

---

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL  
INSTITUTO DE PESQUISAS HIDRÁULICAS E ESCOLA DE ENGENHARIA  
CURSO DE ENGENHARIA AMBIENTAL**

---

**BIANCA STANGLER**

**GESTÃO ASSOCIADA A PARTIR DO CONSÓRCIO INTERMUNICIPAL PARA  
GERENCIAMENTO INTEGRADO DE RESÍDUOS SÓLIDOS DOMICILIARES -  
ESTUDO DE CASO TIO HUGO**

Porto Alegre

Dezembro 2012

**BIANCA STANGLER**

GESTÃO ASSOCIADA A PARTIR DO CONSÓRCIO INTERMUNICIPAL PARA  
GERENCIAMENTO INTEGRADO DE RESÍDUOS SÓLIDOS DOMICILIARES -  
ESTUDO DE CASO TIO HUGO

TRABALHO DE CONCLUSÃO  
APRESENTADO AO CURSO DE ENGENHARIA  
AMBIENTAL DA UNIVERSIDADE FEDERAL  
DO RIO GRANDE DO SUL COMO PARTE DOS  
REQUISITOS PARA A OBTENÇÃO DO TÍTULO  
DE ENGENHEIRO AMBIENTAL.

Orientador: Dieter Wartchow

Porto Alegre

Dezembro 2012

**BIANCA STANGLER**

**GESTÃO ASSOCIADA A PARTIR DO CONSÓRCIO INTERMUNICIPAL PARA  
GERENCIAMENTO INTEGRADO DE RESÍDUOS SÓLIDOS DOMICILIARES -  
ESTUDO DE CASO TIO HUGO**

Trabalho de Conclusão de Curso em Engenharia Ambiental da Universidade Federal do Rio Grande do Sul defendido e aprovado em **18/DEZEMBRO/2012** pela Comissão avaliadora constituída pelos professores:

Banca Examinadora:

.....

**Prof. Dr. Dieter Wartchow** - Orientador

.....

**Prof. Me. Darci Barnech Campani** – Departamento de Mecânica

.....

**Engº Paulo Robinson da Silva Samuel** - Mestre em Engenharia pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS)

Conceito:.....

Dedico este trabalho aos meus pais, Rogério e Tânia, por serem meus exemplos de determinação e dedicação.

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço ao Prof. Dieter Wartchow, orientador deste trabalho, pela dedicação, pelo aprendizado, e pelo apoio e incentivo.

Agradeço a Universidade Federal do Rio Grande do Sul e seus professores pelo ensino de qualidade.

Agradeço a minha família que sempre me apoiou, especialmente durante o período do meu Curso de Graduação.

Agradeço a todos que colaboraram para a realização deste trabalho.

## RESUMO

O presente trabalho tem como objetivo geral a elaboração do cenário referente a gestão associada a partir do consórcio intermunicipal para gerenciamento integrado de resíduos sólidos domiciliares, no contexto do Plano Municipal de Saneamento Básico do município de Tio Hugo – Rio Grande do Sul. Além disso, apresenta como objetivos específicos a elaboração de estudos da viabilidade técnica e projeção de custos da gestão associada por meio de um consórcio de intermunicipal para o gerenciamento integrado de resíduos sólidos domiciliares (GIRSD). O estudo foi realizado a partir do Consórcio Municipal de Desenvolvimento do Passo Real (COMDEPAR), integrado por 15 municípios, incluindo Tio Hugo. O cenário da gestão associada foi elaborado considerando as etapas do GIRSD: coleta, transporte, transbordo, tratamento e disposição final ambientalmente adequada dos rejeitos. Foram elaborados três cenários para o GIRSD do COMDEPAR, tendo cada um deles a alternativa A (sem compostagem) e B (com compostagem).

**Palavras-chave:** Resíduos sólidos domiciliares, gestão associada.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1- Etapas gerais do trabalho .....	17
Figura 2 - Localização do município de Tio Hugo .....	18
Figura 3 - Cenário atual da gestão de resíduos sólidos do município de Tio Hugo .....	19
Figura 4 - Municípios do COMDEPAR .....	22
Figura 5 - Caracterização adotada para os resíduos sólidos domiciliares do COMDEPAR ...	24
Figura 6 - Etapas de gerenciamento integrado de resíduos sólidos .....	25
Figura 7 - Municípios do consórcio divididos em setores .....	46
Figura 8 - Cenário 1 de gerenciamento integrado de resíduos sólidos domiciliares do COMDEPAR .....	50
Figura 9 - Cenário 2 de gerenciamento integrado de resíduos sólidos domiciliares do COMDEPAR .....	51
Figura 10 - Cenário 3 de gerenciamento integrado de resíduos sólidos domiciliares do COMDEPAR .....	52

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Municípios integrantes do COMDEPAR .....	21
Tabela 2 - Caracterização da coleta seletiva .....	26
Tabela 3 – Densidade específica aparente do RSD comum compactado e seco solto .....	26
Tabela 4 – Densidade específica aparente do RSD comum descompactado .....	27
Tabela 5 – Custos adotados para elaboração dos cenários do COMDEPAR .....	38
Tabela 6 – Projeção da população total do consórcio para 30 anos, a partir de 2010 .....	41
Tabela 7 – Projeção da produção de resíduos sólidos domiciliares e componentes para os municípios do consórcio .....	43
Tabela 8 – Municípios do consórcio divididos em setores e respectivas distâncias percorridas .....	47
Tabela 9 - Distâncias percorridas para transportar os resíduos sólidos após a coleta até os municípios de Espumoso e Soledade, a partir de cada um dos setores .....	48
Tabela 10 - Distâncias percorridas para transportar os resíduos sólidos do transbordo de Soledade até os municípios de Espumoso e Minas do Leão .....	48
Tabela 11 – Resumo dos cenários de gerenciamento integrado dos RSD do COMDEPAR ..	53
Tabela 12 – Custos da coleta dos RSD do COMDEPAR .....	55
Tabela 13 – Custos do transporte dos RSD do COMDEPAR .....	57
Tabela 14 – Custos da unidade de transbordo para os RSD do COMDEPAR .....	59
Tabela 15 – Custos da central de compostagem para os RSD do COMDEPAR .....	61
Tabela 16 – Custos da central de triagem para os RSD do COMDEPAR .....	63
Tabela 17 – Custos de disposição final dos RSD do COMDEPAR .....	65
Tabela 18 – Custo total dos cenários para o gerenciamento integrado dos RSD do COMDEPAR .....	67
Tabela 19 – Custos para gerenciamento integrado de resíduos sólidos domiciliares de Tio Hugo .....	70



## **LISTA DE SIGLAS**

AMAJA: Associação dos Municípios do Alto do Jacuí

AMASBI: Associação dos Municípios do Alto da Serra do Botucaraí

C.C.: Central de Compostagem

C.T.: Central de Triagem

COMDEPAR: Consórcio Municipal de Desenvolvimento do Passo Real

GIRSD: Gerenciamento Integrado de Resíduos Sólidos Domiciliares

IBGE: Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística

IPH: Instituto de Pesquisas Hidráulicas

PMGIRS: Plano Municipal de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos.

PNRS: Política Nacional de Resíduos Sólidos.

PNSB: Pesquisa Nacional de Saneamento Básico

Pró-Sinos: Consórcio Público de Saneamento Básico da Bacia Hidrográfica do Rio dos Sinos

RSD: Resíduos Sólidos Domiciliares

RSU: Resíduos Sólidos Urbanos

TCE-RS: Tribunal de Contas do Estado do Rio Grande do Sul

U.T.: Unidade de Transbordo

UFRGS: Universidade Federal do Rio Grande do Sul

VPL: Valor Presente Líquido

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO</b>	10
<b>2</b>	<b>OBJETIVOS</b>	11
2.1	OBJETIVOS GERAIS	11
2.2	OBJETIVOS ESPECÍFICOS	11
<b>3</b>	<b>REVISÃO BIBLIOGRÁFICA</b>	12
3.1	LEGISLAÇÃO REFERENTE A GESTÃO DE RESÍDUOS SÓLIDOS	12
3.2	DIFICULDADES NA GESTÃO MUNICIPAL DE RESÍDUOS SÓLIDOS	14
3.3	GESTÃO ASSOCIADA	15
<b>4</b>	<b>METODOLOGIA</b>	17
4.1	CARACTERIZAÇÃO DO MUNICÍPIO DE TIO HUGO	17
4.2	SITUAÇÃO ATUAL DO GERENCIAMENTO DOS RESÍDUOS SÓLIDOS DO MUNICÍPIO DE TIO HUGO	18
4.3	CENÁRIO DA GESTÃO ASSOCIADA A PARTIR DO CONSÓRCIO INTERMUNICIPAL PARA GERENCIAMENTO INTEGRADO DE RESÍDUOS SÓLIDOS DO MUNICÍPIO DE TIO HUGO	19
4.4	METODOLOGIA APLICADA PARA ELABORAÇÃO DOS CENÁRIOS REFERENTES AO CONSÓRCIO INTERMUNICIPAL PARA GERENCIAMENTO INTEGRADO DE RESÍDUOS SÓLIDOS DO MUNICÍPIO DE TIO HUGO	22
4.4.1	Projeção do crescimento populacional dos municípios do consórcio	22
4.4.2	Projeção da produção de resíduos sólidos domiciliares dos municípios do consórcio	23
4.4.3	Etapas do gerenciamento integrado de resíduos sólidos domiciliares do COMDEPAR	24
4.4.4	Custos das etapas do gerenciamento integrado de resíduos sólidos do COMDEPAR	30
4.5	PROJEÇÃO DE CUSTOS PARA GERENCIAMENTO INTEGRADO DE RESÍDUOS SÓLIDOS DOMICILIARES DE TIO HUGO	39
<b>5</b>	<b>APRESENTAÇÃO E ANÁLISE DOS RESULTADOS</b>	40
5.1	PROJEÇÃO DO CRESCIMENTO POPULACIONAL DOS MUNICÍPIOS DO CONSÓRCIO	40

5.2 PROJEÇÃO DA PRODUÇÃO DE RESÍDUOS SÓLIDOS DOMICILIARES DOS MUNICÍPIOS DO CONSÓRCIO .....	42
5.3 ETAPAS DO GERENCIAMENTO INTEGRADO DE RESÍDUOS SÓLIDOS DOS MUNICÍPIOS DO CONSÓRCIO .....	45
<b>5.3.1 Coleta</b> .....	45
<b>5.3.2 Transbordo</b> .....	47
<b>5.3.3 Transporte</b> .....	47
<b>5.3.4 Tratamento</b> .....	48
<b>5.3.5 Disposição final</b> .....	49
5.4 CENÁRIOS .....	49
5.5 PROJEÇÃO DE CUSTOS DAS ETAPAS DO GERENCIAMENTO INTEGRADO DE RESÍDUOS SÓLIDOS DO COMDEPAR .....	54
<b>5.5.1 Coleta</b> .....	54
<b>5.5.2 Transporte</b> .....	56
<b>5.5.3 Transbordo</b> .....	58
<b>5.5.4 Tratamento</b> .....	60
<b>5.5.5 Disposição final</b> .....	64
5.6 PROJEÇÃO DE CUSTO TOTAL DOS CENÁRIOS PARA O GERENCIAMENTO INTEGRADO DOS RESÍDUOS SÓLIDOS DOMICILIARES DO COMDE .....	66
5.7 PROJEÇÃO DE CUSTOS PARA GERENCIAMENTO INTEGRADO DE RESÍDUOS SÓLIDOS DOMICILIARES DE TIO HUGO .....	69
<b>6 CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES</b> .....	72
<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b> .....	74

## 1 INTRODUÇÃO

A gestão dos resíduos sólidos tem se apresentado como um desafio para os municípios brasileiros, principalmente para os de pequeno porte. Existem deficiências no planejamento e no conhecimento técnico para implantação e operação desse sistema. Em muitos casos, a arrecadação do município decorrente do manejo dos resíduos sólidos não é suficiente para cobrir os gastos com tal atividade, sendo necessária a utilização de recursos de outros setores.

É importante mencionar que “A geração de resíduos sólidos e a eficácia de seu manejo e das atividades de limpeza urbana tem influência direta nas condições de salubridade do meio e, conseqüentemente, na saúde da população.” (Brasil, 2009)

Dessa forma, surge a alternativa da gestão associada de resíduos sólidos na modalidade consórcio. Sendo esta, incentivada pelo Governo Federal por meio da Lei nº 12.305, de 2 de agosto de 2010, que instituiu a Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS), a qual estabelece que “Serão priorizados no acesso aos recursos da União [...] os Municípios que: I – optarem por soluções consorciadas intermunicipais para a gestão dos resíduos sólidos [...]” (BRASIL, 2010).

A gestão associada como instrumento de regionalização dos serviços públicos de manejo de resíduos sólidos por meio de consórcios públicos permite racionalizar esforços, integrando o planejamento, a regulação e a prestação dos serviços, reduzindo custos operacionais e minimizando os valores dos investimentos, viabilizando a gestão técnica e a melhoria tecnológica e, conseqüentemente, a sustentabilidade dos serviços prestados com evidentes benefícios para a salubridade ambiental. (Brasil, 2009)

Sendo assim, a partir da elaboração do Plano Municipal de Saneamento Básico do Município de Tio Hugo (2012), Rio Grande do Sul, surge o cenário do consórcio intermunicipal para o gerenciamento integrado de resíduos sólidos.

## **2 OBJETIVOS**

### **2.1 OBJETIVOS GERAIS**

O presente trabalho tem como objetivo geral a elaboração do cenário referente a gestão associada a partir do consórcio intermunicipal para gerenciamento integrado de resíduos sólidos domiciliares, no contexto do Plano Municipal de Saneamento Básico do município de Tio Hugo – Rio Grande do Sul.

### **2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

Apresentam-se como objetivos específicos a elaboração de estudos da viabilidade técnica e projeção de custos da gestão associada por meio de um consórcio de intermunicipal para o gerenciamento integrado de resíduos sólidos domiciliares.

### 3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

No capítulo da revisão bibliográfica serão expostos tópicos importantes para o desenvolvimento do presente trabalho, tais como: legislação referente a gestão de resíduos sólidos, dificuldades na gestão municipal dos mesmos e gestão associada.

#### 3.1 LEGISLAÇÃO REFERENTE A GESTÃO DE RESÍDUOS SÓLIDOS

Nos últimos anos, leis referentes ao manejo de resíduos sólidos foram aprovadas no país, evidenciando a crescente preocupação dos gestores públicos com o aumento da produção dos resíduos sólidos e a destinação ambientalmente correta dos mesmos. Pode-se citar a Lei nº 11.445, de 5 de janeiro de 2007, que estabelece diretrizes nacionais para o saneamento básico e, também, a Lei nº 12.305, de 2 de agosto de 2010, que institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos.

A Lei nº 11.445 (2007), regulamentada pelo Decreto nº 7.217 (2010), no artigo 2º, inciso III, estabelece que um dos princípios fundamentais da prestação dos serviços públicos de saneamento básico é “abastecimento de água, esgotamento sanitário, limpeza urbana e manejo dos resíduos sólidos realizados de formas adequadas à saúde pública e à proteção do meio ambiente;”. A mesma Lei considera, no artigo 3º, inciso I:

saneamento básico: conjunto de serviços, infra-estruturas e instalações operacionais de:

- a) abastecimento de água potável [...]
- b) esgotamento sanitário [...]
- c) **limpeza urbana e manejo de resíduos sólidos**: conjunto de atividades, infra-estruturas e instalações operacionais de coleta, transporte, transbordo, tratamento e destino final do lixo doméstico e do lixo originário da varrição e limpeza de logradouros e vias públicas;
- d) drenagem e manejo das águas pluviais urbanas [...]. (BRASIL, Lei, 2007, grifo nosso).

No artigo 7º da mesma Lei são determinadas as atividades que compõem o serviço público de limpeza urbana e de manejo de resíduos sólidos urbanos:

- I - de **coleta, transbordo e transporte** dos resíduos relacionados na alínea c do inciso I do caput do artigo 3º desta Lei;
- II - de **triagem para fins de reuso ou reciclagem, de tratamento, inclusive por compostagem, e de disposição final** dos resíduos relacionados na alínea c do inciso I do caput do artigo 3º desta Lei;
- III - de varrição, capina e poda de árvores em vias e logradouros públicos e outros eventuais serviços pertinentes à limpeza pública urbana. (BRASIL, Lei, 2007, grifo nosso).

A Lei nº 12.305 (2010), regulamentada pelo Decreto nº 7.404 (2010), que institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS) dispõe “sobre seus princípios, objetivos e instrumentos, bem como sobre as diretrizes relativas à gestão integrada e ao gerenciamento de resíduos sólidos, incluídos os perigosos, às responsabilidades dos geradores e do poder público e aos instrumentos econômicos aplicáveis.”

A PNRS, no seu artigo 5º, expõe que:

A Política Nacional de Resíduos Sólidos integra a Política Nacional do Meio Ambiente e articula-se com a Política Nacional de Educação Ambiental, regulada pela Lei nº 9.795, de 27 de abril de 1999, com a Política Federal de Saneamento Básico, regulada pela Lei nº 11.445, de 2007, e com a Lei nº 11.107, de 6 de abril de 2005. (BRASIL, Lei, 2010).

No seu artigo 3º a PNRS define:

X - gerenciamento de resíduos sólidos: conjunto de ações exercidas, direta ou indiretamente, nas **etapas de coleta, transporte, transbordo, tratamento e destinação final ambientalmente adequada dos resíduos sólidos e disposição final ambientalmente adequada dos rejeitos**, de acordo com plano municipal de gestão integrada de resíduos sólidos ou com plano de gerenciamento de resíduos sólidos, exigidos na forma desta Lei;  
 XI - gestão integrada de resíduos sólidos: conjunto de ações voltadas para a busca de soluções para os resíduos sólidos, de forma a considerar as **dimensões política, econômica, ambiental, cultural e social**, com controle social e sob a premissa do desenvolvimento sustentável; (BRASIL, Lei, 2010, grifo nosso).

A Lei nº 12.305 (2010), artigo 6º, Inciso VIII, define que um dos princípios e objetivos do PNRS é “o reconhecimento do resíduo sólido reutilizável e reciclável como um bem econômico e de valor social, gerador de trabalho e renda e promotor de cidadania;”

O artigo 9º da mesma Lei determina que “Na gestão e gerenciamento de resíduos sólidos, deve ser observada a seguinte ordem de prioridade: não geração, redução, reciclagem, tratamento dos resíduos sólidos e disposição final ambientalmente adequada dos rejeitos.”

A PNRS, no artigo 18, § 1º, define que:

Serão priorizados no acesso aos recursos da União [...] os Municípios que:  
 I - optarem por **soluções consorciadas intermunicipais** para a gestão dos resíduos sólidos, incluída a elaboração e implementação de plano intermunicipal, [...]  
 II - implantarem a **coleta seletiva com a participação de cooperativas ou outras formas de associação de catadores de materiais reutilizáveis e recicláveis** formadas por pessoas físicas de baixa renda. (BRASIL, Lei, 2010, grifo nosso).

Conforme a Lei nº 12.305 (2010), artigo 25, “O poder público, o setor empresarial e a coletividade são responsáveis pela efetividade das ações voltadas para assegurar a observância

da Política Nacional de Resíduos Sólidos e das diretrizes e demais determinações estabelecidas nesta Lei e em seu regulamento.”

### 3.2 DIFICULDADES NA GESTÃO MUNICIPAL DE RESÍDUOS SÓLIDOS

O gerenciamento dos RSU apresenta deficiências graves, com histórico recorrente de ineficiência dos investimentos, constituindo-se uma das tarefas mais desafiadoras da administração pública. Poucos municípios têm uma gestão adequada dos resíduos sólidos que garanta a sustentabilidade dos serviços e a racionalidade da aplicação dos recursos técnicos, humanos e financeiros. (MARTINS, 2012).

De acordo com Martins (2012), as dificuldades comumente encontradas pelos municípios na gestão de resíduos sólidos são:

- Não atendimento da universalidade dos serviços,
- Ausência de coleta continuada em áreas remotas,
- Deposição irregular em pontos fixos (focos de lixo),
- Inexistência de controle da ação de agentes privados,
- Dificuldades gerenciais associadas à carência de recursos humanos,
- Fragilidade da sustentação econômica.

O Tribunal de Contas do Estado do Rio Grande do Sul (TCE-RS) aponta, em seus relatórios de auditoria, diversas inconformidades no gerenciamento de resíduos sólidos, tais como:

- Não implantação da Coleta Seletiva
- Deficiências na realização dos serviços de triagem
- Área de transbordo sem licença ambiental
- Disposição final inadequada dos resíduos
- Aterros com licença de operação vencida
- Manejo de RSSS por empresa sem licença ambiental
- Licitação sem projeto básico ou com projeto básico deficiente
- Ausência ou inconsistências na planilha de composição de preços unitários
- Sobre preço no serviço de coleta de RSU
- Falta de controle da execução do contrato / fiscalização deficiente da prestação dos serviços
- Inexecução parcial do contrato
- Execução dos serviços em desacordo com o contrato
- Relação desbalanceada de dependência
- Restrição de participação de empresas especializadas
- Subcontratação de serviços especializados
- Sobre preços (MARTINS, 2012).



### 3.3 GESTÃO ASSOCIADA

A Lei nº 11.445 (2007), no artigo 3º, inciso II, define gestão associada como “associação voluntária de entes federados, por convênio de cooperação ou consórcio público [...]”

As normas gerais de contratação de consórcios públicos estão dispostas na Lei nº 11.107, de 6 de abril de 2005, regulamentada pelo Decreto nº 6.017 (2007), que no seu artigo 1º define que “O consórcio público constituirá associação pública ou pessoa jurídica de direito privado.”

De acordo com Batista (2011), as etapas da constituição do consórcio público são:

- 1) Identificação de objetivos e interesses comuns
- 2) Elaboração de Estudos de Viabilidade Técnica
- 3) Definição e elaboração do Protocolo de Intenções
- 4) Assinatura do Protocolo de Intenções
- 5) Ratificação do Protocolo de Intenções através de leis municipais aprovadas nas Câmaras Municipais
- 6) Elaboração do Estatuto do Consórcio Público
- 7) Assinatura do Estatuto do Consórcio Público
- 8) Adoção de providências complementares de caráter institucional visando à integração do Consórcio Público no âmbito da Administração Indireta
- 9) Obtenção do Cadastro Nacional de Pessoa Jurídica (CNPJ) e abertura de conta bancária.
- 10) Adoção pelos entes participantes de destinação orçamentária
- 11) Medidas para o funcionamento do Consórcio Público

Os municípios pequenos, quando associados, de preferência com os de maior porte, podem superar as fragilidades da gestão, racionalizar e ampliar a escala no tratamento dos resíduos sólidos, e ter um órgão preparado para administrar os serviços planejados. Assim, consórcios que integrem diversos municípios, com equipes técnicas capacitadas e permanentes serão os gestores de um conjunto de instalações tais como: pontos de entrega de resíduos; instalações de triagem; aterros; instalações para processamento e outras. (MINISTÉRIO, 2012, p. 156)

O consórcio representa ganhos administrativos:

- A gestão associada possibilita reduzir custos
- O ganho de escala no manejo dos resíduos, conjugado à implantação da cobrança pela prestação dos serviços, garante a sustentabilidade econômica dos consórcios e a manutenção de pessoal especializado na gestão de resíduos sólidos [...]
- Controle externo facilitado (MARTINS, 2012).

Como exemplo de consórcio existente no estado no Rio Grande do Sul pode-se citar o Consórcio Público de Saneamento Básico da Bacia Hidrográfica do Rio dos Sinos (Pró-Sinos), que é um:

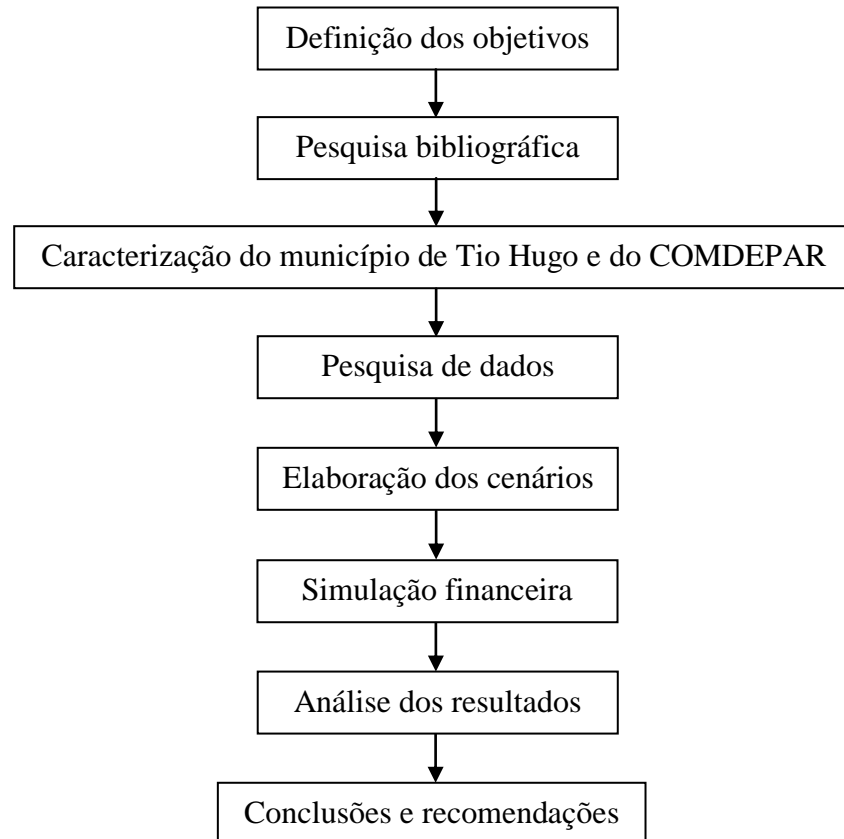
consórcio de direito público formado por até o momento 26 dos 32 municípios que compõem a Bacia do Rio dos Sinos. [...] O Pró-Sinos desenvolve projetos, capta recursos e pode executar obras, serviços e estudos relacionados ao saneamento básico e ambiental na região de sua abrangência. (CONSÓRCIO, 2012).

Dentre as realizações do Pró-Sinos, com financiamento do Fundo Nacional do Meio Ambiente – Governo Federal, pode-se listar: Plano de Saneamento da Bacia do Rio dos Sinos, Plano Regional de Gerenciamento Integrado de Resíduos Sólidos e Programa de Educação Ambiental.

## 4 METODOLOGIA

As etapas gerais deste trabalho estão relacionadas na figura 1, a seguir:

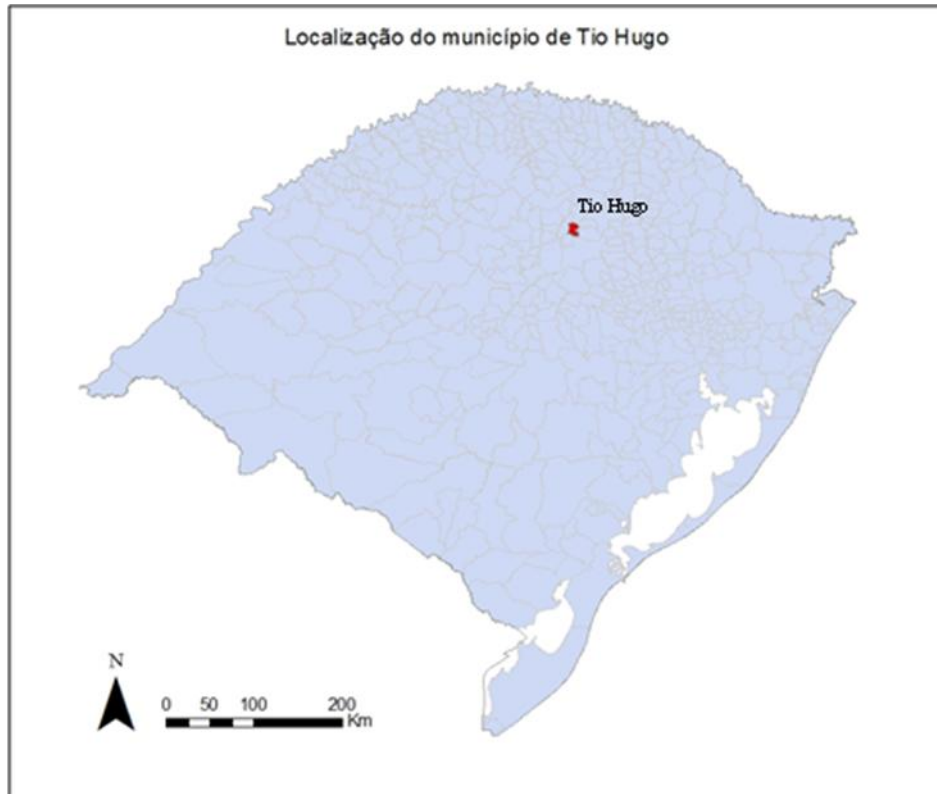
Figura 1 - Etapas gerais do trabalho.



### 4.1 CARACTERIZAÇÃO DO MUNICÍPIO DE TIO HUGO

O município de Tio Hugo (Figura 2) localiza-se no norte do estado do Rio Grande do Sul e pertence à região do Alto da Serra do Botucaraí. Segundo o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (2010), a cidade possui uma população de 2.724 habitantes, sendo 43,5% dos endereços residentes na área urbana e 56,5% na área rural.

Figura 2 – Localização do município de Tio Hugo



#### 4.2 SITUAÇÃO ATUAL DO GERENCIAMENTO DOS RESÍDUOS SÓLIDOS DO MUNICÍPIO DE TIO HUGO

Atualmente a coleta, o transporte e a disposição final dos resíduos sólidos urbanos (domiciliares e de limpeza urbana) do município de Tio Hugo são realizados por uma empresa terceirizada. O veículo coletor transporta os resíduos sólidos urbanos (RSU) para uma central de triagem localizada no município de Mormaço, distante aproximadamente 20 quilômetros (km) da zona urbana de Tio Hugo. Os resíduos secos são separados de acordo com o tipo de material, prensados em fardos e, em seguida, comercializados. Os rejeitos provenientes da triagem são conduzidos para um aterro sanitário localizado na cidade de Minas do Leão, distante 230 km do local de triagem. Este cenário pode ser visualizado no Figura 3.

Figura 3 - Cenário atual da gestão de resíduos sólidos do município de Tio Hugo.



Fonte: PLANO MUNICIPAL DE SANEAMENTO BÁSICO DO MUNICÍPIO DE TIO HUGO, 2012

De acordo com o Plano Municipal de Saneamento Básico (PNSB) do Município de Tio Hugo (2012), este cenário não gera renda no município. Estima-se que a quantidade de resíduos sólidos domiciliares coletados e submetidos a uma triagem e/ou tratamento através de sua disposição em aterro sanitário é de 0,5244 kg/habitante.dia.

#### 4.3 CENÁRIO DA GESTÃO ASSOCIADA A PARTIR DO CONSÓRCIO INTERMUNICIPAL PARA GERENCIAMENTO INTEGRADO DE RESÍDUOS SÓLIDOS DO MUNICÍPIO DE TIO HUGO

O cenário da gestão associada a partir do consórcio intermunicipal para gerenciamento integrado de resíduos sólidos do município de Tio Hugo caracteriza-se pela constituição de

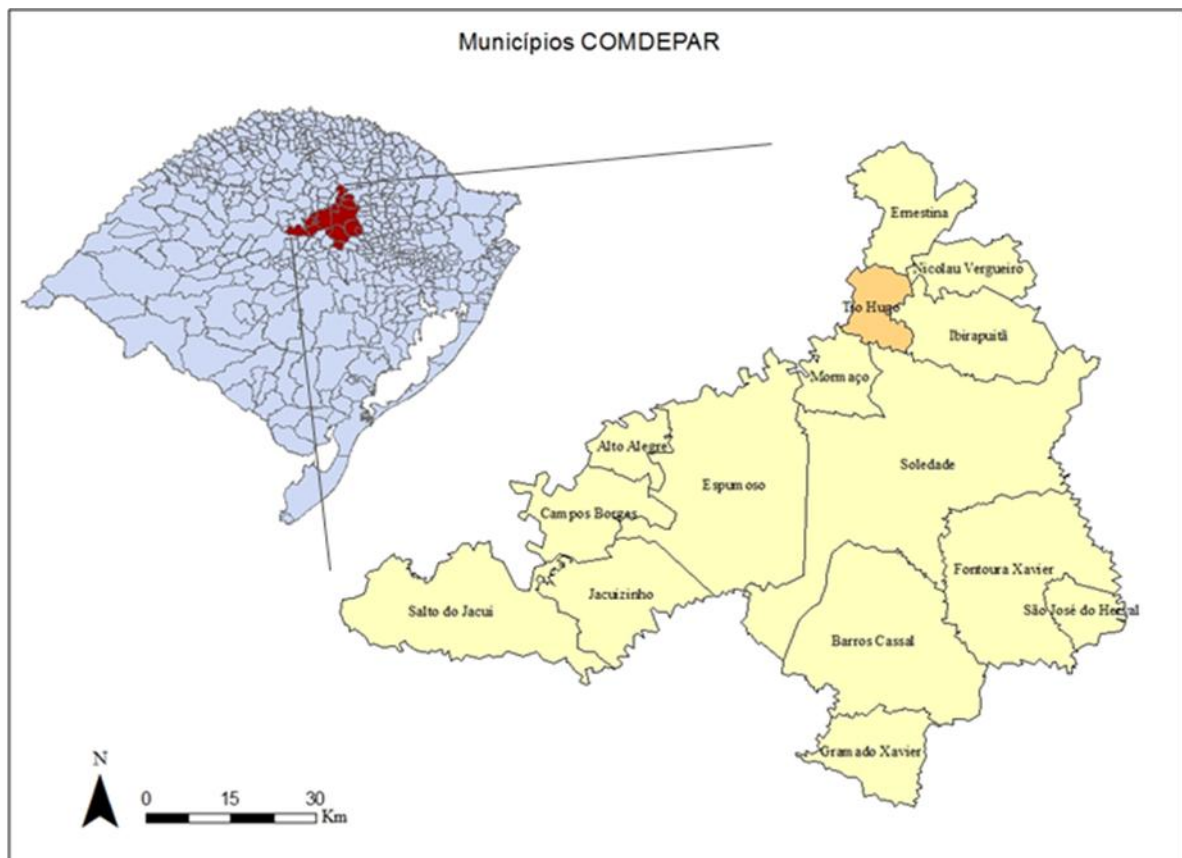
um consórcio público de municípios para o gerenciamento integrado de resíduos sólidos. Na região onde está localizado o município de Tio Hugo existe o Consórcio Municipal de Desenvolvimento do Passo Real (COMDEPAR), que ainda está sendo integrado por novos municípios. De acordo com o estatuto do COMDEPAR, um dos seus objetivos é realizar gestão associada na área de resíduos sólidos.

O COMDEPAR foi fundado em agosto de 2009, pelos municípios de Alto Alegre, Campos Borges, Espumoso, Jacuizinho e Salto do Jacuí. No ano de 2012, outros dez municípios, pertencentes à AMASBI (Associação dos Municípios do Alto da Serra do Botucaraí), assinaram o protocolo de intenções do COMDEPAR, inclusive Tio Hugo. Destes últimos dez, sabe-se que um município ainda não ratificou o Contrato de Programa na sua Câmara Municipal. Porém, neste trabalho o município referido será considerado como integrante do consórcio. Mais 14 municípios, alguns integrantes da AMAJA (Associação dos Municípios do Alto do Jacuí), pretendem assinar o protocolo de intenções. Em face disto, estes últimos não serão considerados. Dessa forma, o objeto de estudo neste trabalho dirá respeito a apenas 15 municípios, cinco fundadores e dez integrantes da AMASBI. A lista com os nomes dos municípios e suas populações, de acordo com o IBGE (INSTITUTO, 2010), está na tabela 1 e a localização dos mesmos consta na Figura 4.

Tabela 1 – Municípios integrantes do COMDEPAR

	<b>Nome do município</b>	<b>Total da população 2010 (habitantes)</b>
1	Alto Alegre	1.848
2	Barros Cassal	11.133
3	Campos Borges	3.494
4	Ernestina	3.088
5	Espumoso	15.240
6	Fontoura Xavier	10.712
7	Gramado Xavier	3.970
8	Ibirapuitã	4.061
9	Jacuizinho	2.507
10	Mormaço	2.749
11	Nicolau Vergueiro	1.721
12	Salto do Jacuí	11.880
13	São José do Herval	2.204
14	Soledade	30.065
15	Tio Hugo	2.724
	<b>Total</b>	<b>107.396</b>

Figura 4 – Municípios do COMDEPAR



#### 4.4 METODOLOGIA APLICADA PARA ELABORAÇÃO DOS CENÁRIOS REFERENTES AO CONSÓRCIO INTERMUNICIPAL PARA GERENCIAMENTO INTEGRADO DE RESÍDUOS SÓLIDOS DO MUNICÍPIO DE TIO HUGO

##### 4.4.1 Projeção do crescimento populacional dos municípios do consórcio

A projeção do crescimento populacional dos municípios integrantes do consórcio foi elaborada para um período de 30 anos, a partir do ano de 2010 – último levantamento de dados do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE).

Na projeção do crescimento populacional dos municípios pertencentes ao consórcio, utilizou-se a taxa de crescimento anual do estado do Rio Grande do Sul, que é de 0,49% (IBGE, 2012), pois ao se calcular esta taxa apenas para os municípios do consórcio, nos anos compreendidos entre de 2000 e 2010 (com dados populacionais do IBGE), encontra-se uma taxa de crescimento muito pequena (0,02% ao ano). Optou-se por utilizar a taxa referente ao estado do Rio Grande do Sul para evitar uma subestimação da população.



#### **4.4.2 Projeção da produção de resíduos sólidos domiciliares dos municípios do consórcio**

A projeção da produção de Resíduos Sólidos Domiciliares (RSD) dos municípios do consórcio foi elaborada utilizando o valor de produção per capita diagnosticada no município de Tio Hugo (0,5244 kg/hab.dia).

De acordo com GABIATTI (2006), a produção de Resíduos Sólidos Urbanos (RSU) per capita é 0,511 kg/hab.dia, no estado do Rio Grande do Sul.

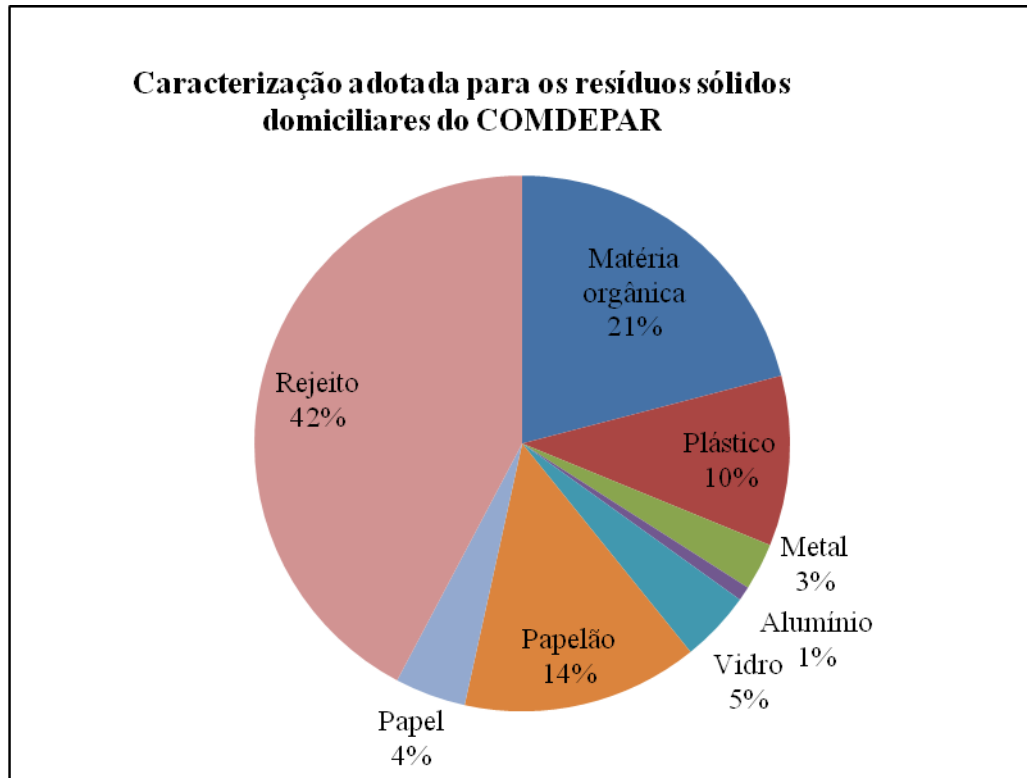
É importante salientar que os resíduos sólidos são classificados quanto à origem:

- a) resíduos domiciliares: os originários de atividades domésticas em residências urbanas;
- b) resíduos de limpeza urbana: os originários da varrição, limpeza de logradouros e vias públicas e outros serviços de limpeza urbana;
- c) resíduos sólidos urbanos: os englobados nas alíneas “a” e “b”; [...] (BRASIL. Lei nº 12.305, 2010)

Neste trabalho considerou-se apenas a gestão dos resíduos sólidos domiciliares, uma vez que se sabe que os resíduos sólidos de limpeza urbana representam uma parcela muito pequena dos RSU coletados nos municípios. E observaram-se os valores de produção per capita de resíduos sólidos domiciliares e urbanos, referidos anteriormente, percebe-se que são muito próximos, sugerindo a confiabilidade dos dados.

A fim de se caracterizar os resíduos gerados pelos municípios do COMDEPAR se adotou o diagnóstico do município de Tio Hugo, obtido no Plano Municipal de Saneamento Básico (2012), a qual, no entanto, não apresenta a fração de matéria orgânica e rejeito separadamente, sendo por isso, necessário utilizar a caracterização apurada no município de Ijuí, na qual, dos resíduos da coleta comum, 33,11% são de matéria orgânica e 66,89% de rejeito. (PLANO, 2011).

Figura 5 - Caracterização adotada para os resíduos sólidos domiciliares do COMDEPAR.



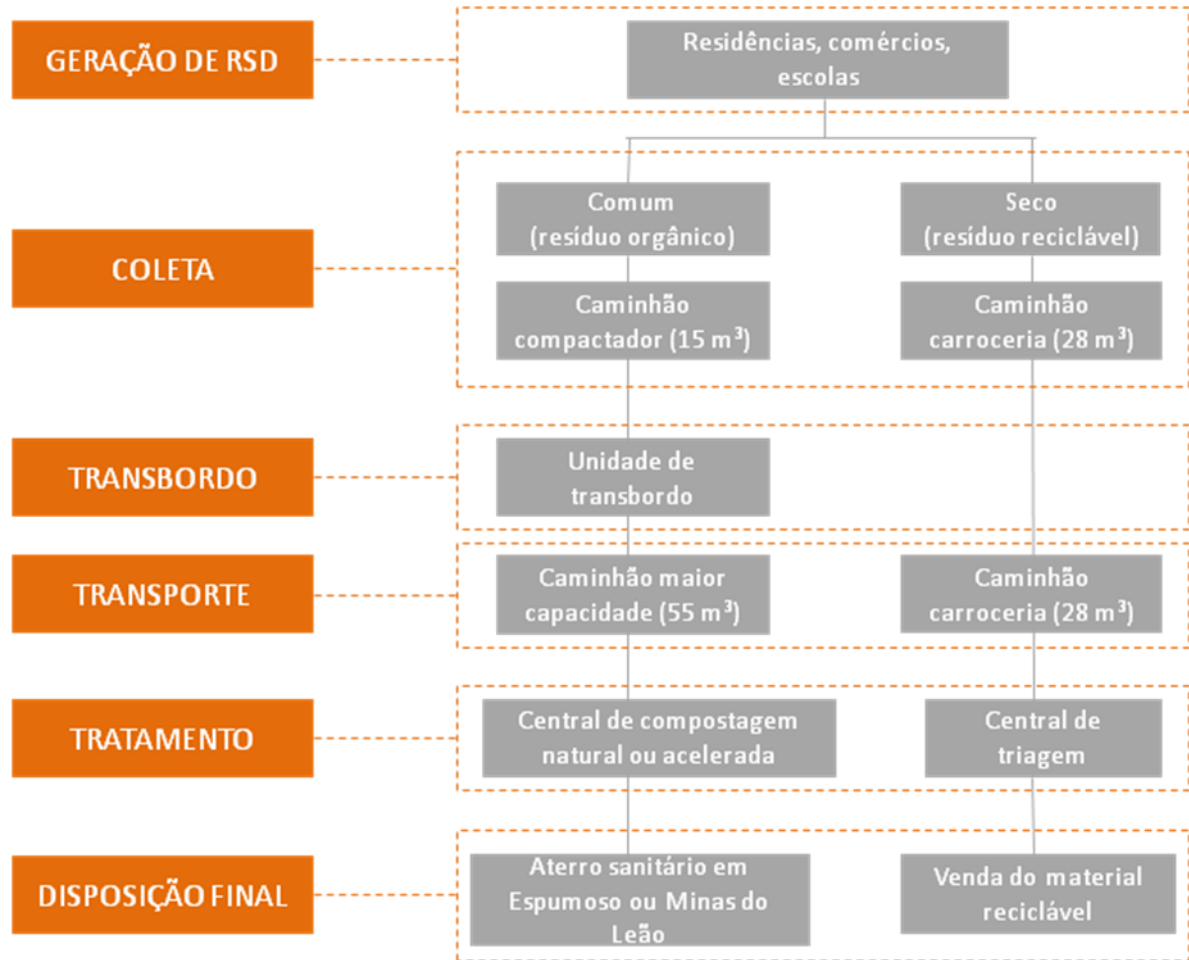
Os dados apresentados na figura anterior são os valores adotados neste trabalho como caracterização dos resíduos sólidos coletados dos municípios do consórcio, compostos por 21% de matéria orgânica, 37% de recicláveis e 42% de rejeito.

É necessário mencionar que existem diferenças entre a caracterização adotada neste trabalho e a estimada no Plano Nacional de Resíduos Sólidos (2012) para os municípios brasileiros, que apresenta 51,4% de matéria orgânica, 31,9% de recicláveis e 16,7% de rejeito. Acredita-se que a caracterização adotada neste trabalho é a que melhor representa as características dos RSD dos municípios da região estudada.

#### **4.4.3 Etapas do gerenciamento integrado de resíduos sólidos domiciliares do COMDEPAR**

Os cenários de gerenciamento integrado de resíduos sólidos domiciliares do COMDEPAR foram elaborados considerando as etapas relacionadas no figura 6, a seguir:

Figura 6 - Etapas de gerenciamento integrado de resíduos sólidos



#### 4.4.3.1 Coleta

Todos os cenários elaborados possuem coleta seletiva: comum e seco. Sendo assim, há diferença entre os caminhões de cada uma das coletas. Os detalhes estão dispostos na tabela 2.

Tabela 2 - Caracterização da coleta seletiva.

<b>Tipo de coleta</b>	<b>Tipo de resíduo</b>	<b>Tipo de caminhão</b>	<b>Capacidade do caminhão (m<sup>3</sup>)</b>
Comum	Orgânico e rejeito	Compactador	15
Seco	Reciclável	Carroceria	28

Para se determinar o número de viagens a serem realizadas em cada tipo de coleta (comum e seco), foram adotados valores de densidade específica aparente do RSD, de acordo com Ministério (2012).

Tabela 3 – Densidade específica aparente do RSD comum compactado e seco solto.

	<b>Densidade específica aparente do RSD (ton/m<sup>3</sup>)</b>
Comum compactado	0,6
Seco solto	0,045

Na etapa de coleta, a fim de facilitar a gestão associada, os 15 municípios pertencentes ao COMDEPAR foram divididos em setores distintos. Tal distribuição foi definida considerando a localização, agrupando municípios próximos, e número de habitantes próximo.

Considerando a falta de dados quanto à distância a ser percorrida durante a coleta dos RSD em cada um dos municípios do consórcio, foi admitida a proporcionalidade entre a distância percorrida na coleta e a área do município. Essa relação, foi feita com base nos valores do município de Tio Hugo, que correspondem a 108,20 Km (quilômetros) de distância percorrida na coleta para uma área municipal de 114,24 Km<sup>2</sup> (quilômetros quadrados).

#### 4.4.3.2 Transbordo

Na etapa de transbordo, os RSD coletados em vários municípios consorciados são transferidos para caminhões de maior capacidade e, então, transportados até um aterro

sanitário. O objetivo principal dessa etapa é tornar o transporte mais eficiente, já que assim será transportada a mesma quantidade de resíduos, com um número menor de caminhões. Isso implica na diminuição do consumo de combustível, minimizando a liberação de gases poluentes na atmosfera e, ainda, contribui com a manutenção das estradas. Além disso, é importante citar a redução de gastos com o transporte.

O RSD comum que já estava compactado na etapa de coleta, ao ser transferido para outro caminhão acabará sofrendo uma descompactação, adquirindo outra densidade específica. Projetaram-se cenários com e sem a etapa de transbordo.

Tabela 4 – Densidade específica aparente do RSD comum descompactado.

	<b>Densidade específica aparente do RSD (ton/m<sup>3</sup>)</b>
Comum descompactado	0,4

#### 4.4.3.3 Transporte

A etapa do transporte é caracterizada pela condução dos RSD, após a etapa de coleta, até o local onde os mesmos são tratados e/ou dispostos adequadamente. Sendo assim, os cenários que apresentarem a etapa de transbordo, tem o transporte realizado por caminhões de maior capacidade (55m<sup>3</sup>) do que os de coleta. Enquanto que os cenários que não contemplarem a etapa de transbordo, tem o transporte realizado pelo mesmo caminhão de coleta.

Este trabalho utilizou o programa Google Earth para determinar a distância percorrida para transportar os resíduos sólidos, por meio do qual é possível visualizar os limites municipais e as principais rodovias que cortam pelos municípios e, além disso, traçar percursos e medi-los. A distância do transporte foi determinada por setores. Assim, foram traçadas retas a partir do ponto mais distante do setor (município mais afastado) até o encontro com uma estrada estadual ou nacional pela qual continua o percurso para o local onde os resíduos são tratados e/ou dispostos adequadamente.

#### 4.4.3.4 Tratamento

##### 4.4.3.4.1. Central de Compostagem (CC)

A central de compostagem tem como objetivo tratar a matéria orgânica, proveniente dos RSD coletados pela coleta comum, promovendo uma redução do volume de RSD a serem dispostos no aterro sanitário e, ainda, aumentar a vida útil do aterro sanitário. Em alguns cenários, essa atividade representa uma diminuição do custo do transporte até o aterro sanitário.

“A compostagem é um processo biológico de transformação da matéria orgânica crua em substâncias húmicas, estabilizadas, com propriedades e características completamente diferentes do material que lhe deu origem.” (GEHLING, 2011)

Sabendo que na técnica de compostagem é gerada uma parte de rejeito, nos cenários que possuem compostagem, adotou-se que do total da matéria orgânica coletada 70% são compostados e o restante é rejeito.

O presente trabalho considerou três situações quanto ao tratamento da matéria orgânica:

- 1) Nenhum tratamento da matéria orgânica coletada;
- 2) Tratamento de 70% da matéria orgânica coletada por compostagem natural;
- 3) Tratamento de 70% da matéria orgânica coletada por compostagem acelerada.

É necessário mencionar que a Lei 12.305 (2010) define, no seu art. 36, que:

No âmbito da responsabilidade compartilhada pelo ciclo de vida dos produtos, cabe ao titular dos serviços públicos de limpeza urbana e de manejo de resíduos sólidos, observado, se houver, o plano municipal de gestão integrada de resíduos sólidos: [...] V - implantar sistema de compostagem para resíduos sólidos orgânicos e articular com os agentes econômicos e sociais formas de utilização do composto produzido.

Sendo assim, a opção 1 não é permitida por lei, mas foi considerada nesse trabalho para fins de comparação.

##### 4.4.3.4.1.1. Compostagem natural

A compostagem natural se dá pela degradação da matéria orgânica, dispostas em pilhas, com revolvimento manual ou mecânico. Nessa técnica o composto estará pronto para uso entre 90 e 120 dias (PIRES, 2011).

A compostagem natural apresenta alguns problemas como a necessidade de grandes áreas para a formação da leira e o revolvimento. Outros impactos ambientais inerentes ao processo, tais como a formação de líquidos percolados (chorume), produção de gases, geração de odores e a proliferação de vetores são de difícil controle. (PIRES, 2011).

#### 4.4.3.4.1.2. Compostagem acelerada

A compostagem acelerada se diferencia da natural por promover a aeração de forma forçada, objetivando a redução do tempo de degradação da matéria orgânica. Este estudo considerou essa técnica via reatores, que são construções fechadas que abrigam a matéria orgânica a ser degradada (PIRES, 2011).

Como característica mais importante o método por confinamento em reatores permite um maior controle das condições ambientais, com extrema redução no tempo de compostagem, de 120 dias para 30 dias, enquanto os demais estão sujeitos às variações climáticas. (PIRES, 2011).

#### 4.4.3.4.2. Central de Triagem (CT)

A Central de Triagem (CT) tem como finalidade receber os resíduos recicláveis coletados nos municípios. Neste local, os mesmos deverão ser segregados e, em seguida, vendidos para empresas que utilizam estes materiais como matéria prima.

Foram elaborados cenários com diferentes sugestões de locais para implantação da CT, não foram criados cenários sem central de triagem.

#### 4.4.3.5 Disposição final

A etapa de disposição final refere-se a “[...] distribuição ordenada de rejeitos em aterros, observando normas operacionais específicas de modo a evitar danos ou riscos à saúde pública e à segurança e a minimizar os impactos ambientais adversos.” (BRASIL, Lei, 2010)

Este trabalho analisou a disposição final dos rejeitos em aterro sanitário construído e operado pelo COMDEPAR (município de Espumoso) e, também, privado (município de Minas do Leão).

Para a alternativa de disposição dos RSD em Espumoso, o município dispõe de um terreno onde já foi operada uma célula anteriormente, porém será necessária a construção do aterro sanitário, o qual necessitará superar todas as etapas de licenciamento ambiental junto ao órgão ambiental responsável.

#### 4.4.4 Custos das etapas do gerenciamento integrado de resíduos sólidos do COMDEPAR

Nesta seção será apresentada a metodologia empregada para determinar os custos de cada uma das etapas do gerenciamento integrado de resíduos sólidos COMDEPAR. Para isso, inúmeros valores de custos foram adotados utilizando como fonte a bibliografia e a experiência de municípios que realizam a gestão dos resíduos sólidos, os mesmo estão dispostos em uma única tabela ao final desta seção.

Após de definição do custo individual de cada etapa, foi determinado o custo total de cada um dos cenários construídos.

Como as projeções foram realizadas para uma gestão 30 anos, para comparar os custos finais dos cenários foi calculado o Valor Presente Líquido (VPL) de cada uma deles. Esse método transfere os custos de investimento e operação de determinado projeto, ao longo um período de tempo, para o tempo presente. De acordo com Filomena (2011), para o cálculo de VPL pode-se utilizar a seguinte fórmula:

$$P = A \frac{[(1 + i)^N] - 1}{i * (1 + i)^N}$$

Onde:

P = valor presente (VPL)

*i* = taxa de juros

N = número de períodos de juros

A = série uniforme

Utilizou-se a taxa de juros de 12% ao ano.

##### 4.4.4.1 Coleta

O custo da coleta ( $C_C$ ) dos resíduos sólidos foi calculado utilizando-se a seguintes fórmulas:

$$C_C = N_{viagens} \times D \times C \times N_{coletas}$$



Onde:

$C_C$  = Custo da coleta (R\$/ano)

$N_{viagens}$  = Número de viagens por dia de coleta

$D$  = Distância percorrida (Km)

$C$  = Custo deslocamento (R\$/Km)

$N_{coletas}$  = Número de coletas por ano

Número de coletas por ano ( $N_{coletas}$ )

$$N_{coletas} = F \times N_{semanas}$$

Onde:

$N_{coletas}$  = Número de coletas por ano

$F$  = Frequência da coleta (dias)

$N_{semanas}$  = Número de semanas por ano

Número de viagens por dia ( $N_{viagens}$ )

$$N_{viagens} = \frac{V_{resíduos}}{V_{caminhão}}$$

Onde:

$N_{viagens}$  = Número de viagens por dia de coleta

$V_{resíduos}$  = Volume de resíduos sólidos coletados (m<sup>3</sup>/dia de coleta)

$V_{caminhão}$  = Volume do caminhão de coleta (m<sup>3</sup>)

Volume de resíduos sólidos coletados ( $V_{resíduos}$ )

$$V_{resíduos} = \frac{V_{coleta}}{F}$$

Onde:

$V_{resíduos}$  = Volume de resíduos sólidos coletados (m<sup>3</sup>/dia de coleta)

$V_{coleta}$  = Volume de resíduos sólidos coletados (m<sup>3</sup>/semana)

$F$  = Frequência da coleta (dias/semana)

Volume de resíduos sólidos coletados ( $V_{coleta}$ )

$$V_{coleta} = \frac{7 \times Q}{d}$$

Onde:

$V_{coleta}$  = Volume de resíduos sólidos coletados (m<sup>3</sup>/semana)

Q = quantidade de RS produzidas (ton/dia)

d = Densidade aparente específica (ton/m<sup>3</sup>)

A constante 7 corresponde aos 7 dias da semana.

Rearranjando as fórmulas anteriores, obtêm-se a seguinte fórmula geral para Custo da etapa de coleta ( $C_C$ ):

$$C_C = \frac{7 \times Q \times D \times C \times N_{semanas}}{d \times V_{caminhão}}$$

Onde:

$C_C$  = Custo da coleta (R\$/ano)

Q = Quantidade de RS produzidas (ton/dia)

D = Distância percorrida (Km)

C = Custo deslocamento (R\$/Km)

$N_{semanas}$  = Número de semanas por ano

d = Densidade aparente específica (ton/m<sup>3</sup>)

$V_{caminhão}$  = Volume do caminhão de coleta (m<sup>3</sup>)

A constante 7 corresponde aos 7 dias da semana.

O custo da coleta comum e seco foi estimado separadamente e depois foram somadas.

#### 4.4.4.2 Transbordo

O custo referente a etapa de transbordo dos resíduos sólidos foi calculado utilizando-se a seguintes fórmulas:

$$C_{\text{Transbordo}} = C_{\text{implantação}} + C_{\text{operação}}$$

Onde:

$C_{\text{Transbordo}}$  = Custo total da Unidade de Transbordo (R\$)

$C_{\text{implantação}}$  = Custo de implantação da unidade de transbordo (R\$)

$C_{\text{Total operação}}$  = Custo de operação da unidade de transbordo (R\$/ano)

Custo de operação da estação de transbordo ( $C_{\text{operação}}$ )

$$C_{\text{operação}} = C_{\text{unitário operação}} \times Q_{\text{M.O.+rejeito}}$$

Onde:

$C_{\text{operação}}$  = Custo de operação (R\$)

$C_{\text{unitário operação}}$  = Custo unitário operação (R\$/ton)

$Q_{\text{M.O. + rejeito}}$  = Quantidade de matéria orgânica (M.O.) e rejeito produzida (ton/ano)

Rearranjando as fórmulas anteriores têm-se:

$$C_{\text{Transbordo}} = C_{\text{implantação}} + (C_{\text{unitário operação}} \times Q_{\text{M.O.+rejeito}})$$

Onde:

$C_{\text{Transbordo}}$  = Custo total da Unidade de Transbordo (R\$)

$C_{\text{unitário operação}}$  = Custo unitário operação (R\$/ton)

$Q_{\text{M.O. + rejeito}}$  = Quantidade de matéria orgânica (M.O.) e rejeito produzida (ton/ano)

#### 4.4.4.3 Transporte

$$C_{\text{Transporte}} = N_{\text{viagens}} \times N_{\text{coletas}} \times C \times F \times D$$

Onde:

$N_{\text{viagens}}$  = Número de viagens por dia de coleta

$N_{\text{coletas}}$  = Número de coletas por ano

$C$  = Custo deslocamento (R\$/Km)

F = Frequência da coleta (dias)

D = Distância percorrida (Km)

#### 4.4.4.4 Tratamento

O custo da etapa de tratamento dos RSD coletados é dividido em dois tipos: compostagem da matéria orgânica e triagem dos resíduos sólidos recicláveis.

##### 4.4.4.4.1. Central de Compostagem (CC)

Foram avaliados os custos referentes a compostagem acelerada e natural, de 70% da matéria orgânica recolhida na coleta comum.

##### Custo compostagem acelerada ( $C_{C.A.}$ )

Para determinar os custos da compostagem acelerada, foi utilizada uma relação com os custos aferidos por Pires (2011). O custo para implantação e operação de uma central de compostagem acelerada foi determinado para tratar 30 toneladas de matéria orgânica por dia, com 10 anos de vida útil, e foi utilizado uma taxa de juros de 6%.

Como a variação de produção de matéria orgânica não é significativa ao longo do projeto, a mesma foi considerada constante a fim de facilitar os cálculos.

Inicialmente foi estimado, por relação linear, o custo de implantação e operação de uma central de compostagem acelerada ( $C_1$ ) para a quantidade de matéria orgânica que será tratada (70% da matéria orgânica coletada pelo consórcio), utilizando a seguinte fórmula:

$$C_1 = \frac{0,7 \times (Q \times C_{C.A. \text{ ref}})}{30}$$

Onde:

$C_1$  = custo de implantação e operação de uma central de compostagem acelerada para 70% da matéria orgânica coletada pelo consórcio

Q = Quantidade de RS produzidas (ton/dia)

$C_{C.A. \text{ ref}}$  = Custo de implantação e operação da central de compostagem acelerada utilizada como referência (30 ton/dia)

A constante 0,7 corresponde aos 70% da matéria orgânica compostada.

Em seguida, utilizou-se uma fórmula de Valor Presente Líquido (VPL), citada anteriormente. Substituindo as incógnitas para o caso de estudo, têm-se:

$$C_{C.A.} = C_1 \times \left( \frac{i \times [(1+i)^N]}{[(1+i)^N] - 1} \right)$$

Onde:

$C_1$  = custo de implantação e operação de uma central de compostagem acelerada para 70% da matéria orgânica coletada pelo consórcio

$i$  = taxa de juros (6%)

$N$  = número de períodos de juros, 10 anos

$C_{C.A.}$  = Custo anual da implantação e operação de central de compostagem acelerada com 10 anos de vida útil

Dessa forma, apresentaram custos os anos de 1 à 10 do plano, o ano 0 (2010) não possui custos nessa projeção.

A partir do custo anual da implantação e operação de central de compostagem acelerada com 10 anos de vida útil ( $C_{C.A.}$ ), adotou-se o método da repetibilidade, tornando a vida útil do projeto igual ao período de estudo (30 anos). Esta técnica diz que “quando a alternativa atinge o final de sua vida útil ela é substituída por outra idêntica com o mesmo investimento, custo, receita, etc...” (FILOMENA, 2011). Assim, o  $C_{C.A.}$  foi repetido para os 30 anos do projeto.

### Compostagem natural

A determinação do custo da implantação e operação da compostagem natural foi realizada com base nos custos da compostagem acelerada. Portanto, do custo da compostagem acelerada foram descontados os valores que não são gastos na natural.

Primeiramente, do valor do  $C_{C.A. \text{ ref}}$  foram descontados os custos com aquisição de equipamentos (aeradores e baias) e construção de pavilhão pré-montado coberto, obtendo-se o custo da implantação e operação da compostagem natural de referência ( $C_{C.N. \text{ ref}}$ ).

Em seguida, foi calculado o  $C_1$  e, ainda, o  $C_{C.N.}$ . Porém, do  $C_{C.N.}$  deve-se descontar o valor dos gastos com energia elétrica.

$$C_{C.N.} = \left[ C_1 \times \left( \frac{i \times [(1+i)^N]}{[(1+i)^N] - 1} \right) \right] - E_{C.A.}$$

Onde:

$C_{C.N.}$  = Custo anual da implantação e operação de central de compostagem natural com 10 anos de vida útil

$C_1$  = custo de implantação e operação de uma central de compostagem acelerada para 70% da matéria orgânica coletada pelo consórcio

$i$  = taxa de juros (6%)

$N$  = número de períodos de juros, 10 anos

$E_{C.A.}$  = Custo com energia elétrica na compostagem acelerada (ano)

#### 4.4.4.4.2. Central de Triagem (CT)

O custo para a Central de Triagem ( $C_{C.T.}$ ), foi estimado com a seguinte fórmula:

$$C_{C.T.} = C_{\text{implantação}} + C_{\text{operação}}$$

Onde:

$C_{\text{implantação}}$  = Custo de implantação da central de triagem (R\$)

$C_{\text{operação}}$  = Custo total de operação da central de triagem (R\$/ano)

Custo de implantação da central de triagem ( $C_{\text{implantação}}$ )

$$C_{\text{implantação}} = C_{\text{terreno}} + C_{\text{galpão}} + C_{\text{equip.}}$$

Onde:

$C_{\text{terreno}}$  = Custo do terreno

$C_{\text{galpão}}$  = Custo do galpão de triagem

$C_{\text{equip.}}$  = Custo dos equipamentos para triagem

É importante mencionar que o município de Espumoso possui um terreno onde poderia se instalar uma C.T., deste modo o cenário que alocar a C.T. nessa localidade não tem a despesa com o terreno.

Custo de operação da central de triagem ( $C_{\text{operação}}$ )

$$C_{\text{operação}} = C_{\text{unitário operação}} \times Q_{\text{recicláveis}}$$

Onde:

$C_{\text{unitário operação}}$  = Custo unitário operação (R\$/ton)

$Q_{\text{recicláveis}}$  = Quantidade de material reciclável coletado (ton/ano)

Rearranjando as fórmulas anteriores têm-se:

$$C_{\text{C.T.}} = (C_{\text{terreno}} + C_{\text{galpão}} + C_{\text{equip.}}) + (C_{\text{unitário operação}} \times Q_{\text{recicláveis}})$$

Quanto ao salário dos associados, o critério a ser adotado, é que seu custo seja coberto exclusivamente da venda dos materiais recicláveis.

#### 4.4.4.5 Disposição final

Para a primeira opção de disposição final em aterro sanitário, no município de Espumoso, foi adotado valor referenciado em um estudo de viabilidade econômica para construção e implantação de aterros sanitários (JÚNIOR, 2012). O mesmo avalia diferentes situações, porém se adotou o custo referente ao Modelo 2 do estudo, caracterizado por consórcios municipais construindo e operando o aterro. Esse cenário considera que 15% dos custos envolvidos em um horizonte de 20 anos são pagos com recursos do Orçamento Geral da União, disponibilizados pelo Governo Federal.

Para segunda opção de disposição final dos RSD em aterro sanitário, foi empregado como parâmetro o valor cobrado para a disposição em aterro sanitário no município de Minas do Leão.

## 4.4.4.6 Custos adotados por etapas

Os custos adotados para elaboração dos cenários do COMDEPAR, estão dispostos na Tabela 5.

Tabela 5 – Custos adotados para elaboração dos cenários do COMDEPAR.

<b>Etapa</b>	<b>Parâmetro</b>	<b>Unidade</b>	<b>Custo</b>	<b>Fonte</b>		
Coleta	Deslocamento	R\$/Km	1,05	Adotado		
Transbordo	Implantação	R\$	500.000,00	Pires (2011)		
	Operação	R\$/ton	9,76			
Transporte	Deslocamento	R\$/Km	1,05	Adotado		
Tratamento	Central de Compostagem	Implantação e operação compostagem acelerada (30 ton/dia; 10 anos de vida útil)	R\$	1.216.357,00	Pires (2011)	
		Aeradores e baias de compostagem acelerada	R\$	38.680,00		
		Pavilhão pré-montado coberto	R\$	500.000,00		
		Energia elétrica	R\$/ano	12.508,37		
	Central de Triagem	Terreno	R\$/há	20.000,00	Adotado	
		Galpão	R\$	500.000,00	Adotado	
		Equipamentos	Esteira	R\$	25.000,00	Radar (2012)
			Prensa vertical	R\$	13.518,12	NowaK (2012)
			Prensa horizontal	R\$	21.932,46	
			Balança	R\$	298,00	
Operação	R\$/ton	10,84	Rodrigues (2009)			
Disposição final	Implantação e operação de aterro Sanitário em Espumoso	R\$/ton	48,00	Júnior (2012)		
	Disposição final em aterro sanitário em Minas do Leão	R\$/ton	54,00	Adotado		



#### 4.5 PROJEÇÃO DE CUSTOS PARA GERENCIAMENTO INTEGRADO DE RESÍDUOS SÓLIDOS DOMICILIARES DE TIO HUGO

A projeção de custos para gerenciamento integrado de resíduos sólidos domiciliares de Tio Hugo ( $VPL_{Tio\ Hugo}$ ) foi realizada utilizando a seguinte fórmula:

$$Custo_{Tio\ Hugo} = Custo_{per\ capta} \times VPL_{pop.Tio\ Hugo}$$

Onde:

$Custo_{per\ capta}$  = Custo do GIRSD por habitante do consórcio (R\$)

$VPL_{pop. Tio\ Hugo}$  = População total de Tio Hugo para os 30 anos de projeção

Custo do GIRSD por habitante do consórcio ( $Custo_{per\ capta}$ )

$$Custo_{per\ capta} = \frac{VPL_{total}}{VPL_{pop.consórcio}}$$

Onde:

$VPL_{total}$  = VPL total do cenário do consórcio (R\$)

$VPL_{pop. consórcio}$  = VPL da população do consórcio para os 30 anos de projeção

Além disso, foi calculado o Custo por tonelada ( $Custo_{por\ tonelada}$ ), dado por:

$$Custo_{por\ tonslada} = \frac{VPL_{total}}{VPL_{RS}}$$

Onde:

$VPL_{total}$  = VPL total do cenário do consórcio (R\$)

$VPL_{RS}$  = VPL da quantidade de resíduos sólidos (ton/ano) produzidos pelo consórcio para os 30 anos de projeção

## **5 APRESENTAÇÃO E ANÁLISE DOS RESULTADOS**

Neste capítulo serão apresentados os resultados obtidos durante a realização dos estudos da viabilidade técnica e projeção de custos da gestão consorciada.

A apresentação dos resultados seguirá as etapas do procedimento metodológico apresentado no item 4 deste trabalho.

### **5.1 PROJEÇÃO DO CRESCIMENTO POPULACIONAL DOS MUNICÍPIOS DO CONSÓRCIO**

A projeção do crescimento populacional dos municípios do consórcio é apresentada na Tabela 6.

Tabela 6 – Projeção da população total do consórcio para 30 anos, a partir de 2010.

<b>Ano</b>	<b>Ano do Plano</b>	<b>População total consórcio (habitantes)</b>
2010	0	107.396
2011	1	107.922
2012	2	108.451
2013	3	108.982
2014	4	109.516
2015	5	110.053
2016	6	110.592
2017	7	111.134
2018	8	111.679
2019	9	112.226
2020	10	112.776
2021	11	113.329
2022	12	113.884
2023	13	114.442
2024	14	115.003
2025	15	115.566
2026	16	116.132
2027	17	116.702
2028	18	117.273
2029	19	117.848
2030	20	118.425
2031	21	119.006
2032	22	119.589
2033	23	120.175
2034	24	120.764
2035	25	121.355
2036	26	121.950
2037	27	122.548
2038	28	123.148
2039	29	123.752
2040	30	124.358

## 5.2 PROJEÇÃO DA PRODUÇÃO DE RESÍDUOS SÓLIDOS DOMICILIARES DOS MUNICÍPIOS DO CONSÓRCIO

A projeção da produção de resíduos sólidos domiciliares dos municípios do consórcio está disposta na Tabela 7.

Tabela 7 – Projeção da produção de resíduos sólidos domiciliares e componentes para os municípios do consórcio.

<b>Ano</b>	<b>Ano do Plano</b>	<b>População total consórcio (habitantes)</b>	<b>Produção RSD (ton/ano)</b>	<b>Matéria orgânica (ton/ano)</b>	<b>Plástico (ton/ano)</b>	<b>Metal (ton/ano)</b>	<b>Alumínio (ton/ano)</b>	<b>Vidro (ton/ano)</b>	<b>Papelão (ton/ano)</b>	<b>Papel (ton/ano)</b>	<b>Rejeito (ton/ano)</b>	<b>Seco (ton/ano)</b>
2010	0	107.396	20.556,24	4.300,37	2.111,13	585,85	176,78	879,81	2.933,38	879,81	8.687,07	7.566,75
2011	1	107.922	20.656,96	4.321,44	2.121,47	588,72	177,65	884,12	2.947,75	884,12	8.729,63	7.603,83
2012	2	108.451	20.758,18	4.342,61	2.131,87	591,61	178,52	888,45	2.962,19	888,45	8.772,41	7.641,09
2013	3	108.982	20.859,90	4.363,89	2.142,31	594,51	179,40	892,80	2.976,71	892,80	8.815,39	7.678,53
2014	4	109.516	20.962,11	4.385,27	2.152,81	597,42	180,27	897,18	2.991,29	897,18	8.858,59	7.716,15
2015	5	110.053	21.064,83	4.406,76	2.163,36	600,35	181,16	901,57	3.005,95	901,57	8.902,00	7.753,96
2016	6	110.592	21.168,04	4.428,35	2.173,96	603,29	182,05	905,99	3.020,68	905,99	8.945,62	7.791,96
2017	7	111.134	21.271,77	4.450,05	2.184,61	606,25	182,94	910,43	3.035,48	910,43	8.989,45	7.830,14
2018	8	111.679	21.376,00	4.471,86	2.195,32	609,22	183,83	914,89	3.050,36	914,89	9.033,50	7.868,51
2019	9	112.226	21.480,74	4.493,77	2.206,07	612,20	184,73	919,38	3.065,30	919,38	9.077,76	7.907,06
2020	10	112.776	21.586,00	4.515,79	2.216,88	615,20	185,64	923,88	3.080,32	923,88	9.122,24	7.945,81
2021	11	113.329	21.691,77	4.537,92	2.227,74	618,22	186,55	928,41	3.095,42	928,41	9.166,94	7.984,74
2022	12	113.884	21.798,06	4.560,15	2.238,66	621,24	187,46	932,96	3.110,58	932,96	9.211,86	8.023,87
2023	13	114.442	21.904,87	4.582,50	2.249,63	624,29	188,38	937,53	3.125,82	937,53	9.257,00	8.063,18
2024	14	115.003	22.012,20	4.604,95	2.260,65	627,35	189,30	942,12	3.141,14	942,12	9.302,36	8.102,69
2025	15	115.566	22.120,06	4.627,52	2.271,73	630,42	190,23	946,74	3.156,53	946,74	9.347,94	8.142,39
2026	16	116.132	22.228,45	4.650,19	2.282,86	633,51	191,16	951,38	3.172,00	951,38	9.393,74	8.182,29
2027	17	116.702	22.337,37	4.672,98	2.294,05	636,62	192,10	956,04	3.187,54	956,04	9.439,77	8.222,39
2028	18	117.273	22.446,82	4.695,88	2.305,29	639,73	193,04	960,72	3.203,16	960,72	9.486,03	8.262,68
2029	19	117.848	22.556,81	4.718,89	2.316,58	642,87	193,99	965,43	3.218,86	965,43	9.532,51	8.303,16
2030	20	118.425	22.667,34	4.742,01	2.327,94	646,02	194,94	970,16	3.234,63	970,16	9.579,22	8.343,85
2031	21	119.006	22.778,41	4.765,24	2.339,34	649,18	195,89	974,92	3.250,48	974,92	9.626,16	8.384,73
2032	22	119.589	22.890,03	4.788,59	2.350,81	652,37	196,85	979,69	3.266,41	979,69	9.673,32	8.425,82



## 5.3 ETAPAS DO GERENCIAMENTO INTEGRADO DE RESÍDUOS SÓLIDOS DOS MUNICÍPIOS DO CONSÓRCIO

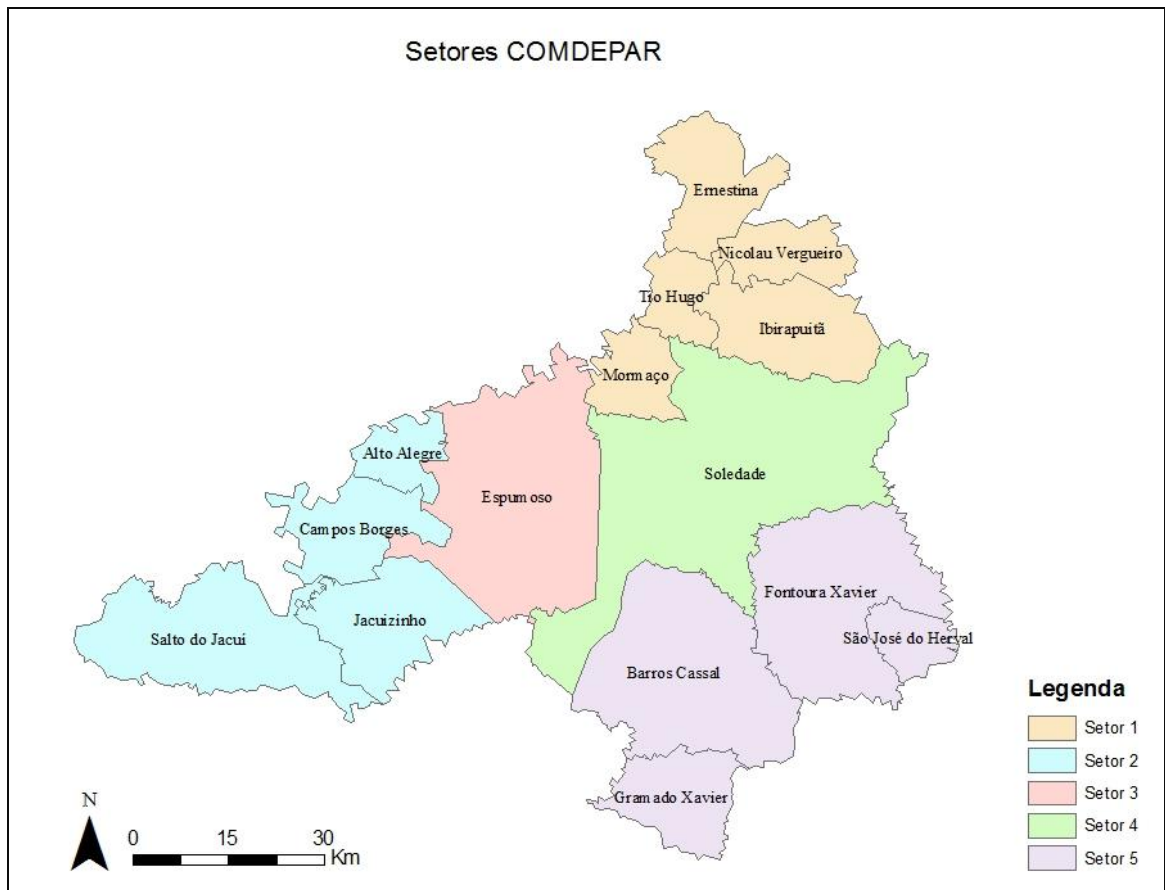
### 5.3.1 Coleta

Para o gerenciamento integrado de resíduos sólidos dos municípios do consórcio será necessária a implantação de coleta seletiva em todos os municípios. É importante que os resíduos sejam segregados de forma eficiente, para tanto será necessária a implantação de um programa de educação ambiental nos municípios. A coleta dos RSU poderá a ser realizada pelo consórcio ou por empresa contratada (terceirizada).

As coletas comum (resíduos orgânico e rejeito) e seco (resíduo reciclável) deverão contemplar todos os domicílios dos municípios, incluindo a área rural, e com frequência de duas vezes por semana para cada tipo de coleta. Dessa forma, os mesmos caminhões poderão realizar a coleta em vários setores.

Os municípios foram divididos em 5 setores, o figura 7 apresenta a localização e distribuição dos mesmos. Os setores 3 e 4 são formados por apenas um município cada, isso se deve ao fato de que estes municípios são muito populosos e, ainda, apresentam uma grande área territorial.

Figura 7 – Municípios do consórcio divididos em setores.



A tabela 8 apresenta a divisão dos setores, bem como a área e distância a ser percorrida na coleta.



Tabela 8 – Municípios do consórcio divididos em setores e respectivas distâncias percorridas na coleta.

Setor	Município	População (hab.)	População total (hab./setor)	Área (Km <sup>2</sup> )	Distância coleta (Km)	Distância coleta (Km/setor)
1	Ernestina	3088	14343	239,15	226,51	911,50
	Ibirapuitã	4061		307,03	290,81	
	Mormaço	2749		146,11	138,39	
	Nicolau Vergueiro	1721		155,82	147,59	
	Tio Hugo	2724		114,24	108,20	
2	Alto Alegre	1848	19729	114,52	108,47	1.123,99
	Campos Borges	3494		237,29	224,76	
	Jacuizinho	2507		315,67	299,00	
	Salto do Jacuí	11880		519,20	491,77	
3	Espumoso	15240	15240	783,11	741,74	741,74
4	Soledade	30065	30065	1.213,41	1.149,31	1.149,31
5	Barros Cassal	11133	28019	648,90	614,62	1.470,94
	Fontoura Xavier	10712		583,47	552,64	
	Gramado Xavier	3970		217,52	206,03	
	São José do Herval	2204		103,09	97,65	

### 5.3.2 Transbordo

O cenário 1 não apresentará Unidade de Transbordo (U.T.), enquanto que os cenários 2 e 3 terão U.T.'s no município de Soledade.

### 5.3.3 Transporte

Em cada cenário a distância do transporte será diferente. Por exemplo, no cenário em que as etapas de tratamento e disposição final forem realizadas em municípios diferentes,

haverá o transporte após a coleta até o tratamento e, ainda, do tratamento até a disposição final.

A Tabela 9 apresenta as distâncias percorridas para transportar os resíduos sólidos, quando esse primeiro transporte, após a coleta, é realizado no mesmo caminhão.

Tabela 9 - Distâncias percorridas para transportar os resíduos sólidos após a coleta até os municípios de Espumoso e Soledade, a partir de cada um dos setores.

<b>Setor</b>	<b>Distância até Espumoso (Km)</b>	<b>Distância até transbordo Soledade (Km)</b>
1	93,9	98,5
2	89,0	129,2
3	0,0	40,2
4	106,6	81,8
5	156,8	116,6

A Tabela10 apresenta as distâncias percorridas para transportar os RSD na segunda parte do transporte, do transbordo de Soledade até os aterros de Espumoso e Minas do Leão, o qual, será realizado por caminhões de grande capacidade.

Tabela 10 - Distâncias percorridas para transportar os resíduos sólidos do transbordo de Soledade até os municípios de Espumoso e Minas do Leão.

	<b>Transbordo Soledade - aterro sanitário Espumoso</b>	<b>Transbordo Soledade - aterro sanitário Minas do Leão</b>
<b>Distância (Km)</b>	40,2	232,0

### 5.3.4 Tratamento

#### 5.3.4.1 Central de Compostagem (C.C.)

A central de compostagem terá duas opções de localização: em Espumoso (cenários 1 e 2) ou em Soledade (cenário 3).

#### 5.3.4.2 Central de Triagem (C.T.)

Para alocação da Central de triagem foram considerados os municípios de Espumoso (cenários 1 e 2) e Soledade (cenário 2 e 3). O cenário 2 apresentará duas centrais de triagem.

A central de triagem poderá ser operada por associação de catadores, com supervisão do consórcio.

De acordo com a bibliografia, uma pessoa realiza a triagem de 200 kg/dia (MINISTÉRIO, 2012). Assim, estimou-se que para atender a demanda do COMDEPAR serão necessárias 130 pessoas trabalhando em dois turnos, 8 horas por dia, 7 dias por semana. A escolha dos dois turnos objetiva otimizar o uso dos equipamentos e da área de trabalho.

#### 5.3.5 Disposição final

Se o consórcio optar pelo cenário de disposição dos RSD no aterro sanitário de Espumoso, é importante mencionar que tal cenário foi elaborado considerando os custos do modelo de “consórcios municipais em que, [...], um agente público deve ser responsável pela construção e operação do aterro. Todavia, isso não implica que este não possa conceder a operação a um agente privado caso avalie mais vantajoso.” (JÚNIOR, 2012).

A outra alternativa, a disposição em aterro sanitário privado no município de Minas do Leão, a princípio, é mais vantajosa no sentido de que não será necessária a construção nem operação do aterro, sem falar no tempo requerido para licenciamento e construção de tal empreendimento. Entretanto, com essa opção os custos com transporte aumentam.

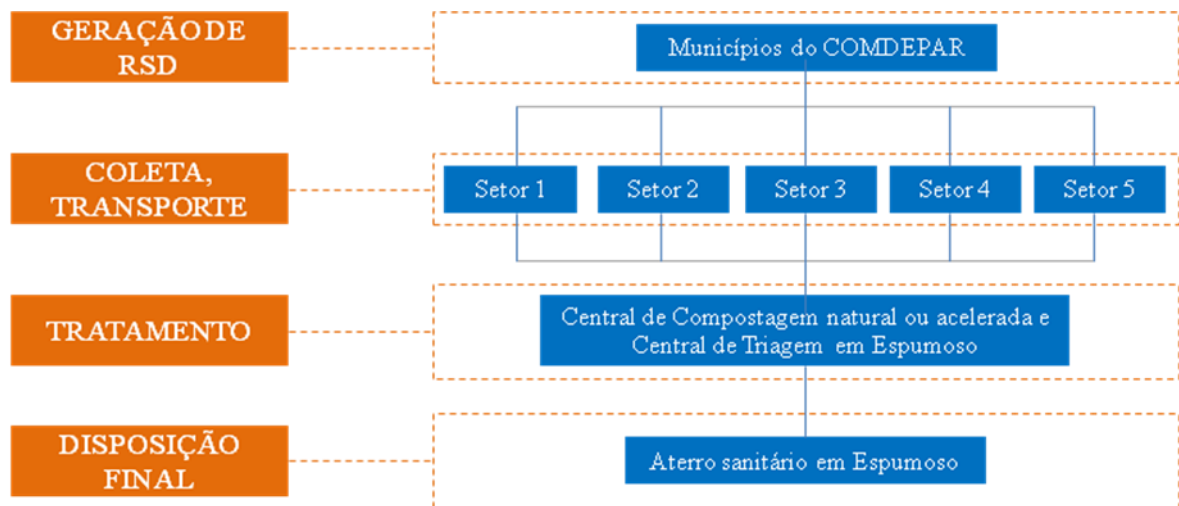
### 5.4 CENÁRIOS

Os cenários 1, 2 e 3 de gerenciamento integrado dos RSD do COMDEPAR elaborados neste trabalho são descritos a seguir, bem como seus esquemas estão dispostos nas figuras 8, 9 e 10, respectivamente.

**Cenário 1** – No cenário 1 os resíduos são coletados separadamente (orgânico e seco) por setores e no mesmo caminhão seguindo até o município de Espumoso, onde serão tratados (compostagem e/ou triagem) e dispostos adequadamente. Nesta parte, o cenário se subdivide em A (sem compostagem) e B (com compostagem acelerada ou natural). Para o cenário 1A apenas os resíduos recicláveis recebem tratamento na central de triagem. Estima-se que 50% destes serão separados e poderão ser comercializados. Assim sendo, serão dispostos no aterro

sanitário 100% da matéria orgânica, 100% do rejeito e 50% resíduos recicláveis. Enquanto que para o cenário 1B, cerca de 70% dos resíduos orgânicos coletados serão tratados por compostagem acelerada ou natural. E, ainda, 50% dos resíduos recicláveis coletados serão separados na central de triagem para depois serem comercializados. Portanto, serão dispostos no aterro sanitário 30% da matéria orgânica, 100% do rejeito e 50% resíduos recicláveis.

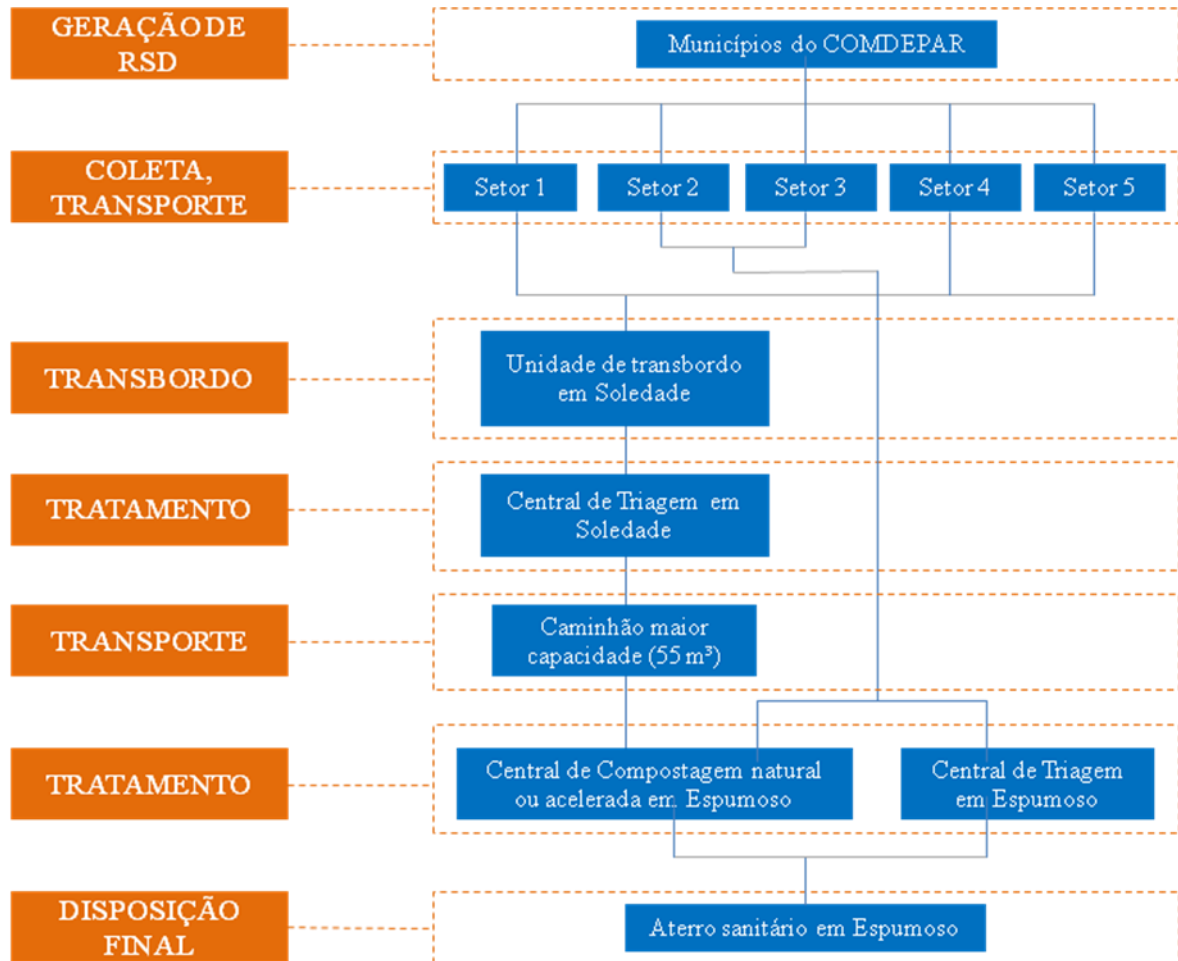
Figura 8 - Cenário 1 de gerenciamento integrado de resíduos sólidos domiciliares do COMDEPAR.



**Cenário 2** – O cenário 2 também apresenta a coleta seletiva por setores, porém o transporte após a coleta será dividido em duas rotas diferentes, em face da localização dos municípios. Os caminhões de coleta dos setores 1, 4 e 5 seguem para uma unidade de transbordo em Soledade, onde os resíduos da coleta comum (matéria orgânica e rejeito) são transferidos para caminhões de maior capacidade. Neste local há uma central de triagem em que os resíduos secos são separados, o rejeito dessa triagem (50% do seco) também é colocado nos caminhões de maior capacidade. Estes, seguirão para o município de Espumoso, onde poderão ser compostados e/ou dispostos adequadamente. Os resíduos coletados nos setores 2 e 3 seguirão diretamente para Espumoso, onde os recicláveis serão separados em uma segunda central de triagem. E os resíduos orgânicos coletados em todos os setores, poderão ou não ser compostados em uma central de compostagem acelerado ou natural em Espumoso. Assim como o cenário 1, considerando A (sem compostagem) e B (com compostagem), se concluirá que o percentual de resíduos dispostos em aterro sanitário no município de Espumoso será o mesmo observado no cenário anterior. No cenário 2A serão dispostos no aterro sanitário 100% da matéria orgânica, 100% do rejeito e 50% resíduos

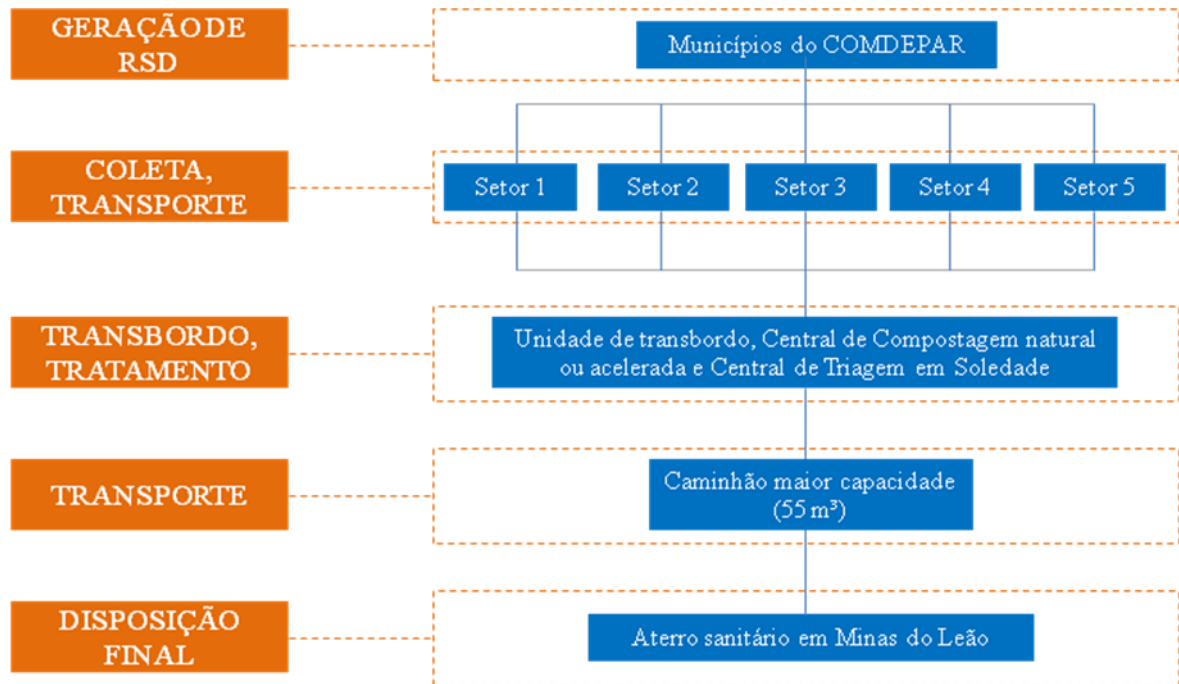
recicláveis. Enquanto que no cenário 2B esses percentuais são 30% da matéria orgânica, 100% do rejeito e 50% resíduos recicláveis.

Figura 9 - Cenário 2 de gerenciamento integrado de resíduos sólidos domiciliares do COMDEPAR.



**Cenário 3** – No terceiro cenário os resíduos são coletados separadamente e são transportados pelos caminhões da coleta para o município de Soledade, aonde existirá uma unidade de transbordo, uma central de triagem e compostagem. Desse modo, os resíduos secos serão segregados na central de triagem. A técnica de compostagem acelerada ou natural divide o cenário em A (sem compostagem) e B (com compostagem). Os rejeitos da triagem e da compostagem, se for o caso, serão transferidos para caminhões de maior capacidade e, em seguida, transportados para o município de Minas do Leão para serem dispostos em aterro sanitário. Sendo assim, no cenário 3A serão dispostos no aterro sanitário 100% da matéria orgânica, 100% do rejeito e 50% resíduos recicláveis. Enquanto que no cenário 3B esses percentuais são 30% da matéria orgânica, 100% do rejeito e 50% resíduos recicláveis.

Figura 10 - Cenário 3 de gerenciamento integrado de resíduos sólidos domiciliares do COMDEPAR.



A tabela 11 apresenta os cenários de forma resumida.

Tabela 11 – Resumo dos cenários de gerenciamento integrado dos RSD do COMDEPAR.

Cenário / Etapa		Coleta	Transporte	Transbordo	Tratamento	Disposição final
1A		Seletiva por setores	Caminhão coleta	---	Espumoso: 50% resíduos recicláveis são triados e comercializados	100% da matéria orgânica, 100% do rejeito e 50% resíduos recicláveis.
1B					Espumoso. 50% resíduos recicláveis são triados e comercializados. 70% da matéria orgânica é tratada por compostagem acelerada ou natural	30% da matéria orgânica, 100% do rejeito e 50% resíduos recicláveis.
2A	2A1 (Setores 1, 4 e 5)		Caminhão coleta / Caminhão de maior capacidade	Soledade	Soledade: 50% resíduos recicláveis são triados e comercializados. Espumoso: 50% resíduos recicláveis são triados e comercializados.	100% da matéria orgânica, 100% do rejeito e 50% resíduos recicláveis.
	2A2 (Setores 2 e 3)		Caminhão coleta	---	Espumoso: 50% resíduos recicláveis são triados e comercializados; 70% da matéria orgânica é tratada por compostagem acelerada ou natural	100% da matéria orgânica, 100% do rejeito e 50% resíduos recicláveis.
2B	2B1 (Setores 1, 4 e 5)		Caminhão coleta / Caminhão de maior capacidade	Soledade	Soledade: 50% resíduos recicláveis são triados e comercializados. Espumoso: 70% da matéria orgânica é tratada por compostagem acelerada ou natural.	30% da matéria orgânica, 100% do rejeito e 50% resíduos recicláveis.
	2B2 (Setores 2 e 3)		Caminhão coleta	---	Espumoso: 50% resíduos recicláveis são triados e comercializados; 70% da matéria orgânica é tratada por compostagem acelerada ou natural	30% da matéria orgânica, 100% do rejeito e 50% resíduos recicláveis.
3A			Caminhão coleta	Soledade	Soledade: 50% resíduos recicláveis são triados e comercializados.	100% da matéria orgânica, 100% do rejeito e 50% resíduos recicláveis.
3B					Soledade: 50% resíduos recicláveis são triados e comercializados; 70% da matéria orgânica é tratada por compostagem acelerada ou natural	30% da matéria orgânica, 100% do rejeito e 50% resíduos recicláveis.

Avaliando aspectos práticos da execução do GIRSD do COMDEPAR, como a facilidade de gerenciamento e da logística de operação, sugere-se o cenário 3 como o mais viável tecnicamente. Isso porque essa alternativa possui a unidade de transbordo, central de triagem e de compostagem em um mesmo local e, além disso, não haveria necessidade de construir e operar um aterro sanitário.

## 5.5 PROJEÇÃO DE CUSTOS DAS ETAPAS DO GERENCIAMENTO INTEGRADO DE RESÍDUOS SÓLIDOS DO COMDEPAR

### 5.5.1 Coleta

A tabela 12 apresenta os custos da etapa de coleta dos resíduos sólidos domiciliares (RSD) para todos os cenários da gestão associada do COMDEPAR, discriminando os gastos com coleta comum, seco e total.



Tabela 12 – Custos da coleta dos RSD do COMDEPAR

Ano	Ano do Plano	População total consórcio (habitantes)	COLETA		
			Coleta comum (R\$/ano)	Coleta seco (R\$/ano)	Custo total Coleta (R\$/ano)
2010	0	107396,00	1.721.043,39	7.162.258,29	8.883.301,68
2011	1	107922,24	1.729.476,50	7.197.353,36	8.926.829,86
2012	2	108451,06	1.737.950,93	7.232.620,39	8.970.571,32
2013	3	108982,47	1.746.466,89	7.268.060,23	9.014.527,12
2014	4	109516,48	1.755.024,58	7.303.673,73	9.058.698,31
2015	5	110053,11	1.763.624,20	7.339.461,73	9.103.085,93
2016	6	110592,37	1.772.265,96	7.375.425,09	9.147.691,05
2017	7	111134,28	1.780.950,06	7.411.564,67	9.192.514,74
2018	8	111678,84	1.789.676,72	7.447.881,34	9.237.558,06
2019	9	112226,06	1.798.446,13	7.484.375,96	9.282.822,09
2020	10	112775,97	1.807.258,52	7.521.049,40	9.328.307,92
2021	11	113328,57	1.816.114,09	7.557.902,54	9.374.016,63
2022	12	113883,88	1.825.013,05	7.594.936,26	9.419.949,31
2023	13	114441,91	1.833.955,61	7.632.151,45	9.466.107,06
2024	14	115002,68	1.842.941,99	7.669.548,99	9.512.490,99
2025	15	115566,19	1.851.972,41	7.707.129,78	9.559.102,19
2026	16	116132,47	1.861.047,07	7.744.894,72	9.605.941,79
2027	17	116701,51	1.870.166,20	7.782.844,70	9.653.010,91
2028	18	117273,35	1.879.330,02	7.820.980,64	9.700.310,66
2029	19	117847,99	1.888.538,74	7.859.303,45	9.747.842,18
2030	20	118425,45	1.897.792,58	7.897.814,04	9.795.606,61
2031	21	119005,73	1.907.091,76	7.936.513,32	9.843.605,08
2032	22	119588,86	1.916.436,51	7.975.402,24	9.891.838,75
2033	23	120174,84	1.925.827,05	8.014.481,71	9.940.308,76
2034	24	120763,70	1.935.263,60	8.053.752,67	9.989.016,27
2035	25	121355,44	1.944.746,39	8.093.216,06	10.037.962,45
2036	26	121950,09	1.954.275,65	8.132.872,82	10.087.148,47
2037	27	122547,64	1.963.851,60	8.172.723,89	10.136.575,49
2038	28	123148,12	1.973.474,47	8.212.770,24	10.186.244,71
2039	29	123751,55	1.983.144,50	8.253.012,82	10.236.157,31
2040	30	124357,93	1.992.861,91	8.293.452,58	10.286.314,48
		<b>VPL</b>	<b>14.434.071,80</b>	<b>60.068.532,41</b>	<b>74.502.604,21</b>

Observando os dados dispostos na tabela percebe-se que o Valor Presente Líquido (VPL) para o GIRSD do COMDEPAR para os 30 anos projetados para a coleta comum e seco são de, respectivamente, R\$ 14.434.071,80 e R\$ 60.068.532,41. O VPL total da coleta dos RSD do consórcio para o período de estudo é de R\$ 74.502.604,21.

### **5.5.2 Transporte**

A tabela 13 relaciona os custos referentes ao transporte dos RSD para os 3 cenários analisados. Nota-se que o cenário 3 apresenta custos diferenciados na situação em que não é feita a compostagem (3A) em relação a quando ela é realizada (3B). Isso significa que no cenário 3A, 100% da matéria orgânica coletada será transportada da Unidade de Transbordo de Soledade até o aterro sanitário no município de Minas do Leão. Enquanto que, no cenário 3B, no qual 70% da M.O. coletada será compostada, apenas 30% da mesma irá para aterro sanitário.

Tabela 13 – Custos do transporte dos RSD do COMDEPAR

Ano	Ano do Plano	População total consórcio (habitantes)	TRANSPORTE			
			Cenário 1	Cenário 2	Cenário 3	
					3A (100% M.O.)	3B (30% M.O.)
Aterro sanitário + C.T. em Espumoso	U.T. e C.T. em Soledade + C.T. e aterro sanitário em Espumoso (R\$/ano)	U.T. e C.T. em Soledade + Aterro sanitário em Minas do Leão (R\$/ano)	U.T. e C.T. em Soledade + Aterro sanitário em Minas do Leão (R\$/ano)			
2010	0	107396,00	1.554.273,01	1.404.510,29	2.459.296,88	2.392.112,31
2011	1	107922,24	1.561.888,94	1.411.392,39	2.471.347,44	2.403.833,66
2012	2	108451,06	1.569.542,20	1.418.308,22	2.483.457,04	2.415.612,45
2013	3	108982,47	1.577.232,96	1.425.257,93	2.495.625,98	2.427.448,95
2014	4	109516,48	1.584.961,40	1.432.241,69	2.507.854,55	2.439.343,45
2015	5	110053,11	1.592.727,71	1.439.259,67	2.520.143,03	2.451.296,23
2016	6	110592,37	1.600.532,07	1.446.312,05	2.532.491,73	2.463.307,58
2017	7	111134,28	1.608.374,68	1.453.398,98	2.544.900,94	2.475.377,79
2018	8	111678,84	1.616.255,72	1.460.520,63	2.557.370,96	2.487.507,14
2019	9	112226,06	1.624.175,37	1.467.677,18	2.569.902,08	2.499.695,93
2020	10	112775,97	1.632.133,83	1.474.868,80	2.582.494,60	2.511.944,44
2021	11	113328,57	1.640.131,28	1.482.095,66	2.595.148,82	2.524.252,96
2022	12	113883,88	1.648.167,93	1.489.357,93	2.607.865,05	2.536.621,80
2023	13	114441,91	1.656.243,95	1.496.655,78	2.620.643,59	2.549.051,25
2024	14	115002,68	1.664.359,55	1.503.989,39	2.633.484,74	2.561.541,60
2025	15	115566,19	1.672.514,91	1.511.358,94	2.646.388,82	2.574.093,16
2026	16	116132,47	1.680.710,23	1.518.764,60	2.659.356,12	2.586.706,21
2027	17	116701,51	1.688.945,71	1.526.206,55	2.672.386,97	2.599.381,07
2028	18	117273,35	1.697.221,55	1.533.684,96	2.685.481,66	2.612.118,04
2029	19	117847,99	1.705.537,93	1.541.200,01	2.698.640,52	2.624.917,42
2030	20	118425,45	1.713.895,07	1.548.751,89	2.711.863,86	2.637.779,51
2031	21	119005,73	1.722.293,15	1.556.340,78	2.725.151,99	2.650.704,63
2032	22	119588,86	1.730.732,39	1.563.966,85	2.738.505,24	2.663.693,09
2033	23	120174,84	1.739.212,98	1.571.630,29	2.751.923,91	2.676.745,18
2034	24	120763,70	1.747.735,12	1.579.331,27	2.765.408,34	2.689.861,23
2035	25	121355,44	1.756.299,02	1.587.070,00	2.778.958,84	2.703.041,55
2036	26	121950,09	1.764.904,89	1.594.846,64	2.792.575,74	2.716.286,46
2037	27	122547,64	1.773.552,92	1.602.661,39	2.806.259,36	2.729.596,26
2038	28	123148,12	1.782.243,33	1.610.514,43	2.820.010,03	2.742.971,28
2039	29	123751,55	1.790.976,32	1.618.405,95	2.833.828,08	2.756.411,84
2040	30	124357,93	1.799.752,11	1.626.336,14	2.847.713,84	2.769.918,26
		<b>VPL</b>	<b>13.035.399,53</b>	<b>11.779.367,43</b>	<b>20.625.666,99</b>	<b>20.062.202,47</b>

Percebe-se que o cenário que possui o menor VPL na etapa de transporte dos RSD é o cenário 2, com R\$ 11.779.367,43. O primeiro cenário apresenta VPL um pouco mais elevado do que o anterior, sendo de R\$ 13.035.399,53. Já a terceira opção analisada apresenta um VPL quase duas vezes maior do que o segundo cenário, isso se deve ao fato de que, no cenário 3, a distância percorrida para a disposição final dos resíduos é maior do que nas demais alternativas (distância de 232 Km entre Soledade e Minas do Leão). Existe ainda a diferença de VPL's entre as opções 3A e 3B, sendo eles, respectivamente, de R\$ 20.625.666,99 e R\$ 20.062.202,47. Estes valores sugerem a diminuição do valor gasto com transporte quando realizada a compostagem da matéria orgânica na etapa de tratamento.

### **5.5.3 Transbordo**

A tabela14 exibe os custos da construção e operação da Unidade de Transbordo (U.T.) para os cenários avaliados. Para os cenários 1 e 3 estimou-se o custo de operação da U.T. para os resíduos coletados em todos os setores, ao passo que no cenário 2, a unidade de transbordo é utilizada apenas para os resíduos provenientes dos setores 1, 4 e 5. Sendo assim, o custo total da U.T. para esses dois grupos será diferente.

Tabela 14 – Custos da unidade de transbordo para os RSD do COMDEPAR

Ano	Ano do Plano	População total consórcio (habitantes)	UNIDADE DE TRANSBORDO (U.T.)				
			Implantação U.T. Soledade	Cenários 1 e 3 (setores 1, 2, 3, 4 e 5)		Cenário 2 (setores 1, 4 e 5)	
				Operação U.T. (R\$/ano)	Custo Total U.T. (R\$/ano)	Operação U.T. (R\$/ano)	Custo Total U.T. (R\$/ano)
2010	0	107396,00	500.000,00	126.757,33	626.757,33	85.484,13	585.484,13
2011	1	107922,24		127.378,44	127.378,44	85.903,00	85.903,00
2012	2	108451,06		128.002,60	128.002,60	86.323,92	86.323,92
2013	3	108982,47		128.629,81	128.629,81	86.746,91	86.746,91
2014	4	109516,48		129.260,10	129.260,10	87.171,97	87.171,97
2015	5	110053,11		129.893,47	129.893,47	87.599,11	87.599,11
2016	6	110592,37		130.529,95	130.529,95	88.028,35	88.028,35
2017	7	111134,28		131.169,55	131.169,55	88.459,69	88.459,69
2018	8	111678,84		131.812,28	131.812,28	88.893,14	88.893,14
2019	9	112226,06		132.458,16	132.458,16	89.328,72	89.328,72
2020	10	112775,97		133.107,20	133.107,20	89.766,43	89.766,43
2021	11	113328,57		133.759,43	133.759,43	90.206,28	90.206,28
2022	12	113883,88		134.414,85	134.414,85	90.648,29	90.648,29
2023	13	114441,91		135.073,48	135.073,48	91.092,47	91.092,47
2024	14	115002,68		135.735,34	135.735,34	91.538,82	91.538,82
2025	15	115566,19		136.400,44	136.400,44	91.987,36	91.987,36
2026	16	116132,47		137.068,81	137.068,81	92.438,10	92.438,10
2027	17	116701,51		137.740,44	137.740,44	92.891,05	92.891,05
2028	18	117273,35		138.415,37	138.415,37	93.346,22	93.346,22
2029	19	117847,99		139.093,61	139.093,61	93.803,61	93.803,61
2030	20	118425,45		139.775,17	139.775,17	94.263,25	94.263,25
2031	21	119005,73		140.460,06	140.460,06	94.725,14	94.725,14
2032	22	119588,86		141.148,32	141.148,32	95.189,29	95.189,29
2033	23	120174,84		141.839,95	141.839,95	95.655,72	95.655,72
2034	24	120763,70		142.534,96	142.534,96	96.124,43	96.124,43
2035	25	121355,44		143.233,38	143.233,38	96.595,44	96.595,44
2036	26	121950,09		143.935,23	143.935,23	97.068,76	97.068,76
2037	27	122547,64		144.640,51	144.640,51	97.544,40	97.544,40
2038	28	123148,12		145.349,25	145.349,25	98.022,37	98.022,37
2039	29	123751,55		146.061,46	146.061,46	98.502,67	98.502,67
2040	30	124357,93		146.777,16	146.777,16	98.985,34	98.985,34
				<b>VPL</b>	<b>1.509.518,82</b>		<b>1.163.368,10</b>

Os cenários 1 e 3 apresentam VPL para implantação e operação da U.T. de R\$ 1.509.518,82, superior ao valor indicado para o cenário 2, de R\$ 1.163.368,10. Isso se deve ao fato de que na opção 2 apenas parte do total de resíduos coletados passa pela U.T.

#### **5.5.4 Tratamento**

##### **5.5.4.1 Central de Compostagem (C.C.)**

A tabela 15 mostra os custos referentes ao tratamento da matéria orgânica por compostagem natural e acelerada dos RSD do COMDEPAR.

Tabela 15 – Custos da central de compostagem para os RSD do COMDEPAR

Ano	Ano do Plano	População total consórcio (habitantes)	CENTAL DE COMPOSTAGEM		
			Compostagem acelerada	Compostagem natural	Energia não gasta na compostagem natural
2010	0	107396,00	0,00	-12.508,37	12.508,37
2011	1	107922,24	45.432,58	12.803,78	12.508,37
2012	2	108451,06	45.432,58	12.803,78	12.508,37
2013	3	108982,47	45.432,58	12.803,78	12.508,37
2014	4	109516,48	45.432,58	12.803,78	12.508,37
2015	5	110053,11	45.432,58	12.803,78	12.508,37
2016	6	110592,37	45.432,58	12.803,78	12.508,37
2017	7	111134,28	45.432,58	12.803,78	12.508,37
2018	8	111678,84	45.432,58	12.803,78	12.508,37
2019	9	112226,06	45.432,58	12.803,78	12.508,37
2020	10	112775,97	45.432,58	12.803,78	12.508,37
2021	11	113328,57	45.432,58	12.803,78	12.508,37
2022	12	113883,88	45.432,58	12.803,78	12.508,37
2023	13	114441,91	45.432,58	12.803,78	12.508,37
2024	14	115002,68	45.432,58	12.803,78	12.508,37
2025	15	115566,19	45.432,58	12.803,78	12.508,37
2026	16	116132,47	45.432,58	12.803,78	12.508,37
2027	17	116701,51	45.432,58	12.803,78	12.508,37
2028	18	117273,35	45.432,58	12.803,78	12.508,37
2029	19	117847,99	45.432,58	12.803,78	12.508,37
2030	20	118425,45	45.432,58	12.803,78	12.508,37
2031	21	119005,73	45.432,58	12.803,78	12.508,37
2032	22	119588,86	45.432,58	12.803,78	12.508,37
2033	23	120174,84	45.432,58	12.803,78	12.508,37
2034	24	120763,70	45.432,58	12.803,78	12.508,37
2035	25	121355,44	45.432,58	12.803,78	12.508,37
2036	26	121950,09	45.432,58	12.803,78	12.508,37
2037	27	122547,64	45.432,58	12.803,78	12.508,37
2038	28	123148,12	45.432,58	12.803,78	12.508,37
2039	29	123751,55	45.432,58	12.803,78	12.508,37
2040	30	124357,93	45.432,58	12.803,78	12.508,37
		<b>VPL</b>	<b>326.756,93</b>	<b>80.918,27</b>	

Os resultados expostos na tabela sugerem que, das opções estudadas, a compostagem natural possui o menor VPL de instalação e operação, com R\$ 80.918,27, sendo alternativa mais viável economicamente para o tratamento da matéria orgânica. A compostagem

acelerada requer mais equipamentos e, ainda, consome energia elétrica, elevando o VPL da técnica para R\$ 326.756,93.

#### 5.5.4.2 Central de Triagem (C.T.)

Os custos de instalação da central de triagem para os cenários 1, 2 e 3 são, respectivamente, R\$ 637.784,82; R\$ 1.180.015,28 e R\$ 657.784,82.

A tabela 16 indica os custos totais para implantação e operação da central de triagem para os RSD do COMDEPAR.



Tabela 16 – Custos da central de triagem para os RSD do COMDEPAR

Ano	Ano do Plano	População total consórcio (habitantes)	CENTRAL DE TRIAGEM			
			Custo total (R\$/ano)			
			Operação Estação de triagem (R\$/ano)	Cenário 1	Cenário 2	Cenário 3
2010	0	107396,00	82.023,59	719.808,41	1.262.038,87	739.808,41
2011	1	107922,24	82.425,50	82.425,50	82.425,50	82.425,50
2012	2	108451,06	82.829,39	82.829,39	82.829,39	82.829,39
2013	3	108982,47	83.235,25	83.235,25	83.235,25	83.235,25
2014	4	109516,48	83.643,10	83.643,10	83.643,10	83.643,10
2015	5	110053,11	84.052,95	84.052,95	84.052,95	84.052,95
2016	6	110592,37	84.464,81	84.464,81	84.464,81	84.464,81
2017	7	111134,28	84.878,69	84.878,69	84.878,69	84.878,69
2018	8	111678,84	85.294,60	85.294,60	85.294,60	85.294,60
2019	9	112226,06	85.712,54	85.712,54	85.712,54	85.712,54
2020	10	112775,97	86.132,53	86.132,53	86.132,53	86.132,53
2021	11	113328,57	86.554,58	86.554,58	86.554,58	86.554,58
2022	12	113883,88	86.978,70	86.978,70	86.978,70	86.978,70
2023	13	114441,91	87.404,89	87.404,89	87.404,89	87.404,89
2024	14	115002,68	87.833,18	87.833,18	87.833,18	87.833,18
2025	15	115566,19	88.263,56	88.263,56	88.263,56	88.263,56
2026	16	116132,47	88.696,05	88.696,05	88.696,05	88.696,05
2027	17	116701,51	89.130,66	89.130,66	89.130,66	89.130,66
2028	18	117273,35	89.567,40	89.567,40	89.567,40	89.567,40
2029	19	117847,99	90.006,28	90.006,28	90.006,28	90.006,28
2030	20	118425,45	90.447,31	90.447,31	90.447,31	90.447,31
2031	21	119005,73	90.890,51	90.890,51	90.890,51	90.890,51
2032	22	119588,86	91.335,87	91.335,87	91.335,87	91.335,87
2033	23	120174,84	91.783,42	91.783,42	91.783,42	91.783,42
2034	24	120763,70	92.233,15	92.233,15	92.233,15	92.233,15
2035	25	121355,44	92.685,10	92.685,10	92.685,10	92.685,10
2036	26	121950,09	93.139,25	93.139,25	93.139,25	93.139,25
2037	27	122547,64	93.595,64	93.595,64	93.595,64	93.595,64
2038	28	123148,12	94.054,25	94.054,25	94.054,25	94.054,25
2039	29	123751,55	94.515,12	94.515,12	94.515,12	94.515,12
2040	30	124357,93	94.978,24	94.978,24	94.978,24	94.978,24
			<b>VPL</b>	<b>1.257.367,34</b>	<b>1.741.501,68</b>	<b>1.275.224,49</b>

Considerando os custos indicados na tabela anterior, o cenário 1 apresenta o menor valor para a instalação e operação da C.T., R\$ 1.257.367,34. A opção 3 possui custo bem

próximo ao primeiro, R\$ 1.275.224,49. Ao passo que, o cenário 2 possui custo mais elevado, R\$ 1.741.501,68. Isso decorre da instalação de duas centrais de triagem no segundo cenário.

#### **5.5.5 Disposição final**

Os custos para a disposição final dos RSD em aterro sanitário estão dispostos na tabela 17.

Tabela 17 – Custos de disposição final dos RSD do COMDEPAR

Ano	Ano do Plano	População total consórcio (habitantes)	DISPOSIÇÃO FINAL			
			Cenário 1 e 2 Espumoso (R\$/ano)		Cenário 3 Minas do Leão (R\$/ano)	
			1A e 2A 100% M.O. + 100% rejeito + 50% seco	1B e 2B 30% M.O. + 100% rejeito + 50% seco	3A 100% M.O. + 100% rejeito + 50% seco	3B 30% M.O. + 100% rejeito + 50% seco
2010	0	107396,00	804.998,76	660.506,49	905.623,60	743.069,80
2011	1	107922,24	808.943,25	663.742,97	910.061,16	746.710,84
2012	2	108451,06	812.907,07	666.995,31	914.520,46	750.369,72
2013	3	108982,47	816.890,32	670.263,59	919.001,61	754.046,53
2014	4	109516,48	820.893,08	673.547,88	923.504,71	757.741,36
2015	5	110053,11	824.915,45	676.848,26	928.029,89	761.454,29
2016	6	110592,37	828.957,54	680.164,82	932.577,23	765.185,42
2017	7	111134,28	833.019,43	683.497,63	937.146,86	768.934,83
2018	8	111678,84	837.101,23	686.846,76	941.738,88	772.702,61
2019	9	112226,06	841.203,02	690.212,31	946.353,40	776.488,85
2020	10	112775,97	845.324,92	693.594,35	950.990,53	780.293,65
2021	11	113328,57	849.467,01	696.992,97	955.650,39	784.117,09
2022	12	113883,88	853.629,40	700.408,23	960.333,07	787.959,26
2023	13	114441,91	857.812,18	703.840,23	965.038,71	791.820,26
2024	14	115002,68	862.015,46	707.289,05	969.767,40	795.700,18
2025	15	115566,19	866.239,34	710.754,77	974.519,26	799.599,11
2026	16	116132,47	870.483,91	714.237,46	979.294,40	803.517,15
2027	17	116701,51	874.749,28	717.737,23	984.092,94	807.454,38
2028	18	117273,35	879.035,55	721.254,14	988.915,00	811.410,91
2029	19	117847,99	883.342,83	724.788,29	993.760,68	815.386,82
2030	20	118425,45	887.671,21	728.339,75	998.630,11	819.382,22
2031	21	119005,73	892.020,80	731.908,61	1.003.523,40	823.397,19
2032	22	119588,86	896.391,70	735.494,96	1.008.440,66	827.431,84
2033	23	120174,84	900.784,02	739.098,89	1.013.382,02	831.486,25
2034	24	120763,70	905.197,86	742.720,47	1.018.347,59	835.560,53
2035	25	121355,44	909.633,33	746.359,80	1.023.337,50	839.654,78
2036	26	121950,09	914.090,53	750.016,97	1.028.351,85	843.769,09
2037	27	122547,64	918.569,58	753.692,05	1.033.390,77	847.903,56
2038	28	123148,12	923.070,57	757.385,14	1.038.454,39	852.058,28
2039	29	123751,55	927.593,61	761.096,33	1.043.542,81	856.233,37
2040	30	124357,93	932.138,82	764.825,70	1.048.656,17	860.428,91
		<b>VPL</b>	<b>6.751.375,31</b>	<b>5.539.545,44</b>	<b>7.595.297,23</b>	<b>6.231.988,62</b>

Observando-se os custos para disposição final dos RSD em aterro sanitário, pode-se dizer que para as duas opções (Espumoso e Minas do Leão) o menor custo é no cenário B, no qual ocorre uma diminuição da quantidade de matéria orgânica disposta em aterro sanitário devido à existência do tratamento de compostagem.

Quando se compara os custos entre as duas opções de aterro, público em Espumo e privado em Minas do Leão, a que apresenta menores custos para os cenários A e B é o aterro em Espumoso. Essa variação de custos pode ser justificada pela diferença entre os objetivos do ente público e do privado. “Enquanto o ente privado busca maximizar o lucro [...], considera-se aqui que o ente público responsável pela gestão de um serviço tem como objetivo tão somente assegurar a provisão adequada do bem.” (JÚNIOR, 2012)

Por conseguinte, o menor custo para disposição final dos RSD são os cenários 1B e 2B, R\$ 5.539.545,44.

## 5.6 PROJEÇÃO DE CUSTO TOTAL DOS CENÁRIOS PARA O GERENCIAMENTO INTEGRADO DOS RESÍDUOS SÓLIDOS DOMICILIARES DO COMDEPAR

Os custos totais dos cenários para o gerenciamento integrado dos resíduos sólidos domiciliares do COMDEPAR estão dispostos na tabela 18.

Tabela 18 – Custo total dos cenários para o gerenciamento integrado dos RSD do COMDEPAR

Ano	Ano do Plano	População total consórcio (habitantes)	CUSTO TOTAL								
			Cenário 1 C.T. e aterro em Espumoso			Cenário 2 U.T. e C.T. em Soledade para setores 1,4,5. C.T. em Espumoso para setores 2 e 3. Aterro sanitário em Espumoso.			Cenário 3 U.T. e C.T. em Soledade. Aterro sanitário em Minas do Leão.		
			1A	1B		2A	2B		3A	3B	
			Aterro: 100% M.O. + 100% rejeito + 50% seco.	Aterro: 30% M.O. + 100% rejeito + 50% seco. Tratamento 70% M.O.		Aterro: 100% M.O. + 100% rejeito + 50% seco.	Aterro: 30% M.O. + 100% rejeito + 50% seco. Tratamento 70% M.O.		Aterro: 100% M.O. + 100% rejeito + 50% seco.	Aterro: 30% M.O. + 100% rejeito + 50% seco. Tratamento 70% M.O.	
	Compostagem acelerada	Compostagem natural		Compostagem acelerada	Compostagem natural		Compostagem acelerada	Compostagem natural			
2010	0	107396,00	11.962.381,85	11.817.889,58	11.805.381,21	12.940.333,72	12.795.841,45	12.783.333,08	13.614.787,90	13.385.049,53	13.372.541,16
2011	1	107922,24	11.380.087,55	11.280.319,85	11.247.691,05	11.315.494,00	11.215.726,30	11.183.097,50	12.518.042,40	12.332.610,88	12.299.982,09
2012	2	108451,06	11.435.849,98	11.335.370,79	11.302.742,00	11.370.939,92	11.270.460,74	11.237.831,94	12.579.380,80	12.392.818,06	12.360.189,26
2013	3	108982,47	11.491.885,65	11.390.691,49	11.358.062,70	11.426.657,53	11.325.463,37	11.292.834,58	12.641.019,77	12.453.320,24	12.420.691,45
2014	4	109516,48	11.548.195,89	11.446.283,26	11.413.654,47	11.482.648,15	11.380.735,52	11.348.106,73	12.702.960,77	12.514.118,89	12.481.490,10
2015	5	110053,11	11.604.782,05	11.502.147,43	11.469.518,64	11.538.913,13	11.436.278,51	11.403.649,72	12.765.205,27	12.575.215,46	12.542.586,66
2016	6	110592,37	11.661.645,48	11.558.285,33	11.525.656,54	11.595.453,80	11.492.093,65	11.459.464,86	12.827.754,78	12.636.611,39	12.603.982,60
2017	7	111134,28	11.718.787,54	11.614.698,31	11.582.069,52	11.652.271,52	11.548.182,29	11.515.553,50	12.890.610,78	12.698.308,17	12.665.679,38
2018	8	111678,84	11.776.209,60	11.671.387,71	11.638.758,92	11.709.367,65	11.604.545,77	11.571.916,97	12.953.774,77	12.760.307,26	12.727.678,47
2019	9	112226,06	11.833.913,03	11.728.354,89	11.695.726,10	11.766.743,56	11.661.185,42	11.628.556,63	13.017.248,27	12.822.610,15	12.789.981,35
2020	10	112775,97	11.891.899,20	11.785.601,21	11.752.972,42	11.824.400,60	11.718.102,61	11.685.473,82	13.081.032,78	12.885.218,32	12.852.589,52
2021	11	113328,57	11.950.169,51	11.843.128,04	11.810.499,24	11.882.340,16	11.775.298,69	11.742.669,90	13.145.129,84	12.948.133,27	12.915.504,47
2022	12	113883,88	12.008.725,34	11.900.936,75	11.868.307,95	11.940.563,63	11.832.775,04	11.800.146,24	13.209.540,98	13.011.356,50	12.978.727,71
2023	13	114441,91	12.067.568,09	11.959.028,72	11.926.399,92	11.999.072,39	11.890.533,02	11.857.904,22	13.274.267,73	13.074.889,53	13.042.260,73
2024	14	115002,68	12.126.699,17	12.017.405,34	11.984.776,54	12.057.867,85	11.948.574,01	11.915.945,22	13.339.311,64	13.138.733,87	13.106.105,07
2025	15	115566,19	12.186.120,00	12.076.068,00	12.043.439,21	12.116.951,40	12.006.899,40	11.974.270,61	13.404.674,27	13.202.891,04	13.170.262,25

Continuação Tabela 18 – Custo total dos cenários para o gerenciamento integrado dos RSD do COMDEPAR

Ano	Ano do Plano	População total consórcio (habitantes)	CUSTO TOTAL								
			Cenário 1 C.T. e aterro em Espumoso			Cenário 2 U.T. e C.T. em Soledade para setores 1,4,5. C.T. em Espumoso para setores 2 e 3. Aterro sanitário em Espumoso.			Cenário 3 U.T. e C.T. em Soledade. Aterro sanitário em Minas do Leão.		
			1A	1B		2A	2B		3A	3B	
			Aterro: 100% M.O. + 100% rejeito + 50% seco.	Aterro: 30% M.O. + 100% rejeito + 50% seco. Tratamento 70% M.O.		Aterro: 100% M.O. + 100% rejeito + 50% seco.	Aterro: 30% M.O. + 100% rejeito + 50% seco. Tratamento 70% M.O.		Aterro: 100% M.O. + 100% rejeito + 50% seco.	Aterro: 30% M.O. + 100% rejeito + 50% seco. Tratamento 70% M.O.	
	Compostagem acelerada	Compostagem natural		Compostagem acelerada	Compostagem natural		Compostagem acelerada	Compostagem natural			
2026	16	116132,47	12.245.831,99	12.135.018,12	12.102.389,32	12.176.324,46	12.065.510,59	12.032.881,80	13.470.357,17	13.267.362,59	13.234.733,80
2027	17	116701,51	12.305.836,57	12.194.257,09	12.161.628,29	12.235.988,45	12.124.408,97	12.091.780,18	13.536.361,92	13.332.150,05	13.299.521,25
2028	18	117273,35	12.366.135,16	12.253.786,33	12.221.157,53	12.295.944,79	12.183.595,96	12.150.967,16	13.602.690,10	13.397.254,96	13.364.626,17
2029	19	117847,99	12.426.729,23	12.313.607,26	12.280.978,47	12.356.194,92	12.243.072,96	12.210.444,16	13.669.343,28	13.462.678,89	13.430.050,10
2030	20	118425,45	12.487.620,20	12.373.721,32	12.341.092,52	12.416.740,28	12.302.841,39	12.270.212,60	13.736.323,06	13.528.423,40	13.495.794,60
2031	21	119005,73	12.548.809,54	12.434.129,93	12.401.501,14	12.477.582,31	12.362.902,70	12.330.273,90	13.803.631,04	13.594.490,05	13.561.861,26
2032	22	119588,86	12.610.298,71	12.494.834,55	12.462.205,75	12.538.722,46	12.423.258,30	12.390.629,51	13.871.268,84	13.660.880,43	13.628.251,64
2033	23	120174,84	12.672.089,17	12.555.836,62	12.523.207,82	12.600.162,20	12.483.909,65	12.451.280,85	13.939.238,05	13.727.596,13	13.694.967,34
2034	24	120763,70	12.734.182,41	12.617.137,60	12.584.508,80	12.661.902,99	12.544.858,18	12.512.229,39	14.007.540,32	13.794.638,73	13.762.009,94
2035	25	121355,44	12.796.579,90	12.678.738,95	12.646.110,16	12.723.946,32	12.606.105,37	12.573.476,58	14.076.177,27	13.862.009,84	13.829.381,05
2036	26	121950,09	12.859.283,14	12.740.642,15	12.708.013,36	12.786.293,65	12.667.652,67	12.635.023,87	14.145.150,54	13.929.711,07	13.897.082,28
2037	27	122547,64	12.922.293,63	12.802.848,68	12.770.219,89	12.848.946,49	12.729.501,54	12.696.872,75	14.214.461,77	13.997.744,03	13.965.115,24
2038	28	123148,12	12.985.612,87	12.865.360,02	12.832.731,23	12.911.906,33	12.791.653,48	12.759.024,69	14.284.112,64	14.066.110,36	14.033.481,57
2039	29	123751,55	13.049.242,37	12.928.177,66	12.895.548,87	12.975.174,67	12.854.109,97	12.821.481,17	14.354.104,79	14.134.811,68	14.102.182,89
2040	30	124357,93	13.113.183,66	12.991.303,11	12.958.674,32	13.038.753,03	12.916.872,48	12.884.243,69	14.424.439,90	14.203.849,64	14.171.220,85
		<b>VPL</b>	<b>95.546.746,40</b>	<b>94.661.673,45</b>	<b>94.415.834,79</b>	<b>95.938.216,73</b>	<b>95.053.143,79</b>	<b>94.807.305,13</b>	<b>105.508.311,73</b>	<b>103.908.295,53</b>	<b>103.662.456,87</b>

A comparação dos custos da opção A (sem compostagem) com a B (com compostagem) para qualquer um dos cenários (1, 2 e 3), sugere que a segunda alternativa é a mais vantajosa economicamente. Isso indica que o valor gasto com o tratamento da matéria orgânica (compostagem acelerada ou natural) é compensado pelo custo que deixa de existir com o transporte e/ou a disposição dessa matéria orgânica em aterro sanitário. Além do benefício econômico deve-se destacar a geração de trabalho e renda e, ainda, a contribuição para o aumento da vida útil do aterro sanitário.

A análise de custos totais destes cenários sugere que a opção mais vantajosa financeiramente é o cenário 1B, no qual a alternativa de menor custo ocorre quando adotada a compostagem natural, de R\$ 94.415.834,79, e um custo maior com a compostagem acelerada, de R\$ 94.661.673,45. Em seguida, o cenário que apresenta menor custo é o 2B, no valor de R\$ 94.807.305,13 e R\$ 95.053.143,79 adotando-se compostagem natural e acelerada, respectivamente.

Como cenário de maior custo apura-se o 3 (A e B), o que é justificado, principalmente, pelos gastos mais elevados com as etapas de transporte e transbordo. Isso porque nessa alternativa todos os resíduos comuns e os rejeitos do seco utilizam a unidade de transbordo e, além disso, a distância do transporte para a disposição final é maior do que nos outros cenários.

## 5.7 PROJEÇÃO DE CUSTOS PARA GERENCIAMENTO INTEGRADO DE RESÍDUOS SÓLIDOS DOMICILIARES DE TIO HUGO

A tabela 19 expõe a estimativa do custo per capita para o COMDEPAR e total para o município de Tio Hugo.

Tabela 19 – Custos para gerenciamento integrado de resíduos sólidos domiciliares de Tio Hugo.

	Custo TOTAL								
	Cenário 1 - Centro de triagem e aterro em Espumoso			Cenário 2 - Transbordo e centro de triagem em Soledade para setores 1,4,5. Centro de triagem em Espumoso para setores 2 e 3. Aterro sanitário em Espumoso.			Cenário 3 - Transbordo e centro de triagem em Soledade. Aterro sanitário em Minas do Leão.		
	1A	1B		2A	2B		3A	3B	
	Aterro: 100% M.O. + 100% rejeito + 50% seco.	Aterro: 30% M.O. + 100% rejeito + 50% seco. Tratamento 70% M.O.		Aterro: 100% M.O. + 100% rejeito + 50% seco.	Aterro: 30% M.O. + 100% rejeito + 50% seco. Tratamento 70% M.O.		Aterro: 100% M.O. + 100% rejeito + 50% seco.	Aterro: 30% M.O. + 100% rejeito + 50% seco. Tratamento 70% M.O.	
	Compostagem acelerada	Compostagem natural		Compostagem acelerada	Compostagem natural		Compostagem acelerada	Compostagem natural	
VPL (R\$)	95.546.746,40	94.661.673,45	94.415.834,79	95.938.216,73	95.053.143,79	94.807.305,13	105.508.311,73	103.908.295,53	103.662.456,87
Custo (R\$/habitante)	106,08	105,10	104,82	106,51	105,53	105,26	117,14	115,36	115,09
Custo (R\$/ton)	554,21	549,08	547,65	556,48	551,35	549,92	611,99	602,71	601,29
Custo Tio Hugo (R\$)	2.423.454,66	2.401.005,61	2.394.770,14	2.433.383,95	2.410.934,89	2.404.699,42	2.676.120,54	2.635.537,61	2.629.302,14



A observação dos VPL's relacionados na tabela anterior, sugere que o custo para o cenário 1B (com compostagem natural) para o GIRSD do COMDEPAR será de R\$ 104,82 per capita e de R\$ 547,65 por tonelada, para os 30 anos de projeção.

Estima-se que o VPL para o GIRSD do município de Tio Hugo no cenário da gestão associada é de R\$ 2.394.770,14; considerando que a divisão de custos no consórcio será feita de acordo com o número de habitantes de cada município. De acordo com o Plano Municipal de Saneamento Básico do Município de Tio Hugo (2012), o VPL da situação atual do município é de R\$ 1.270.479,42. De acordo com as duas projeções realizadas, utilizando o mesmo período e a mesma taxa de juros, o custo da gestão associada para Tio Hugo é quase duas vezes maior que o custo atual do manejo de resíduos sólidos no município.

Parte dessa diferença pode ser justificada pela introdução da coleta seletiva, inexistente na situação atual. Não se pode deixar de referir que existem limitações no modo como se estimou o VPL para o município, pois na divisão de custos per capita não se considerou, por exemplo, que Tio Hugo terá menor gasto em transporte do que municípios mais afastados de Espumoso. Afora isso, o presente trabalho só considerou a possibilidade de financiamento do Governo Federal para aquisição de equipamentos e infraestrutura na etapa de disposição final (aterro em Espumoso). Ou seja, se esse financiamento for levado em consideração em todas as etapas do GIRSD, a gestão associada apresenta vantagens financeiras aos municípios.

## 6 CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

Com a realização deste trabalho, pode-se dizer que o gerenciamento integrado dos resíduos sólidos domiciliares do COMDEPAR é viável tecnicamente, considerando os cenários propostos, com tecnologias simples e de fácil operação. Ademais, de acordo com as simulações dos gastos com GIRSD do consórcio, o cenário mais viável economicamente é o 1B (com compostagem natural).

Observou-se que nos três cenários apresentados a opção com compostagem (B) é mais vantajosa economicamente do que a sem compostagem (A). Além disso, a alternativa A não permitida pela Legislação.

Contudo, comparando o VPL da situação atual de gestão de RS em Tio Hugo com o cenário mais econômico da gestão associada, pode-se dizer que para o município a opção do consórcio possui maior custo. Recomenda-se proceder a estimativa dos custos do GIRSD para o município de Tio Hugo tendo em conta que, na etapa de coleta e de transporte, os resíduos provenientes do município são transportados por uma distância menor do que os demais municípios. Por isso sugere-se que a determinação do custo das etapas de coleta e de transporte seja feita considerando-se a população e a distância percorrida, observando-se nas outras etapas apenas o número de habitantes.

É preciso salientar as vantagens ambientais e sociais do cenário da gestão associada de RSD apresentados aqui, como: a priorização do tratamento dos RSD e a disposição final apenas dos rejeitos, contribuindo com a diminuição da quantidade de matéria prima retirada do ambiente e com o aumentando da vida útil dos aterros sanitários, e, além disso, a geração de trabalho e renda através dos resíduos sólidos recicláveis.

O presente trabalho possui limitação quanto à caracterização dos RSD dos municípios do consórcio, por isso sugere-se a sua realização para todos os municípios, a fim de se verificar se as escolhas de tratamento são as mais adequadas.

Visando a implantação do GIRSD do COMDEPAR, opina-se pela elaboração de um Plano Regional de Gerenciamento Integrado de Resíduos Sólidos e que, concomitantemente, seja realizado um programa de educação ambiental com todos os envolvidos; desde os moradores, passando pelos trabalhadores inseridos em todas as etapas de operação e, inclusive, atingindo os tomadores de decisão. É necessário que todos estejam sensibilizados com a causa, para que o sistema seja eficiente.

Durante a realização deste trabalho observou-se a dificuldade para se obter informações sobre o tema na literatura, evidenciando que a prática da gestão de resíduos sólidos é recente e ainda demanda muita pesquisa e trabalho.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BATISTA, Sinoel. et al. **Guia de Consórcios Públicos: O papel dos dirigentes municipais e regionais na criação e gestão dos consórcios públicos**. 1. ed. Brasília, DF : Caixa Econômica Federal, 2011. 276 p. 2 v.

BRASIL. Decreto nº 6.017, de 17 de janeiro de 2007. Regulamenta a Lei nº 11.107, de 6 de abril de 2005.

\_\_\_\_\_. Decreto nº 7.217, de 21 de junho de 2010. Regulamenta a Lei nº 11.445, de 5 de janeiro de 2007.

\_\_\_\_\_. Decreto nº 7.404, de 23 de dezembro de 2010. Regulamenta a Lei nº 12.305, de 2 de agosto de 2010.

\_\_\_\_\_. Lei nº 11.107, de 6 de abril de 2005. Dispõe sobre normas gerais de contratação de consórcios públicos e dá outras providências.

\_\_\_\_\_. Lei nº 11.445, de 5 de janeiro de 2007. Estabelece diretrizes nacionais para o saneamento básico.

\_\_\_\_\_. Lei nº 12.305, de 02 de agosto de 2010. Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos.

\_\_\_\_\_. Ministério das Cidades. Secretaria Nacional de Saneamento Ambiental. **Lei Nacional de Saneamento Básico: perspectivas para as políticas e gestão dos serviços públicos**. Brasília: Editora, 2009. v. 2.

CONSÓRCIO PÚBLICO DE SANEAMENTO BÁSICO DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO DOS SINOS. 2012. Disponível em: <[http://www.consorcioprosinos.com.br/conteudo\\_inst.php?id=consorcio](http://www.consorcioprosinos.com.br/conteudo_inst.php?id=consorcio)>. Acesso em: 28 nov. 2012.

FILOMENA, Tiago P. **Engenharia Econômica e Avaliações** – Notas de aula, 2011. Escola de Administração. Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

GABIATTI, Naiana C. et al. **Diagnóstico dos sistemas de tratamento final de resíduos sólidos urbanos no Rio Grande do sul, impacto na emissão de gases de efeito estufa e alternativas de Mitigação**. In: Reunião anual da Sociedade Brasileira para o Progresso da Ciência, 58, 2006, Florianópolis. Anais. Disponível em: <[http://www.sbpcnet.org.br/livro/58ra/JNIC/RESUMOS/resumo\\_484.html](http://www.sbpcnet.org.br/livro/58ra/JNIC/RESUMOS/resumo_484.html)> Acesso em: ago. 2012.

GEHLING, Gino. **Gerenciamento de resíduos sólidos** – Notas de aula, 2011. Instituto de Pesquisas Hidráulicas. Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Censo Demográfico 2010**. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br/cidadesat/topwindow.htm?1>>. Acesso em: maio 2012.

JÚNIOR, R. Toneto (Coord.). et al. **Viabilidade econômica da construção e implementação de aterros sanitários**: vantagens de modelos com consórcios Municipais, subsídios Federais e operação pública ou privada. Estudo CITAR-FUNDACE. 2012.

MARTINS, Flavia B.; COUTO, Andrea M. **Consórcios Públicos**: Possibilidades de Implantação de Soluções Compartilhadas entre os Municípios. In: Cidade bem tratada: Seminário de Gestão Sustentável de Resíduos, 2012, Porto Alegre. Apresentação do Microsoft Office PowerPoint.

MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE. ICLEI – Brasil. **Planos de gestão de resíduos sólidos**: manual de orientação. Brasília, 2012. p. 156.

NowaK Indústria e Comércio de Máquinas Ltda. Disponível em: <<http://www.nowak.com.br/loja/>>. Acesso em: nov. 2012.

PIRES, Adriano Borges. **Análise de Viabilidade Econômica de um Sistema de Compostagem Acelerada para Resíduos Sólidos Urbanos**. Passo Fundo, 2011. Trabalho de Conclusão de Curso. Faculdade de Engenharia e Arquitetura, Universidade de Passo Fundo, Passo Fundo, 2011. Disponível em: <<http://usuarios.upf.br/~engeamb/TCCs/2011-2/Adriano%20Borges%20Pires.pdf>>. Acesso em: 13 out 2012.

Plano Municipal de Saneamento Básico do município de Ijuí, RS (PLAMSAB): Volume 01: Diagnóstico / Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Instituto de Pesquisas Hidráulicas – Porto Alegre: UFRGS, 2011.

Plano Municipal de Saneamento Básico do município de Tio Hugo, RS: Programa Municipal de Gerenciamento Integrado de Resíduos Sólidos – PMGIRS do município de Tio Hugo/Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Instituto de Pesquisas Hidráulicas – Porto Alegre: UFRGS, 2012.

Plano Nacional de Resíduos Sólidos: Versão pós Audiências e Consulta Pública para conselhos Nacionais. Ministério do Meio Ambiente - Brasília: 2012

Radar Industrial. Disponível em: < <http://www.radarindustrial.com.br/>>. Acesso: nov. 2012.

RODRIGUES, Clarice dos Santos. **Gerenciamento integrado de resíduos sólidos urbanos**: desafios, possibilidades e limitações para implantação no município de Imbituba, SC. Criciúma, 2009. Trabalho de conclusão de curso. Universidade do Extremo Sul Catarinense, Criciúma, 2009. Disponível em: <<http://www.imbituba.sc.gov.br/f/saneamento/12023-12024.pdf>>. Acesso em: out. 2012.