostagem. Contudo, o cenário de compostagem não considerou a comercialização do composto gerado no processo, nesse sentido, novos estudos são necessários para avaliar a possibilidade de utilização do composto na agricultura. Os valores por tonelada, no entanto, revelaram valores mais baixos para o cenário de compostagem centralizada, para a maioria dos municípios, exceto Santa Gertrudes e Ipeúna que apresentaram a compostagem descentralizada com menores valores, porém pouca diferença. Corumbataí apresentou elevados valores médios por tonelada para os cenários, esses valores foram influenciados pelos baixos valores dos dados de geração para esse município.

Com os resultados obtidos nessa pesquisa, pretende-se contribuir para trabalhos futuros relacionados a soluções para a gestão compartilhada dos resíduos dos municípios com sede na bacia do rio Corumbataí e municípios com características semelhantes.

7. SUGESTÕES PARA PESQUISAS FUTURAS

Análise da produção e comercialização de composto pelos cenários de tratamento de resíduos orgânicos por compostagem centralizada e descentralizada.

Análise da gravimetria dos resíduos sólidos urbanos gerados nos municípios investigados nesse trabalho.

Avaliação dos cenários estudados para projeções mais longas.

Aplicação da metodologia utilizada em outros municípios.

Levantamento e avaliação de ações para a realização da coleta seletiva de orgânicos.

Análise da inclusão de estações de recebimento de material reciclável nas estações de transbordo.

8. REFERÊNCIAS

ABNT, Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR 10.004/2004. **Resíduos sólidos: classificação**. Rio de Janeiro: ABNT, 2004. 71p.

ABRELP - Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais. **Panorama dos resíduos sólidos no Brasil** – 2017.

ANALÂNDIA - **Prefeitura municipal de Analândia** – portal do cidadão. Disponível em: http://www.analandia.sp.gov.br/historia.html. Acesso em: 07/01/2017.

ANDRADE, M. P. **Eficiência de biodigestores canadenses no tratamento de dejetos suínos em diferentes fases de produção**. Dissertação de Mestrado. Universidade federal de Lavras. Programa de pós graduação de engenharia agrícola. 2018.

APPELS, L.; ASSCHE, A. V.; WILLEMS, K.; DEGRÈVE, J.; IMPE, J. V.; DEWIL, R. Peracetic acid oxidation as an alternative pre-treatment for the anaerobic digestion of waste actived sludge. **Bioresource Technologic**. v.102, p. 4124-4130, 2011.

AQUINO, L. **Subsídios para implantação do processo de compostagem em município de pequeno porte: Estudo de caso em Corumbataí – SP**. Dissertação (Mestrado) –Universidade Federal de São Carlos. Programa de Pós-Graduação em Engenharia Urbana. São Carlos. 2012.

ASASE, M.; YANFUL, E.K.; MENSAH, M; STANFORD, J.; AMPONSAH, S. Comparison of municipal solid waste management systems in Canada and Ghana: A case study of the cities of London, Ontario, and Kumasi, Ghana, **Waste Management**, 29, 2779–2786. 2009.

ASASE, M.A.D. **Solid waste separation at source: A case study of the Kumasi Metropolitan Area**, a thesis submitted to the Chemical Engineering Department, Kwame Nkrumah University of Science and Technology, Kumasi, in partial fulfillment of the requirements for the Degree of Doctor of Philosophy, Faculty of Chemical and Materials Engineering, College of Engineering. 2011.

ASSIS, M.C.; GOMES, V.A.P.; BALISTA, W.C.; FREITAS, R.R. Use of performance indicators to assess the solid waste management of health services. **Anais da Academia Brasileira de Ciências**, v.89, n.3, p.2.445–2.460, 2017.

BANI, M.S., RASHID, Z.A., HAMID, K.H.K., HARBAWI, M.E., ALIAS, A.B., ARIS, M.J. The development of decision support system for waste management: a review. **Word Academy Science, Engineering and Technology**. v.49, p.161–168, 2009.

BELL, R.G.; RUSSELL, C. Environmental policy for developing countries. **Issues in Science and Technology**, v.18, n.3, p.63–70, 2002.

BELOBORODKO, A. ROMAGNOLI, F.; ROSA, M.; DISANTO, C.; SALIMBENI, R.; NAESS KARLSEN, E.; REIME, M.; SCHWAB, T.; MORTENSEN, J.; IBARRA, M.; BLUMBERGA, D. SWOT analysis approach for advancement of waste-to-energy cluster in Latvia. **Energy Procedia.** v.72, p.163–169, 2015.

BLAUBERG, I.V.; SADOVSKY, V.N.; YUDIN, E.G. **Systems theory: philosophical and methodological problems**. Moscou: Progress, 1977.

BOND T.; TEMPLENTON M. R. History and future of domestic biogas plants in the developing world. **Energy for Sustainable development**, p. 347-354, 2011.

BRASIL, Lei nº6.894/1980. Dispõe sobre a inspeção e a fiscalização da produção e do comércio de fertilizantes, corretivos, inoculantes, estimulantes ou biofertilizantes, remineralizadores e substratos para plantas, destinados à agricultura, e dá outras providências. **Diário Oficial do Brasil**. Brasília. 1980.

BRASIL, Decreto 4.954/2004. Aprova o Regulamento da Lei nº 6.894, de 16 de dezembro de 1980, que dispõe sobre a inspeção e fiscalização da produção e do comércio de fertilizantes, corretivos, inoculantes ou biofertilizantes destinados à agricultura, e dá outras providências. **Diário Oficial do Brasil**. Brasília. 2004.

BRASIL, Lei nº11.445/2007. Política Nacional de Saneamento Básico. **Diário Oficial do Brasil**. Brasília. 2007.

BRASIL, Lei nº12.305/2010. Política Nacional de Resíduos Sólidos. **Diário Oficial do Brasil**. Brasília. 2010.

BRASIL, Ministério do Meio Ambiente – MMA. Plano Nacional de Resíduos Sólidos. **Diário Oficial do Brasil**. Brasília. 2012.

BRASIL, Ministério do Meio Ambiente – MMA. Plano Nacional de Saneamento Básico - PLANSAB. **Diário Oficial do Brasil**. Brasília. 2010.

BRASIL, Ministério do Meio Ambiente – MMA. Plano Nacional de Saneamento Básico - PLANSAB. **Diário Oficial do Brasil**. Brasília. 2010.

BUYUKKAMACI, N.; FILIBELI, A. Volatile fatty acid formation in an anaerobic hybrid reactor. **Process Biochemistry**. v.39, p. 1491-1494, 2004.

CASTRO, M.A.O.; SILVA, N.M.; MARCHAND, G.A.E.L.; Desenvolvendo indicadores para gestão sustentável de resíduos sólidos nos municípios de Iranduba, Manacapuru e Novo Airão, Amazonas, Brasil. **Engenharia Sanitária Ambiental**, v.20, n.3, p.515–426, 2015.

CETESB – Companhia Ambiental do Estado de São Paulo. **Inventário Estadual de Resíduos Sólidos Urbanos 2016**. São Paulo, 2017.

CIFRIAN, E.; COZ, A.; VIGURI, J. ANDRES, A. Indicators for Valorisation of Municipal Solid Waste and Special Waste. **Waste and Biomass Valorization**, v.1, p.479–486, 2010.

CHATURVEDI, B. **Cooling agents: The impact on the informal recycling sector on carbon emissions**. Chintan-Environmental, Delhi: India, 2010.

CHUNG, S.S.; LO, C.W.H. Local waste management constraints and waste administrators in China. **Waste Management,** v.28, p.272–281, 2008.

CRUZ, Maria do Carmo M. T. **Consórcios Intermunicipais: uma alternativa de integração regional ascendente**. São Paulo: Polis; Programa Gestão Pública e Cidadania/EAESP/FGV, 2001, 96p.

CUNHA, V.; CAIXETA FILHO, J.V. Gerenciamento da coleta de resíduos sólidos urbanos: estruturação e aplicação de modelo não-linear de programação por metas. **Gestão e Produção**, v.9, n.2, p.143-161, 2002.

DANGI, M. B.; URYNOWICZ, M. A.; BELBAS, S. Characterization, generation and management of household solid waste in Tulsipur, **Nepal. Habitat International**, v.40, p.65-72, 2013.

DESMOND, M. Municipal solid waste management in Ireland: Assessing for sustainability. **Irish Geography**, v.39, n.1, p.22-33, 2015.

DAMÁSIO, J. **Análise do custo de geração de postos de trabalho na economia urbana para o segmento dos catadores de materiais recicláveis**, 2006.

EL-MASHAD, H. M.; ZEEMAN, G.; VAN LOON, W. K. P.; BOT, G. P. A.; LETTINGA, G. Effect of temperature and temperature fluctuation on thermophilic anaerobic digestion of cattle manure. **Bioresource Technology**. v.95, p. 191-201, 2004.

ERIKSSON, O.; CARLSSON, M. R.; FROSTELL, B.; BJORKLUND, A.; ASSEFA, G.; SUNDQVIST, J.O.; GRANATH, J.; BAKY, A.; THYSELIUS, L. Municipal solid waste management from a systems perspective. **Journal of Cleaner Production**. v.13, p.241–252. 2005.

EZEAH, C.; FAZAKERLEY, J.A.; ROBERTS, C.L. Emerging trends in informal sector recycling in developing and transition countries, **Waste Management**, v.33, p.2509–2519, 2013.

FAULHABER, C. R.; RAMAN, D. R.; BURNS, R**.** An Engineering – economic model for analysing dairy olug-flow Anaerobic digester: Cost structure and policy implications. **Agicultural and Biosystems Engineering Publications.** Iowa State University, 2012.

FIESINGER, T. **Quality Assunrance/Quality Control (QA/QC) Plan for noblehurst farms Anaerobic Digester Gas (ADG) System**. Project submitted to New York State Eneergy Research and Development and Noblehurst Farms. 2015.

FIPE – Fundação Instituto de Pesquisas Econômicas. **Aspectos Técnicos/ Econômico-financeiros da implantação, operação e encerramento de aterros sanitários**. Relatório de pesquisa. São Paulo, 2017.

FURLAN, W. **Modelo de decisão para escolha de tecnologia para o tratamento de resíduos sólidos no âmbito de um município**. 240f. Tese (doutorado em Administração) Departamento de Administração da Faculdade de Economia, Administração e Contabilidade, Universidade de São Paulo, São Paulo. (2007).

GARCIA, G.J.; ANTONELLO, S.L.; MAGALHÃES, M.G.M. **Atlas ambiental da bacia do rio Corumbataí**. Universidade Estadual Paulista (UNESP), 2003. Disponível em: <http://hdl.handle.net/11449/148369>.

GHAZINOORY, S.; ABDI, M.; AZADEGAN-MEHR, M. SWOT methodology: a state-of-the-art review for past, a framework for future. **Journal of Business Economics and Management**. v.12, n.1, p.24–48, 2011.

GIZ – Deutsche Gesellschaft fur Internationale Zusammenarbeit. **Operator models. Respecting Diversity. Concepts for sustainable waste management**. Germany, 2013.

GIZ – Deutsche Gesellschaft fur Internationale Zusammenarbeit. **Economic instruments in solid waste management - Applying economic instruments for sustainable solid waste management in lowand middle-income countries.** Germany, 2015.

GÓMEZ, A., ZUBIZARRETA, J., RODRIGUES, M., DOPAZO, C., FUEYO, N. Potential and cost of electricity generation from human and animal waste in Spain. **Renewable Energy**, v.35, p.498–505, 2010.

GRADY, C. P. L. Jr.; DAIGGER, G. T.; LIM, H. C. **Biological Wastewater Treatment**. 2nd Ed., Revised and Expanded, Marcel Dekker, Inc., New York, 1999.

GREENE, K.L.; TONJES, D.J. Quantitative assessments of municipal waste management systems: using different indicators to compare and rank programs in New York State. **Waste Management**, v.34, n°4, p.825-836, 2014.

GRIPP, W. G. **Gerenciamento de resíduos sólidos municipais e os sistemas complexos: a busca da sustentabilidade e a proposta de cobrança da coleta em Santo André-SP.** Tese (Doutorado) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo. 2004.

GUERINI FILHO, M.; LUMI, M.; HASSAN, C.; MARDER, M.; LEITE, L.C.S.; KONRAD, O. Energy recovery from wine sector wastes: a study about the biogas generation potencial in a vineyard from Rio Grande do Sul, Brazil. **Sustain. Energy. Technol**. v. 29, p. 44–49, 2018.

GUERRERO, L.A., MAAS, G., HOGLAND, W. Solid waste management challenges for cities in developing countries. **Waste Management,** v.33, p.220–232. 2013.

GUTBERLT, J. More inclusive and cleaner cities with waste management co-production: insights from participatory epistemologies and methods. **Habitat International**, v.46, p.234–243, 2015.

HERVA, M.; NETO, B, ROC, E. Environmental assessment of the integrated municipal solid waste management system in Porto (Portugal). **Journal of Cleaner Production**. v.70, p.183-193, 2014.

HENRIQUEZ, A. I. M. Análise de ciclo de vida (ACV) de sistemas integrados de tratamento e disposição final de resíduos sólidos urbanos para cidades de médio porte. 157 f. Dissertação, **Mestrado em Engenharia de Energia**. Federal University of Itajubá (MG), Itajubá, 2016.

HOLM-NIELSEN, J. B., AL SEADI, T., OLESKOWICZ-POPIEL P. The future of anaerobic digestion and biogas utilization. **Bioresource Technology**. v.100, p. 5478-5484, 2009.

IBGE CIDADES, 2015. Disponível em: <ftp://ftp.ibge.gov.br/Estimativas_de_Populacao/ Estimativas_2015/estimativa_TCU_2015_20170614.pdf>. Acesso em: 13 nov. 2017.

IBGE CIDADES, 2017. Disponível em: <https://cidades.ibge.gov.br/>. Acesso em: 13 nov. 2017.

IGES – Institute for Global Environmental. **Strategies. 3R Policy Indicator Factsheets.** Asia Resource Circulation Policy Research Group. 2014.

IPEA – Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada. **Pesquisa sobre pagamento por serviços ambientais urbanos para gestão de resíduos sólidos**. Relatório de Pesquisa. Brasília, 2010.

IPEA – Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada. **Diagnóstico dos resíduos sólidos urbanos**. Relatório de Pesquisa. Brasília, 2012.

KIGOZI R.; ABOYADE A. O.; MUZENDA, E. Technology Selection of biogas digester for OFMSW via Multi-criteria decision analysis. **In World Congress on Engineering (WCE 2014)**, London, UK, 2014.

IJGOSSE, J., ANSCHÜTZ, J., SCHEINBERG, A. **Putting Integrated Sustainable Waste Management Into Practice: Using the ISWM Assessment Methodology as Applied in the UWEP Plus Programme (2001–2003)**. Netherlands, 2004.

JACOBI, P. R.; BESEN, G. R. Gestão de resíduos sólidos em São Paulo: desafios da sustentabilidade. **Estudos Avançados**, v.25, 2011.

JALIGOT, R.; WILSON, D.C.; CHEESEMAN, C.R.; SHAKER, B.; STRETZ, J. Applying value chain analysis to informal sector recycling: A case study of the Zabaleen Resources, **Conservation and Recycling**, v.114, p.80–91, 2016.

KATUSIIMEH, M.W.; BURGER, K.; MOL, A.P.J. Informal waste collection and its co-existence with the formal waste sector: The case of Kampala, Uganda. **Habitat International**, v.38, p.1-9, 2013.

KAUFMAN, S.M.; KRISHNAN, N.; THEMELIS, N.J. A screening life cycle metric to benchmark the environmental sustainability of waste management systems. **Environmental Science and Technology**, v.44, p.5949–5955, 2010.

KIGOZI, R.; ABOYADE A. O.; MUZENDA, E. Technology Selection of biogas digester for OFMSW via Multi-criteria decision analysis. **In world Congresso on Engineering (WCE 2014)**, London, UK, 2014.

KIGOZI, R.; ABOYADE A. O.; MUZENDA E. Sizing of an anaerobic biodigester for the organic fraction of municipal solid waste. **Proceedings of the World Congress on Engineering and Computer Science**, v.2, p.22-24, San Francisco, USA, 2014a.

KIM, D.H. OH, S.E. Continuous high-solids anaerobic co-digestion for organic waste under mesophilic conditions. **Waste Management**. v.31, p.1943–1948, 2011.

KOLLIKKATHARA, N.; FENG, H.; STERN, E. A purview of waste management evolution: Special emphasis on USA. **Waste Management**, v.29, p.974-985, 2009.

KUMAR, S.; BHATTACHARYYA, J. K.; VAIDYA, A. N.; CHAKRABARTI T.; DEVOTTA, S.; AKOLKAR, A.B. **Assessment of the status of municipal solid waste management in metro cities, state capitals, class I cities, and class II towns in India: An insight.** Waste Management. 29, 883–895. 2009.

KLUNDERT, A.V.; LARDINOIS, I. **Community and private (formal and informal) sector involvement in municipal solid waste management in developing countries**. Background paper for the UMP workshop, Ittingen, 1995.

LEME, M. M. V. ROCHA, M. H.; LORA, E. E. S.; VENTURINI, O. J.; LOPES, B. M.; FERREIRA, C. H. Techno-economic analysis and environmental impact assessment of energy recovery from municipal solid waste (MSW) in Brazil, **Resource Conservation Recycle**. v. 87, p. 8 -20, 2014.

LI R. P.; GE Y. J.; WANG K. S.; LI X. J.; PANG Y. Z. Characteristics and anaerobic digestion performances of kitchen wastes. **Renew Energy Resour**. v. 28, n. 1, p. 76 – 80, 2010.

LINO, F. A. M; ISMAIL, K, A, R. Municipal Solid Waste as Sustainable Energy Source for Brazil. **International Journalof Energy and Power Engineering.** v.4, n.4, p. 897-204, 2015.

LOPES, A.; LANÇAS, K.P.; FURLANI, C.E.A.; NAGAOKA, A.K.; CASTRO NETO, P.; GROTTA, D.C.C. Consumo de combustível de um trator em função do tipo de pneu, da lastragem e da velocidade de trabalho. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.7, n.2, p.382-386, 2003.

MACIEL FILHO, A.A.; GÓES J.R.C.D.; CANCIO, J.A.; OLIVEIRA, M.L.; COSTA, S.S. **Indicadores de Vigilância Ambiental em Saúde**. In: Informe Epidemiológico do SUS. 1 ed. Brasília: COVAM/CENEPI/FUNASA e OPAS/OMS, Programa de Pós-Graduação em Saneamento, Meio Ambiente e Recursos Hídricos, v. 8, n.3, p.59-66, 1999.

MANCINI, P. J. P. **Uma avaliação do sistema de coleta informal de resíduos sólidos recicláveis no município de São Carlos, SP**. Tese (Doutorado em Hidráulica e Saneamento). Programa de Pós-graduação em Hidráulica e Saneamento, Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos-SP, 1999.

MCidades - Ministério das Cidades. Secretaria Nacional de Saneamento Ambiental – SNSA. Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento - SNIS: **Diagnóstico do Manejo de Resíduos Sólidos Urbanos** – 2015. Brasília: MCIDADES.SNSA, 2017.

MCidades - Ministério das Cidades. Secretaria Nacional de Saneamento Ambiental – SNSA. Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento - SNIS: **Diagnóstico do Manejo de Resíduos Sólidos Urbanos** – 2016. Brasília: MCIDADES.SNSA, 2018.

MEDINA, M. Scavenger cooperatives in asia and Latin America resources. **Conservation Recycle**, v.31, n°1, p.51–69, 2000.

MEIRA, A.M. **Gestão de resíduos da arborização urbana**. Tese (Doutorado em Ciências) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiros”, 2010

MIEZAH K.; OBIRI-DANSO, K; KÁDÁR, Z.; FEI-BAFFOE, B; MENSAH, M.Y. Municipal solid waste characterization and quantification as a measure towards effective waste management in Ghana, **Waste Management**. V.46, p.15–27, 2015.

MMA – Ministério do Meio Ambiente. **Manual para implantação de compostagem e de coleta seletiva no âmbito de consórcios públicos**, Secretaria de Recursos Hídricos e Ambiente Urbano do Ministério de Meio Ambiente/MMA, no âmbito do Projeto Internacional de Cooperação Técnica para a melhoria da gestão ambiental urbana no Brasil, Brasília, 2010.

MMA – Ministério do Meio Ambiente. **A Política Nacional de Resíduos Sólidos**. http://www.mma.gov.br/pol%C3%ADtica-de-res%C3%ADduos-s%C3%B3lidos, acesso em: 28/04/2015.

MONTAÑO, M.; RANIERI, V.E.L.; SCHALCH, V; FONTES, A.T.; CASTRO, M.C.A.A.; SOUZA, M.P. Integração de critérios técnicos, ambientais e sociais em estudos de alternativas locacionais para implantação de aterro sanitário. **Engenharia Sanitária e Ambiental**, v.17, p.61-70, 2012.

MORAES, A.T.C. **Biótopos na Área de Proteção Ambiental da Cuesta de São Pedro e Analândia**. 1985. 180p. Dissertação (Mestrado) – Universidade Estadual Paulista, Rio Claro, 1985.

MORENO, M. T. V. **Manual de Biogás**. Editado por Proyecto CHI/00/G32 “Chile: Remoción de Barreras para la Electrificación Rural con Energías Renovables”. Santiago de Chile, 2011.

MONTORO, S.; SANTOS, D.; DE LUCAS JUNIOR, J. Economic and financial viability of digester use in cattle confinement for beef. **Engenharia Agrícola**. v.37, 353-365, 2017. 10.1590/1809-4430-Eng.Agric.v37n2p353-365/2017.

NAHMAN, A.; GODFREY, L. Economic instruments for solid waste management in South Africa: Opportunities and constraints. **Resources, Conservation and Recycling**, v.54, p.521–531, 2010.

NAS, P. J. M.; JAFFE, R. Informal waste management: shifting the focus from problem to potential. Environment, Development and Sustainability, 6, 337-353. 2004.

NARUO, M.K. **O estudo do consórcio entre municípios de pequeno porte para disposição final de resíduos sólidos urbanos utilizando sistemas de informações geográficas**. Dissertação (Mestrado) – Escola de Engenharia de São Carlos da Universidade de São Paulo. Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil. São Carlos. 2003.

NISHIYAMA, L. **Mapeamento Geotécnico preliminar da quadrícula de São Carlos, SP**. Tese de Doutorado em Geotécnica, Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1991.

NOVICEVIC, M.M.; HARVEY, M.; AUTRY, C. W.; BOND, E. U. Dual-perspective SWOT: a synthesis of marketing intelligence and planning, **Marketing Intelligence & Planning**, v.22, nº1, p.84–94. 2004.

OECD – ORGANIZATION FOR ECONOMIC CO-OPERATION AND DEVELOPMENT. **Organization for economic cooperation and development: core set of indicators for environmental performance reviews; a synthesis report by the group on the state of the environment**, OECD, Paris. 1993.

OECD – ORGANIZATION FOR ECONOMIC CO-OPERATION AND DEVELOPMENT. **Environmental Indicators: Development, Measurement and Use-Reference Paper**, OECD, Paris. 2003.

OLIVA, A.; CHANG, H.K. Mapeamento do lençol freático no município de Rio Claro (SP) empregando a técnica de sondagem elétrica vertical. **Geociências**, v.26, n.1, p.27-34. 2007.

OLIVEIRA, G.B. **Mapeamento de áreas susceptíveis para implantação de aterro sanitário no município de Rio Claro, SP**. (Monografia) Instituto de Geociências e Ciências Exatas – Unesp, Câmpus de Rio Claro, Graduação em Engenharia Ambiental. 2008.

PALATSI, J.; AFFES, R.; FERNANDEZ, B.; PEREIRA, M.A.; ALVES, M.M.; FLOTATS, X. Influence of adsorption and anaerobic granular sludge characteristics on long chain fatty acids inhibition process. **Water Resources**. v.46, p.5268–5278, 2012.

PASSARINI, F.; VASSURA, I.; MONTI, F.; MORSELLI, L.; VILLANI, B. Indicators of waste management efficiency related to different territorial conditions. **Waste Management**, v.31, p.785–792, 2011.

POLAZ, C.N.M. Indicadores de sustentabilidade para gestão de resíduos sólidos urbanos. 2008. 188 f. Dissertação (mestrado em Engenharia Urbana) – Universidade Federal de São Carlos, 2009.

POLAZ, C.M.; TEIXEIRA, B.A.N. Indicadores de sustentabilidade para a gestão municipal de resíduos sólidos urbanos: um estudo para São Carlos (SP). **Engenharia Sanitária Ambiental**, v.14, n.3, p.411-420, 2009.

PNUD, 2010. Disponível em: < http://www.br.undp.org/content/brazil/pt/home/idh0/rankings/idh-global.html>. Acesso em: 13 nov. 2017.

PRC – Prefeitura de Rio Claro. **Plano Municipal de Saneamento Básico – PMSB do Município de Rio Claro – SP**. 2015. Disponível em: http://www.rioclaro.sp.gov.br /planodesaneamento /Parte_08_ResiduosSolidos.pdf, acesso em: 04/05/2015.

PRIBERAM. Dicionário da língua portuguesa. 2018. Disponível em: https://www.priberam.pt/dlpo/res%C3%ADduo, acesso em, 14/06/2018.

QUIROGA, R. M. Indicadores de sostentabilidad y desarrollo sostenible: estado del arte y perspectivas. Santiago de Chile: **División de Medio Ambiente y Asentamientos Humanos/CEPAL**, 13p., 2001.

RAVINDRA, K.; KAMALPREET, K.; MOR, S. System analysis of municipal solid waste management in Chandigarh and minimization practices for cleaner emissions. **Journal of Cleaner Production**, v. 89, 251-256. 2015.

RAMOS, T.B. Sistema de Indicadores e Índices Ambientais [comunicação]. In: **Congresso Nacional dos Engenheiros do Ambiente**, 4, 1997. Portugal. Resumos... Portugal: APEA, p. IV33–IV43, 1997.

REICHERT, G. A. **Apoio à tomada de decisão por meio da avaliação do ciclo de vida em sistemas de gerenciamento integrado de resíduos sólidos urbanos: o caso de Porto Alegre.** 276p. Tese (Doutorado) – Universidade Federal Rio Grande do Sul. Instituto de Pesquisas Hidráulicas. Programa de Pós-Graduação em Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental. Porto Alegre, Brasil. 2013.

ROCHA, C.V.; FARIA, C.A.P. Descentralização e cooperação intermunicipal no Brasil. In: **Congresso Luso-Afro-Brasileiro De Ciências Sociais**, 8, Coimbra/Portugal, 2004. Anais eletrônico, 2004.

SABESP – Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo. Banco de preços de obras e serviços de Engenharia. São Paulo, 2018.

SAMSON, M. Reclaiming Reusable and Recyclable Materials in Africa – A critical review of English language literature. **Women in Informal Employment Globalizing and Organizing (WIEGO)**, Urban Policy Research report, n°16, 2010.

SÁNCHEZ, E.; BORJA, R.; WEILAND, P.; TRAVIESO, L.; MARTÍN, A. Effect of substrate concentration and temperature on the anaerobic digestion of piggery waste in a tropical climate. **Process Biochemirstry**. v.37, p. 483-489, 2001.

SANTIAGO, L.S.; DIAS, S.M.F. Matriz de indicadores de sustentabilidade para a gestão de resíduos sólidos urbanos. **Engenharia Sanitária Ambiental**, v.17, nº2, 203-212, 2012.

SANTOS, A.H.L. **Consórcios intermunicipais de resíduos sólidos: expectativa e realidade nos aspectos de fortalecimento institucional**. 128p. Dissertação (mestrado) – Centro Universitário de Araraquara – UNIARA. Programa de Pós-Graduação em Desenvolvimento Territorial e Meio Ambiente. Araraquara, Brasil. 2016.

SANTOS, R. E.; SANTOS, I. F. S.; BARROS, R. M.; BERNAL, A. P.; FILHO, G. L.T.; SILVA, F. G. B. Generating eletrical energy through urban solid waste in Brazil: An economic and energy comparative analysis. **Journal of Environmental Management**. v. 231, p. 198 – 206, 2019.

SÃO PAULO, Lei Estadual 7.663/1991. Estabelece normas de orientação à Política Estadual de Recursos Hídricos bem como ao Sistema Integrado de Gerenciamento de Recursos Hídricos. **São Paulo**. 1991.

SCHEINBERG, A., SPIES, S., SIMPSON, M.H., MOL P.J. Assessing urban recycling in low- and middle-income countries: Building on modernised mixtures. **Habitat Internationa**l, v.35, p.188-198, 2011.

SCHEINBERG, A. **Informal sector integration and high performance recycling: evidence from 20 cities.** Women in Informal Employment Globalizing and Organizing (WIEGO) Working paper (Urban Policies) No 23, 2012.

SCHEINBERG, A.; SIMPSON, M. A tale of five cities: using recycling frameworks to analyse inclusive recycling performance. **Waste Management Resource**, v.33, p.975–985, 2015.

SCHÜBELER, P. **Conceptual framework for municipal solid waste management in low-income countries**. UMP/SDC Collaborative programme on Municipal Solid Waste Management in Developing Countries. Urban Management Programme (UMP) Working Paper Series, n° 9, Switzerland, 1996.

SEMARH-AL – Secretaria de Estado do Meio Ambiente e dos Recursos Hídricos. **Normas técnicas relacionadas aos resíduos**. Disponível em http://www.residuossolidos.al.gov.br/ legislacao/normas-tecnicas, acesso em: 18/06/2018.

SHARHOLY, M., AHMAD, K., MAHMOOD, G., TRIVEDI, R.C. Municipal solid waste management in Indian cities – A review. **Waste Management**, v.28, p.459–467, 2008.

SILVEIRA, R.C.E.; PHILIPPI, L.S. Consórcios Públicos: uma alternativa viável para a gestão regionalizada de resíduos sólidos urbanos. **Redes**, v.13, n.1, p.205-224, 2008.

SOLTANI, A., HEWAGE, K., REZA, B., SADIQ, R. Multiple stakeholders in multicriteria decision making in the context of municipal solid waste management: a review. **Waste Management**, v.35, p.318-328, 2015.

SOUZA, J.H.; PAULELLA, E.D.; TACHIZAWA, T.; POZO, H. Desenvolvimento de indicadores síntese para o desempenho ambiental. **Saúde e Sociedade**. São Paulo, v.18, n.3, p.500-514, 2009.

SRIVASTAVA, P.K.; KULSHRESHTHA, K.; MOHANTY, C.S.; PUSHPANGADAN, P.; SINGH, A. Stakeholder-based SWOT analysis for successful municipal solid waste management in Lucknow, India. **Waste Management**. v.25, p.531-537. 2005.

STN – **Secretaria do Tesouro Nacional**, 2016. Disponível em: http://www.tesouro. fazenda.gov.br/. Acesso em: 10/10/2017.

STUART, P. **The advantages and disadvantages of anaerobic digestion as a renewable energy source**. Postgraduate Loughborough University. 2006, Acesso em: 23/10/2016. Disponível em: http://www.maths.tcd.ie/~jlennon/miniprojects/biomass.doc.

SUJAUDDIN, M., HUDA, S.M.S., RAFIQUL HOQUE, A.T.M. Household solid waste characteristics and management in Chittagong, Bangladesh. **Waste Management** 28, 1688–1695. 2008.

SUTTIBAK, S.; NITIVATTANANON, V. Assessment of factors influencing the performance of solid waste recycling programs. **Resources, Conservation and Recycling,** v.53, p.45–56, 2008.

TAIWO, A.M. Composting as a sustainable waste management technique in developing countries. **Journal of environmental science and technology**, v.4, n.2, p.93-102, 2011.

TAN S. T.; LEE, C.T.; HASHIM, H.; HO, W. S.; JENG, J. S.. Optimal processes network for municipal solid waste management in Iskandar Malaysia. **Journal of Cleaner Production**. v.71, p.48-58, 2014.

TCHOBANOGLOUS, G.; KREITH, F. **Handbook of solid waste management**. 2ª edição. McGraw-Hill. 2002. 834p.

UN-HABITAT. **Solid waste management in the world´s cities: water and sanitation in the world´s cities**. Earthscan for UN-Habitat. 2010. In A. Scheinberg, C. W. David, & L. Rodic (Eds.). Newcastle-on-Tyne, UK: Earthscan Publications. 2010.

VAN DE KLUNDERT, A.; ANSCHÜTZ, J. **Integrated sustainable waste management – the concept**. In: Scheinberg, A. (Ed.), Integrated Sustainable Waste Management: Set of Five Tools for Decision-makers - Experiences from the Urban Waste Expertise Programme (1995–2001). Netherlands, 2001.

VEIGA, T.B. **Indicadores de sustentabilidade na gestão de resíduos sólidos urbanos e implicações para a saúde humana**. 2014. 261 f. Tese (Doutorado em Ciências) – Escola de Enfermagem de Ribeirão Preto da Universidade de São Paulo. 2014.

VERGARA, S.E.; TCHOBANOGLOUS, G. Municipal solid waste and the environment: a global perspective. **Annual Review of Environment and Resources**. V.37, p.2777-309, 2012.

VON SHIRNDING, E.R. **Indicadores para o estabelecimento de políticas e a tomada de decisão em saúde ambiental**. Minuta para Discussão na Oficina de Indicadores de Saúde e Monitoramento Ambiental. OMS. Rio de Janeiro – Genebra: CNEPI/FUNASA e OPAS, 97p., 1998.

WECKOWICZ, T. E. Ludwig von Bertalanffy (1901-1072): a pioneer of general systems theory. **CSR Working** Paper, n. 89, v. 2, 1989.

WEIHRICH, H. The TOWS Matrix A Tool for Situational Analysis, Long Range Planning v.15, n.2, p.54–66, 1982.

WILLIAMS, R. B.; JENKINS, B. M.; NGUYEN, D. **Solid waste conversion: a review and database of current and emerging technologies**. Berkeley: Interagency Agreement, University of California, Final Report. 2003.

WILSON, D.C.; VELIS, C.; CHEESEMAN, C. Role of informal sector recycling in waste management in developing countries, **Habitat International**, v. 30, p.797–808, 2006.

WILSON, D.C., RODIC, L., SCHEINBERG, A., VELIS, C.A., ALABASTER, G. Comparative analysis of solid waste management in 20 cities. **Waste Management**, 30, 237–254. 2012.

WILSON, D.C.; VELIS, C.A.; RODIC, L. Integrated sustainable waste management in developing countries. Proc. Inst. Civil Eng. **Waste Resource Management**, v.166, p.52–68, 2013.

WILSON, D.C.; RODIC, L.; COWING, M.J.; VELIS, C.A.; WHITEMAN, A.D.; SCHEINBERG, A.; VILCHES, R.; MASTERSON, D.; STRETZ, J.; OELZ, B., 'Wasteaware' benchmark indicators for integrated sustainable waste management in cities. **Waste Management**, v.35, p.329-342, 2015.

YUAN, H. A SWOT analysis of successful construction waste management. **Journal of Cleaner Production**. v.39, p.1-8, 2013.

ZACCARIELLO, L.; CREMIATO, R.; MASTELLONE, M.L. Evalution of municipal solid waste management performance by material flow analysis: approach and case study. **Waste Management and Research**, v.10, p.871-885, 2015.

ZESHAN, K. O. P.; VISVANATHAN, C. Effect of C/N ratio and ammonia-N accumulation in a pilot-scale thermophilic dry anaerobic digester. **Bioresource Technology**, v.133, p. 294-302, 2012.

ZHANG R. H.; EL-MASHAD, H. M.; HARTMAN, K.; WANG F.; LIU G.; CHOATE C.; GLAMBE P. Characterization of food waste as feedstock for anaerobic digestion. **Bioresource Technology**, v. 98, n.4, p.929–935, 2007.

ZHANG L., LEE Y. W.; JAHNG D. Anaerobic co-digestion of food waste and piggery wastewater: focusing on the role of trace elements. **Bioresource Technology**, v.102, p.5048-5059, 2011.

ZHANG C.; SU, H.; TAN T. Batch and semi-continuous anaerobic digetion of food waste in a dual solid-liquid system. **Bioresource Technology**, v.145, p.10-16, 2013.

ZHONG, W.; CHI, L.; LUO, Y.; ZHANG, Z.; WU, W.M. Enhanced methane production from Taihu Lake blue algae by anaerobic co-digestion with corn straw in continuous feed digesters. **Bioresource Technology**. v.134, p.264-70, 2013.

ZHUANG, Y., WU, S.W., WANG, Y.L., WU, W.X., CHEN, Y.X. Source separation of household waste: A case study in China. **Waste Management**, v.28, p.2022–2030, 2008.

APÊNDICE 1 – Informações de base

Para o levantamento dos indicadores selecionados para esse trabalho, foram investigadas algumas informações que serviram de base. O Quadro 1 apresenta os dados gerais dos municípios utilizados para os cálculos dos indicadores.

Quadro 1 – Dados gerais dos municípios

Indicador	Analândia	Charqueada	Corumbataí	Ipeúna	Rio Claro	Santa Gertrudes
População total - 2015(1)	4.731	16.440	4.036	6.914	199.961	24.737
População total - 2017(2)	4.845	16.772	4.054	7.177	202.952	25.637
População urbana - 2015(1)	3.756	14.915	2.181	5.951	195.094	24.474
População urbana – 2017(3)	3.847	15.216	2.191	6.177	198.012	25.364
PIB(4) mil (R$/ano)	135.411	260.101	98.687	588.899	8.455.120	1.344.571
PIB *per capita*(4) (R$/hab. ano)	28.9983,51	15.988,52	24.506,35	86.883,95	42.613,74	64.130,83
IDHM(5)	0,754	0,736	0,754	0,753	0,803	0,737

Fonte: (1) IBGE, 2015; (2) IBGE, 2017; (3) Dados de campo; (4) IBGE, 2014; (5) PNUD, 2010; (6) MC, 2017.

O Quadro 2 apresenta a produção total de resíduos para cada um dos municípios. Esse valor foi calculado a partir da soma dos valores de coleta regular, coleta seletiva e coleta informal.

Quadro 2 – Informações sobre a geração de resíduos.

Informação	Analândia	Charqueada	Corumbataí	Ipeúna	Rio Claro	Santa Gertrudes
Produção total de RSU (t/mês)	87,00	326,40	63,00	232,40	4.747,59	727,88

Fonte: Dados da pesquisa.

O Quadro 3 apresenta as informações selecionadas para a coleta regular.

Quadro 3 – Informações sobre a coleta regular.

Informação	Analândia	Charqueada	Corumbataí	Ipeúna	Rio Claro	Santa Gertrudes
Taxa de coleta regular – (t/mês)	70,0[1]	316,0[2]	52,0[3]	212,0[3]	4.169,5[3]	673,5[3]
Produtividade dos funcionários da coleta regular – (Kg/pessoa.dia)	333,35[1]	ad	664,54[3]	694,89[3]	2.011,31[3]	1.670,43[3]

Fonte: (1) Dados da pesquisa; (2) CETESB, 2016; (3) MC, 2017.

O Quadro 4 apresenta as informações referentes à coleta seletiva praticada nas cidades. Nos municípios de Analândia e Ipeúna, os valores apresentados foram coletados com os praticantes informais que fornecem o serviço em toda a zona urbana.

Quadro 4 – Informações sobre a coleta seletiva.

Informação	Analândia	Charqueada	Corumbataí	Ipeúna	Rio Claro	Santa Gertrudes
Coleta seletiva [1]	Sim	Sim [2]	Sim	Sim	Sim	Sim
Responsável pela coleta seletiva [1]	Empresa de catador	Coopera-tiva[2]	Prefeitura	Catadores cadastrados	Cooperativa	Cooperativa
Cooperativa [1]	Não	Sim [2]	Não	Não	Sim, duas	Sim
Número de trabalhadores da coleta seletiva [1]	4 funcionários	ad	9 funcionários	8 catadores	24 Novo Tempo 40 Cooperviva	10 Coopersanta
Taxa de coleta seletiva frequente 2017 [1] (t/mês)	17,0	ad	11,0	20,4	66,7	8,9
Taxa de coleta seletiva – 2015 [2] – (t/mês)	ad	8,3	7,5	46,9	129,6	8,9
Receita bruta de recicláveis da coleta seletiva – (R$/mês)	8.320,00	ad	6.650,00	14.120,00	46.925,00	13.979,17

Fonte: (1) Dados da pesquisa; (2) MC, 2017.

O Quadro 5 mostra as informações sobre poda, capina e compostagem.

Quadro 5 – Informações sobre poda, capina e compostagem.

Informação	Analândia	Charqueada	Corumbataí	Ipeúna	Rio Claro	Santa Gertrudes
Taxa de resíduo verde (t/mês)	0,60	ad	ad	ad	ad	ad
Disposição do resíduo verde	Terrenos particulares que solicitam	-	Aterro	-	Aterro	Reciclagem por briquetagem
Existência de compostagem (t/mês)	0	0	0	0	0	0

Fonte: Dados da pesquisa.

O Quadro 6 apresenta informações sobre a coleta rural. Com essas informações buscou-se diagnosticar uma deficiência dos sistemas de gestão dos municípios que não possuem coleta rural e, com isso, permitem que grande parte da população não tenha acesso aos serviços de coleta regular e coleta seletiva.

Quadro 6 – Informações sobre a coleta rural.

Informação	Analândia	Charqueada	Corumbataí	Ipeúna	Rio Claro	Santa Gertrudes
Existência de coleta rural	Não	ad	Sim	ad	Sim	Não
Abrangência da coleta rural	0%	ad	20%	ad	100%	-

Fonte: Dados de campo.

Verificou-se que, apenas Rio Claro possui coleta rural em 100% da zona rural, entretanto esse município possui população rural de pouca expressão. Corumbataí possui 45% da população residente na zona rural e somente 20% dessa população têm acesso a coleta regular. Os outros municípios não possuem coleta regular na zona rural.

O Quadro 7 apresenta informações sobre a disposição final.

Quadro 7 – Informações sobre a disposição final.

Informação	Analândia	Charqueada	Corumbataí	Ipeúna	Rio Claro	Santa Gertrudes
Qualidade da disposição final(1)	10,0	7,5	10,0	9,5	8,8	9,8
Distância até a disposição final(2)	123,0	ad	5,0	ad	7,0	70,0
Disposição final(1) (t/dia)	2,66	10,55	1,53	4,25	176,91	17,45

Fonte: (1) CETESB, 2016; (2) Dados da pesquisa.

Nota-se, pelos valores do Quadro 5, que Charqueada possui valor de o IQR mais baixo dos municípios estudados. Também, observa-se que Analândia e Santa Gertrudes transportam os resíduos para serem depositados fora do município.

O Quadro 8 apresenta informações sobre a organização pública da gestão dos resíduos sólidos urbanos.

Quadro 8 – Informações sobre a gestão pública.

Informação	Analândia	Charqueada	Corumbataí	Ipeúna	Rio Claro	Santa Gertrudes
Órgão gestor específico para RSU	Não	Não	Não	Não	Departamento da Sepladema	Não
Plano de manejo dos RSU	Não	Sim	Sim		Sim, em fase de aprovação.	Sim
Consórcio	Não	Não	Não	Não	Não	Não

Fonte: Dados da pesquisa.

Ainda, nota-se que apenas Rio Claro possui departamento especifico para gestão dos resíduos. Também, vê-se que nenhum dos municípios fazem parte de algum consórcio para gestão integrada dos resíduos sólidos.

O Quadro 9 apresenta os dados encontrados para autossuficiência financeira dos sistemas de gestão investigados. Nota-se, que apenas Santa Gertrudes apresentou os dados necessários para investigação da autossuficiência financeira, pois foi o único município que possui cobrança pelo serviço de gestão dos resíduos e também apresentou valores de receita arrecadada.

Quadro 9 – Informações sobre a autossuficiência financeira.

Informação	Analândia	Charqueada	Corumbataí	Ipeúna	Rio Claro	Santa Gertrudes
Cobrança pela coleta regular	Não	Não	Não	Sim	Não	Sim
Receita arrecadada	-	-	-	ad	-	301.241,96
Forma de cobrança	-	-	-	IPTU	-	IPTU
Centro de custo	-	-	-	-	-	Não

Fonte: Dados da pesquisa.

As informações apresentadas nesse item foram utilizadas para compor os indicadores investigados.

APÊNDICE 2 – Entrevista estruturada prefeituras

1- Qual a média mensal da quantidade total coletada pela coleta regular?
2- O Serviço de coleta regular é municipal ou terceirizado?
3- Existe mais algum serviço da gestão de resíduos que é terceirizado?
4- Existe cooperativa para coleta seletiva?
5- Quantos depósitos de compra de material reciclável existem no município?
6- Qual o histórico mensal da quantidade de resíduo de poda e capina?
7- Onde e como o resíduo de poda e capina é disposto?
8- Existe coleta rural (coleta por contêiner)?
9- Qual a abrangência da coleta rural?
10- Existe compostagem sendo feita no município?
11- Qual a taxa de material compostado?
12- Qual a distância do centro de coleta até o aterro sanitário?
13- Qual o histórico mensal da quantidade de resíduos aterrados?
14- Existe órgão gestor específico para resíduos sólidos na prefeitura?
15- Existe plano municipal de gestão integrada de resíduos sólidos, de acordo com a PNRS?
16- Existe consócio estabelecido para gestão de resíduos sólidos?
17- Existe alguma ação (legislação, plano ou tramitação) em andamento para melhora da GRSU?
18- Existe organização, de qualquer tipo, com foco específico em RSU?
19- Qual a despesa total da prefeitura com os serviços de manejo dos resíduos sólidos?
20- Qual o total de arrecadação da prefeitura?
21- Qual o total de despesas da prefeitura?
22- Qual a despesa da prefeitura com serviços de varrição, poda e capina?
23- Existe cobrança pelo serviço de GRSU?
24- Existe um centro de custo para gerir essa receita?

APÊNDICE 3 – Valores e fontes dos itens cotados

Esse Item apresenta os valores cotados no mercado para os itens selecionados para compor os cenários investigados nesse trabalho. Os valores foram coletados no segundo semestre do ano de 2018.

Quadro 1 – Itens e valores cotados para composição dos cenários investigados.

Item	Unid	Média	Preço	Fonte
Aquisição do terreno	m²	4,50	3,81	https://www.imovelweb.com.br/propriedades/sitio-ajapi-rio-claro-sp-293 3206345.html?labs=I-spark-fav-filter-&labs_source=Recomendados_ficha_propiedad_desktop &itemid=2933205815&userid=0. Acessado em 18/11/2018.
			4,82	https://www.imovelweb.com.br/propriedades/sitio-rural-a-venda.-2937715400 .html. Acessado em 18/11/2018.
			4,86	https://www.imovelweb.com.br/propriedades/sitio-jacutinga-rio-claro-sp-2933205 815.html?labs=I-27-i-i-removeTipoCategoria-&labs_source=Recomendados _ficha_propiedad_desktop&itemid=2937715400&userid= 0. Acessado em 18/11/2018.
Acesso, arruamento e estacionamento	m²	200,00	200,00	Sabesp, 2018
área de grama	m²	6,00	6,00	https://produto.mercadolivre.com.br/MLB-989194326-grama-menor-preco-r-130-o-m2-_JM?matt_tool=35632 809&matt_word&gclid=CjwKCAjw04vpBRB3EiwA0Iie aiIt5La3ALiA6Y2ogJZOAddYjH3hvOsgEgr587cgX5Q6s YqTXGWEthoCFPIQAvD_BwE&quantity=1. Acessado em 29/08/2018.
			6,00	https://produto.mercadolivre.com.br/MLB-1043889799-grama-esmeralda-a-partir-r-150-mfrete-p-ponta-grossa-_JM?matt_tool=35632809&matt_word&gclid=CjwKCAj w04vpBRB3EiwA0IieajhC4B9iXefgUTKJhPGO84mgT UmYNrFfl6XwMgshwnnI7H0HEQq2EBoCsFoQAvD_B wE&quantity=1. Acessado em 29/08/2018.
			6,00	https://produto.mercadolivre.com.br/MLB-1149519678-grama-natural-direto-do-produtor--_JM?matt_tool=3563 2809&matt_word&gclid=CjwKCAjw04vpBRB3EiwA0Ii ealIjoGyBuBx06A6Tn7trzPvFhMULTT5YNcI9W6KyK9 WytgvdgGc5tRoCGh4QAvD_BwE&quantity=1. Acessado em 29/08/2018.
Auxiliar administrativo	pessoal	1.448,70	1.448,70	https://www.trabalhabrasil.com.br/media-salarial-para-auxiliar-de-escritorio. Acessado em 22/11/2018.
			1.450,00	https://www.guiadacarreira.com.br/salarios/quanto-ganha-um-auxiliar-administrativo/. Acessado em 22/11/2018.
			1.397,00	https://www.vagas.com.br/cargo/auxiliar-administrativo. Acessado em 22/11/2018.
Auxiliar de pátio	pessoal	1.257,74	1.356,00	https://www.lovemondays.com.br/salarios/cargo/salario-auxiliar-de-patio. Acessado em 22/11/2018.

			1.045,23	https://www.catho.com.br/profissoes/auxiliar-de-patio/. Acessado em 22/11/2018.
			1.372,00	https://www.vagas.com.br/cargo/auxiliar-de-patio. Acessado em 22/11/2018.
Auxiliar de serviços gerais	pessoal	1.167,53	1.208,60	https://www.trabalhabrasil.com.br/media-salarial-para-servente-de-obras. Acessado em 22/11/2018.
			1.392,00	https://www.lovemondays.com.br/salarios/cargo/sp/salario-auxiliar-de-servicos-geais-asg/sao-paulo. Acessado em 22/11/2018.
			902,00	https://www.indeed.com.br/salaries/Auxiliar-de-Servi%C3%A7os-Gerais-Salaries,-S%C3%A3o-Paulo. Acessado em 22/11/2018.
Balança 500 kg	un	2.155,00	2.210,00	http://www.balancasnet.com.br/1-balanca-industrial/eletromecanica-com-coluna/balanca-eletromecanica-500kg-plataf-60x70-mic-500h-micheletti?parceiro=1184&gclid=CjwKCAjwoMPcBRAWEiwAiAqZh3hKY7a1mhQHBd1kTBbobdU-4N9ctKKlAkZoUEgRDtBwxSPoMD6JehoCWNgQAvD_BwE. Acessado em 22/11/2018.
			2.029,99	https://www.submarino.com.br/produto/16712218/mic500h-balanca-plataforma-500-kg-hibrida-sc-micheletti?WT.srch=1&epar=bp_pl_00_go_pla_aic_geral_gmv&gclid=CjwKCAjwoMPcBRAWEiwAiAqZh7GjdCvotq5s0glqofk-RkJcQeNwp0DpoeyepjMvpWU--WU6LNhNCBoCh98QAvD_BwE&opn=XMLGOOGLE&sellerId=23580091000187&voltagem=Bivolt. Acessado em 22/11/2018.
			2.225,00	http://www.balancasnet.com.br/1-balanca-industrial/eletromecanica-sem-coluna/balanca-eletromecanica-500kg-plataf-80x80-mic-500h2-micheletti?parceiro=1184&gclid=CjwKCAjwoMPcBRAWEiwAiAqZh_04wRPr_f4apgNsczmzUr8kr-yEAhzxur8m9n2Z3F65D2IOOvpVeRoCw8EQAvD_BwE. Acessado em 22/11/2018.
Balança rodoviária - marca Líder mod 8500-A 9x3,20 30t	un	42.105,00	42.105,00	Líder balanças via orçamento
Bomba submersa - marca Leão 13cv 440v	un	7.193,83	7.193,83	https://www.meritocomercial.com.br/bomba-para-poco-submersa-leao-r11-20-13-cv-trifasica-440v-p1020466. Acessado em 18/11/2018.
Caçamba - conteiner 26m²	un	18.999,00	18.999,00	https://produto.mercadolivre.com.br/MLB-694159753-cacambas-roll-on-roll-off-conteiner-26-m-reciclagem-_JM?matt_tool=29069208&matt_word&gclid=Cj0KCQiArqPgBRCRARIsAPwlHoXgC_PM4VNeVzJgCtMNd36AlJQCn7vIrfcSAJqVFalIF4kgYoscyogaAh59EALw_wcB&quantity=1. Acessado em 18/11/2018.
Cadastro de propriedades	un	2.349,53	2.349,53	Sabesp, 2018
Caixa d´água 10.000L	un	2.799,00	2.799,00	https://produto.mercadolivre.com.br/MLB-1202983741-caixa-dagua-10000-litros-polietileno-_JM?matt_tool

				=30523108&matt_word&gclid=CjwKCAjw04vpBRB3EiwA0Iieah4ryAEZq4I6pVj5LcBOFcbJ97IjAKtP-zXj65EgkIzGPO3HPl_PURoCVkAQAvD_BwE&quantity=1. Acessado em 18/11/2018.
			2.799,00	https://produto.mercadolivre.com.br/MLB-748627387-caixa-dagua-10000-litros-polietileno-_JM?quantity=1. Acessado em 18/11/2018.
			2.799,00	https://produto.mercadolivre.com.br/MLB-743873397-caixa-dagua-10000-litros-polietileno-_JM?quantity=1. Acessado em 18/11/2018.
Caixa d´água 30.000L	un	13.797,00	13.797,00	https://produto.mercadolivre.com.br/MLB-797278156-caixas-de-agua-30000-litros-_JM. Acessado em 22/11/2018.
Caminhão basculante - Mercedez Benz basculante 2730k	un	311.000,00	311.000,00	http://megapesados.com.br/site/?listings=mercedes-bens-1016-com-guincho-plataforma-65m-2-2. Acessado em 30/08/2018.
Caminhão carreta - Scania p360 cap de carga 11000kg	un	334.584,00	334.584,00	https://www.tabelafipebrasil.com/caminhoes/SCANIA/P-360-A-4X2-2P--DIESEL---E5-. Acessado em 30/08/2018.
Capacete	un	34,51	35,91	https://www.casadooperario.com.br/capacete-msa-v-gard-push-key-ca-498.html?gclid=Cj0KCQiA2o_fBRC8ARIsAIOyQ-kA9fHJmD9XPSPlPD34g8o5FKf5sb97GFubMsmR7cHipLCm6Yjx1VUaAlKFEALw_wcB. Acessado em 18/11/2018.
			31,54	https://www.netsuprimentos.com.br/capacete-v-gard-com-jugular/p?idsku=3711&gclid=Cj0KCQiA2o_fBRC8ARIsAIOyQ-mKAO8oftResSzsG6ZytDA5nRe9f1qpsXIBk6shJoAZ eRJhSlbEEUAaAh-AEALw_wcB. Acessado em 18/11/2018.
			36,09	https://www.netsuprimentos.com.br/capacete-vgard-msa/p?idsku=3767&gclid=Cj0KCQiA2o_fBRC8ARIsAIOyQ-kH3GqZDegNtLIIC769OiXVKD8Jvwzxh-HPTTO2iw1IL vhhIdb_fyQaArvWEALw_wcB. Acessado em 18/11/2018.
Carro de mão	un	276,90	259,90	https://www.americanas.com.br/produto/10747795/carrinho-de-mao-plastico-fundo-110l-77718421-tramontina?DCSext.recom=RR_item_page.rr1-ClickCP&nm_origem=rec_item_page.rr1-ClickCP&nm_ranking_rec=1. Acessado em 30/08/2018.
			242,73	https://www.premierexclusive.com.br/carrinho-de-m-o-cacamba-plastica-extrafunda-110-l-braco-de-madeira-tramontina.html?utm_source=ondecomprar&utm_medium=xml&utm_campaign=tramontina&utm_source=Tramontina&utm_campaign=tramontinaportal_lojavirtual&utm_medium=Portal. Acessado em 30/08/2018.
			328,06	https://www.plenadomus.com.br/carrinho-de-mao-cacamba-plastica-extrafunda-110-l-braco-de-madeira-p9246/?utm_source=Tramontina&utm_campaign=tramon

				tinaportal_lojavirtual&utm_medium=Portal. Acessado em 30/08/2018.
Cerca de tela tipo alambrado - arame galvanizado	m	200,18	200,18	Sabesp, 2018
Compactação de material siltoso caixa	m³	6,34	6,34	Sabesp, 2018
Complemento revolvedor RENOVA 4.5 Ecoagrícola	un	73.000,00	73.000,00	Renova Agrícola via orçamento
Construção de guarita, prédio administrativo, vestiário, almoxarifado, cozinha, refeitório	m²	1.200,00	1.200,00	https://ww2.ibge.gov.br/home/estatistica/indicadores/precos/sinapi/sinapi_201807_1.shtm. Acessado em 22/11/2018.
Desmobilização e limpeza da obra	m²	9,78	9,78	Sabesp, 2018
Diesel	L	3,37	3,37	média ANP 08/20108
Eletricidade sub grupo B2 rural	kwh	0,18	0,18	https://www.elektro.com.br/poder-publico/tarifas-taxas-e-tributos. Acessado em 18/11/2018.
Encarregado	pessoal	1.882,46	2.208,00	https://www.lovemondays.com.br/salarios/cargo/salario-auxiliar-tecnico-de-manutencao. Acessado em 22/11/2018.
			1.555,38	https://www.catho.com.br/profissoes/encarregado-de-patio/. Acessado em 22/11/2018.
			1.884,00	https://www.vagas.com.br/cargo/encarregado-de-patio. Acessado em 22/11/2018.
Engenheiro pleno responsável	pessoal	372.819,20	372.819,20	Sabesp, 2018
Enxada	un	30,02	29,59	https://www.americanas.com.br/produto/14271934/enxada-larga-2-5-libras-com-cabo-simetall?opn=YSMESP&WT.srch=1&loja=71449201000623&epar=bp_pl_00_go_pla_casaeconst_geral_gmv&gclid=Cj0KCQjwiJncBRC1ARIsAOvG-a58Tmza-FTHxdWrZBKexjV281poZrR5_ljDMYwmKlgGbySFKoo8C1gaAvhtEALw_wcB. Acessado em 29/08/2018.
			22,56	https://www.sblar.com.br/enxada-paraboni-8-c-cabo-p19222/?afiliadoid=33&utm_source=google&utm_medium=cpc&utm_content=ENXADA%20PARABONI%208%C2%B4%20C/CABO&utm_campaign=&gclid=Cj0KCQjwiJncBRC1ARIsAOvG-a4V_wilA6heH-0CLyBOaL_fonEMF28D7w0nBSGf0c0C1PDCO7xjbnYaAl1FEALw_wcB. Acessado em 29/08/2018.
			37,90	https://produto.mercadolivre.com.br/MLB-750827072-enxada-larga-tramontina-ccabo-100-mt-_JM. Acessado em 29/08/2018.

Escavação, carga e descarga de material areno-siltoso no corte	m³	7,41	7,41	Sabesp, 2018
Espalhamento de material siltoso em fundo de caixa e diques e compactação com controle do G.C.	m³	7,41	7,41	Sabesp, 2018
Espalhamento/ regularização	m²	1,41	1,41	Sabesp, 2018
Fornecimento e aplicação ½ canas de concreto	m	37,67	37,67	Sabesp, 2018
Fornecimento e espalhamento de brita	m³	137,17	137,17	Sabesp, 2018
Galpão de estrutura metálica com cobertura e impermeabilizaçã o do chão com cimento	m²	276,38	276,38	https://produto.mercadolivre.com.br/MLB-1065794474-galpo-metalico-com-1058m-produto-novo-_JM. Acessado em 22/11/2018.
Garfo	un	33,89	39,90	https://www.casasbahia.com.br/Ferramentas/AcessoriosdeFerramentas/AcessoriosDiversos/garfo-para-pasto-com-cabo-de-madeira-77144444-tramontina-7486878.html?utm_medium=Cpc&utm_source=GP_PLA&IdSku=7486878&idLojista=30976&s_kwcid=AL!427!3!95318451995!!!g!326541768135!&utm_campaign=Ferra_Shopping&ef_id=Wr1GEgAAAEHTKE66:20180829182203:s. Acessado em 29/08/2018.
			26,13	http://www.dutramaquinas.com.br/p/vassoura-metalica-para-grama-regulavel-com-cabo-vd202-31-29-020-200?gclid=Cj0KCQjwiJncBRC1ARIsAOvG-a44Np3Q-fGIXXb1HgPb8xkIpc6ZxKdtX25VPZKSWzqKQNilVAU2WKIaApv2EALw_wcB. Acessado em 29/08/2018.
			35,63	http://www.dutramaquinas.com.br/p/vassoura-metalica-regulavel-22-dentes-com-cabo-de-120-cm-77840-721?gclid=Cj0KCQjwiJncBRC1ARIsAOvG-a46ANjjCrWTNPzS0Xl4raJY1lfON4AyD6oTrHe4DWCDi_ca_m7_dqYaAtTvEALw_wcB. Acessado em 29/08/2018.
Geomembrana de PEAD 2 mm instalada	m²	40,08	40,08	Diprotec Geossintéticos via orçamento
Levantamento de passeios levantados	m	15,09	15,09	Sabesp, 2018
Levantamento Planialtimétrico	un	1.650,96	1.650,96	Sabesp, 2018

Limpeza	pessoal	1.143,11	1.272,74	https://www.trabalhabrasil.com.br/media-salarial-para-auxiliar-de-limpeza. Acessado em 22/11/2018.
			1.248,58	https://www.catho.com.br/salario/action/site/area_geral.php?state=salario&id_area_especifica=358&id_area_geral=70&id_cargo=2180. Acessado em 22/11/2018.
			908,00	https://www.vagas.com.br/cargo/auxiliar-de-limpeza. Acessado em 22/11/2018.
Limpeza de terreno com capina e roçada	m²	2,91	2,91	Sabesp, 2018
Limpeza do terreno com destoca de árvores	m²	2,91	2,91	Sabesp, 2018
Luvas	par	13,30	9,90	https://produto.mercadolivre.com.br/MLB-746364138-uniformes-profissionais-para-sua-empresa-_JM. Acessado em 29/08/2018.
			4,00	https://www.superepi.com.br/luva-de-algodao-s116/. Acessado em 29/08/2018.
			26,00	https://www.elo7.com.br/bone-com-bordado-personalizado-bordado-somente-frente/dp/C73BCE?elo7_source=google_shop&elo7_medium=cpc&elo7_campaign=Shopping-google_shop-cpc-Shopping-Moda_Acessorios&elo7_content=Acessorios&gclid=CjwKCAjwq57cBRBYEiwAdpx0vYwJXoXfo2dCb0ltu70OhjmdzKvHj-okyC_d62oYmYTnTyJ7pgKk3RoCvW8QAvD_BwE. Acessado em 29/08/2018.
Mangueira 30m	un	48,33	38,61	https://www.ferramix.com.br/mangueira-para-jardim-30m-com-conexao-31-21-300-001-nove54-p8652/?afiliadoid=34&utm_source=google&utm_medium=cpc&utm_content=Mangueira%20para%20Jardim%2030m%20com%20Conex%C3%A3o%2031.21.300.001%20Nove54&utm_campaign=&gclid=Cj0KCQjwiJncBRC1ARIsAOvG-a6edRMsjQtpiNnbdV6499tLrLPWoMCIbcVgGe3DOaKohCqI46x_v38aAtqPEALw_wcB. Acessado em 29/08/2018.
			56,99	https://www.lojadomecanico.com.br/produto/14148/33/786/153/Mangueira-Flex-para-Jardim-de-30-Metros-com-Engate-e-Esguicho?gclid=Cj0KCQjwiJncBRC1ARIsAOvG-a6Ad7QHnT-dNAnCSzLvDF5mMefFBKPScB 6c0AOTh2Layj4Tq-KrwAQaAqVKEALw_wcB. Acessado em 29/08/2018.
			49,40	https://produto.mercadolivre.com.br/MLB-1211770886-kit-mangueira-jardim-completo-trancada-silicone-30m-_JM?matt_tool=35632809&matt_word&gclid=Cj0KCQjwvdXpBRCoARIsAMJSKqLqcNGi0fOPIHWUO3kYBx9jmhUJIpCtNCPuzw7eJuv9cHi_7pmtz9AaAl5SEALw_w

				cB&quantity=1&variation=37507343337. Acessado em 29/08/2018.
Motorista	pessoal	1.919,85	2.051,00	https://www.google.com/search?q=motorista+de+caminh%C3%A3o+salario&ie=utf-8&oe=utf-8&client=firefox-b. Acessado em 22/11/2018.
			1.840,22	https://www.salario.com.br/profissao/motorista-de-caminhao-cbo-782510/. Acessado em 22/11/2018.
			1.868,33	https://dissidio.com.br/salario/cbo-782510/motorista-de-caminhao/. Acessado em 22/11/2018.
Motosserra a Gasolina 72,2CC com Sabre de 18 Pol	un	2.584,34	2.155,03	https://www.lojadomecanico.com.br/produto/85355/33/738/153/Motosserra-a-Gasolina-722CC-com-Sabre-de-18-Pol?gclid=CjwKCAjwoMPcBRAWEiwAiAqZhyS8pAcFlzVltmYUgD621keNVhG5g_Ar40MM_Ii1Ftm9EOS6vfG2LxoCjRAQAvD_BwE. Acessado em 29/08/2018.
			2.799,00	https://www.americanas.com.br/produto/8335793/motosserra-a-gasolina-72-2cc-com-sabre-de-18-pol-husqvarna-272xp-18pol?WT.srch=1&epar=bp_pl_00_go_fj_todas_geral_gmv&gclid=CjwKCAjw_b3cBRByEiwAdG8Wqt8Fj1GIZ0Ke5UKUY6g9Gyrv09NLBvk91HGuols6iPezGSNMSxco5hoCSpUQAvD_BwE&opn=YSMESP&sellerId=2669793000161. Acessado em 29/08/2018.
			2.799,00	https://www.submarino.com.br/produto/8335793/motosserra-a-gasolina-72-2cc-com-sabre-de-18-pol-husqvarna-272xp-18pol?WT.srch=1&epar=bp_pl_00_go_g35167&gclid=CjwKCAjwoMPcBRAWEiwAiAqZh39GzEwxvNCJhXvENLE8O1WWdcxyFk6DTJdwbaKhWoVEEVZemnbE4hoC8FsQAvD_BwE&opn=XMLGOOGLE&sellerId=2669793000161. Acessado em 29/08/2018.
Oficina, borracharia, garagem e sala de ferramentas	m²	1.000,00	1.000,00	Sabesp, 2018
Operador de trator	pessoal	2.093,76	2.074,00	https://www.lovemondays.com.br/salarios/cargo/salario-operador-de-trator. Acessado em 22/11/2018.
			1.902,27	https://www.salario.com.br/profissao/operador-de-tratores-diversos-cbo-715125/. Acessado em 22/11/2018.
			2.305,00	https://www.vagas.com.br/cargo/operador-de-trator-de-esteira. Acessado em 22/11/2018.
Pá mecânica	un	240.000,00	240.000,00	Sotreq via orçamento
Pátio com pavimentação asfáltica	m²	17,47	17,47	Sabesp, 2018
Peneira manual	un		27,00	https://produto.mercadolivre.com.br/MLB-1000645004-peneira-para-areia-55cm-dimetro-aro-plastico-telas-_JM. Acessado em 29/08/2018.
			20,28	https://produto.mercadolivre.com.br/MLB-1020429618-peneira-para-areia-55cm-aro-madeira-pmn0855-nove54-_JM. Acessado em 29/08/2018.

			21,47	https://produto.mercadolivre.com.br/MLB-1000645004-peneira-para-areia-55cm-dimetro-aro-plastico-telas-_JM. Acessado em 29/08/2018.
Placa de obra	m²	213,43	213,43	Sabesp, 2018
Poço artesiano	m	500,00	500,00	Portal dos poços via orçamento
Portao de grade metálica	m²	701,89	701,89	Sabesp, 2018
Porteiro	pessoal	1.368,25	1.299,47	https://www.salario.com.br/profissao/porteiro-de-edificios-cbo-517410/. Acessado em 22/11/2018.
			1.429,73	https://www.trabalhabrasil.com.br/media-salarial-para-servente-de-obras. Acessado em 22/11/2018.
			1.375,55	https://dissidio.com.br/salario/cbo-517410/porteiro/. Acessado em 22/11/2018.
Protetor auricular tipo concha	un	18,27	27,37	https://www.netsuprimentos.com.br/protetor-auricular-concha-1426-3m/p?idsku=650&gclid=CjwKCAjwq57cBRBYEiwAdpx0vTBKieQ9bRB6pxwKOQQIDiugHkGbtywHjLs3gE1c5Z-x0FMGV0YWNRoCKXcQAvD_BwE. Acessado em 29/08/2018.
			16,35	https://www.netsuprimentos.com.br/protetor-auricular-concha-atr-2541/p?idsku=2613&gclid=CjwKCAjwq57cBRBYEiwAdpx0vR0xOxbhR83FTm3eq_ka_AsO9o5UkrNJAhDPNDhb5NxSQNovpP997BoCWegQAvD_BwE. Acessado em 29/08/2018.
			11,10	https://www.tecnoferramentas.com.br/protetor-auricular-tipo-concha-13db-referencia-ppa-06-proteplus-2760001/p?idsku=2011845&gclid=CjwKCAjw04vpBRB3EiwA0IieaugK9HURTWUOohQz_Nq7z16te61WN7zK6zNdQShQzIGytKhvY_MKyRoCcGEQAvD_BwE. Acessado em 29/08/2018.
Regularização mecanizada de superfícies	m²	0,54	0,54	Sabesp, 2018
Retroescavadeira	un	240.000,00	240.000,00	Sotreq via orçamento
Segurança - vigilante patrimonial	pessoal	1.756,66	1.932,97	https://www.vigilanciaseguranca.com.br/2017/12/piso-salarial-de-vigilante-2018-tabela.html. Acessado em 22/11/2018.
			1.407,00	https://www.indeed.com.br/salaries/Vigilante-Patrimonial-Salaries,-Campinas-SP. Acessado em 22/11/2018.
			1.930,00	https://www.lovemondays.com.br/salarios/cargo/sp/salario-vigilante-patrimonial/sao-paulo. Acessado em 22/11/2018.
Sistema de segurança	kit	1.614,93	1.689,99	https://www.shoptime.com.br/produto/36250278/kit-dvr-16ch-intelbras-hdcvi-16-cameras-seguranca-1-000-linhas-acessorios-instale-voce-mesmo?WT.srch=1&epar=bp_pl_00_go_pla_casaeconst_geral_gmv&gclid=Cj0KCQiA2o_fBRC8ARIsAIOyQ-l4nMN6hbjoXAcquNLKjPjTeuhGYJ-fjC0ZnU4nUIw6JLtOvLQDOW8aAsgvEALw_wcB&opn

				=GOOGLEXML&sellerId=15200248000173. Acessado em 30/08/2018.
			1.729,90	https://www.americanas.com.br/produto/18731947/kit-dvr-16ch-intelbras-hdcvi-16-cameras-seguranca-1-200-linhas-acessorios-instale-voce-mesmo?WT.srch =1&epar=bp_pl _00_go_pla_casaeconst_geral_gmv& gclid=Cj0KCQiA2o_fBRC8ARIsAIOyQ-kZ6j7S6uZ pePa_rO6lWWOGeO5bc BB9lN6T4ElxH2UgXq8O R7KzOYwaAux9EALw_wcB&opn=YSMESP&sellerId= 10661497000142. Acessado em 30/08/2018.
			1.424,90	https://www.submarino.com.br/produto/18755852/kit-dvr-16ch-intelbras-hdcvi-12-cameras-seguranca-1-200-linhas-acessorios-instale-voce-mesmo?WT.srch= 1&epar=bp_pl _00_go_g35219&gclid=Cj0KCQiA2o_f BRC8ARIsAIOyQ-nJdK2aw0yb017Wi-RtAa0A5 rh2Kx3WR3J32YVCTebw VTApD026Ng8aA kmtEALw_wcB&opn=XMLGOOGLE&sellerId=106614 97000142. Acessado em 30/08/2018.
Termômetro de solo	un	48,39	53,99	https://www.tecnoferramentas.com.br/termometro-digital-tipo-espeto-com-capa-protetora-a-prova-d-agua-45-230-c-divisao-1-c-incoterm-6132/p?idsku=2000632& gclid=Cj0KCQjwiJncBRC1ARIsAOvG-a5h8yyBDILYT ghiBm92 coZweQjWnxwsxDjmeVr TKeehBYfQ6GRU Vy8aAng 0EALw_wcB. Acessado em 29/08/2018.
			45,39	https://produto.mercadolivre.com.br/MLB-975798956-medidor-3x1-ph-umidade-terra-solo-termometro-digital-_JM. Acessado em 29/08/2018.
			45,79	https://produto.mercadolivre.com.br/MLB-1035187378-termometro-analogico-de-temperatura-de-solo-garland-w1000-_JM. Acessado em 29/08/2018.
Transporte de material areno-siltoso	m³.km	2,28	2,28	Sabesp, 2018
Transporte e carga de material de limpeza até 1 km	m³	4,68	4,68	Sabesp, 2018
Transporte e deposição de terra	t	2,28	2,28	Sabesp, 2018
Trator do tipo esteira	un	760.000,00	760.000,00	Sotreq via orçamento
Triturador de resíduos	un	19.706,95	19.836,60	https://www.lojadomecanico.com.br/produto/96068/33/577/153/Triturador-de-Residuos-Organicos-com-Motor-a-Gasolina-135HP-BIO-300?gclid=CjwKCAjw2rjcBRBu EiwAheKeL5NvX5BTivczndIdwHxjTrnJP_A8E5fWdeT zvpezbvbIwtnSWfjbvBoCLRUQAvD_BwE. Acessado em 29/08/2018.
			19.447,65	https://www.magazineluiza.com.br/triturador-a-gasolina-tr-600g-c-motor-16hp-com-bica-curta-trapp-/p/7034

				996/cj/fagr/?partner_id=17268&utm_source=google&seller_id=refercomercio&product_group_id=304686400052&ad_group_id=48543698555&aw_viq=pla&gclid=CjwKCAjw2rjcBRBuEiwAheKeL7qfVNdxwDW_lbdXOFATVIqXFqo6a8TcEJpMW8doBDhM5Ed9aLP8PBoCh8oQAvD_BwE. Acessado em 29/08/2018.
			19.836,60	https://www.americanas.com.br/produto/20339802/triturador-a-gasolina-tr-600g-c-motor-16-hp-com-bica-curta-trapp?WT.srch=1&epar=bp_pl_00_go_pla_aic_geral_gmv&gclid=CjwKCAjw2rjcBRBuEiwAheKeLyXk50qNKd97TtnaImYVEs8BI9I2VIXKwC6gAUEv7EPUvcrw2o7-BxoCUj4QAvD_BwE&opn=YSMESP&sellerId=17952028000121. Acessado em 29/08/2018.
Uniforme - calça, blusa, boné, sapato	un	68,27	53,90	https://produto.mercadolivre.com.br/MLB-746364138-uniformes-profissionais-para-sua-empresa-_JM. Acessado em 30/08/2018.
			63,00	https://produto.mercadolivre.com.br/MLB-981166730-calca-uniforme-profissional-azul-royal-em-brim-_JM. Acessado em 30/08/2018.
			87,90	https://www.superepi.com.br/uniformes-profissionais-s191/ Acessado em 30/08/2018.
Vassoura	un	20,08	21,66	http://www.dutramaquinas.com.br/p/vassoura-tipo-gari-reforcada-cepa-plastica-40-cm?gclid=Cj0KCQjwi JncBRC1ARIsAOvG-a6HyQtFiOAzdoxf4PPLwA6FvL5 yi8o4fGC8AjA7apOzm2AeDNFcYpcaAi2WEALw_wcB. Acessado em 29/08/2018.
			17,67	http://www.dutramaquinas.com.br/p/vassoura-tipo-gari-cepa-de-madeira-37-5-cm-33100?gclid=Cj0KCQ jwiJncBRC1ARIsAOvG-a4Lj-4mQa2yfB-Z0kU aEu0SOI5aT4JYiJVVe0o9p96jLnlIQvTK5HUaAuIv E ALw_wcB. Acessado em 29/08/2018.
			20,90	https://www.ferramentaskennedy.com.br/1627/vassoura-tipo-gari-cepa-plastica-vonder?gclid=Cj0KCQjwi JncBRC1ARIsAOvG-a4dYwEh3t6vjFic6BD W1j4sQ BO8W4IwFQ1JPTvtL5ATinGhoGHe5MMaAtnVE ALw_wcB. Acessado em 29/08/2018.