

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO ESPÍRITO SANTO**  
**CENTRO UNIVERSITÁRIO NORTE DO ESPÍRITO SANTO**  
**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENERGIA**

**GIOVANE LOPES FERRI**

**REDE DE LOGÍSTICA REVERSA PARA OS RESÍDUOS SÓLIDOS**  
**URBANOS**

**SÃO MATEUS – ES**  
**2016**

**GIOVANE LOPES FERRI**

**REDE DE LOGÍSTICA REVERSA PARA OS RESÍDUOS SÓLIDOS  
URBANOS**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Energia do Centro Universitário do Norte do Espírito Santo, como registro para a obtenção do título do Mestre em Energia, na área de concentração em Engenharia, Tecnologia e Gestão.

Orientadora: Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Gisele de Lorena Diniz Chaves

Coorientador: Prof. Dr. Glaydston Mattos Ribeiro

**SÃO MATEUS – ES**

**2016**

Dados Internacionais de Catalogação-na-publicação (CIP)  
(Divisão de Biblioteca Setorial do CEUNES - BC, ES, Brasil)

---

F388r Ferri, Giovane Lopes, 1991-  
Rede de logística reversa para os resíduos sólidos urbanos /  
Giovane Lopes Ferri. – 2016.  
126 f. : il.

Orientador: Gisele de Lorena Diniz Chaves.

Coorientador: Glaydston Mattos Ribeiro.

Dissertação (Mestrado em Energia) – Universidade Federal do Espírito Santo, Centro Universitário Norte do Espírito Santo.

1. Logística reversa. 2. Resíduos sólidos. 3. Modelagem matemática. I. Chaves, Gisele de Lorena Diniz. II. Ribeiro, Glaydston Mattos. III. Universidade Federal do Espírito Santo. Centro Universitário Norte do Espírito Santo. IV. Título.

CDU: 620.9

---

# Rede de Logística Reversa para os Resíduos Sólidos Urbanos

**Giovane Lopes Ferri**

Dissertação apresentada à Universidade Federal do Espírito Santo, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Energia, para obtenção do título de Mestre em Energia.

Aprovada: 12/04/2016.



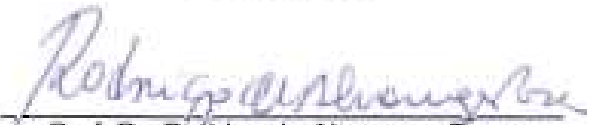
Prof.ª. Dr.ª. Gisele de Lorena Diniz Chaves  
CEUNES/UFES  
Orientadora



Prof. Dr. Gláuston Mattos Ribeiro  
UFRJ  
Coorientador



Prof. Dr. Wanderley Cardoso Celeste  
CEUNES/UFES  
Membro Interno



Prof. Dr. Rodrigo de Alvarenga Rosa  
UFES  
Membro Externo



Prof. Dr. Gilberto de Miranda Junior  
CEUNES/UFES  
Membro Externo

*“Se podemos sonhar, também  
podemos tornar nossos sonhos  
realidade.”*

Walt Disney

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço primeiramente aos meus pais Roberto e Ledomara por todo carinho, paciência e apoio financeiro.

À minha namorada Bruna por todo amor, compreensão e apoio incondicional.

Aos meus irmãos Bernardo, Rodrigo e Roberto pelos bons momentos juntos.

Aos seus pais Bianca e Gustavo por todo suporte e carinho.

À Professora Gisele de Lorena Diniz Chaves por toda sua atenção, compreensão e empenho na orientação à elaboração deste trabalho, bem como nos ensinamentos transmitidos com competência ao longo de toda a pós-graduação.

Ao Professor Glaydston Mattos Ribeiro por todo empenho e qualidade na orientação à elaboração deste trabalho, sendo seus ensinamentos de extrema importância na minha formação acadêmica.

E por fim à Deus pelo dom da vida e pela saúde.

## RESUMO

Com o crescente número de negócios em escala mundial e a imensa quantidade de produtos transportados diariamente, aumenta também a quantidade de resíduos sólidos (RS) gerada e de materiais que precisam ser enviados de volta à sua origem. A logística reversa é a área responsável por este fluxo reverso de produtos, sendo baseada tanto nas legislações vigentes, quanto na possibilidade de agregar valor ou reduzir custos referentes ao manejo do resíduo. Portanto, a sua implantação é um elemento rumo ao desenvolvimento sustentável do planeta, pois possibilita a reutilização e redução no consumo de matérias-primas. No Brasil, o impulso a esta área especializada da logística se deu a partir da instituição da Lei Nº 12.305/2010 conhecida como Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS) cujos objetivos, dentre outros, são definir responsabilidades compartilhadas, implantar a coleta seletiva e a logística reversa no país, promovendo a parametrização quanto a utilização e adequação dos RS. Para viabilizar esta política, faz-se necessário que aterros sanitários sejam projetados e otimizados por meio da coleta seletiva, a qual permite um prolongamento à vida útil destes aterros. Neste sentido, este trabalho busca realizar a modelagem matemática da rede de logística reversa dos RS possibilitando estruturá-la de forma a atender às legislações vigentes, de maneira economicamente e socialmente viável. O modelo foi aplicado no município de São Mateus-ES e no Estado do Espírito Santo gerando dois cenários em escalas distintas, municipal e estadual. Esta dissertação expõe uma aplicação original desta modelagem matemática na medida em que esta possibilita a abertura de facilidades em duas camadas distintas que se comunicam entre si, além de possuir um fluxo interno de realocação de resíduos na segunda camada.

**Palavras-chave:** Rede de Logística Reversa; Política Nacional de Resíduos Sólidos; Localização de Facilidades

## **ABSTRACT**

With the growing number of businesses worldwide and the immense amount of goods transported daily, also increases the amount of solid waste (SW) generated and materials that need to be sent back to its origin. Reverse logistics is the area responsible for this reverse flow of products, which is based both on current legislation, as the possibility to add value or reduce costs for the management of waste. Therefore, its implementation is a course element to the sustainable development of the planet because it enables the reuse and reduction in consumption of raw materials. In Brazil, the impetus to this specialized area of logistics, occurred from the institution of the National Solid Waste Policy (Law No. 12.305 / 2010) whose objectives, among others, are set shared responsibilities, implement the selective collection and reverse logistics in the country, promoting the optimization as the use and adequacy of SW. To enable this policy, it is necessary that landfills are designed and made possible through the selective collection that extends the useful life of landfills. Thus, this paper aims to carry out mathematical modeling of SW reverse logistics network enabling structure a reverse logistics network SW to meet current legislation, economically and socially viable. The model was applied in São Mateus-ES and Espírito Santo generating two distinct scenarios, state and local scales. This dissertation exposes an original application of this mathematical in so far as this modeling makes possible the opening of facilities in two different layers that are communicated between themselves, besides having an internal flow of reallocation of residues in the second layer.

**Keywords:** Reverse Logistics Network; Municipal Solid Waste, Facility Location.



## LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Os cinco pilares motivadores básicos da logística reversa .....	19
Figura 2: Pirâmide Invertida de Recuperação .....	25
Figura 3: Rede de Logística Reversa para RS .....	28
Figura 4: Classificação dos Problemas de Localização .....	32
Figura 5: Classificação do Modelo da Dissertação.....	38
Figura 6: Etapas para a Incorporação de uma Modelagem Matemática a Rede de Logística Reversa.....	40
Figura 7: Exemplo da interação dos conjuntos.....	47
Figura 8: Exemplo da interação das variáveis de fluxo .....	50
Figura 9: Mapa do município de São Mateus-ES .....	57
Figura 10: Mapa do Estado do Espírito Santo.....	59
Figura 11: Alocação de CTAs para Resíduos Recicláveis no Cenário 1 .....	74
Figura 12: Alocação de CTAs para Resíduos Gerais no Cenário 1 .....	75
Figura 13: Alocação de CTAs para Resíduos Orgânicos no Cenário 1.....	75
Figura 14: Alocação de CTAs e Indústrias de Reciclagem no Cenário 2 .....	79
Figura 15: Alocação de CTAs de Resíduo Geral e Aterros Sanitários no Cenário 2.....	80
Figura 16: Alocação de CTAs de Resíduo Orgânico e Indústria de Compostagem no Cenário 2.....	81

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Quantidade de RS <i>per capita</i> no ES.....	61
Tabela 2: Quantidade de RS por bairro.....	62
Tabela 3: Limites das Faixas de Capacidade.....	64
Tabela 4: Especificações quanto as Instalações de um CTA para coleta seletiva ....	66
Tabela 5: Custos Fixos de Instalação para CTA de Coleta Seletiva em São Mateus-ES .....	67
Tabela 6: Custos Fixos de Operação para CTA de Coleta Seletiva.....	67
Tabela 7: Especificações quanto as Instalações de um CTA para RS geral.....	68
Tabela 8: Custo Fixo de Instalação de um CTA para RS geral em São Mateus-ES .	69
Tabela 9: Custo Fixo de Operação de um CTA de RS geral.....	70
Tabela 10: Custo Fixo de Instalação para a terceira camada .....	71

## LISTA DE QUADROS

Quadro 1: Alocações de CTAs .....	74
Quadro 2: CTAs para Resíduos Recicláveis – Cenário 2.....	76
Quadro 3: CTAs para Resíduos Gerais (Rejeito) – Cenário 2.....	77
Quadro 4: CTAs para Resíduo Orgânico – Cenário 2 .....	78
Quadro 5: Alocações de facilidades de destinação final .....	78

## SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	13
1.1	OBJETIVOS.....	14
1.1.1	Objetivos Específicos.....	15
1.2	ESTRUTURA DA DISSERTAÇÃO.....	15
2	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	17
2.1	LOGÍSTICA E LOGÍSTICA REVERSA.....	17
2.1.1	Motivadores de Implementação.....	19
2.1.2	Motivadores de Retorno.....	22
2.1.3	Motivadores de Produtos.....	23
2.1.4	Motivadores de Recuperação.....	24
2.1.5	Motivadores de Atores.....	27
2.2	PROJETO DE REDE DE LOGÍSTICA REVERSA.....	29
2.3	LOCALIZAÇÃO DE FACILIDADES.....	31
3	METODOLOGIA.....	39
3.1	MODELAGEM MATEMÁTICA.....	41
3.2	OBTENÇÃO DOS DADOS.....	42
3.3	ANÁLISE DOS CENÁRIOS.....	43
4	MODELO MATEMÁTICO.....	45
4.1	CONJUNTOS E PARÂMETROS.....	45
4.2	VARIÁVEIS DE DECISÃO.....	49
4.2.1	Variáveis de Fluxo.....	49
4.2.2	Variáveis Binárias.....	51
4.3	VARIÁVEIS AUXILIARES.....	51
4.4	FUNÇÃO OBJETIVO E RESTRIÇÕES.....	52
4.4.1	Função Objetivo.....	52

4.4.2	Restrições.....	52
4.5	GERAÇÃO DOS CENÁRIOS.....	55
5	APRESENTAÇÃO DOS PARÂMETROS.....	57
5.1	DEFINIÇÃO DOS CONJUNTOS.....	57
5.2	QUANTIDADE DE RS GERADO E FAIXAS DE CAPACIDADE.....	61
5.3	CUSTOS FIXOS DE INSTALAÇÃO E OPERAÇÃO DE UM CTA.....	65
5.3.1	CTA RS Coleta Seletiva.....	65
5.3.2	CTA RS Geral.....	68
5.3.3	Indústrias de Reciclagem, Compostagem e Aterros Sanitários.....	71
5.4	CUSTOS DE TRANSPORTE.....	71
5.4.1	Local Gerador → CTA.....	71
5.4.2	CTA → Destinação Final.....	72
6	ANÁLISE DOS CENÁRIOS.....	73
6.1	CENÁRIO 1.....	73
6.2	CENÁRIO 2.....	76
7	CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	83
	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	86
	APÊNDICE A – RESULTADO CPLEX CENÁRIO 1.....	98
	APÊNDICE B – RESULTADO CPLEX CENÁRIO 2.....	103
	APÊNDICE C – QUESTIONÁRIO DE PERFIL DOS CATADORES DE RS.....	119
	APÊNDICE D – QUESTIONÁRIO DE PERFIL DOS COMERCIANTES DE RS.....	121
	APÊNDICE E – QUESTIONÁRIO DE SINGULARIZAÇÃO DO MUNICÍPIO.....	123

## 1 INTRODUÇÃO

Estudos e reuniões relacionadas à gestão de Resíduos Sólidos (RS) foram colocados em pauta e estão em ascensão desde a Conferência sobre Desenvolvimento Sustentável no Contexto da Erradicação da Pobreza (Rio + 20), a qual discorreu acerca de assuntos que compõem a Agenda 21 (MMA, 2013). A Agenda 21 é um documento que discorre acerca de Meio Ambiente e Desenvolvimento, considerando diversos conceitos e propostas de programas e ações. Desta forma, a partir deste documento, tem-se o surgimento de um novo paradigma de desenvolvimento sustentável com diversos princípios norteadores (LEMOS, 2006).

O documento indica uma insustentabilidade nos parâmetros de produção e consumo (UN, 1993). Desta forma, reduzir a geração de rejeitos e utilizar os resíduos gerados de maneira eficiente torna-se indispensável a fim de diminuir e evitar a degradação do meio ambiente (MUELLER, 2013). Desta forma, diversas normas e diretrizes foram criadas para possibilitar um manejo adequado dos RS, além de normatizar padrões e responsabilidades desde a criação e exploração de matérias-primas ao descarte e disposição dos RS (FARIA, 2012; MACHADO, 2012).

No Brasil, destaca-se a Lei Nº 12.305/2010, a qual institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS) (BRASIL, 2010). A PNRS normatiza a prestação dos serviços públicos de limpeza urbana e manejo de resíduos sólidos como um desdobramento de alguns objetivos da Agenda 21 em nível nacional. As finalidades fundamentais estabelecidas por esta lei são: acabar com os lixões até o final do ano de 2014 e implantar a coleta seletiva, a logística reversa e a compostagem dos resíduos úmidos (BRASIL, 2010). Desta forma, aterros sanitários, centros de triagem e centros de reciclagem e compostagem deverão ser projetados e viabilizados por meio da coleta seletiva (CHAVES *et al.*, 2014a; CHAVES, *et al.*, 2014b).

Algumas diretrizes básicas definidas pela PNRS são a sustentabilidade econômica e ambiental para o sistema de gestão de RS, abordando diversos pontos mínimos a serem alcançados, dentre os quais destacam-se: a redução, reutilização, e reciclagem com vistas a reduzir a quantidade de resíduos e rejeitos encaminhados para disposição final ambientalmente adequada (GUARNIERI, 2011; IPEA, 2012; XAVIER;

CORRÊA, 2013). Outros pontos ponderados pela PNRS são a inclusão social e a emancipação econômica de catadores de materiais reutilizáveis e recicláveis, além da utilização de medidas para incentivar e viabilizar a gestão regionalizada dos RS (RIBEIRO *et al.*, 2009; SCHEINBERG, 2012; STREIT, 2013; GUARNIERI; CERQUEIRA-STREIT, 2013). A formalização da inclusão dos catadores ocorrerá pela coleta seletiva, cuja implantação gradativa é uma normativa e possibilita que o sistema de gestão de RS seja economicamente autossustentável (BRASIL, 2010).

Nesse sentido, esta dissertação propõe uma rede de logística reversa envolvida com a gestão dos RS nos municípios para solucionar o desafio de gerenciar estes resíduos de forma economicamente viável frente às novas exigências legais. Um projeto de rede de logística reversa visa solucionar o número de centros de retorno, centros de triagem e locais de disposição final, além de indicar suas localidades, capacidades e os fluxos empregados entre estas facilidades (FERRI, 2014; FERRI *et al.*, 2015a; FERRI *et al.*, 2015b; PISHVAEE *et al.*, 2010; RAMEZANI *et al.*, 2012; SCHULTMANN *et al.*, 2006).

## 1.1 OBJETIVOS

No que diz respeito aos objetivos, este estudo possui como objetivo principal estruturar uma rede logística reversa de RS a fim de atender a legislação vigente de forma economicamente viável. Para isso, a rede envolve os elos da logística reversa desde os potenciais geradores de resíduo, centros de triagem e armazenagem e meios de destinação final, tais como, compradores intermediários de material reciclável, aterro sanitário, empresas de reciclagem, empresas de recuperação de material, entre outros. Esta rede será projetada com a possibilidade de mudança na quantidade de RS gerada, e a inclusão de quantos tipos de resíduos forem necessários, tais como, resíduos sólidos recicláveis, resíduos orgânicos, rejeitos, dentre outros.

### 1.1.1 Objetivos Específicos

Esta dissertação ainda possui objetivos específicos, tais como:

- Realizar a modelagem matemática da rede de logística reversa dos RS cuja aplicabilidade será testada por meio de análises de cenários;
- Obtenção de parâmetros para o município de São Mateus-ES e para o estado do Espírito Santo, considerando as exigências legais de coleta seletiva, a necessidade de minimizar o envio de resíduos orgânicos para os aterros sanitários, o envolvimento dos agentes de coleta de RS nos modelos;
- Elaboração de cenários distintos em esferas municipais e estaduais, a fim de analisar a viabilidade da implantação dos locais de destinação final e intermediários;
- Ajuste de um modelo matemático de alocação de facilidades genérico e adequado às especificações em nível municipal e estadual, a fim de possibilitar e prever possíveis cenários de expansão da rede logística reversa;

## 1.2 ESTRUTURA DA DISSERTAÇÃO

Esta dissertação possui sete capítulos além das referências bibliográficas e dos apêndices:

1. Introdução;
2. Revisão Bibliográfica;
3. Metodologia;
4. Modelo Matemático;
5. Apresentação do Parâmetros;
6. Análise dos Cenários;
7. Considerações Finais.



O Capítulo 1 introduz, apresenta e contextualiza o tema abordado. Neste capítulo ainda considera os conceitos iniciais, expõe o objetivo principal da dissertação e seus objetivos secundários, além de justificar a escolha do assunto em questão.

Posterior ao capítulo introdutório, o Capítulo 2 apresenta a revisão bibliográfica acerca dos temas estudados nesta dissertação, são estes: Logística Reversa, Rede de Logística Reversa e Localização de Facilidades.

Já, no Capítulo 3 são expostos os procedimentos metodológicos utilizados para o desenvolvimento e cumprimento da análise proposta.

O modelo matemático proposto é apresentado e discutido no Capítulo 4, neste encontra-se a explicação de todos os elementos do modelo, são estes: conjuntos, parâmetros, variáveis de decisão, variáveis auxiliares, função objetivo e restrições.

A obtenção dos parâmetros utilizados para a simulação dos cenários estudados está a cargo do Capítulo 5.

O Capítulo 6 consiste da apresentação e análise dos resultados obtidos nos cenários simulados.

Por fim, o Capítulo 7 versa acerca das considerações finais quanto às análises expostas em toda a dissertação.

## 2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

### 2.1 LOGÍSTICA E LOGÍSTICA REVERSA

A logística tem evoluído seu conceito ao longo do tempo, sendo primeiramente conceituada puramente como o movimento de materiais de uma origem a um destino, ou ponto de consumo (RODRIGUES, *et al.*, 2002). O *Council of Supply Chain Management Professionals* (CSCMP) define a logística basicamente como um processo de planejamento, execução e controle dos procedimentos para alcançar uma eficiência e uma eficácia do transporte e armazenagem de produtos, bem como os serviços e informações associadas por todo este percurso a fim de atender as necessidades e exigências do cliente (CSCMP, 2015).

Nesta ótica, Ballou (2006) valida a definição anterior afirmando que a logística deve ser entendida como um processo, ou seja, a logística engloba todas as atividades para disponibilizar bens ou serviços aos consumidores finais. Assim sendo, Bowersox e Closs (2011) divide a logística em alguns componentes integrados entre si, sendo estes, as informações, o transporte, o estoque, o armazenamento, o manuseio de materiais e a embalagem. A logística utiliza as atividades de movimentação e armazenagem com finalidade de promover o fluxo de produtos desde a aquisição da matéria-prima ao consumo final, juntamente com o fluxo de informação referente a cada etapa, com o objetivo de alcançar níveis de serviço apropriados aos clientes a um custo razoável. Desta forma, entende-se que a logística converge seu foco nos fluxos da cadeia produtiva direta, ou seja, das matérias-primas ao consumidor final (BALLOU, 2006; DE BRITO, 2004; DE BRITO; DEKKER, 2003; LEITE, 2003).

Porém, a crescente preocupação com o meio ambiente, tanto na esfera governamental, quanto na social, vem exigindo que as empresas se responsabilizem por seus produtos após a venda, ocasionando uma alteração na definição tradicional de logística. Portanto, para Chaves e Batalha (2006), somente o fluxo unidirecional de informações e materiais (fornecedores → clientes) não é suficiente, fazendo-se necessária uma reestruturação das atividades de maneira que esse fluxo se torne

bidirecional (fornecedores ↔ clientes). A este novo conceito de retorno de materiais e informações (fornecedores ← clientes) se dá o nome de logística reversa.

A logística reversa pode ser entendida como uma ramificação da logística, com objetivo de adequar a destinação de um produto, ou de retificar erros referentes a este. Ainda neste sentido, considera-se:

Logística reversa: em uma perspectiva de logística de negócios, o termo refere-se ao papel da logística no retorno de produtos, redução na fonte, reciclagem, substituição de materiais, reuso de materiais, disposição de resíduos, reforma, reparação e remanufatura [...] (STOCK, 1998, p. 20)

Acrescendo uma visão relativa à importância da logística reversa, Lacerda (2003) defende que os seus processos têm gerado retornos consideráveis para as empresas. Lacerda (2003) ainda acrescenta que as empresas que trabalham com políticas de retorno de produtos possuem uma valorização maior por parte dos clientes, sendo que, estes levam em consideração o direito de devolução ou troca de seus produtos (ROGERS; TIBBEN-LEMBKE, 2001; DE BRITO, 2004; AKDOGAN; COSKUN, 2012).

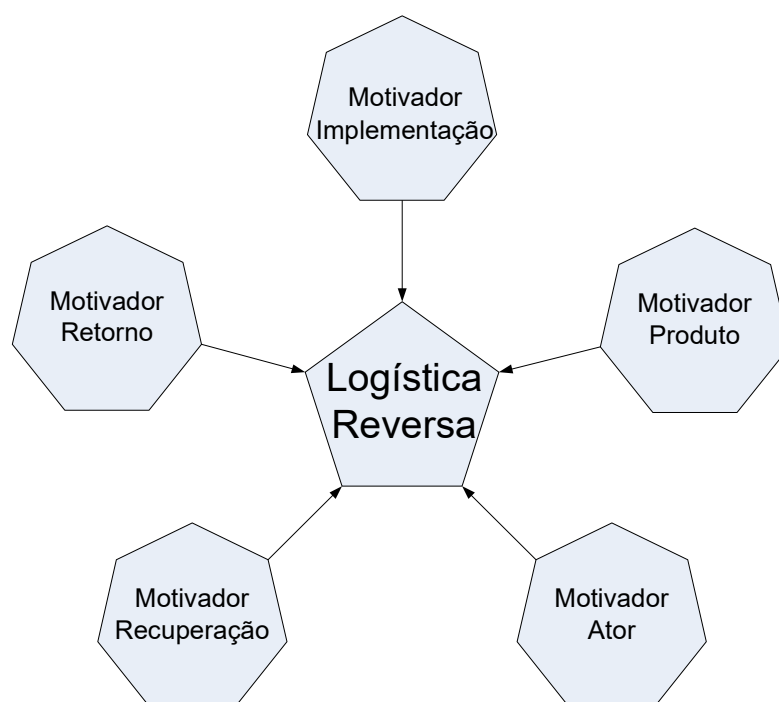
Nesta ótica, segundo Araújo e Cavalcante (2007), o retorno de uma parcela dos produtos comercializados no ciclo produtivo da empresa advém de dois meios, sendo o primeiro nomeado como Pós-Consumo e o segundo como Pós-Venda. Para tanto, a logística reversa de pós-consumo pode ser considerada como o tratamento dos bens no término do seu período de vida útil, ou seja, bens já consumidos. Todavia, estes são passíveis de serem reaproveitados caso seja detectada alguma utilidade remanescente. O segundo meio de retorno, chamado de pós-venda, de acordo com Leite (2003), pode ser determinada como o campo da logística reversa que abrange o planejamento, o controle e a destinação dos bens, sem ou com pouco uso, que voltam à cadeia de distribuição (DE BRITO, 2004; LAMBERT *et al.*, 2011; LEITE, 2003; PINNA; CARRUS, 2012).

Compete à logística reversa, na visão de Chaves (2009), as práticas de devolução de produto, retorno de embalagens, bem como a compra de materiais recicláveis para transformá-los novamente em matéria-prima. Vale ressaltar que, do ponto de vista logístico, a vida de um produto não se encerra com sua entrega ao cliente, sendo a logística reversa utilizada como complemento das ações da empresa, associadas a implementação dos sistemas de gestão ambiental, e atender as regras de

certificações internacionais como a ISO 14001 (CARTER; ELLRAM, 1998; DE BRITO, 2004; DOWLATSHAHI, 2000; LACERDA, 2003; LEITE, 2003; ROGERS; TIBBEN-LEMBKE, 1998; XAVIER; CORREIA, 2013).

Para padronizar uma estrutura de logística reversa são necessários cinco pilares motivadores, ilustrados na Figura 1 (FLEISCHMANN, 2000; DE BRITO, 2004; DE BRITO; DEKKER, 2003) e descritos nas subseções a seguir.

Figura 1: Os cinco pilares motivadores básicos da logística reversa



Fonte: adaptado de De Brito (2004, p. 47).

### 2.1.1 Motivadores de Implementação

Os motivadores de implementação para as atividades reversas, podem ser agrupados em três grandes campos: Campo econômico, relacionado a possibilidade de recuperação de valor; Campo legal, relacionado as leis governamentais; Campo Social, relacionado as pressões dos consumidores (CHAVES, 2009; LEITE, 2003; MELO *et al.*, 2009).

Dentre os reflexos da implementação, podemos citar o reaproveitamento de produtos e materiais, a revalorização ecológica do produto e da empresa, a redução de custos, o ganho de imagem da empresa, o aumento de competitividade, a redução de custos, a fidelização dos clientes, a proteção à marca da empresa e a redistribuição do estoque (LEITE, 2003; ROGERS; TIBBEN-LEMBKE, 2001).

Além da possibilidade de surgimento de novos centros de lucratividade, da valorização dos clientes devido aos serviços prestados e da obrigatoriedade de cumprimento às legislações, outros fatores motivacionais para a implementação da logística reversa em uma empresa são a autossustentabilidade e a proteção da imagem corporativa, sendo que, a conscientização das empresas pela necessidade da estruturação e implementação de meios de retorno dos produtos vem sendo cada vez mais evidenciada no meio corporativo (LAMBERT *et al.*, 2011; LEITE, 2009).

Lacerda (2003) discorre, no que fere aos aspectos econômicos, e alega que rendimentos significativos podem ser reconhecidos com a adoção de ações referentes a implementação da logística reversa, além de estimular novas iniciativas e justificar seus investimentos, a utilização de embalagens retornáveis e o efetivo reaproveitamento de materiais recicláveis na produção de novos produtos, são exemplos de ações da logística reversa.

O reaproveitamento de materiais para a produção, de acordo com Costa e Valle (2006), têm gerado oportunidades de melhoria ou de ganho para as empresas. De acordo com os autores, ganhos diretos e indiretos podem ser gerados com a implantação da logística reversa. Os frutos indiretos estão relacionados com o amparo contra a competição de mercado, a antecipação a determinações legais, a exposição e associação da imagem corporativa como uma imagem de proteção ambiental e a melhores relações com os fornecedores e clientes. Já os frutos diretos estão relacionados com a redução dos custos com o descarte adequado, reaproveitando materiais recuperados na produção.

Em relação aos aspectos de valorização do cliente e da imagem corporativa, a logística reversa pode ser estrategicamente utilizada de maneira a manter os clientes fidelizados aos seus respectivos fornecedores, já que a capacidade do fornecedor em receber o retorno rápido de produtos defeituosos de maneira eficiente é uma forma de cativar seus clientes, além desta, as empresas, que utilizam o *marketing* ligado à

questão ambiental, consideradas ecologicamente corretas possuem uma imagem diferenciada perante seus clientes e fornecedores (PEREIRA *et al.*, 2011).

Os fatores motivacionais para a implantação da logística reversa são distintos para a pós-venda e para o pós-consumo. Para a fase de pós-venda, Chaves *et al.* (2005, p. 5) expõem que o “[...] retorno se dá por questões de manutenção de imagem do produto e marca, bem como cumprimentos de contratos ou do Código de Defesa do Consumidor”. Quanto aos retornos de pós-consumo, estes tendem a voltar-se a motivos ambientais e de recuperação de valor do produto. Deste modo, Leite (2003) destaca que o aproveitamento das matérias-primas, provenientes de reciclagem, assim como a recuperação dos bens tanto pela reutilização, quanto pelo reprocesso, são considerados como meios para alcançar o objetivo econômico para implantação da logística reversa de pós-consumo.

No sentido de incentivar a implementação da logística reversa, a sensibilidade ecológica é um fator incentivador, já que empresas e governos enxergam os problemas ecológicos como uma oportunidade para a diferenciação de seus produtos. Por fim, os fatores legais podem ser considerados, em alguns casos, como os principais fatores motivadores para estruturação de um canal reverso (FERREIRA, 2011).

Em relação aos RS, a Lei Nº 12.305/2010 instituiu a Política Nacional de Resíduos Sólidos, que estabelece princípios, objetivos e instrumentos, além das diretrizes relacionadas à gestão integrada e ao gerenciamento de resíduos sólidos, incluindo os perigosos, às responsabilidades dos geradores e do poder público e aos instrumentos econômicos aplicáveis.

As embalagens vazias de agrotóxicos, lâmpadas, resíduos de saúde, produtos eletrônicos, pilhas e baterias, entre outros, são denominados como perigosos, segundo a norma NBR 10.004/2004 (ABNT, 2004). Estes resíduos sólidos gerados, juntamente com os resíduos sólidos não perigosos, possuem disposições e conceitos definidos pela PNRS, tendo como aspecto inovador da Lei Nº 12.305/2010 a definição da responsabilidade compartilhada entre os atores, ou seja, fabricantes, importadores, distribuidores, comerciantes, consumidores e setor público (GUARNIERI, 2011; XAVIER; CORRÊA, 2013). Em específico aos resíduos perigosos, atos de natureza contratual estão sendo firmados entre poder público, fabricantes e distribuidores, denominados de acordos setoriais (SINIR, 2014).

Atualmente, além do canal reverso já estruturado para embalagens vazias de agrotóxicos, apenas o acordo setorial para a implantação de um sistema de logística reversa de embalagens plásticas usadas de lubrificantes está aprovado. Os demais (medicamentos, eletroeletrônicos, embalagens em geral, lâmpadas e embalagens plásticas de óleo lubrificante) ainda estão em fase de aprovação, tendo em vista que a fase de estudos de viabilidade técnica e econômica já foi realizada (SINIR, 2014).

Para auxiliar os municípios do Estado do Espírito Santo a se adequarem às legislações, foram estipulados deveres e obrigações junto ao Ministério Público do Estado do Espírito Santo (MPES), por intermédio do Centro de Apoio Operacional de Defesa do Meio Ambiente (CAOA), o que vem amparando os agentes públicos para que a discrepância na implementação das ações voltadas para esse fim seja minimizada. Portanto, foram acordados diversos Termos de Compromisso Ambiental (TCA), os quais visam à implantação de instrumentos da PNRS à Associação dos Municípios do Estado do Espírito Santo (Amunes) (MPES, 2013).

### **2.1.2 Motivadores de Retorno**

Podem ser apontados diversos motivos para o retorno dos produtos às empresas e diversos tipos de caminhos. Segundo Dekker *et al.* (2004), os produtos são retornados ou descartados geralmente por não desempenhar sua função de maneira correta, ou por não possuir mais utilidade. Ainda de acordo com os autores, diferentes razões de retorno podem ser classificadas em três tipos de retorno: retornos de fabricação, retornos de distribuição e retornos do cliente.

O primeiro tipo de retorno, o retorno de fabricação, é aquele efetivado durante a fase de produção. Os motivos para tal retorno podem ser: sobras de matérias-primas, produtos semiacabados ou acabados que não passaram nos testes de qualidade e necessitam de retrabalho, subprodutos resultantes da produção, dentre outros (DE BRITO, 2004).

Dekker *et al.* (2004) defendem que o próximo tipo de retorno, o retorno de distribuição, se refere a todo o retorno iniciado na fase de distribuição. São tipos de retorno de distribuição: *recalls* de produtos, retornos comerciais, ajustes de estoques e retornos funcionais.

Por fim, o retorno oriundo dos clientes pode advir de defeito nos produtos, por garantia ou serviço de manutenção, os quais ocorrem quando o produto possui uma garantia e apresenta um funcionamento inadequado durante o uso ou por serviços associados ao produto. Além destes, no caso de alguns produtos, o cliente retorna o produto ao fabricante ao final da sua vida útil, possibilitando assim uma reutilização ou recuperação de alguns materiais, além de um descarte adequado do resíduo gerado (ROGERS; TIBBEN-LEMBKE, 1998).

### **2.1.3 Motivadores de Produtos**

De acordo com Chaves (2009), as características do produto como tamanho, peso, valor e facilidade do transporte têm um papel decisivo para a estruturação da rede logística reversa. Ao mesmo tempo, De Brito (2004) considera a composição, a deterioração e o padrão de uso como sendo as especificações relevantes quanto a determinação das atividades logísticas.

A importância da diferenciação em função do retorno ser um produto ou uma embalagem é destacada por Rogers e Tibben-Lembke (1998), os quais defendem que uma atividade logística reversa específica será utilizada para cada tipo de retorno, sendo as atividades logísticas apontadas como, por exemplo, a remanufatura, recuperação de materiais e reciclagem para produtos e a renovação, recuperação e reciclagem para as embalagens.

No caso de RS, a Lei Nº 12.305, de 02 de agosto de 2010, os definem como sendo os resíduos domiciliares, originários de atividades domésticas em residências urbanas e os resíduos de limpeza urbana, originários da varrição, limpeza de vias públicas, entre outros (BRASIL, 2010). Este trabalho, foca nos resíduos domiciliares que deveriam ser compostos de resíduos não perigosos, aço, alumínio, embalagem



cartonada, matéria orgânica, papel, papelão, PET, plástico e vidro. No entanto, na prática, na ausência de educação ambiental efetiva, bem como coleta seletiva amplamente realizada nos bairros e campanhas de conscientização para estimular esta coleta, estes resíduos também recebem resíduos perigosos, tais como pilhas, baterias, lâmpadas, medicamentos e outros, descartados inadequadamente (BASSANI, 2011; PESSIN *et al.*, 2006).

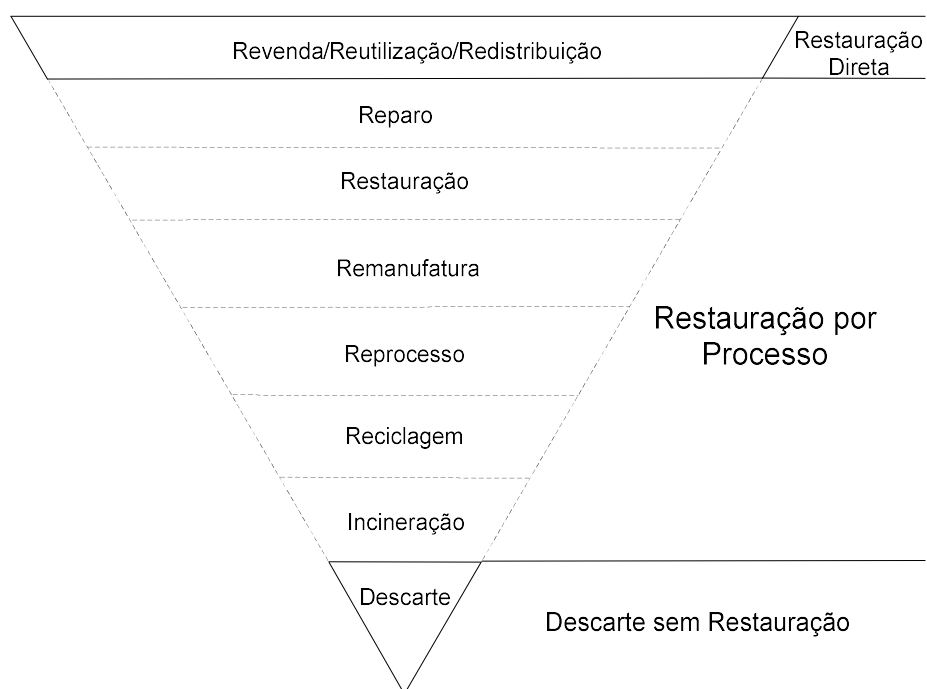
Portanto, ressalta-se a falta de uniformidade e presença de resíduos perigosos como material que retornará na rede logística reversa estudada (CONSONI; PERES; CASTRO, 2000).

Até que as exigências da PNRS sejam efetivamente cumpridas, esta prática tende a ser recorrente. Vale ressaltar que a referida Lei ainda define outros tipos de resíduos sólidos, tais como, os resíduos de estabelecimentos comerciais e prestadores de serviços, resíduos dos serviços públicos de saneamento básico, resíduos industriais, resíduos de serviços de saúde, resíduos de construção civil, resíduos agrossilvopastoris, resíduos de serviços de transportes e resíduos de mineração. Porém, estes possuem, além desta, outras determinações legais quanto ao manejo e descarte (SINIR, 2014). No entanto, este trabalho trata apenas aos resíduos sólidos urbanos.

#### **2.1.4 Motivadores de Recuperação**

Segundo Ramos *et al.* (2011), a logística reversa utiliza-se de uma metodologia denominada de 6R's (seis erres), os quais significam: Reutilização; Revenda; Reparo; Remanufatura (re-industrialização); Reciclagem; e Redesign (reprojeto). Uma proposta, similar a esta mesma metodologia, é indicada por De Brito (2004) na forma de uma pirâmide hierárquica de níveis de possibilidades de recuperação dos bens, como mostrado na Figura 2.

Figura 2: Pirâmide Invertida de Recuperação



Fonte: adaptado de De Brito (2004, p. 63).

A proposta evidenciada na Figura 2 decompõe os processos em recuperação direta e recuperação por processo. No primeiro grupo de processos, referentes à recuperação direta, os processos relacionados são: reutilização, revenda e redistribuição, sendo estes responsáveis por agregar valor de reutilização ao bem e reinseri-lo ao mercado sem a utilização de um processamento industrial.

Já o segundo grupo de processos, referente à recuperação por processos, abrange etapas que utilizam, de alguma maneira, um processamento industrial. No primeiro nível, referente ao reparo ou conserto, o produto é recuperado como um todo, sendo a sua recuperação em nível de produto. No segundo nível, intitulado como restauração, o produto é dividido em partes que necessitam restauração, sendo este enquadrado em nível de módulo. Posteriormente ao nível de módulo, entra-se no nível de componente, sendo que neste nível, utiliza-se como tipo de restauração a remanufatura, sendo que esta consiste em um processo industrial, englobando as etapas de desmontagem do produto usado, a qual promove a limpeza de suas peças, a reparação ou substituição de peças danificadas, e a remontagem do produto (DE BRITO, 2004).

De Brito (2004) ainda coloca como últimas opções de recuperação, na ponta inferior da pirâmide invertida de recuperação (Figura 2), opções de recuperação realizadas em nível de peça e de material, sendo estas, representadas respectivamente, pela opção de remanufatura ou reprocesso, sendo que neste o produto é recuperado com a utilização de peças recuperadas ou reparadas de outros produtos. Por fim, a opção de reciclagem, cujo processo agrega valores econômicos, ecológicos e logísticos aos bens de pós-consumo, criando condições para que o material seja, utilizado como uma matéria-prima, reintegrando-se ao ciclo produtivo (DE BRITO, 2004).

Vale ressaltar que De Brito (2004) ainda propõe a Incineração como uma forma de recuperação do produto, sendo classificada em nível de energia, em que esta é obtida através da queima dos produtos descartados. Porém, vale destacar também a visão de Chaves (2009), ao frizar que o processo de tomada de decisão deve almejar alcançar um nível de qualidade que proporcione uma recuperação no nível mais alto da pirâmide, visando obter um maior retorno econômico por meio da recuperação. Por essa razão a incineração seria uma opção final de recuperação.

Por fim, caso não haja possibilidade de utilizar algum processo de recuperação do produto devido às condições de qualidade, às implicações legais ou às restrições ambientais, a empresa deve escolher por recuperar os componentes de valor do produto, remover os materiais passíveis de serem reciclados e descartar de maneira adequada e segura o produto ou partes do mesmo sem utilidade (ROGERS; TIBBEN-LEMBKE, 1998).

Como disposição final segura, entende-se que esta não deve, de forma alguma, danificar o meio ambiente, nem atingir, de maneira direta ou indireta, a sociedade, sendo que, a falta de controle dos resíduos durante a sua disposição final pode trazer sérios impactos ambientais (LEITE, 2003).

### 2.1.5 Motivadores de Atores

A rede de distribuição reversa pode ser entendida como o mapeamento dos fluxos reversos, ou seja, os caminhos que os produtos irão percorrer até a sua reintegração ao ciclo produtivo ou o seu descarte final (RODRIGUES *et al*, 2002; SANTOS, 2008).

Para que uma rede logística reversa funcione de maneira adequada, Demajorovic *et al.* (2012) apontam que é necessária a coordenação de diversos atores na cadeia produtiva. Basicamente, os atores mais importantes podem ser divididos em quatro grupos: atores participantes da cadeia de suprimento, os quais podem ser identificados como sendo fornecedores, fabricantes, atacadistas, varejistas, entre outros; os atores especializados, os quais podem ser considerados como intermediários, especialistas em reciclagem, organizações específicas, entre outros; as Instituições governamentais; e, por último, agentes oportunistas, como, por exemplo, as organizações de caridade (DE BRITO, 2004).

Vale ressaltar que, De Brito (2004) aponta os consumidores finais como importantes atores do canal de distribuição reverso, possuindo uma função ampla na coleta e revenda de produtos e embalagens.

A fim de formalizar as responsabilidades dos atores no que diz respeito a rede logística reversa de RS, a Lei Nº 12.305 de 2010, dispõe em seu art. 30 que:

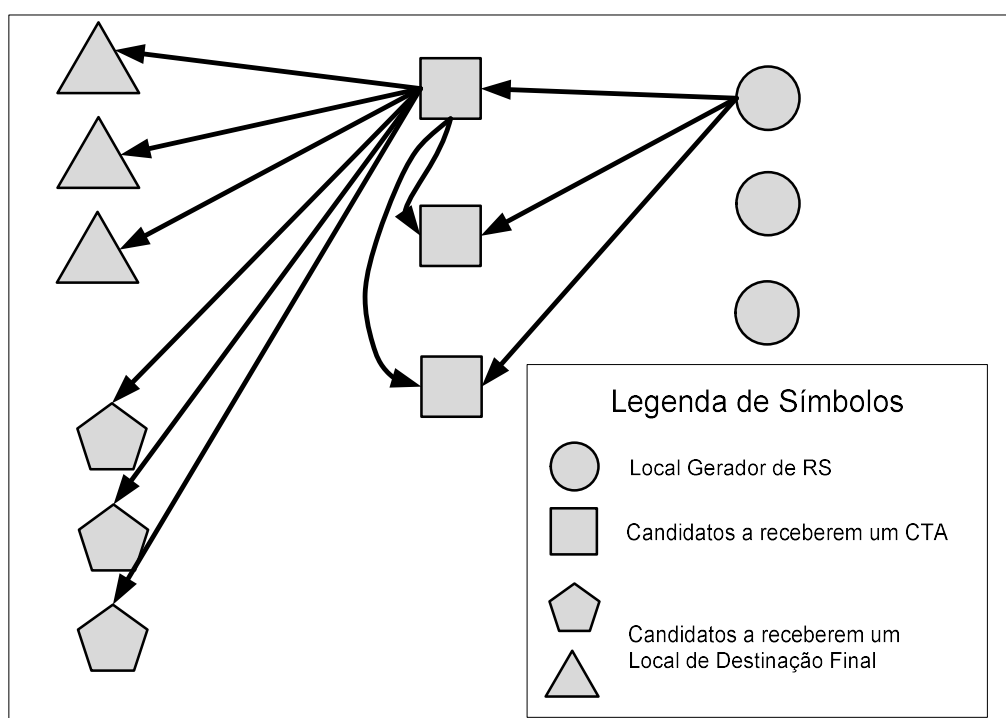
Art. 30. É instituída a responsabilidade compartilhada pelo ciclo de vida dos produtos, a ser implementada de forma individualizada e encadeada, abrangendo os fabricantes, importadores, distribuidores e comerciantes, os consumidores e os titulares dos serviços públicos de limpeza urbana e de manejo de resíduos sólidos, consoante as atribuições e procedimentos previstos nesta Seção (BRASIL, 2010, p. 17).

Sendo assim, a responsabilidade compartilhada pelo ciclo de vida dos produtos possui objetivos variados, promovendo, desde a redução na quantidade gerada de resíduos sólidos até o aumento do aproveitamento destes resíduos. Nesta linha, outros objetivos previstos para esta responsabilidade compartilhada são voltados para incentivos quanto à utilização de insumos de menor agressividade ao meio ambiente e de maior sustentabilidade, estimulando o desenvolvimento do mercado de produtos derivados de materiais reciclados e recicláveis (BRASIL, 2010).

Portanto, existe um compartilhamento de responsabilidades referente ao ciclo de vida dos produtos, sendo que, a referida Lei ainda dita responsabilidades específicas para cada tipo de ator. Nesse ínterim, Chaves (2009) ainda defende que a boa relação entre os atores é fundamental para atingir resultados eficientes em uma rede de distribuição.

Dessa forma, a rede logística reversa para RS, conforme Figura 3, necessita de uma sinergia entre todos os atores implícitos, tais como: nos locais gerados o consumidor do produto é o ator; nos centros de triagem os atores são os intermediários e os especialistas em reciclagem; no aterro sanitário existem atores tanto governamentais quanto especializados; nas empresas de reciclagem atuam especialistas; Em outros meios de destinação, como por exemplos a compostagem ou a incineração, atuam intermediários, organizações específicas, entre outros.

Figura 3: Rede de Logística Reversa para RS



Fonte: Adaptado de Ferri *et al.* (2015b).

Vale ressaltar que, a Figura 3 ilustra o funcionamento da Rede de Logística Reversa proposta para RS, sendo os círculos os atores geradores de RS, responsáveis pela triagem inicial e condicionamento dos resíduos gerados para envio aos atores intermediários da Rede de Logística Reversa, chamados de CTAs. Estes são responsáveis por triar, armazenar e unitizar as cargas de determinados produtos e

enviá-las aos respectivos locais capacitados a receberem o mesmo. É importante considerar que, conforme Figura 3, o produto pré-triado nas residências pode possuir produtos referentes a outros tipos de resíduos. Desta forma, considera-se também um fluxo entre atores da mesma camada a fim de possibilitar a adequação da triagem, armazenamento e unitização do resíduos em questão.

Ainda na Figura 3, temos o envio final dos materiais unitizados para o local de destinação final adequado. Desta forma, a Rede de Logística Reversa incorpora desde a geração do resíduo à sua correta destinação.

## 2.2 PROJETO DE REDE DE LOGÍSTICA REVERSA

O projeto de rede logística, juntamente com a decisão de localização de instalações, como de centros de retorno e triagem, são desafios para os tomadores de decisão. A tomada de decisão geralmente é baseada na otimização de uma função de custos, a qual considera um conjunto de pontos candidatos durante a etapa de localização (FLEISCHMANN *et al.*, 2000). A localização das instalações é uma decisão estratégica que pode ser feita por organizações privadas e públicas (DASKIN, 2011; MELO *et al.*, 2009; OWEN; DASKIN, 1998; TOMPKINS, 2010). Segundo Melo *et al.* (2009), existem dois conjuntos de facilidades dentro da logística reversa: centros de coleta, sendo estas instalações que recebem produtos usados, e locais de recuperação ou remanufatura nos quais os produtos são recondicionados ou remanufaturados. Além destes, um terceiro conjunto de facilidades envolvido na rede de logística reversa são os locais de disposição final dos produtos, ou seja, instalações onde os produtos ou materiais são incinerados ou descartados (DOWLATSHAHI, 2000; DE BRITO, 2004; PISHVAEE *et al.*, 2010; RAMEZANI *et al.*, 2013).

Neste contexto, a estrutura da rede de distribuição é estendida para contemplar o fluxo de retorno dos clientes para os locais de reparo, de recondicionamento ou de destino final apropriado. A Figura 3 representa o fluxo reverso de RS dentro de uma rede de logística reversa. Utiliza-se como facilidades para a rede proposta os centros de

triagem e armazenagem (CTAs) responsáveis pela separação e condicionamento dos materiais a serem repassados para os locais de destino.

A rede de logística reversa proposta para RS é dividida em três estágios, sendo que no primeiro estágio o RS é gerado e posteriormente coletado e enviado para o segundo estágio responsável pela triagem dos materiais que compõem os resíduos coletados. Desta forma, pode-se separar os materiais que podem ser reaproveitados por meio da reciclagem ou incineração, por exemplo, daqueles que não tem condições para o reaproveitamento e serão destinados ao descarte em aterro sanitário (LAMBERT *et al.*, 2011; ZHENQIANG *et al.*, 2012).

Desta forma, a utilização de CTAs como facilidades para a gestão de RS podem ser aplicadas, tendo em vista que estes são responsáveis por triar os materiais passíveis de serem reciclados potencializando um lucro máximo envolvendo um balanceamento entre o potencial de receita gerada a partir da venda de materiais recicláveis para Indústrias de Reciclagem e atravessadores de materiais recicláveis, e os custos que estão relacionados a instalação e ao funcionamento de todo o fluxo reverso de RS, inclusive os custos logísticos relativos ao transporte dos RS até estas facilidades.

Levando em consideração que os custos logísticos influenciam diretamente no gerenciamento dos RS, os CTAs se justificam pela redução do volume de resíduos destinados ao aterro, reduzindo os custos de transporte para este meio de disposição final e aumentando a vida útil do aterro sanitário, além de permitir a comercialização de materiais passíveis de serem reciclados (CARVALHO; XAVIER, 2014; FERRI, 2014; FERRI *et al.*, 2015a; FERRI *et al.*, 2015b). Para longas distâncias é recomendado o uso de estações de transferência que limitem o percurso de veículos coletores. Neste caso, os CTAs promovem a transferência dos RS para veículos maiores que fazem o transporte até o local de disposição final (CARVALHO; XAVIER, 2014; CONSONI; PERES; CASTRO, 2000; DEKKER *et al.*, 2012; MIN; KO, 2008).

Os CTAs funcionam com um conjunto de equipamentos tendo como objetivo segregar a fração seca/reciclável, decomposta em diversos tipos de materiais dos rejeitos que devem ter uma destinação final adequada. Desta maneira, é possível encaminhar a fração reciclável para diversos atores, tais como, uma Indústria de Reciclagem ou um Interceptador de materiais, sendo que, os rejeitos desta fração de reciclagem serão destinados, de maneira adequada, para o Aterro Sanitário. A fração úmida/orgânica que também pode ser reaproveitada por meio da compostagem deve ter como

destinação um CTA específico em local apropriado, em função dos odores inerentes a este processo. Em função disso, os CTA não podem ser alocados em qualquer local dentro do município (DE BRITO, 2003; LAMBERT *et al.*, 2011).

O planejamento de uma rede logística reversa é um ponto importante no gerenciamento de uma cadeia de suprimentos. Portanto, as decisões referentes ao número de instalações, suas localizações, bem como suas respectivas capacidades, juntamente com o fluxo entre elas, afetam, de maneira direta, os custos totais da rede logística reversa (AMIRI, 2006; DEKKER *et al.*, 2012; PISHVAEE *et al.*, 2010;).

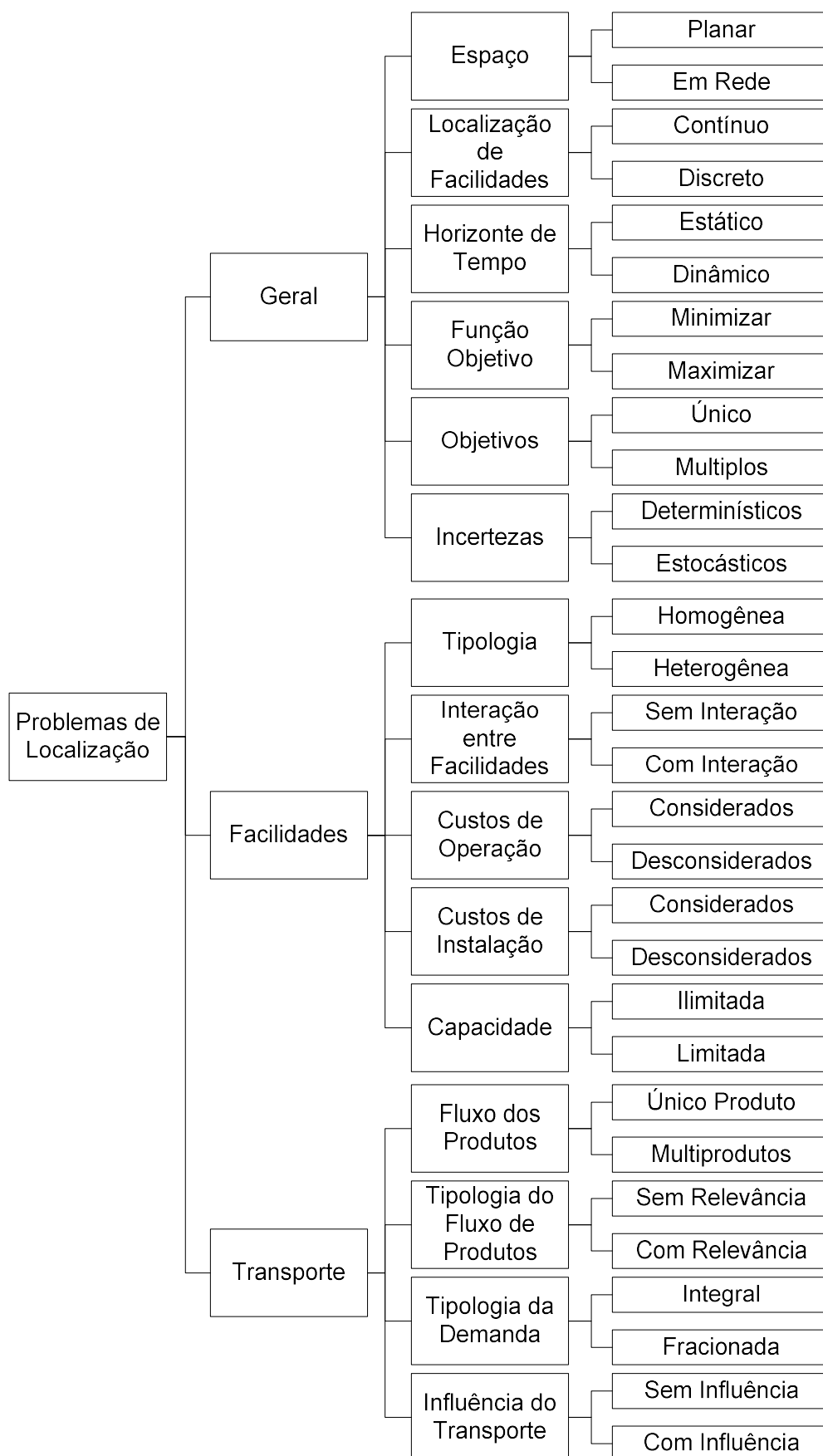
### 2.3 LOCALIZAÇÃO DE FACILIDADES

O planejamento de uma rede logística reversa é um ponto importante no gerenciamento de uma cadeia de suprimentos. Portanto, as decisões referentes ao número de facilidades, suas localizações, bem como suas respectivas capacidades, juntamente com o fluxo entre elas, afetam, de maneira direta, os custos totais da rede logística reversa. O termo “facilidades” é utilizado para representar, por exemplo, postos de saúde, centros de reaproveitamento, escolas, fábricas, antenas etc., enquanto o termo “clientes” refere-se, por exemplo, a bairros, unidades de vendas, estudantes, etc. Localizar ou alocar facilidades é uma importante decisão estratégica a ser tomada por organizações privadas ou públicas (AMIRI, 2006; OWEN; DASKIN, 1998; PISHVAEE *et al.*, 2010; RIBEIRO; ARROYO, 2008).

Dessa forma, Klose e Drexel (2005), e Ghiani *et al.* (2014) propõem diversas formas de classificação para os modelos de localização, como, por exemplo: Organização da região geográfica; Objetivo; Capacidade da facilidade; Quantidade de estágios; Quantidade de produtos/serviços; Influência da demanda; Dinamismo. Nesta ótica, Gomes (2015) esquematizou as possíveis taxonomias para os problemas de localização conforme Figura 4.



Figura 4: Classificação dos Problemas de Localização



Fonte: Adaptado de Gomes (2015)

Assim, conforme Figura 4, a análise quanto às características gerais do modelo, no que diz respeito ao espaço, alguns problemas de localização permitem que uma facilidade possa ser alocada em qualquer lugar de uma região, estes problemas são classificados como Planares. Entretanto, existem problemas que podem ser mapeados para modelos com um número restrito de possíveis pontos de localização de facilidades, estes modelos são denominados modelos em Rede. Nestes modelos utiliza-se da nomenclatura de nós e arcos, em que pontos referentes às facilidades e aos locais de demanda denominam-se nós e os fluxos alocados entre estes são denominados arcos, sendo estes responsáveis pelas ligações da rede. Eventualmente, o próprio problema obriga que o mesmo seja mapeado em um modelo de Rede (BALLOU, 2006; DUCATI, 2003; GHIANI *et al.*, 2004; KLOSE; DREXL, 2005; KRARUP; PRUZAN, 1990; LORENA, 2003).

No que diz respeito à classificação quanto a localização de facilidades, Gomes (2015) defende que esta categoria está diretamente ligada com a de espaço, sendo que Daskin (2008) explica que os modelos contínuos, assumem que as demandas surgem em pontos discretos, seu método de resolução é com base em procedimentos numéricos integrados como algoritmos. Já nos modelos discretos, as demandas geralmente surgem sobre os nós e as instalações estão restritas a um conjunto finito de localizações candidatas, seu método de resolução é com base em algoritmos, programação linear (DASKIN, 2008; GHIANI *et al.*, 2004; KLOSE e DREXL, 2005; OWEN; DASKIN, 1998).

Quanto ao horizonte de tempo, os modelos podem ser classificados como estáticos ou dinâmicos, sendo modelos estáticos a otimização de períodos específicos e modelos dinâmicos a otimização de modelos temporais, sendo este um fator determinante a ser considerado (FERRI *et al.*, 2015b; GHIANI *et al.*, 2014; KLOSE; DREXL, 2005; KRARUP; PRUZAN, 1990).

Na esfera da função objetivo, esta pode vislumbrar diversos fatores distintos, tais como a minimização de uma variável, considerando a soma dos custos de instalação de facilidades ou a soma das distâncias entre pontos de origem e as facilidades de destino, ou até mesmo a maximização de outras incógnitas, como por exemplo a área de abrangência de uma facilidade dado um limite de distância para atendimento (KLOSE; DREXL, 2005; KRARUP; PRUZAN, 1990).

Relativo aos objetivos, os modelos de localização podem ser distinguidos quanto a quantidade de critérios e objetivos a serem otimizados. Existe, deste modo, os modelos com um único objetivo, que buscam encontrar solução apenas para um objetivo, por exemplo minimizar o custo total associado à instalação das facilidades e ao transporte realizado entre as mesmas e os pontos de demanda; e os modelos multiobjectivos que visam encontrar uma solução para mais de um objetivo em simultâneo, tais como minimizar o custo total e maximizar o nível de serviço, ou minimizar os riscos ambientais e maximizar a demanda coberta, por exemplo (FARAHANI *et al.*, 2010; GHIANI *et al.*, 2004; KLOSE; DREXL, 2005).

Para finalizar as características gerais a classificação, quanto as incertezas, pode ser dividida em duas subclasses: Determinístico e Estocástico. A subclassificação Determinístico não considera as incertezas, portanto os valores utilizados no modelo são fixos. Já na subclasse Estocástico o modelo matemático considera possíveis incertezas, por exemplo, atraso ou adiantamento no tempo de viagem e/ou tempo de carregamento, variação nas demandas dos clientes, flutuação das taxas de câmbio, percentual de retorno de produtos (MELO *et al.*, 2007).

Iniciando as taxonomias dos modelos matemáticos referentes às características das facilidades, quanto a Tipologia, os modelos podem ser classificados como Homogêneas ou Heterogêneas. Na subdivisão Homogênea considera-se apenas um tipo de instalação. Já os modelos heterogêneos consideram diferentes tipos de facilidades a serem alocadas (GHIANI *et al.*, 2004; KLOSE; DREXL, 2005).

Ainda na ótica das facilidades, um ponto a ser considerado é a Interação entre facilidades. Sendo assim, quando não existem fluxos de produtos entre facilidades os modelos são denominados sem interação. Antagônica à denominação anterior, os modelos com interação possuem a possibilidade de fluxos de produtos entre as facilidades e então a solução do problema de localização passa a depender não só da distribuição espacial das facilidades, mas também, dos fluxos entre as facilidades (GHIANI *et al.*, 2004; KLOSE; DREXL, 2005).

No que se refere aos Custos de Operação e aos Custos de Instalação, estes podem ser considerados na estrutura da modelagem matemática ou não. A influência destes custos interfere diretamente na formulação do modelo (GHIANI *et al.*, 2004).

Para finalizar a classificação referente às facilidades, considera-se a existência ou não da capacidade destas. A capacidade ilimitada, ou seja, sem restrições, caracteriza os modelos de localização não capacitados ou com capacidade ilimitada. Em contrapartida, a existência de limites de capacidade nas facilidades caracteriza os modelos como capacitados. Esses limites referem-se às capacidades de atendimento que uma facilidade possui. Caso a capacidade de cada uma das facilidades seja maior ou igual à soma de todas as demandas do problema, essas restrições poderiam ser desconsideradas, tendo em vista que uma facilidade teria capacidade para atender todos os pontos de demanda (FARAHANI *et al.*, 2010; GHIANI *et al.*, 2004; KLOSE; DREXL, 2005; MELKOTE; DASKIN, 2001; KRARUP; PRUZAN, 1990).

A classificação alusiva ao transporte subdivide-se em quatro. A primeira subclassificação refere-se ao fluxo dos produtos. Esta subclassificação contempla a diferenciação entre facilidades que forneçam apenas um tipo de produto/serviço ou que forneçam mais de um tipo de produto/serviço. São ainda considerados modelos de um único produto/serviço aqueles modelos em que os diversos produtos/serviços podem ser agrupados em um único. Vale ressaltar que, a medida em que a quantidade de produtos/serviços contemplados aumenta, a complexidade do modelo também aumenta (DUBKE, 2006; FERRI *et al.*, 2015b; GHIANI *et al.*, 2014; KLOSE; DREXL, 2005; KRARUP; PRUZAN, 1990).

Quanto a Tipologia do fluxo de produtos, este pode ser considerado como sem relevância, em que os fluxos de produto que entram e saem da facilidade não são determinantes para resolver o problema de localização. Estes problemas são tradicionais de localização espacial de uma facilidade em função da localização espacial dos fornecedores e clientes sem considerar os fluxos da rede logística. Estes problemas são conhecidos como *Single-Echelon*. Quando consideram-se relevantes e determinantes os fluxos de produtos que entram e saem das facilidades da rede para a solução do problema de localização, estes problemas passam a ser conhecidos como *Multi-Echelon*, ou múltiplas camadas. Nestes problemas, as restrições que tenham como objetivo o equilíbrio entre os fluxos de entrada e de saída, têm que ser consideradas (CRAINIC; SFORZA; STERLE, 2011; GHIANI *et al.*, 2014; KLOSE; DREXL, 2005; KRARUP; PRUZAN, 1990).

Vislumbrando os possíveis estágios, a logística de atendimento a uma determinada demanda pode possuir um ou mais estágios. Desta forma, os modelos com um único

estágio são aqueles que todas as facilidades recebem os produtos diretamente dos clientes. Assim, os modelos multi-estágios são aqueles em que, existem facilidades quem atendem diretamente aos clientes e facilidades que atendem a outras facilidades (GHIANI *et al.*, 2014; KLOSE; DREXL, 2005; KRARUP; PRUZAN, 1990).

No conjunto Tipologia da demanda, a demanda pode ser fracionada ou integral. A demanda integral refere-se ao fato de não poder fracionar o fluxo da demanda, por exemplo, por questões contratuais. Desta forma, é obrigatório que cada cliente seja atendido por apenas uma facilidade da rede de logística. Já quando a demanda pode ser fracionada, um cliente pode ser atendido por duas ou mais facilidades, tem-se então a classe tipologia da demanda Fracionada (GHIANI *et al.*, 2014; KLOSE; DREXL, 2005). A maioria dos problemas de localização considera que a demanda existe independentemente da localização das facilidades. Entretanto, em alguns casos, a demanda pode ser influenciada pela existência ou não de uma facilidade (FERRI *et al.*, 2015b; GHIANI *et al.*, 2014; KRARUP; PRUZAN, 1990).

A Influência do transporte trata da abrangência do transporte em decisões referentes a localização das facilidades. Geralmente os modelos de localização adotam que o custo de transporte entre facilidades, ou entre uma facilidade e um cliente, é calculado a partir do produto entre as distâncias e o volume de carga a ser transportada. Esta abordagem torna-se adequada na medida em que a viagem dos veículos pode ser realizada por meio de uma rota direta. Contudo, com a inserção de paradas nas rotas em diferentes pontos, tais como coletas e/ou entregas, a utilização deste frete único pode não ser tão simples. Assim, necessita-se considerar as rotas a serem seguidas pelos veículos de maneira explícita (GHIANI *et al.*, 2014; KLOSE; DREXL, 2005).

Vale ressaltar que, a maioria dos modelos utilizados para o desenvolvimento de uma rede de logística reversa é o modelo de Programação Linear Inteira Mista, em que as variáveis inteiras representam as variáveis binárias e as variáveis contínuas representam os fluxos entre os diferentes tipos de facilidades (ELWANY; HARRAZ; GALAL, 2007; LU; BOSTEL, 2007).

Nesta ótica, os problemas de localização de facilidades consistem em determinar locais, normalmente a partir de um conjunto de locais candidatos, para a instalação de facilidades que atendam às demandas de clientes, otimizando uma função que envolve custo. Assim, Ballou (2006), Bhatnagar *et al.* (2003), e Lopez e Henderson (1989) indicam fatores tangíveis e intangíveis que influenciam na localização de

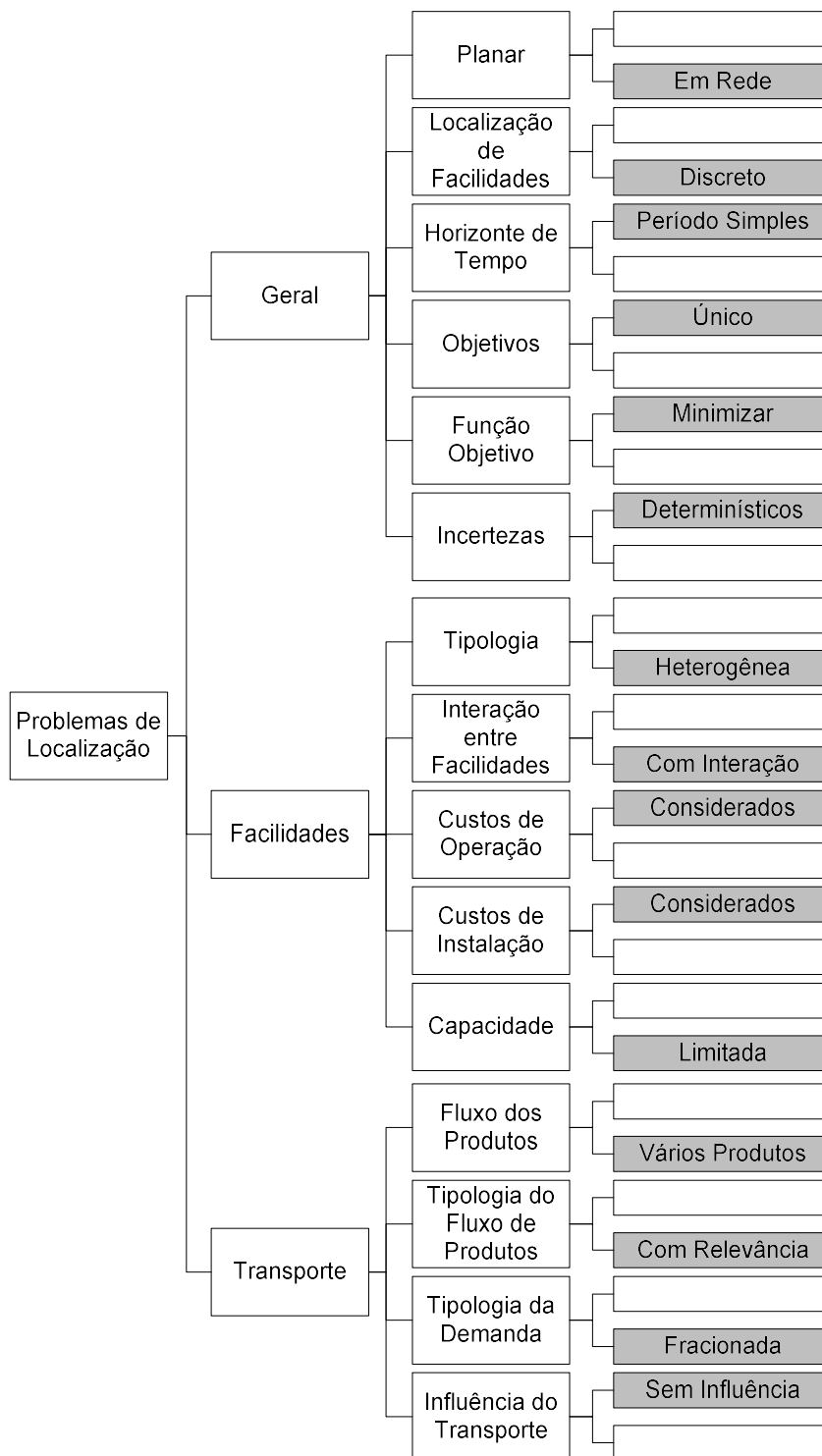
facilidades. Por exemplo, para localização de centros de varejo, Ballou (2006) afirma que os seguintes fatores influenciam no processo:

- Demografia local, base populacional e renda potencial;
- Fluxo de tráfego e acessibilidade, número e tipos de veículos, número e tipos de pedestres, disponibilidade de transporte público, fácil acesso às vias principais, e nível de congestionamento;
- Estrutura do varejo, disponibilidade, número e tipos de concorrentes e de lojas na área, lojas complementares vizinhas, proximidades de áreas comerciais e promoções conjuntas por comerciantes locais;
- Características do ponto, proximidade e qualidade do estacionamento, visibilidade, tamanho e forma do ponto, qualidade de entradas e saídas e boas condições dos edifícios existentes; e
- Fatores legais e de custo, tipo de zoneamento, períodos e cláusulas restritivas de locação, impostos locais, serviços e manutenção.

Percebe-se que existem vários e complexos fatores envolvidos no processo de localização, sendo muitos deles conflitantes, o que proporciona a criação de diferentes tipos de modelos. Cabe ressaltar que os modelos matemáticos são definidos para cada tipo de problema, ou seja, diante de características específicas, os modelos são direcionados para uso, ou aproveita-se de uma base para aprimorá-los (DASKIN, 2008).

Sendo assim, a modelagem matemática proposta a seguir está baseada nos trabalhos de Geoffrion e Graves (1974), Jayaraman *et al.* (2003), Ferri *et al.* (2015a) e Ferri *et al.* (2015b), e pode ser considerada como uma variante do modelo *multi-echelon*, sendo considerado como modelo *two-echelon* devido ao fato da relevância do fluxo de entrada e saída nas facilidades. A modelagem ainda considera os custos fixos associados a instalação (aquisição/construção) e operação das facilidades candidatas. Outra variação encontrada neste modelo permite que este indique os fluxos alocados entre facilidades e pontos de demanda e facilidades de diferentes instâncias, além de indicar a abertura destas facilidades. A Figura 5 ilustra a classificação do modelo proposto por esta dissertação. Vale ressaltar que, a modelagem proposta possui faixas de capacidade associadas as suas facilidades, sendo que estas impactam diretamente no custo de abertura e operação da mesma.

Figura 5: Classificação do Modelo da Dissertação



### 3 METODOLOGIA

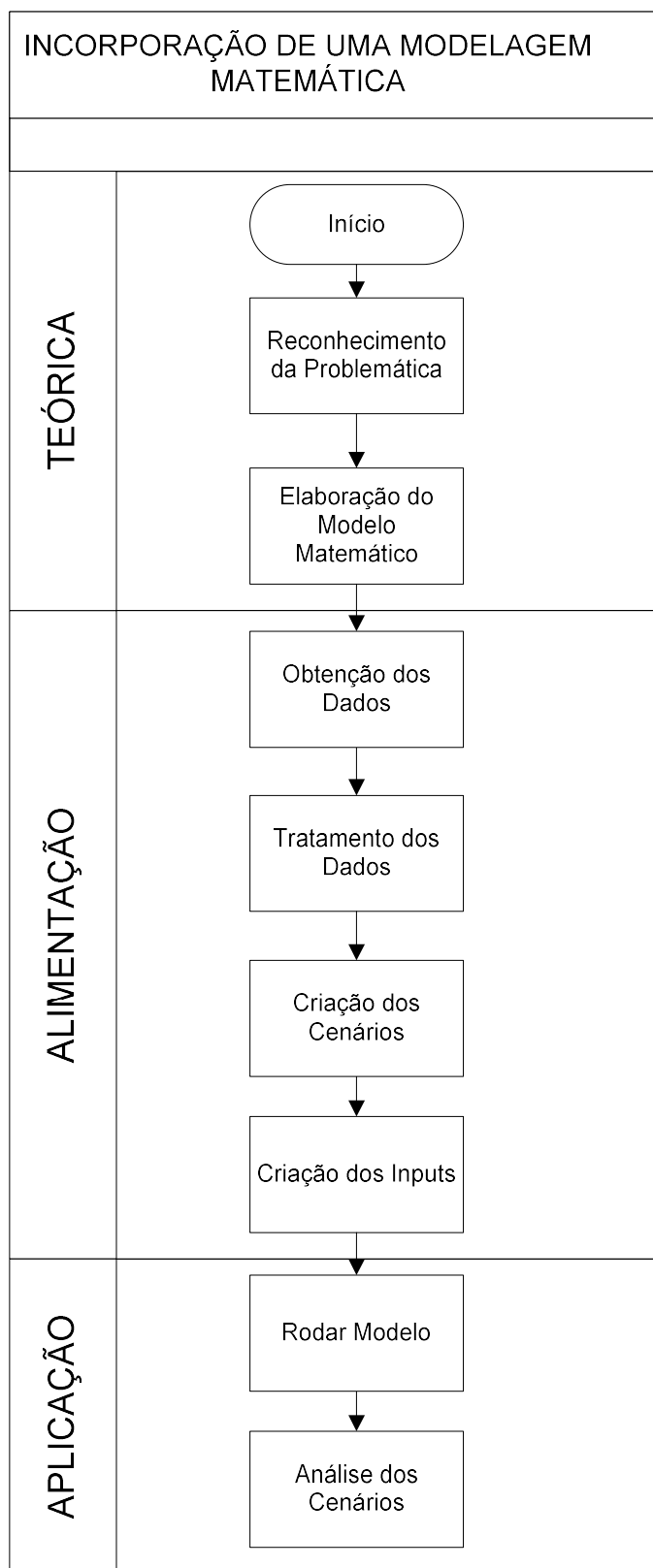
Em relação a natureza, classificada por Lacerda *et al.* (2007), a dissertação pode ser considerada como uma pesquisa aplicada, tendo em vista que o seu objetivo principal é a confecção de uma solução para uma problemática específica, neste caso a elaboração de uma proposta de rede de logística reversa dos resíduos sólidos aplicada ao município de São Mateus-ES, além de estender a aplicação da rede de logística reversa para todo o estado do Espírito Santo, gerando, desta forma, um conhecimento que poderá ser aplicado na prática. As abordagens utilizadas são: a qualitativa, pois diversos dados, tais como, o tipo de material segregado durante o manejo de RS, além de levar em consideração as singularidades de cada região para possibilitar uma análise do resultado final mais satisfatória; a quantitativa, por meio da transformação do problema em questão em um modelo matemático para a realização de análises.

No que se refere ao objetivo do estudo, Gil (2002) classifica pesquisa exploratória como uma pesquisa que visa proporcionar maior familiaridade com o problema com vistas a torná-lo explícito ou a construir hipóteses. Pode-se então classificar este estudo como exploratório devido ao fato de que as singularidades do município em questão, além da utilização dos municípios existentes no estado do Espírito Santo, as experiências de profissionais da área possuem pesos para a geração de cenários e hipóteses, o que auxilia a análise do problema.

A dissertação se enquadra na modalidade de estudo de caso, por ser uma pesquisa que se concentra em um caso particular, considerado representativo de um conjunto de casos análogos, e que está apto a fundamentar uma generalização para situações análogas. Vale ressaltar que o estudo de caso contribui, de forma ímpar, para a compreensão que temos dos fenômenos individuais, organizacionais, sociais e políticos (YIN, 2001). Neste caso, para a implementação correta deste estudo de caso, faz-se necessária a elaboração de uma modelagem matemática. Assim, a Figura 6 demonstra as etapas seguidas para realização deste estudo de caso.



Figura 6: Etapas para a Incorporação de uma Modelagem Matemática a Rede de Logística Reversa



### 3.1 MODELAGEM MATEMÁTICA

A elaboração e adequação do modelo foram realizadas mediante consultas à literatura existente, como, por exemplo, o modelo proposto por Schwartz Filho (2006), referente à localização de facilidades para a cadeia logística reversa do coco verde. Ferri *et al.* (2015a) apresentam uma modelagem inédita para a solução parcial da problemática referente à coleta de RS, considerando apenas parte da rede de logística reversa. Ferri *et al.* (2015b) aprimoram a modelagem expandindo-a para toda a rede de logística reversa de RS. Baseando-se neste modelo, esta dissertação busca acrescentar ao modelo pré-existente o fluxo de RS entre os diferentes Centros de Triagem e Armazenagem (CTAs), além de incorporar a decisão de abertura na terceira camada da rede de logística reversa de RS, ou seja, a abertura de facilidades de destinação final. A aplicação do modelo é original no que se refere a incorporação dos diferentes tipos de materiais e resíduos.

Vale ressaltar que, o modelo matemático se enquadra como um modelo de mínimos, calculando o mínimo global gerado por toda a cadeia reversa, minimizando os custos relativos à implantação do sistema de coleta, triagem e armazenagem de RS proposto.

A aplicação do modelo matemático com a utilização de cenários permite visualizar o funcionamento do modelo, sendo que, ao aplicar o modelo na prática é necessário considerar as especificidades de cada município. Desta forma, estes cenários podem variar de forma a, por exemplo, não permitir a localização de um CTA em um local de difícil acesso, ou um local que seja muito povoado, podendo assim limitar os locais passíveis de receberem um CTA. Em contrapartida, estas especificidades também podem apontar, por exemplo, a inclusão dos CTAs informais já existentes no município, sendo que, no caso da PNRS, esta também pode ser considerada como uma especificação legal.

As soluções geradas pelo modelo possuem conjuntos de informações referentes à: Abertura de facilidades (CTAs ou Locais de Destinação Final), Custos de abertura e de operação; Fluxos de resíduos e materiais; Custos de transporte.

No que se refere à abertura das facilidades, as informações geradas são:

- Quantidade;
- Localização;
- Área de abrangência;
- Faixa de capacidade;
- Custo Fixo de instalação;
- Custo Fixo de operação.

Quanto aos fluxos de resíduos e materiais, as informações obtidas referem-se a quantidade de resíduo, ou de material, transportado de uma origem a um destino. Podem ter como pares de origem/destino:

- Local Gerador → CTA;
- CTA → CTA;
- CTA → Local de Destinação Final.

Desta forma, os valores dos custos de transporte são diretamente proporcionais às informações de fluxo transportado. Sendo assim, as informações geradas pelo modelo nos permitem ponderar e encontrar a solução mais viável e adequada para cada problemática.

### 3.2 OBTENÇÃO DOS DADOS

Para a obtenção dos dados necessários, foram utilizados questionários abertos pré-estruturados, ilustrados nos Apêndices C, D e E. Inicialmente, fez-se necessário contextualizar a rede de logística reversa no município escolhido, a fim de obter dados referentes à situação atual do setor de limpeza urbana e manejo de resíduos sólidos do município. Assim, é possível coletar dados sobre os aspectos sociais, bem como sobre a possibilidade de atender à exigência da legislação vigente de reinserir colaboradores que trabalham com coleta, triagem e venda de material reciclado (BRASIL, 2010).

A segunda fase de obtenção de dados, é referente aos dados econômicos e ambientais do município. Estes dados são responsáveis pela adequação do modelo proposto a realidade do município e pela alimentação do mesmo. Porém, levando em consideração que o setor de limpeza urbana e manejo de resíduos sólidos possui diversos dados não catalogados e defasados da realidade local, é necessário realizar um tratamento dos dados obtidos.

Além destes, existem dados referentes a instalação e funcionamento dos CTA para RS obtidos por meio da literatura. Vale ressaltar que estes também precisam da fase de tratamento para serem aplicados de maneira correta no modelo. Os dados utilizados são os mesmos utilizados por Ferri *et al.* (2015a) para o município de São Mateus-ES.

### 3.3 ANÁLISE DOS CENÁRIOS

A geração das soluções será realizada a partir de cenários, sendo que estes permitem avaliar, de maneira mais ampla, as diversas possibilidades de implantação das soluções encontradas pelo modelo. Os cenários serão divididos e criados de acordo com as especificações dos municípios e das legislações vigentes. A fim de complementar a informação gerada por Ferri *et al.* (2015a), esta dissertação utilizou dois cenários distintos, sendo o Cenário 1, em escala micro, que considera apenas os limites do município de São Mateus-ES e o Cenário 2, em escala macro, que considera todos os municípios do Estado do Espírito Santo.

O Cenário 1 faz-se importante devido a incorporação de aspectos legais, sociais e geográficos do município de São Mateus-ES. Este cenário possibilita ilustrar o comportamento de uma Rede de Logística Reversa aplicada ao município estudado, possibilitando a projeção do funcionamento dos sistemas de coleta, triagem e destinação necessários para otimizar os fluxos de resíduos envolvidos.

No que se refere ao Cenário 2, este não somente ilustra o comportamento de Rede de Logística Reversa em um determinado local, mas demonstra que o modelo

matemático proposto possui características genéricas podendo ser adequável a situações diversas. Neste caso, o Cenário 2 utiliza-se desta característica para aplicar o modelo matemático em esferas distintas: municipal e estadual. Este cenário ainda se faz necessário na medida em que possibilita analisar a interação do município estudado com os demais municípios do Estado do Espírito Santo.

Sendo assim, a análise de cenários se faz importante na medida em que proporciona avaliar os impactos gerados por cada solução encontrada, o que auxilia a tomada de decisão referente a melhor solução aplicável a determinada região. Além disso, a utilização destes cenários ainda possibilita analisar o comportamento da Rede de Logística Reversa de RS nas instâncias municipal e estadual.

## 4 MODELO MATEMÁTICO

Este capítulo detalha uma proposição de modelo matemático para localização de CTAs e de locais de destinação final para RS, tais como Aterros Sanitários e Indústrias de Reciclagem. Este modelo propicia a viabilidade da implantação de um sistema de coleta, triagem, armazenagem de destinação de RS. Em suma, objetiva-se minimizar os custos envolvidos neste sistema de manejo. Desta forma, o modelo envolve todos os elos definidos anteriormente pela Figura 3, sendo considerados os locais geradores de RS, os locais candidatos a receberem um CTA para diferentes tipos de RS e os locais responsáveis pela destinação final de cada material selecionado a partir do RS coletado (Aterros sanitários, empresas de reciclagem e indústrias de recuperação energética). Vale ressaltar que o modelo possibilita a inserção de uma etapa intermediária entre o segundo e o terceiro estágio, considerando assim as associações intermediárias de RS.

A apresentação de um modelo matemático específico para versar acerca do escopo desta Dissertação parte da análise dos modelos existentes e suas aplicações. Assim sendo, o modelo matemático aqui busca identificar, quantificar e localizar os elos envolvidos na Rede de Logística Reversa de RS. Vale ressaltar que esta modelagem pressupõe que toda demanda de RS seja atendida ao menos por uma facilidade. Vale ressaltar que o modelo a seguir apresentado considera premissas baseadas em características reais do setor, o que proporciona um aumento da complexidade de solução do mesmo.

### 4.1 CONJUNTOS E PARÂMETROS

Os conjuntos e parâmetros criados para representar os diferentes atores e materiais englobados pelo modelo são apresentados a seguir:

- $A$  conjunto dos locais geradores de RS;
- $I$  conjunto dos tipos de RS coletados;

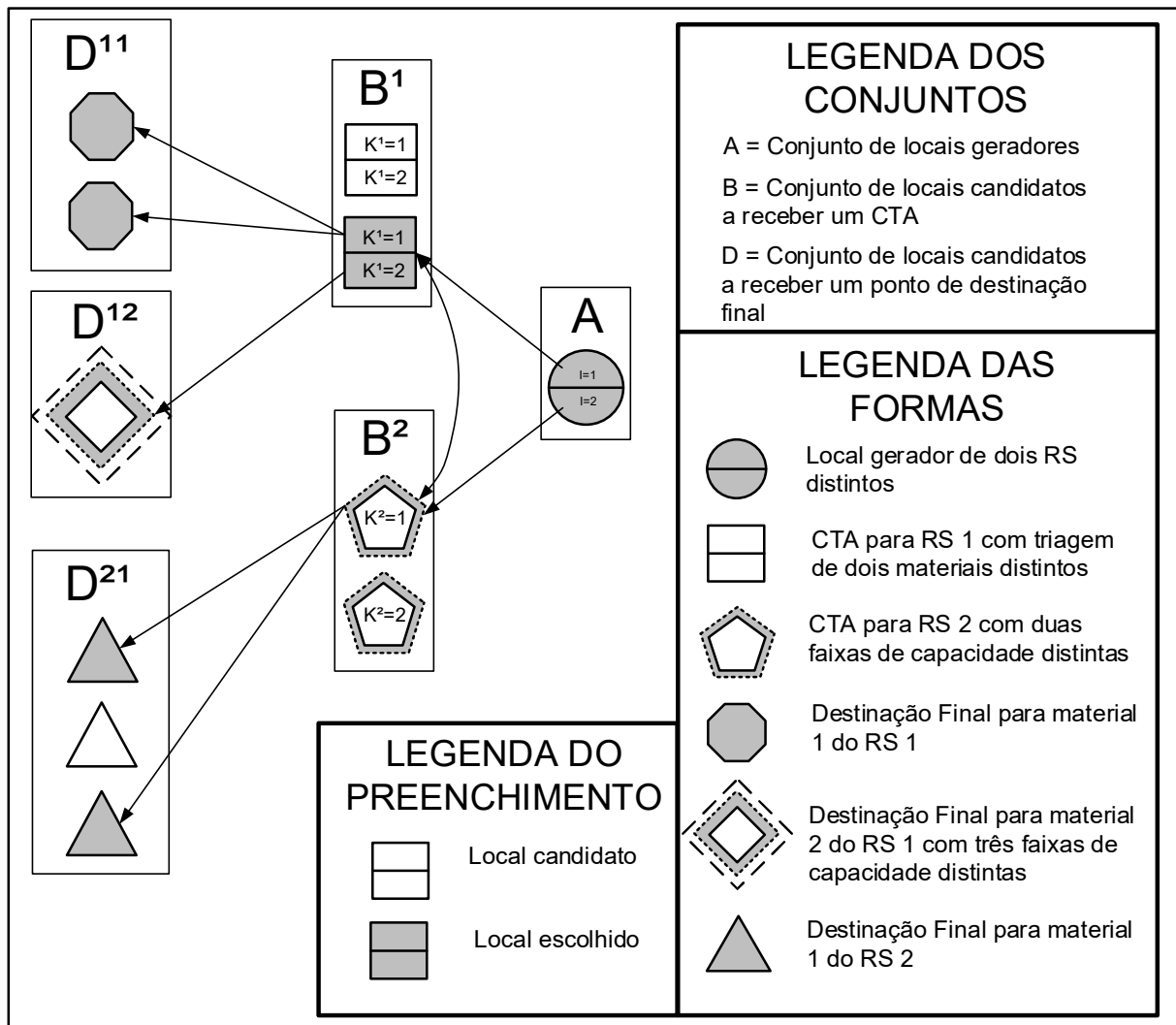
- $B^i$  conjunto dos locais candidatos aptos a receberem um CTA para o RS tipo  $i \in I$ ;
- $F^i$  conjunto das faixas de capacidade referentes ao CTA para o RS tipo  $i \in I$ ;
- $K^i$  conjunto dos tipos de materiais passíveis de serem selecionados após a triagem do RS  $i \in I$ ;
- $D^{ik}$  conjunto dos locais candidatos aptos a receberem um local de destinação final adequado para o material  $k \in K^i$ , obtido a partir da triagem do RS tipo  $i \in I$ ;
- $G^{ik}$  conjunto das faixas de capacidade referentes ao local de destinação final para o material  $k \in K^i$ , obtido a partir da triagem do RS tipo  $i \in I$ ;

Para exemplificar a interação dos conjuntos descritos anteriormente, considera-se que:

- $|A| = 1$ ;
- $|I| = 2$ ;
- $|B^1| = 2$ ;  $|B^2| = 2$ ;
- $|F^1| = 1$ ;  $|F^2| = 2$ ;
- $|K^1| = 2$ ;  $|K^2| = 1$ ;
- $|D^{11}| = 2$ ;  $|D^{12}| = 1$ ;  $|D^{21}| = 3$ ;
- $|G^{11}| = 1$ ;  $|G^{12}| = 3$ ;  $|G^{21}| = 1$ .

Vale ressaltar que  $| \cdot |$  representa o tamanho do conjunto. Desta forma, a Figura 7 ilustra o exemplo escolhido evidenciando o funcionamento e a interação entre os conjuntos dentro da Rede de Logística Reversa de RS. A Figura 7 ainda possui as indicações de fluxos possíveis entre os diferentes locais.

Figura 7: Exemplo da interação dos conjuntos



Desta forma, todo CTA possui faixas de capacidade, tornando-o mais complexo devido as possibilidades ou combinações entre os fluxos e as faixas de capacidade do CTA. A fim de atender as necessidades impostas pela PNRs, todo RS do tipo  $i \in I$ , gerado no local  $a \in A$ , representado por  $Q_a^i$  deve ser destinado a uma facilidade aberta em  $b \in B^i$ . Entretanto, se uma facilidade  $b \in B^i$  for aberta em uma dada faixa de capacidade  $f \in F^i$  diferente para cada produto  $i \in I$ , todo o RS recebido por  $b$  deverá estar dentro da sua faixa de capacidade. A faixa de capacidade  $f \in F^i$  para a facilidade  $b \in B^i$  apresenta limites inferior  $CAP_{lower_f^i}$  e superior  $CAP_{upper_f^i}$  que necessariamente precisam ser respeitados.

De maneira análoga, todo o RS do tipo  $i \in I$ , triado na facilidade  $b \in B^i$ , deve ser destinado, ou ao CTA correto para triagem, neste caso o fluxo é dentro da mesma



camada, ou para uma facilidade de disposição final adequada aberta em  $d \in D^{ik}$ . Sendo assim, uma facilidade  $d \in D^{ik}$ , precisa respeitar os limites inferior  $LIM_{lower}^{ik}$  e superior  $LIM_{upper}^{ik}$ , referentes a faixa de capacidade  $g \in G^{ik}$  escolhida.

Para possibilitar a triagem do RS do tipo  $i \in I$  em materiais do tipo  $k \in K^i$ , considere que  $GC^{ik}$  representa a composição gravimétrica, em percentuais, referente à quantidade de materiais do tipo  $k \in K$  existentes em um resíduo do tipo  $i \in I$ . Anterior a esta triagem, existe a triagem de seleção do RS que chega ao CTA que representa a quantidade de RS do tipo  $j \in I/\{i\}$  enviados erroneamente para um CTA de RS  $i \in I$ , esta taxa de erro é representada por  $CS^{ij}$ .

O custo fixo de instalação de uma facilidade varia de acordo com local, faixa de capacidade e tipo de RS ou material a ser trabalho. Assim, seja  $CI_{bf}^i$  o custo fixo de instalação de um CTA em  $b \in B^i$ , projetado para o tipo de RS  $i \in I$ , trabalhando na faixa de capacidade  $f \in F^i$  e, seja,  $FI_{dg}^{ik}$  o custo fixo de instalação de um local de destinação final em  $d \in D^{ik}$ , projetado para o tipo de material  $k \in K^i$ , proveniente do RS  $i \in I$ , trabalhando na faixa de capacidade  $g \in G^{ik}$ .

Ao contrário do custo fixo de instalação, o custo fixo de operação de uma facilidade varia apenas conforme a faixa de capacidade e o tipo de RS ou material a ser trabalhado. Sendo assim, seja  $CO_f^i$  o custo fixo de operação associada ao CTA projetado para atender ao tipo de RS  $i \in I$  trabalhando na faixa de capacidade  $f \in F^i$ , e, seja  $FO_g^{ik}$  o custo fixo de operação associada ao local de destinação final projetado para atender ao tipo de material  $k \in K^i$ , proveniente do tipo de RS  $i \in I$ , trabalhando na faixa de capacidade  $g \in G^{ik}$ .

Todo RS ou material apresenta um custo unitário de transporte para ser transportado do seu local de origem para o seu local de destino. Desta forma, as matrizes de custos unitárias para cada tipo de produto a ser transporte é baseada no produto transportado e na distância percorrida. Sendo assim,  $\alpha_{ab}^i$  representa a matriz de custo de transporte unitário do RS  $i \in I$ , entre os locais geradores  $a \in A$  e os locais candidatos a receberem um CTA  $b \in B$ .

Similar ao transporte de RS do seu ponto de geração ao ponto de triagem os RS  $j \in I/\{i\}$ , encontrados após a triagem no CTA de RS  $i \in I$ , a matriz de custo de transporte

unitário  $\beta_{bc}^{ij}$  representa o custo de realocar este RS de um CTA de RS  $i \in I$  localizado em  $b \in B^i$  para um CTA de RS  $j \in I/\{i\}$  localizado em  $c \in B^j$ .

Em relação ao envio dos diferentes tipos de materiais, seja  $\gamma_{bd}^{ik}$  a matriz de custo de transporte unitário para enviar um material  $k \in K^i$ , proveniente do tipo de RS  $i \in I$  do CTA localizado em  $b \in B^i$  para o local candidato a receber uma destinação final localizado em  $d \in D^{ik}$ .

## 4.2 VARIÁVEIS DE DECISÃO

Com relação às variáveis de decisão, estas podem ser divididas em duas classes: variáveis de fluxo e variáveis binárias.

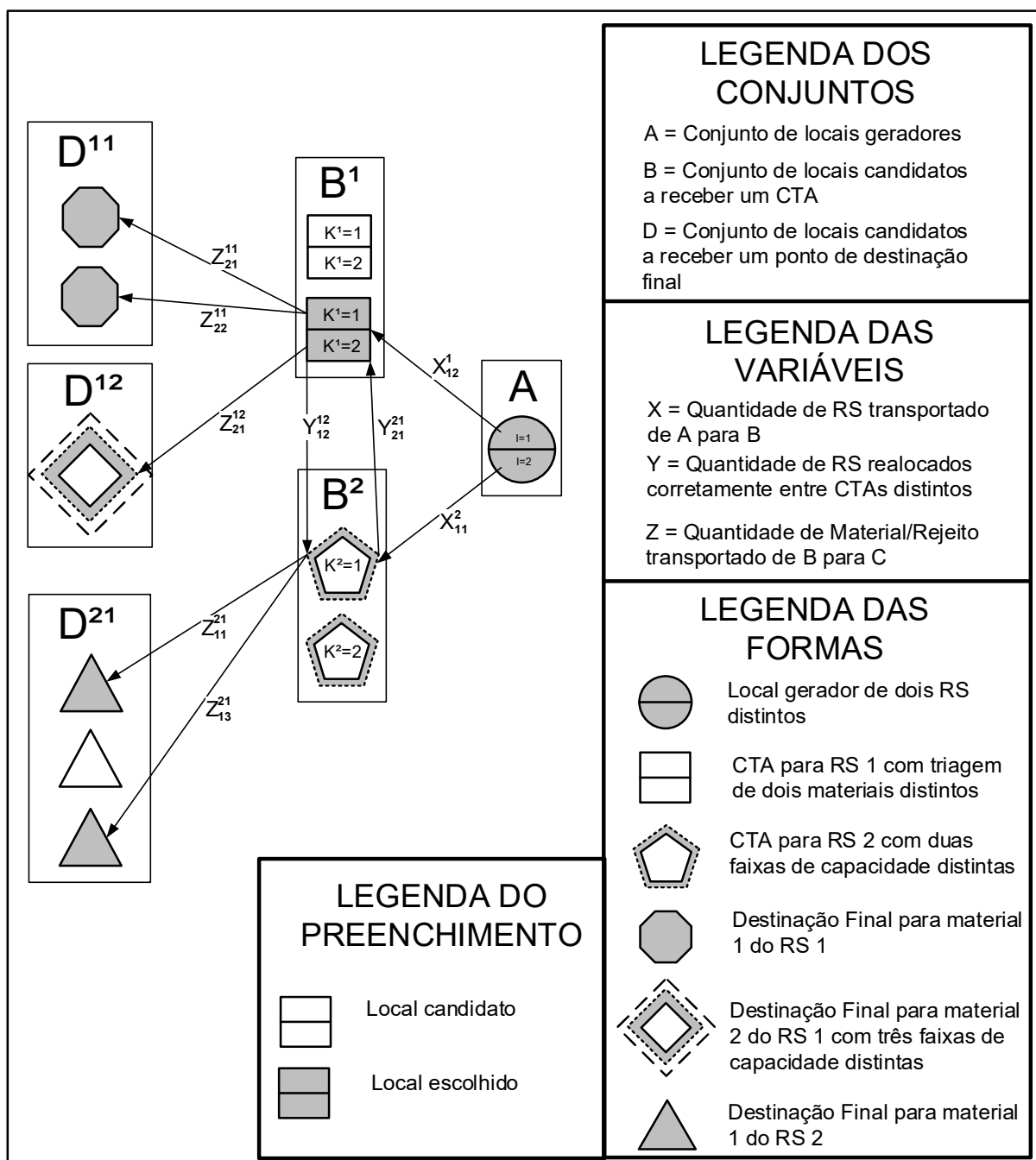
### 4.2.1 Variáveis de Fluxo

Esta classe de variáveis é representada por incógnitas que receberam valores referentes as quantidades, sendo essencial para garantir o fluxo reverso do material do gerador de RS ao ponto ideal de disposição final escolhido. Desta forma:

- $x_{ab}^i$  representa um conjunto de variáveis que recebem a quantidade de RS do tipo  $i \in I$  enviada do local  $a \in A$  para a facilidade aberta em  $b \in B^i$ ;
- $y_{bc}^{ij}$  representa um conjunto de variáveis que recebem a quantidade de RS do tipo  $j \in I/\{i\}$  existente no RS  $i \in I$ , que será enviada do local  $b \in B^i$  para um CTA correto aberto em  $c \in B^j$ ;
- $z_{bd}^{ik}$  representa um conjunto de variáveis que recebem a quantidade de material  $k \in K^i$ , proveniente da segregação do RS  $i \in I$ , enviada do local  $b \in B^i$  para uma facilidade de disposição final aberta em  $d \in D^{ik}$ ;

A Figura 8 ilustra as variáveis de fluxo descritas para o exemplo exposto na Figura 7.

Figura 8: Exemplo da interação das variáveis de fluxo



### 4.2.2 Variáveis Binárias

As variáveis binárias representam uma decisão de abertura ou não de uma facilidade escolhido. Como o modelo proposto trabalha com a abertura em duas instâncias diferentes, faz-se necessário utilizar dois conjuntos distintos:

- $p_{bf}^i$  representa um conjunto de variáveis binárias que indicam a abertura ( $p_{bf}^i = 1$ ) ou não ( $p_{bf}^i = 0$ ) da facilidade  $b \in B^i$  na faixa de capacidade  $f \in F^i$  para atender ao RS do tipo  $i \in I$ .
- $r_{dg}^{ik}$  representa um conjunto de variáveis binárias que indicam a abertura ( $r_{dg}^{ik} = 1$ ) ou não ( $r_{dg}^{ik} = 0$ ) da facilidade  $d \in D^{ik}$  na faixa de capacidade  $g \in G^{ik}$  para atender ao material  $k \in K^i$ , proveniente do RS tipo  $i \in I$ .

### 4.3 VARIÁVEIS AUXILIARES

Já no que diz respeito as variáveis auxiliares, estas assumem valores conforme as variáveis de decisão e auxiliam na garantia do funcionamento correto do modelo, são estas:

- $VIn_b^i$  representa um conjunto de variáveis que recebem a quantidade total de RS tipo  $i \in I$ , que um CTA aberto em  $b \in B$ ;
- $VOut_b^i$  representa um conjunto de variáveis que recebem a quantidade total de RS tipo  $i \in I$ , que um CTA aberto em  $b \in B^i$  envia para a próxima camada;
- $VAux_b^i$  representa um conjunto de variáveis que recebem a quantidade total de RS tipo  $i \in I$ , que é triada e armazenada em um CTA aberto em  $b \in B^i$ ;
- $WIn_d^{ik}$  representa um conjunto de variáveis que recebem a quantidade total de material tipo  $k \in K^i$ , proveniente do RS  $i \in I$ , que um local de destinação final aberto em  $d \in D^{ik}$ ;

## 4.4 FUNÇÃO OBJETIVO E RESTRIÇÕES

Com o exposto nas subseções precedentes, a formulação matemática referente à localização de facilidades dedicadas a promoverem a triagem e a destinação final de RS dentro do canal reverso para RS é representada a seguir. Cabe ressaltar que esta modelagem matemática está baseada nos trabalhos de Geoffrion e Graves (1974), Jayaraman *et al.* (2003), Ferri *et al.* (2015a) Ferri *et al.* (2015b).

### 4.4.1 Função Objetivo

**Minimise**

$$\begin{aligned} & \sum_{i \in I} \sum_{a \in A} \sum_{b \in B^i} \alpha_{ab}^i x_{ab}^i + \sum_{i \in I} \sum_{j \in I} \sum_{b \in B^i} \sum_{c \in B^j} \beta_{bc}^{ij} y_{bc}^{ij} + \sum_{i \in I} \sum_{k \in K^i} \sum_{b \in B^i} \sum_{d \in D^{ik}} \gamma_{bd}^{ik} z_{bd}^{ik} \\ & + \sum_{i \in I} \sum_{b \in B^i} \sum_{f \in F^i} (CO_f^i + CI_{bf}^i) p_{bf}^i + \sum_{i \in I} \sum_{k \in K^i} \sum_{d \in D^{ik}} \sum_{g \in G^{ik}} (FO_g^{ik} + FI_{dg}^{ik}) r_{dg}^{ik} \end{aligned} \quad (1)$$

### 4.4.2 Restrições

$$\sum_{b \in B} x_{ab}^i = Q_a^i \quad \forall i \in I; a \in A \quad (2)$$

$$VIn_b^i = VOut_b^i \quad \forall i \in I; b \in B^i \quad (3)$$

$$VIn_b^i = \sum_{a \in A} x_{ab}^i + \sum_{j \in I/\{i\}} \sum_{c \in B^j} y_{cb}^{ji} \quad \forall i \in I; b \in B^i \quad (4)$$

$$VOut_b^i = \sum_{j \in I/\{i\}} \sum_{c \in B^j} y_{bc}^{ij} + \sum_{d \in D} \sum_{k \in K} z_{bd}^{ik} \quad \forall i \in I; b \in B^i \quad (5)$$

$$VAux_b^i = y_{bb}^{ii} + \sum_{j \in I/\{i\}} \sum_{c \in B^j} y_{cb}^{ji} \quad \forall i \in I; b \in B^i \quad (6)$$

$$WIn_d^{ik} = \sum_{b \in B} z_{bd}^{ik} \quad \forall i \in I; k \in K^i; d \in D^{ik} \quad (7)$$

$$CS^{ii} \sum_{a \in A} x_{ab}^i = y_{bb}^{ii} \quad \forall i \in I; b \in B^i \quad (8)$$

$$CS^{ij} \sum_{a \in A} x_{ab}^i = \sum_{c \in B^i} y_{bc}^{ij} \quad \forall i \in I; j \in I/\{i\}; b \in B^i \quad (9)$$

$$GC^{ik} VAux_b^i = \sum_{d \in D^{ik}} z_{bd}^{ik} \quad \forall i \in I; k \in K^i; b \in B^i \quad (10)$$

$$\sum_{f \in F^i} p_{bf}^i \leq 1 \quad \forall i \in I; b \in B^i \quad (11)$$

$$\sum_{g \in G^{ik}} r_{dg}^{ik} \leq 1 \quad \forall i \in I; k \in K^i; d \in D^{ik} \quad (12)$$

$$VIn_b^i \geq \sum_{f \in F^i} CAPlower_f^i p_{bf}^i \quad \forall i \in I; b \in B^i \quad (13)$$

$$VIn_b^i \leq \sum_{f \in F^i} CAPupper_f^i p_{bf}^i \quad \forall i \in I; b \in B^i \quad (14)$$

$$WIn_d^{ik} \geq \sum_{g \in G^{ik}} LIMlower_g^{ik} r_{dg}^{ik} \quad \forall i \in I; k \in K^i; d \in D^{ik} \quad (15)$$

$$WIn_d^{ik} \leq \sum_{g \in G^{ik}} LIMupper_g^{ik} r_{dg}^{ik} \quad \forall i \in I; k \in K^i; d \in D^{ik} \quad (16)$$

$$p_{bf}^i \in \{0,1\} \quad \forall i \in I; b \in B^i; f \in F^i \quad (17)$$

$$r_{dg}^{ik} \in \{0,1\} \quad \forall i \in I; k \in K^i; d \in D^{ik}; g \in G^{ik} \quad (18)$$

$$x_{ab}^i \geq 0 \quad \forall i \in I; a \in A; b \in B^i \quad (19)$$

$$y_{bc}^{ij} \geq 0 \quad \forall i \in I; j \in I; b \in B^i; c \in B^i \quad (20)$$

$$z_{bd}^{ik} \geq 0 \quad \forall i \in I; k \in K^i; b \in B^i; d \in D^{ik} \quad (21)$$

$$VIn_b^i \geq 0 \quad \forall i \in I; b \in B^i \quad (22)$$

$$VOut_b^i \geq 0 \quad \forall i \in I; b \in B^i \quad (23)$$

$$VAux_b^i \geq 0 \quad \forall i \in I; b \in B^i \quad (24)$$

$$WIn_d^{ik} \geq 0 \quad \forall i \in I; k \in K^i; d \in D^{ik} \quad (25)$$

A Função Objetivo (1) está dividida em cinco partes principais. As três primeiras representam, respectivamente, os custos de transporte totais obtidos a partir do envio do RS  $i \in I$  do seu local gerador  $a \in A$  para um CTA localizado em  $b \in B^i$ , do RS  $j \in I/\{i\}$  localizado em um CTA em  $b \in B^i$  para outro CTA  $c \in B^j$  adequado e do material  $k \in K^i$  triado em um CTA de RS  $i \in I$  localizado em  $b \in B^i$  para o local de destinação final  $d \in D^{ik}$ .

Ainda referente à Função Objetivo (1), as duas partes finais computam os custos referentes a abertura das facilidades. Referente as facilidades da segunda camada, estes somatórios representam os custos totais de operação e instalação de todos os CTAs abertos. Para as facilidades de terceira camada estes somatórios representam os custos totais de operação e instalação de todos os locais de destinação final adequados escolhidos.

As Restrições (2) garantem que todo o RS  $i \in I$  gerado em um ponto de origem  $a \in A$  deve ser enviado aos CTAs em  $b \in B^i$ . As Restrições (3) garantem que todo RS que entra em um CTA deve sair do mesmo. As Restrições (4) e (5) garantem, respectivamente, que todo RS que entra em um CTA é igual a todo o material/RS que sai do mesmo.

Já as Restrições (6) garantem a triagem de todo o RS pertencente a um CTA. Nestas restrições as variáveis  $y_{bb}^{ii}$  representam todo o RS  $i \in I$  coletado de maneira correta para o CTA em  $b \in B^i$ , não sendo necessário ser realocado. As Restrições (7) garantem a quantidade de entrada de um material em um local de destinação final.

As Restrições (8) e (9) garantem que todo RS será triado dentro de um CTA. Já, as Restrições (10) garantem que todo o material triado será enviado para o local de destinação final adequado. Enquanto que as Restrições (11) e (12) garantem a abertura de apenas uma faixa de capacidade em um mesmo local para os diferentes tipos de facilidades.

As Restrições (13) e (14) e as Restrições (15) e (16) garantem, respectivamente, que as faixas de capacidades para a abertura de um CTA e de um local de destinação final adequado sejam respeitadas. Por fim, as Restrições (17)-(25) estão associadas ao domínio das variáveis de decisão.

## 4.5 GERAÇÃO DOS CENÁRIOS

Para uma correta avaliação do comportamento e aplicação do modelo matemático, faz-se necessária a utilização de Cenários. Desta maneira, criou-se dois cenários distintos para avaliar a diferença de comportamento entre a aplicação do modelo em escala municipal e a escala estadual.

No Cenário 1, aplica-se o modelo no município de São Mateus-ES, levando em consideração algumas especificidades do município, além de dados referentes a geração e divisão geográfica do mesmo. Neste cenário, o município é dividido conforme a sua divisão geopolítica (bairros), sendo estes considerados como



geradores e candidatos a receberem facilidades tanto na segunda camada (CTAs), quanto na terceira camada (Locais de destinação Final).

Já no Cenário 2 o modelo matemático é aplicado em uma esfera maior, considerando todo o Estado do Espírito Santo. Desta forma, trata-se os municípios como geradores de RS e também como candidatos a receberem facilidades na segunda camada (CTAs) e/ou facilidades na terceira camada (Locais de destinação Final). Vale ressaltar que este cenário não considera os bairros dos municípios como locais candidatos e/ou geradores.

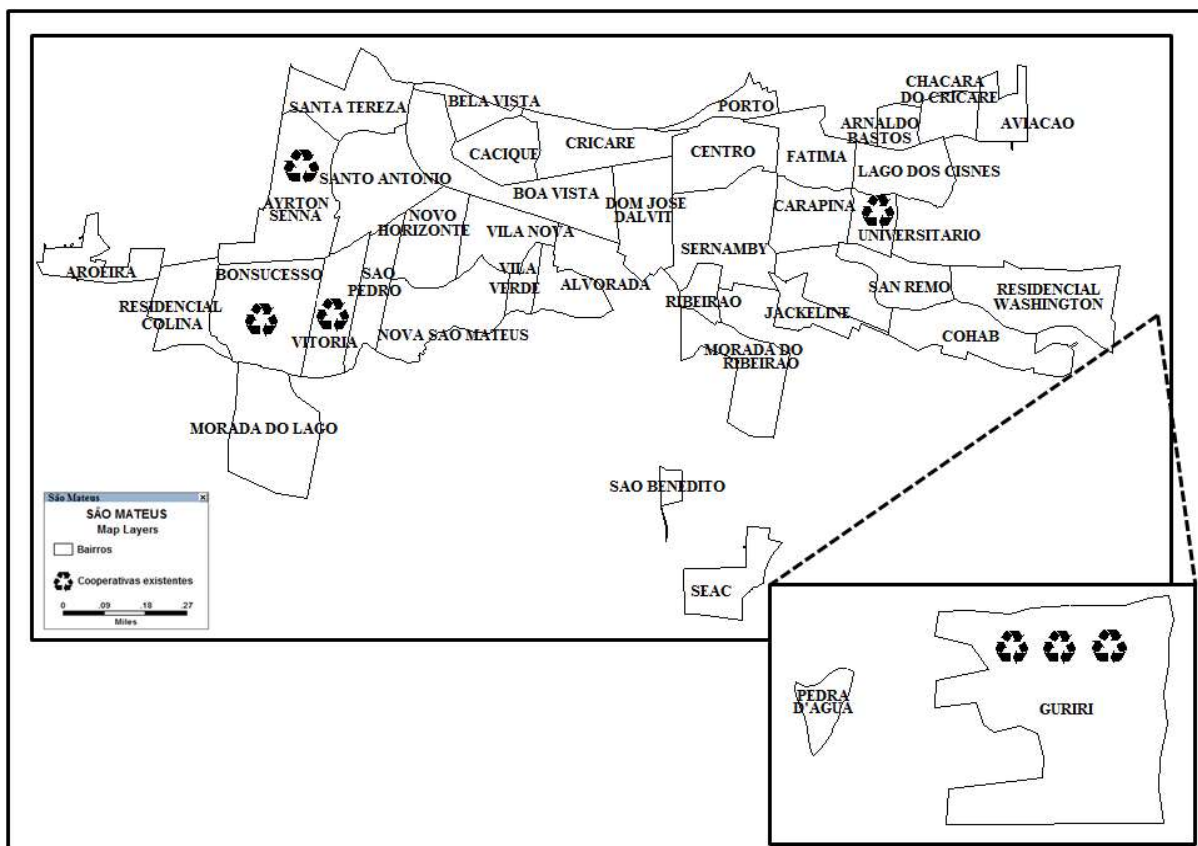
## 5 APRESENTAÇÃO DOS PARÂMETROS

A seguir é apresentada a metodologia utilizada para obtenção dos parâmetros do modelo (1)-(25). O Capítulo 6 é composto pelos experimentos computacionais.

### 5.1 DEFINIÇÃO DOS CONJUNTOS

Para o Cenário 1, considera-se que o município de São Mateus-ES é composto por 39 bairros geradores de RS como mostra a Figura 9. Além disso, o município conta ainda com 5 pequenos CTAs informais, gerenciados como cooperativas, que são constituídos por catadores independentes de material reciclável. Existem cooperativas nos bairros Universitário, Guriri, Bonsucesso, Ayrton Senna e Vitória.

Figura 9: Mapa do município de São Mateus-ES



Fonte: Elaborada pelo autor.

Estas cooperativas, apesar de não possuírem registro formal, já possuem infraestrutura, recursos humanos e experiência na coleta e triagem de materiais, mesmo que estas atividades sejam realizadas de forma não estruturada e sem planejamento. Por este motivo e pelo exposto na PNRS (BRASIL, 2010), a qual sugere a inclusão de grupos já envolvidos na coleta de resíduos na rede de logística reversa, minimizando a possibilidade de gerar um problema socioeconômico, a inserção destes locais foi motivada. Segundo Gouveia (2012), os catadores de materiais recicláveis (agrupados formalmente em cooperativas ou não) podem ser considerados os grandes protagonistas da gestão de resíduos sólidos no Brasil.

Vale ressaltar que, este estudo propõe a utilização da Rede de Logística Reversa para diferentes tipos de RS coletados. Desta forma, considerando a notação apresentada na Seção anterior, tem-se  $|I| = 3$ , sendo considerados os Resíduos de Coleta Seletiva, os Resíduos Gerais e os Resíduos Orgânicos, onde  $| \cdot |$  representa o tamanho do conjunto em análise.

Com o exposto anteriormente e a utilização de informações referentes a cada bairro do município de São Mateus-ES pôde-se indicar a viabilidade efetiva de utilização destes locais como CTAs de RS proveniente da coleta seletiva, da coleta de resíduo geral e da coleta de resíduos orgânicos, bem como a faixa de capacidade ideal de cada um deles. Assim, considerando a notação apresentada no Capítulo 4, tem-se  $|A| = 39$  e  $|B^1| = 36, |B^2| = 27, |B^3| = 24$ , sendo estes a quantidade de locais geradores, a quantidade de locais candidatos a receberem um CTA para Resíduo de Coleta Seletiva, para Resíduos Gerais e para Resíduos Orgânicos, respectivamente.

Para a aplicação do Cenário 2, utilizou-se dos 78 municípios existentes no Estado do Espírito Santo, conforme Figura 10, sendo que todos estes produzem RS e estão aptos a receberem CTAs para qualquer tipo de RS, desta forma, tem-se que  $|A| = |B^1| = |B^2| = |B^3| = 78$ .

Para os CTAs de Coleta Seletiva, tendo como base a literatura existente sobre o assunto, serão considerados 5 tipos de materiais recicláveis, sendo estes: Metal; Embalagem Cartonada; Papel; Plástico; Vidro (CEMPRE, 2016). Os demais resíduos serão considerados como rejeitos e realocados, conforme modelo. Quanto aos CTAs de Resíduos Gerais e Resíduos Orgânicos, estes possuem apenas um subproduto,

sendo o rejeito e a matéria orgânica, respectivamente. Desta forma, tem-se  $|K^1| = 5$ ,  $|K^2| = 1$ ,  $|K^3| = 1$ .

Figura 10: Mapa do Estado do Espírito Santo



Como destinação final dos resíduos recicláveis, consideram-se as indústrias de reciclagem; para o rejeito, consideram-se os aterros sanitários; e para os resíduos orgânicos, consideram-se as indústrias de compostagem orgânica.

Para considerar os locais de destinação final previamente definidos utilizados para o estudo de caso quanto à gestão de RS no município de São Mateus-ES, foram realizados contatos em diversas empresas de reciclagem cadastradas no Compromisso Empresarial para Reciclagem (CEMPRE), tais como, Bioplast Reciclagem Ltda, Cerplast, Ciclo Companhia de Reciclagem, ES Ambiental, Icapel Indústria Capixaba de Papel, Inserpla Indústria Serrana de Embalagens Ltda, Madecicle Indústria e Comércio Ltda, Aparas de Papel Ltda, Norte Recicla, Ouroplast Tubos Plásticos Ltda, Zimerplas Indústria e Comércio de Plástico Ltda e Marca Ambiental (CEMPRE, 2016; FERRI, 2014).

Contudo, o cadastro do CEMPRE se torna falho na medida em que, em sua grande maioria, as empresas cadastradas não realizam processos de reciclagem, e ou, não possuem nenhum tipo de informação que possa ser disponibilizada. Todavia, o município de São Mateus-ES está inserido no CONORTE, e este possui o projeto de construir um Aterro Sanitário para atender aos municípios localizados no norte do Estado do Espírito Santo (SEPLADE, 2014).

Sendo assim, tem-se que, para os materiais  $k \in K^1$ , temos  $|D^{11}| = 4$ ,  $|D^{12}| = 5$ ,  $|D^{13}| = 6$ ,  $|D^{14}| = 7$ ,  $|D^{15}| = 3$ , para os materiais  $k \in K^2$ , temos  $|D^{21}| = 3$ , e por fim, para os materiais  $k \in K^3$ , temos  $|D^{31}| = 2$ .

As faixas de capacidade foram definidas com base em relatórios técnicos federais. Assim, definiu-se  $|F^1| = 4$ ,  $|F^2| = 4$ ,  $|F^3| = 1$ , sendo que as 4 faixas correspondem ao porte escolhido para a abertura de uma facilidade que irá promover a triagem dos RS inseridos no sistema (SRHU, 2009; SRHU, 2010).

## 5.2 QUANTIDADE DE RS GERADO E FAIXAS DE CAPACIDADE

Por falta de dados reais do município de São Mateus-ES, a quantidade de RS gerada por bairro foi obtida com base na sua população. Segundo o IBGE (2010), a população total do município de São Mateus é de 110 mil habitantes. Portanto, com o objetivo de encontrar a população total de cada bairro, realizou-se um rateio da população de acordo com a área de cada bairro.

A Tabela 1 apresenta a quantidade de RS coletado nos municípios do Estado do Espírito Santo conforme o estudo Panorama dos Resíduos Sólidos Urbanos no Brasil 2011 (ABRELPE, 2011). Esta tabela correlaciona os parâmetros de população urbana, quantidade de RS coletado por dia e PIB (Produto Interno Bruto) per capita, e permite identificar a quantidade de RS produzido por habitante por dia em algumas cidade do estado do Espírito Santo, já que esta geração é função do porte e da distribuição de riquezas do município.

Tabela 1: Quantidade de RS *per capita* no ES

Município	População Urbana (x 1.000)	Quantidade de RS coletada (ton/dia)	PIB <i>Per capita</i> (R\$)	<i>Per capita</i> (Kg/hab/dia)
Castelo	21,9	26,0	9.622,24	1,18
Colatina	99,0	80,0	15.485,14	0,81
Fundão	14,6	18,0	11.883,65	1,23
João Neiva	12,8	18,0	11.090,31	1,41
Linhares	123,4	116,0	17.447,15	0,94
Sooretama	17,2	14,4	11.073,54	0,84
Venda Nova do Imigrante	15,0	11,9	11.613,92	0,79
Vila Velha	417,8	460,0	14.608,82	1,10
Vitória	330,5	342,0	61.790,59	1,03

Fonte: adaptado de Abrelpe (2011)

Como pode ser observado na Tabela 1, o município de São Mateus-ES não foi incluído na pesquisa da ABRELPE (2011). Portanto, não se conhece a quantidade de RS coletada e o PIB *per capita* do município. Para obter a geração de resíduos de cada bairro, que depende da população e renda, obtiveram-se índices médios a partir da Tabela 1. Utilizou-se como critério o PIB *per capita* de R\$ 14.000,00, já que, este valor é uma mediana dos valores PIB *per capita* dos municípios do estado do Espírito Santo abordados na pesquisa da ABRELPE (2011). Além disso, no geral, os municípios que

apresentaram um PIB *per capita* inferior a R\$ 14.000,00 apresentaram índices de geração de RS maiores; e o contrário, os municípios com PIB *per capita* superior a R\$ 14.000,00, apresentaram índices médios de geração de RS menores. Portanto, os municípios com PIB *per capita* abaixo deste valor caracterizam o Grupo 1 que possuem um índice médio de geração de RS de 1,09 Kg/hab/dia. Para o Grupo 2, esse índice foi de 0,97 Kg/hab/dia.

Assim, com a população estimada de cada bairro, fez-se uma estratificação destes com base no custo do terreno (R\$/m<sup>2</sup>) obtido com o auxílio do órgão de cadastro imobiliário da prefeitura. Portanto, para estimar a quantidade de RS gerada por bairro, considerou-se que para aqueles bairros nos quais o custo do terreno é de até R\$ 800,00 por m<sup>2</sup>, o índice de geração de RS indicado seria aquele estipulado para o Grupo 1. Por outro lado, para os demais bairros deveria ser utilizado o índice do Grupo 2. Considerou-se que esta análise é válida, pois observa-se que terrenos mais valiosos são adquiridos, na sua grande maioria, por pessoas com maior poder aquisitivo, caracterizando uma população a qual está associada, geralmente, um PIB *per capita* maior.

Tabela 2: Quantidade de RS por bairro

(continua)

ID*	Bairro	População estimada (Hab)	Índice médio de geração de RS (Kg/hab/dia)	Total de RS (Ton/ano)
1	Aroeira	2.940	1,09	1.170
2	Residencial Colina	2.940	1,09	1.170
3	Morada do Lago	2.940	1,09	1.170
4	Ayrton Senna	4.900	1,09	1.949
5	Bonsucesso	4.900	1,09	1.949
6	Vitória	2.940	1,09	1.170
7	Santo Antônio	3.920	1,09	1.560
8	Santa Tereza	2.940	1,09	1.170
9	São Pedro	980	1,09	390
10	Nova São Mateus	2.940	1,09	1.170
11	Novo Horizonte	980	1,09	390
12	Boa Vista	4.900	0,97	1.735
13	Cacique	1.960	1,09	780
14	Bela Vista	980	1,09	390

(conclusão)				
ID*	Bairro	População estimada (Hab)	Índice médio de geração de RS (Kg/hab/dia)	Total de RS (Ton/ano)
15	Vila Nova	2.940	1,09	1.170
16	Vila Verde	980	1,09	390
17	Alvorada	1.960	1,09	780
18	Cricaré	2.940	1,09	1.170
19	Dom José Dalvit	2.940	0,97	1.041
20	Centro	2.940	0,97	1.041
21	Sernamby	3.920	0,97	1.388
22	Ribeirão	980	1,09	390
23	Fátima	2.940	0,97	1.041
24	Porto	980	1,09	390
25	Carapina	2.940	0,97	1.041
26	SEAC	1.960	1,09	780
27	São Benedito	980	1,09	390
28	Morada do Ribeirão	2.940	1,09	1.170
29	Jackeline	1.960	1,09	780
30	Arnaldo Bastos	1.960	1,09	780
31	Universitário	1.960	0,97	694
32	Chácara do Cricaré	1.960	1,09	780
33	Aviação	1.960	1,09	780
34	Lago dos Cisnes	2.940	1,09	1.170
35	San Remo	1.960	1,09	780
36	Cohab	3.920	1,09	1.560
37	Residencial Washington	3.920	1,09	1.560
38	Pedra D'água	1.960	1,09	780
39	Guriri	12.000	0,97	4.249
			<b>Total</b>	<b>42.258</b>

\*As cooperativas receberam números de identificação na seguinte ordem: 40 – bairro Universitário; 41, 42 e 43 – bairro Guriri; 44 – bairro Bonsucesso; 45 – bairro Ayrton Senna; e 47 – bairro Vitória.



Para a aplicação do Cenário 2 foi realizada uma extrapolação simples com os parâmetros em função da quantidade de habitantes de cada município.

Tendo em vista que a composição gravimétrica dos RS está diretamente ligada com a efetiva implantação da coleta seletiva, considerou-se que 20% de todo o RS gerado corresponde aos produtos recicláveis, 50% aos resíduos gerais e os outros 30% aos resíduos orgânicos, vale ressaltar que estes valores foram estimados com base na média nacional encontrada no manual de orientação para planos de resíduos sólidos (BRASIL, 2012). Além deste ainda foram considerados os trabalhos de Bassani (2011) e Pessin *et al.* (2006) indicando uma composição gravimétrica dos resíduos recicláveis de 13% para metais, 10% para embalagens cartonadas, 30% para papéis, 35% para plásticos e 12% para vidros. Os valores citados acima ainda foram corrigidos conforme indicação das fichas técnicas para cada tipo de material passível de ser reciclado com os seus respectivos percentuais de reciclagem efetiva no Brasil (CEMPRE, 2016).

As faixas de capacidade foram obtidas com o auxílio de relatórios técnicos federais, diferentes para cada tipo de CTA a ser instalado (SRHU, 2009; SRHU, 2010). A Tabela 3 indica os limites inferiores  $CAPlower_f^i$  e os limites superiores  $CAPupper_f^i$ , para um CTA referente ao tipo de RS  $i \in I$  para toda faixa  $f \in F$ .

Tabela 3: Limites das Faixas de Capacidade

Faixa	i = 1		i = 2		i = 3	
	CAPlower*	CAPupper*	CAPlower*	CAPupper*	CAPlower*	CAPupper*
1	1	2190	1	8851.2	1	42258
2	2190.1	3650	8851.3	17702.5		
3	3650.1	7300	17702.6	35405		
4	7300.1	14600	35405.1	177025		

\*Os limites estão representados em toneladas por ano.

Fonte: adaptada de SRHU (2009; 2010).

Para o Cenário 2, utilizou-se a mesma quantidade de faixas de capacidade para os CTAs, e os valores dos parâmetros utilizados foram ajustados a partir de uma extrapolação simples com base na quantidade gerada por município. Esta aproximação torna os valores fictícios. Vale ressaltar que, a aproximação utilizada foi expandida para os demais valores de parâmetros utilizados para o Cenário 2.

### 5.3 CUSTOS FIXOS DE INSTALAÇÃO E OPERAÇÃO DE UM CTA

O custo fixo de instalação está associado aos custos de aquisição de terreno, de construção das instalações físicas, de aquisição de máquinas e equipamentos e de treinamentos do pessoal (FERRI, 2014; SCHWARTZ FILHO, 2006). Portanto, este custo aumenta se a capacidade desejada do centro de armazenagem e triagem aumentar, pois uma maior capacidade implica em um aumento da área utilizada, do número de maquinário e de funcionários.

Já os custos fixos de operação referem-se aos custos dos salários e encargos dos funcionários, manutenção do local e dos equipamentos, gastos de luz, água e telefone (FERRI, 2014; SCHWARTZ FILHO, 2006).

#### 5.3.1 CTA RS Coleta Seletiva

Quanto as especificações e custos referentes a construção de instalações de triagem e armazenagem de RS provenientes da coleta seletiva, a Tabela 4 apresenta estes dados para a região Sudeste (SRHU, 2009).

Vale ressaltar que, como todo CTA tem uma vida útil estimada em projeto, e, para o caso de RS esse tempo é de aproximadamente 10 anos, os custos fixos de instalação destinados a cada centro de triagem são rateados ao longo deste horizonte de tempo, promovendo assim um valor por ano (SRHU, 2009).

Tabela 4: Especificações quanto as Instalações de um CTA para coleta seletiva

<b>FAIXA</b>	<b>Faixa 1</b>	<b>Faixa 2</b>	<b>Faixa 3</b>	<b>Faixa 4</b>
<b>CAPACIDADE MÁXIMA DE RS (ton/ano)</b>	<b>2.190</b>	<b>3.650</b>	<b>7.300</b>	<b>14.600</b>
<b>ÁREA UTILIZADA (m<sup>2</sup>)</b>	<b>500</b>	<b>1.000</b>	<b>1.800</b>	<b>2.500</b>
<b>ITEM</b>	<b>R\$</b>	<b>R\$</b>	<b>R\$</b>	<b>R\$</b>
1. Locação	588,6	1.161,94	1.639,36	2.779,50
2. Limpeza de terreno	174,42	346,68	617,1	847,96
3. Cercamento	13.146,64	19.268,35	21.643,44	31.612,14
4. Portões	1.581,67	1.581,67	1.581,67	1.581,67
5. Movimento de terra	197,1	410,63	876	1.733,75
6. Edificação de apoio - molhada	3.400,30	20.517,48	26.715,47	39.325,17
7. Edificação de apoio - seca	-	21.914,19	29.914,61	32.427,08
8. Galpão	42.539,19	83.424,02	162.585,15	255.898,11
9. Baias	1.672,60	4.181,50	13.485,34	17.144,15
10. Silo de recepção de resíduos	1.277,56	2.085,81	4.562,72	7.662,11
11. Distribuição de água	465,43	912,76	1.778,88	2.799,84
12. Esgotamento sanitário	148,12	290,48	566,12	891,04
13. Drenagem e aprov. de águas pluviais	964,38	1.891,26	3.685,89	5.801,34
14. Dist. de energia elétrica e de telefonia	1.191,31	2.336,28	4.553,18	7.166,40
15. Sist. proteção contra descargas atmosf.	992,45	1.946,31	3.793,16	5.970,18
16. Sist. de prevenção e combate a incêndios	7.086,43	13.897,27	27.084,40	42.629,03
17. Instalações externas	638,97	1.253,08	2.442,13	3.843,75
18. Placa de identificação	2.156,40	2.156,40	2.156,40	2.156,40
19. Paisagismo	1.604,54	3.146,67	6.132,55	9.652,23
20. Plataforma de descarga	-	934,25	1.655,64	2.542,59
21. Talha elétrica	-	5.000,00	5.000,00	5.000,00
<b>TOTAL</b>	<b>79.826,11</b>	<b>188.657,03</b>	<b>322.469,21</b>	<b>479.464,44</b>

Fonte: adaptada de SRHU (2009).

Como os custos apresentados na Tabela 4 referem-se apenas as instalações, faz-se necessário acrescentar o custo de aquisição do terreno utilizado para a alocação destas facilidades. Com os custos do terreno (R\$/m<sup>2</sup>) de cada bairro fornecidos pelo cadastro imobiliário da prefeitura, corrigidos para os valores de mercado, obteve-se, novamente junto a um empresário da área de gestão de resíduos sólidos, dados referentes aos custos de instalação. Portanto, a Tabela 5 apresenta os custos fixos de instalação por bairro de acordo com a faixa de capacidade. Percebe-se que o bairro com o mais elevado custo fixo de instalação é o Centro, o que reflete os custos do terreno, mas que possuem uma boa relação com a realidade: os custos da complexidade de se instalar uma facilidade em um local com maior densidade demográfica, tráfego de veículos e pedestres, além de restrições de movimentação.

Tabela 5: Custos Fixos de Instalação para CTA de Coleta Seletiva em São Mateus-ES

ID*	Grupo	Custo Fixo de Instalação (R\$/ano)**			
		Faixa 1	Faixa 2	Faixa 3	Faixa 4
1, 2, 3, 4, 5, 6, 8, 9, 11, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 24, 26, 27, 38	A	11.873,61	26.647,70	46.254,52	67.401,44
22, 28, 33, 35, 36	B	13.819,11	30.538,70	53.258,32	77.128,94
7, 10, 29, 30, 32, 34, 37	C	15.764,61	34.429,70	60.262,12	86.856,44
12, 19, 21, 23, 25, 31	D	17.710,11	38.320,70	67.265,92	96.583,94
39	E	18.682,61	40.265,70	70.766,92	101.446,44
20	F	22.573,61	48.047,70	84.774,52	120.901,44
40, 41, 44, 46	H	-	-	-	-
42, 43	I	7.982,61	-	-	-
45	J	7.982,61	18.865,70	-	-

\*Este campo identifica o bairro conforme definido na Tabela 2. Os identificadores de 40 a 46 referem-se aos pequenos centros de armazenamento e triagem (cooperativas).

\*\* O símbolo "-" indica que a respectiva faixa de capacidade ultrapassa o limite identificado para as cooperativas citadas e conseqüentemente não devem ser consideradas.

Similar aos custos de fixos de operação para um CTA geral, a Tabela 6 indica os custos fixos de operação para um CTA de coleta seletiva.

Tabela 6: Custos Fixos de Operação para CTA de Coleta Seletiva

Faixa	Custo Fixo de Operação (R\$/ano)
1	5.601,00
2	26.409,00
3	33.108,00
4	55.717,32

### 5.3.2 CTA RS Geral

Nesta ótica, a Tabela 7 representa os custos e as especificações para a construção de instalações de triagem e armazenagem dos RS gerais (SRHU, 2009; SRHU, 2010).

Tabela 7: Especificações quanto as Instalações de um CTA para RS geral

<b>FAIXA</b>	<b>Faixa 1</b>	<b>Faixa 2</b>	<b>Faixa 3</b>	<b>Faixa 4</b>
<b>CAPACIDADE MÁXIMA DE RS (ton/ano)</b>	<b>8.851</b>	<b>17.703</b>	<b>35.405</b>	<b>177.025</b>
<b>CAPAC. MÁX. DE COMPOSTAGEM (ton/ano)</b>	<b>365</b>	<b>1.095</b>	<b>3.285</b>	<b>9.125</b>
<b>ÁREA UTILIZADA (m<sup>2</sup>)</b>	<b>1.000</b>	<b>5.000</b>	<b>10.000</b>	<b>25.000</b>
1. Locação (R\$)	1.100,90	1.100,90	1.100,90	1.100,90
2. Limpeza de terreno (R\$)	340,00	1.020,00	3.400,00	9.180,00
3. Cercamento (R\$)	5.435,95	8.363,00	33.452,00	55.195,80
4. Portões (R\$)	1.581,67	1.581,67	1.581,67	1.581,67
5. Edificação de apoio (R\$)	14.224,10	14.224,10	18.172,24	18.172,24
6. Drenagem (R\$)	1.049,71	3.149,12	10.497,05	28.342,05
7. Instalações externas (R\$)	1.349,49	4.048,46	12.955,07	36.436,14
8. Placa de identificação (R\$)	2.156,40	2.156,40	2.156,40	2.156,40
9. Tratamento paisagístico (R\$)	3.319,55	5.107,00	20.428,00	33.706,20
10. Galpão para transferência (R\$)	9.577,30	9.577,30	9.577,30	9.577,30
11. Galpão para composto (R\$)	9.577,30	9.577,30	9.577,30	9.577,30
<b>TOTAL</b>	<b>49.712,37</b>	<b>59.905,25</b>	<b>122.897,93</b>	<b>205.026,00</b>

Fonte: adaptada de SRHU (2009; 2010).

Similar a correção realizada para na subseção anterior, a Tabela 8 apresenta os custos fixos de instalação por bairro de acordo com a faixa de capacidade. Percebe-se que o bairro com o mais elevado custo fixo de instalação é o Centro, o que reflete os custos do terreno, mas que possuem uma boa relação com a realidade: os custos da complexidade de se instalar uma facilidade em um local com maior densidade demográfica, tráfego de veículos e pedestres, além de restrições de movimentação.

Tabela 8: Custo Fixo de Instalação de um CTA para RS geral em São Mateus-ES

ID*	Grupo	Custo Fixo de Instalação (R\$/ano)			
		Faixa 1	Faixa 2	Faixa 3	Faixa 4
1, 2, 3, 4, 5, 6, 8, 9, 11, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 24, 26, 27, 38	A	7.305,84	9.881,53	20.071,79	34.510,20
22, 28, 33, 35, 36	B	8.473,14	11.827,03	23.962,79	41.514,00
7, 10, 29, 30, 32, 34, 37	C	9.640,44	13.772,53	27.853,79	48.517,80
12, 19, 21, 23, 25, 31	D	10.807,74	15.718,03	31.744,79	55.521,60
39	E	11.391,24	18.682,61	40.265,70	70.766,92
20	F	13.725,84	22.573,61	48.047,70	84.774,52

\*Este campo identifica o bairro conforme definido na Tabela 2.

Contudo, vale ressaltar que neste cenário alguns bairros do município de São Mateus-ES são excluídos do conjunto de locais candidatos. Esta exclusão se justifica por questões regionais, sociais e demográficas, pois leva em consideração que estes bairros, localizados na região central do município, possuem alta densidade demográfica, o que gera pouca disponibilidade de espaço para instalação dessas facilidades, em que desapropriações seriam necessárias, além de apresentar um tráfego mais intenso de veículos e com limitação para a passagem de caminhões. Estes fatores compõem os aspectos tangíveis e intangíveis que influenciam as decisões de localização de centros de armazenagem e triagem no município de São Mateus-ES.

Por fim, testou-se a relação entre o custo fixo das instalações e as faixas de capacidade, conforme demonstra o Gráfico 1. Percebe-se que, para os grupos analisados (agrupamentos de bairros com o mesmo custo fixo de instalação – Tabela 8), o comportamento da elevação dos custos em função da evolução das faixas de capacidade é não linear. Este resultado é interessante, pois quando não se dispõe destes dados, utiliza-se, normalmente, aproximações lineares. A busca por estas informações exige esforço, mas fornece resultados mais próximos da realidade.

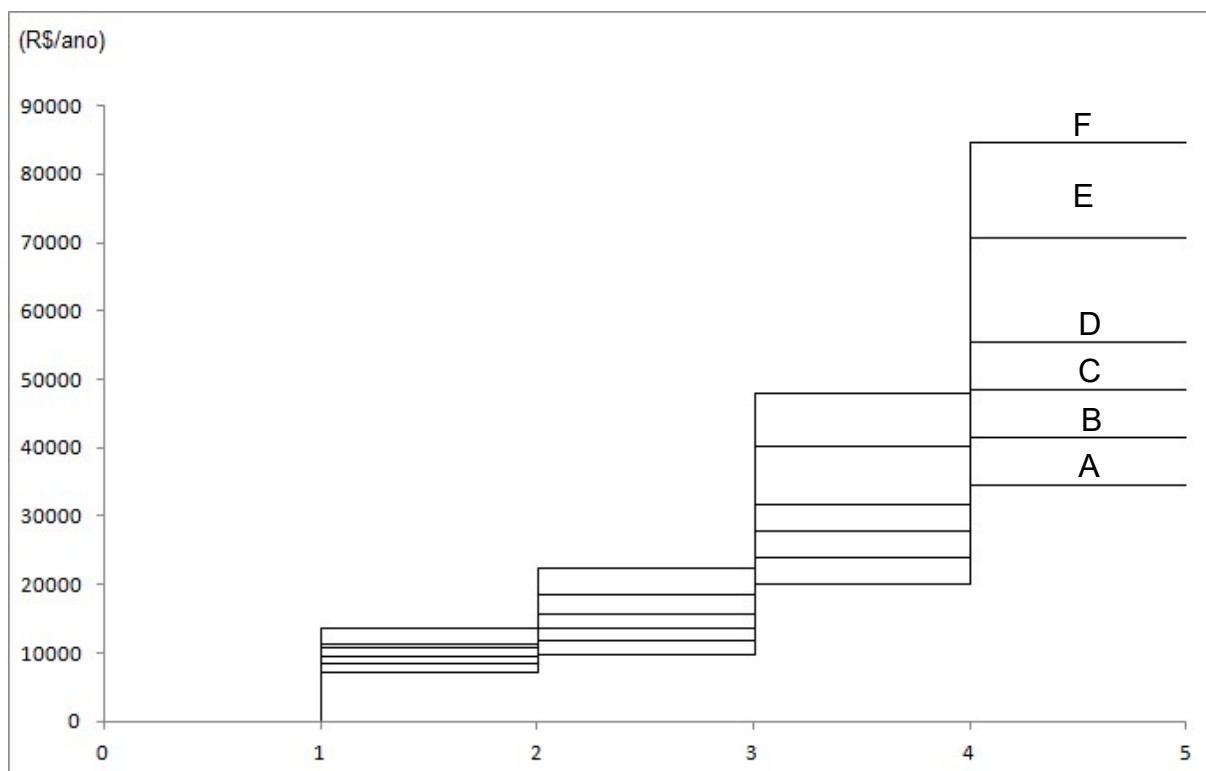


Gráfico 1: Comportamento do parâmetro custo fixo de instalação

Quanto ao custo fixo de operação, este parâmetro também foi adaptado a partir de relatórios técnicos de custos, sendo que este custo é composto por salários, mesas, cadeiras, equipamentos de proteção em geral, material de escritório, material de limpeza, energia, água, esgoto, manutenção entre outros (SRHU, 2009). A Tabela 9 indica os custos fixos de operação conforme as faixas de capacidade.

Tabela 9: Custo Fixo de Operação de um CTA de RS geral

Faixa	Custo Fixo de Operação (R\$/ano)
1	1.163,80
2	4.983,20
3	14.896,20
4	54.634,20

Fonte: adaptada de SRHU (2009; 2010).

### 5.3.3 Indústrias de Reciclagem, Compostagem e Aterros Sanitários

Os valores referentes a instalação e operação das Indústrias de Reciclagem, Indústrias de Compostagem e dos Aterros Sanitários foram obtidos na literatura em documentos junto ao SEBRAE, em que estes explicam o passo a passo de abertura destas facilidades e expõem os custos necessários para abrir um local referente a estas atividades. Contudo, os custos encontrados são considerados subestimados, na medida em que estes estão abaixo dos valores praticados usualmente para a abertura destas empresas (SEBRAE, 2014). Os valores de instalação destes locais estão expostos na Tabela 10.

Tabela 10: Custo Fixo de Instalação para a terceira camada

<b>Material</b>	<b>Custo Fixo de Instalação</b>
Metal	R\$ 467.370,00
Embalagem Cartonada	R\$ 467.370,00
Papel	R\$ 400.000,00
Plástico	R\$ 366.900,00
Vidro	R\$ 450.000,00
Rejeito	R\$ 467.370,00
Resíduo Orgânico	R\$ 467.370,00

## 5.4 CUSTOS DE TRANSPORTE

Os custos de transporte correspondentes a cada fluxo de RS serão apresentados nos subitens a seguir.

### 5.4.1 Local Gerador → CTA

Para que o parâmetro custo de transporte de um local gerador a um CTA,  $\alpha_{ab}^i$ ,  $a \in A, b \in B, i \in I$ , fosse definido, fez-se necessário obter as distâncias entre os locais geradores  $a$  e os locais candidatos  $b$ . Assim, dada a localização espacial dos centros econômicos dos bairros e das cooperativas, as distâncias Euclidianas foram obtidas entre todo par  $(a, b)$ ,  $a \in A, b \in B$  que, em seguida, foi corrigida em 10% conforme o trabalho de Pimentel (2004).



Com relação ao valor do frete, buscaram-se valores associados à utilização de caminhão toco baú como veículo para transporte para resíduo do tipo  $i = 1$ , caminhão compactador para resíduo do tipo  $i = 2$ , e, já para o resíduo do tipo  $i = 3$  caminhão caçamba. Para a coleta seletiva, este veículo foi escolhido, já que os caminhões compactadores não são indicados quando se pretende, posteriormente, realizar a segregação de materiais para reciclagem (MASSUKADO, 2004). Os veículos compactadores promovem a contaminação ou umidificação de materiais passíveis de serem reciclados, podendo inviabilizar esta recuperação. Neste sentido, para atender ao caso de São Mateus-ES, tendo em vista que o custo da coleta seletiva é 4,3 vezes maior que a coleta regular, os valores para os tipos de RS  $i = 1$ ,  $i = 2$  e  $i = 3$  são, respectivamente, R\$ 12,87/km/ton, R\$ 2,99/km/ton e R\$ 5,00/km/ton (PARREIRA *et al.*, 2010). Ressalta-se que utilizou-se o custo de transporte mais representativo indicado na literatura, até para compensar a defasagem destes valores. Outros trabalhos trazem valores significativamente inferiores (SRHU, 2009).

#### **5.4.2 CTA → Destinação Final**

Estes custos consideram todos os elementos de investimento e de custo operacional dos veículos e resultam em valores por km rodado. A este custo foram acrescentados os custos de pessoal envolvidos – salários, encargos, uniformes e equipamentos de proteção individual. Tendo como índice de custo R\$0,12/km/ton (SRHU,2009).

Contudo, tem-se diferentes localidades para diferentes materiais existentes. Como o município de São Mateus-ES está em estudo nesta dissertação considerou-se a possibilidade de abertura de locais de destinação final para todos os materiais estudados.

## 6 ANÁLISE DOS CENÁRIOS

O modelo matemático (1)-(25) foi implementado em linguagem C/C++ e testado com o solver CPLEX V12.5.0.0 (IBM, 2012), licenciado para a Universidade Federal do Espírito Santo para pesquisa, sendo que este solver é adequado para resolver problemas de programação inteira, binária e mista, sendo considerado como um dos mais eficientes para estes casos (MITTELMANN, 2011). Utilizou-se para tal implementação um computador equipado com um processador Intel® Core™ i3 (2.27 GHz) e 2GB de memória RAM. Os resultados computacionais do CPLEX para os cenários considerados estão expostos nos Apêndices A e B.

As subseções a seguir expõem as soluções encontradas dos cenários estudados além de análises referentes a estas. A solução do modelo de localização de facilidades possui alguns pontos importantes, sendo estes, o custo total empregado, os custos de transporte, instalação e operação, o fluxo das quantidades de resíduos transportados e os locais de abertura dos CTAs e dos Locais de Destinação Final. Contudo, os custos encontrados nestas soluções não fazem parte do foco das análises propostas neste trabalho. Desta forma, as análises das soluções encontradas vão ser baseadas nos locais em que foram alocadas as facilidades tanto para a segunda, quanto para a terceira camada.

### 6.1 CENÁRIO 1

A solução ótima do CPLEX para o Cenário 1 foi encontrada com 344 segundos e utilizou-se de 620.553 interações. Esta solução encontrou um custo mínimo de R\$ 8.119.266,28. Desta forma, o Quadro 1 indica os locais de abertura no município de São Mateus-ES para CTAs.

A fim de complementar a visualização da solução encontrada e exposta pelo Quadro 1, as Figuras 11, 12 e 13 ilustram o mapa do município de São Mateus-ES com a

indicação de abertura dos CTAs de Resíduos Recicláveis, Resíduos Gerais e Resíduos Orgânicos, respectivamente.

Quadro 1: Alocações de CTAs

RESÍDUO	LOCAL	RESÍDUO	LOCAL	RESÍDUO	LOCAL
COLETA SELETIVA	Santa Tereza	RESÍDUO GERAL	Ayrton Senna	RESÍDUO ORGÂNICO	Santa Tereza
	Vila Nova		Santa Tereza		Guriri
	Coop. 1 (Universitário)		Vila Nova		
	Coop. 2 (Guriri)		Carapina		
	Coop. 4 (Ayrton Senna)		Guriri		

Figura 11: Alocação de CTAs para Resíduos Recicláveis no Cenário 1

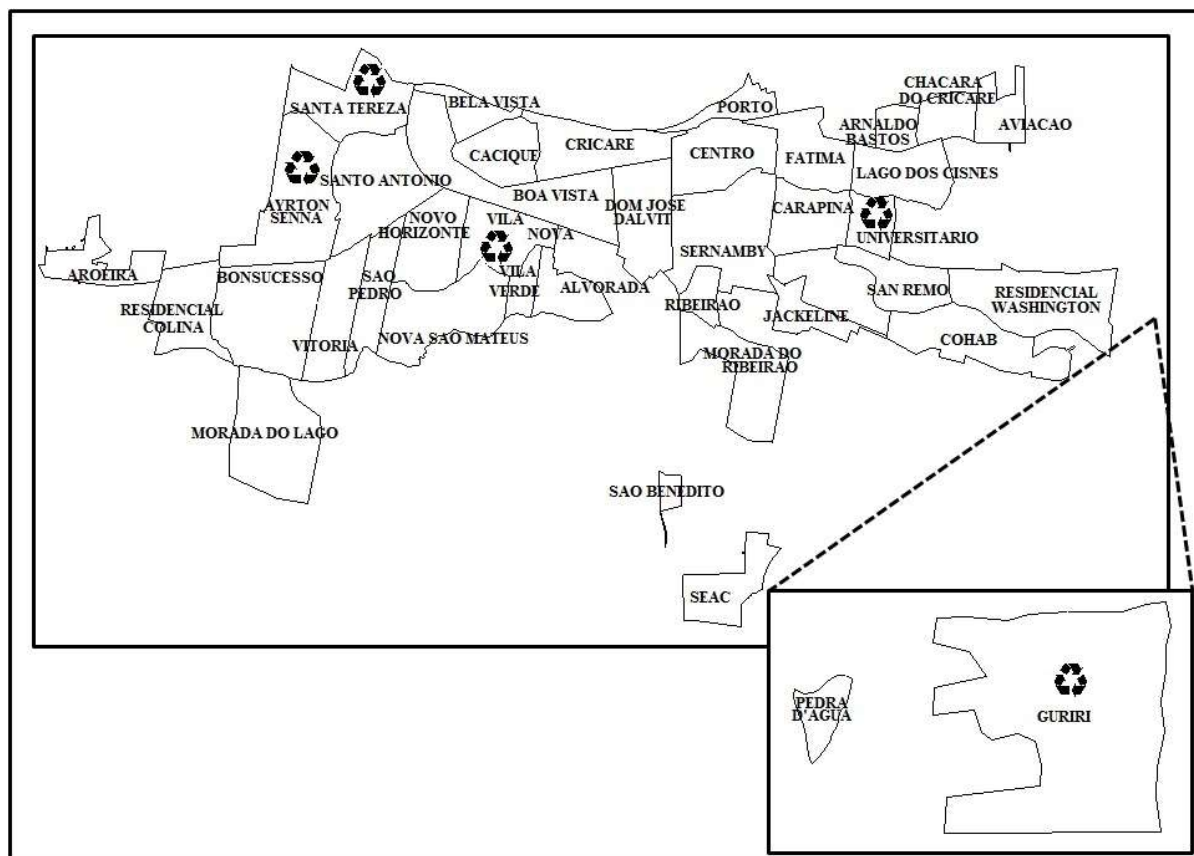


Figura 12: Alocação de CTAs para Resíduos Gerais no Cenário 1

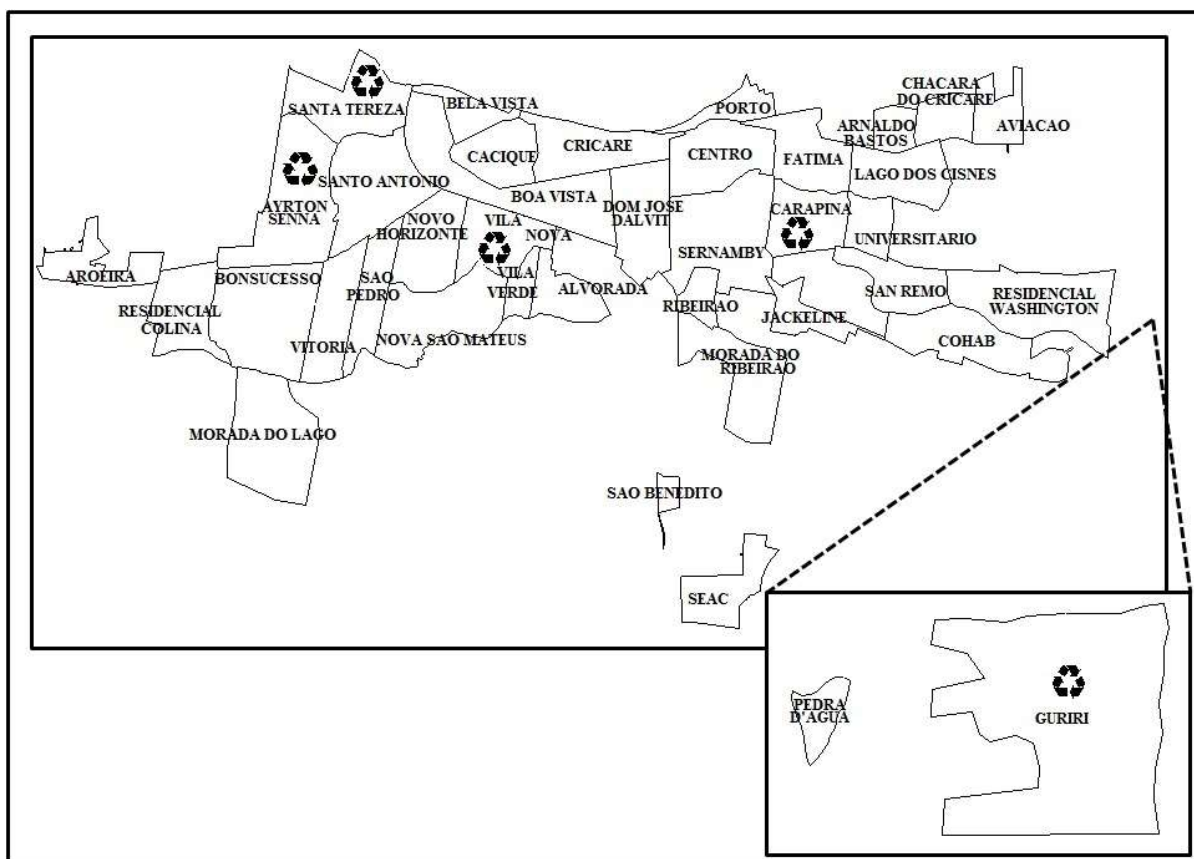
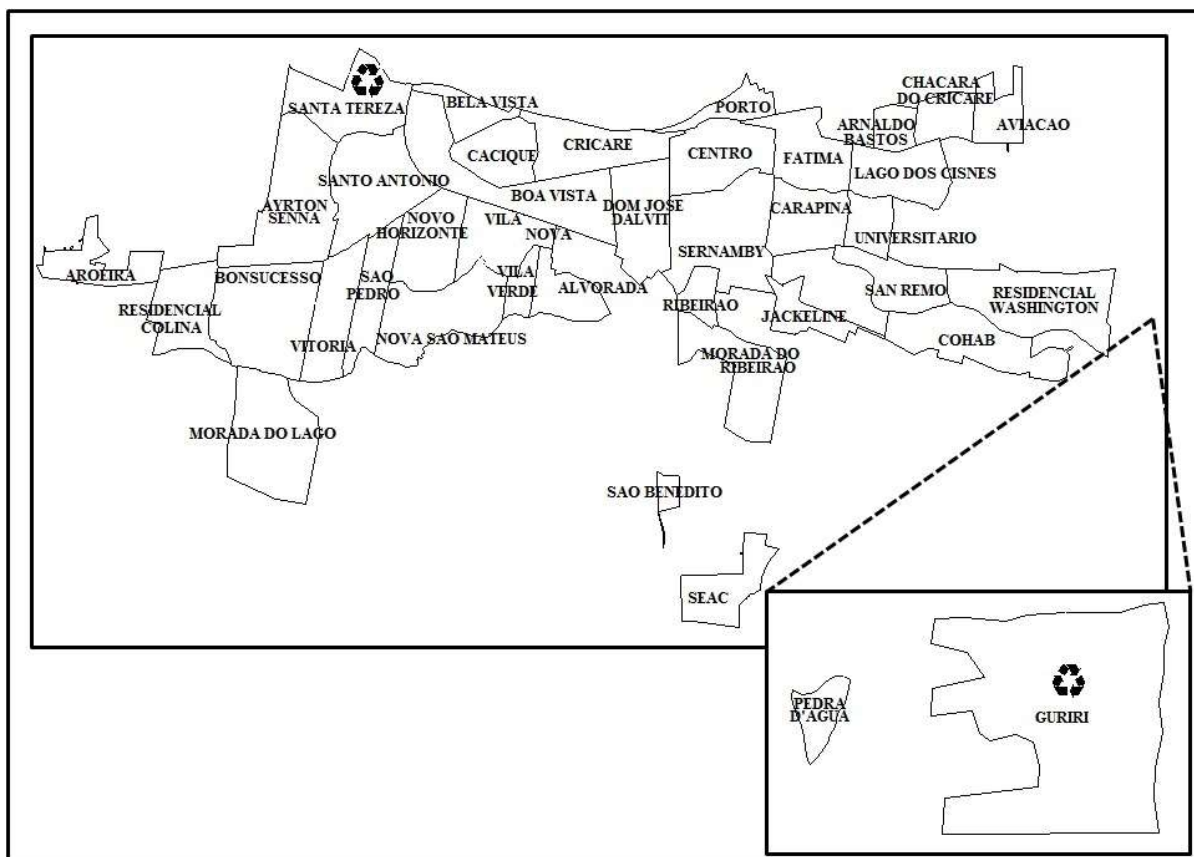


Figura 13: Alocação de CTAs para Resíduos Orgânicos no Cenário 1



Para as destinações finais, o modelo indicou a abertura de todas elas no município de São Mateus-ES. Tal fato pode ser considerado devido ao alto custo de transporte para outros municípios. Contudo, a obtenção de valores mais reais no que se refere ao custo de abertura e operação destes locais pode inviabilizar a abertura de um novo empreendimento.

## 6.2 CENÁRIO 2

A solução ótima do CPLEX para o Cenário 2 foi encontrada com 461 segundos e utilizou-se de 128.291 interações. Esta solução apresenta a abertura em apenas 52 dos 78 locais disponíveis para implantar um CTA para Coleta Seletiva. O Quadro 2 apresenta estes locais contemplados com uma abertura.

Quadro 2: CTAs para Resíduos Recicláveis – Cenário 2

<b>CTAS PARA RESÍDUOS RECICLÁVEIS</b>		
Vila Velha	Baixo Guandu	Rio Bananal
Serra	Conceição da Barra	Fundão
Cariacica	Guaçuí	João Neiva
Vitória	Iúna	Marechal Floriano
Afonso Cláudio	Mimoso do Sul	Alfredo Chaves
Linhares	Jaguaré	Mantenópolis
Colatina	Pinheiros	Santa Leopoldina
São Mateus	Sooretama	Brejetuba
Guarapari	Pedro Canário	Itarana
Aracruz	Ecoporanga	Governador Lindenberg
Viana	Ibatiba	Laranja da Terra
Nova Venécia	Santa Teresa	Presidente Kennedy
Montanha	Pancas	Águia Branca
Castelo	Piúma	Ibitirama
Marataizes	Vargem Alta	Apiacá
São Gabriel da Palha	Muniz Freire	Alegre
Cachoeiro de Itapemirim	Venda Nova do Imigrante	Barra de São Francisco

Vale ressaltar que apenas o CTA do município de Serra-ES opera na Faixa de Capacidade 2, todos os outros operam na Faixa de Capacidade 1. No que diz respeito

aos CTAs para Resíduos Gerais, o número de abertura é ainda mais reduzido que o anterior, sendo equivalente a abertura de 32 CTAs em todo o Estado do Espírito Santo, os locais escolhidos estão representados no Quadro 3.

Quadro 3: CTAs para Resíduos Gerais (Rejeito) – Cenário 2

<b>CTAS PARA RESÍDUOS GERAIS (REJEITO)</b>		
Serra	Alto Rio Novo	
Vitória	Afonso Cláudio	Fundão
Rio Bananal	Alegre	João Neiva
Linhares	Jaguare	Marechal Floriano
Colatina	Pinheiros	Iconha
São Mateus	Pedro Canário	Rio Novo do Sul
Guarapari	Ibatiba	São José do Calçado
Viana	Pancas	Vila Pavão
Nova Venécia	Piúma	Montanha
Barra de São Francisco	Venda Nova do Imigrante	São Gabriel da Palha
Santa Maria de Jetibá	São Domingos do Norte	Cachoeiro de Itapemirim

Novamente, o CTA da Serra é o único que opera em uma faixa de capacidade superior aos demais. Este fato pode ser explicado pela proximidade de outros municípios, além de que o município da Serra-ES é o mais populoso do Estado do Espírito Santo (IBGE, 2016).

O Projeto Espírito Santo Sem Lixão prevê a instalação de 15 estações de transbordo por todo o Estado do Espírito Santo. Desta forma o modelo indica a abertura de pouco mais que o dobro de estações de transbordo, neste caso CTAs, indicados pelo Projeto Espírito Santo Sem Lixão (SEDURB, 2016). Desta maneira, pode-se afirmar que a proposta do Projeto Espírito Santo Sem Lixão possui uma defasagem quanto a eficiência econômica, sendo que a indicação de abertura de 32 CTAs para rejeitos em todo o Estado do Espírito Santo pode ser justificada pela redução dos custos de transportes de alguns municípios para os seus centros de triagens previamente escolhidos pelo projeto.

Para concluir a apresentação dos CTAs abertos no Cenário 2, a solução encontrada prevê a abertura de 17 CTAs para Resíduos Orgânicos, todos operando na mesma Faixa de Capacidade apresentados pelo Quadro 4.

Quadro 4: CTAs para Resíduo Orgânico – Cenário 2

<b>CTAS PARA RESÍDUOS ORGÂNICOS</b>		
Serra	Pinheiros	Vila Valério
Colatina	Sooretama	Iconha
São Mateus	Santa Teresa	Jerônimo Monteiro
Guarapari	Nova Venécia	Vila Pavão
Viana	Fundão	Marechal Floriano
Venda Nova do Imigrante	São Domingos do Norte	

No que se refere as alocações de facilidades na terceira camada da Rede de Logística Reversa proposta o Quadro 5 apresenta as aberturas escolhidas para os diferentes tipos de destinação final. Estes locais representam um total de 19 aberturas, sendo duas facilidades para reciclagem de Metal, duas facilidades para reciclagem de Embalagens Cartonadas, quatro facilidades para reciclagem de Papel, quatro facilidades para reciclagem de Plástico, duas facilidades para reciclagem de Vidro, três facilidades para disposição de Rejeitos e duas facilidades para disposição de Resíduos Orgânicos.

Quadro 5: Alocações de facilidades de destinação final

<b>Material</b>	<b>Local</b>	<b>Material</b>	<b>Local</b>	<b>Material</b>	<b>Local</b>	
Metal	Marataízes	Plástico	São Mateus	Emb. Cartonada	Venda Nova Imigrante	
	Serra		Venda Nova Imigrante		Marataízes	
Papel	São Mateus		Viana	Marataízes	Rejeito	São Mateus
	Marataízes			Venda Nova Imigrante		Cariacica
	Serra	Vidro	Marataízes	Aracruz		
Viana	Marataízes		Orgânicos	S. Mateus		
					Ibiraçu	

Para melhor visualizar o comportamento e as disposições dos CTAs e dos locais de destinação final no Estado do Espírito Santo as Figuras 14, 15 e 16 representam as alocações realizadas no Cenário 2 para Resíduos Recicláveis, Resíduos Gerais e Resíduos Orgânicos, respectivamente.

Figura 14: Alocação de CTAs e Indústrias de Reciclagem no Cenário 2

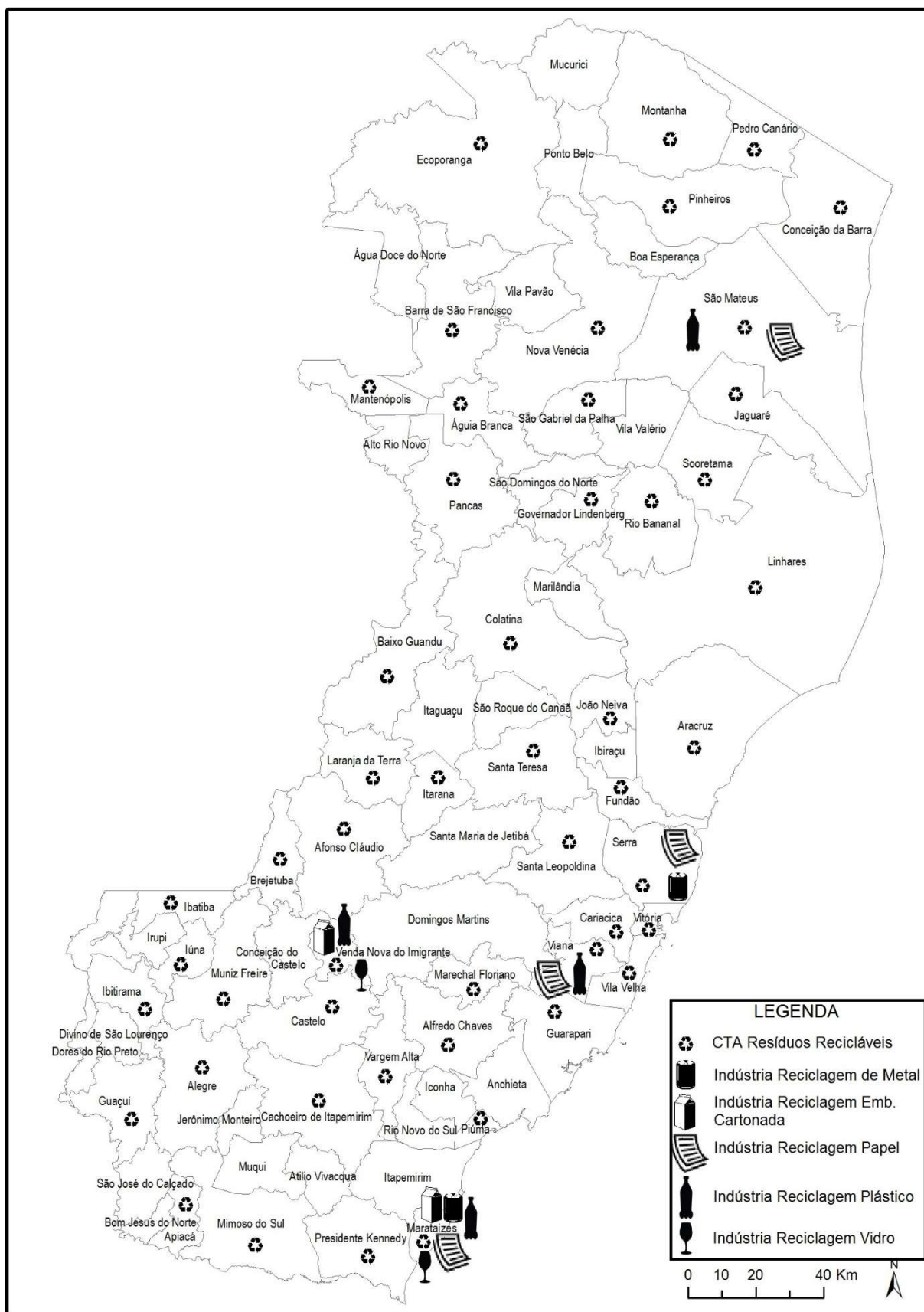




Figura 15: Alocação de CTAs de Resíduo Geral e Aterros Sanitários no Cenário 2

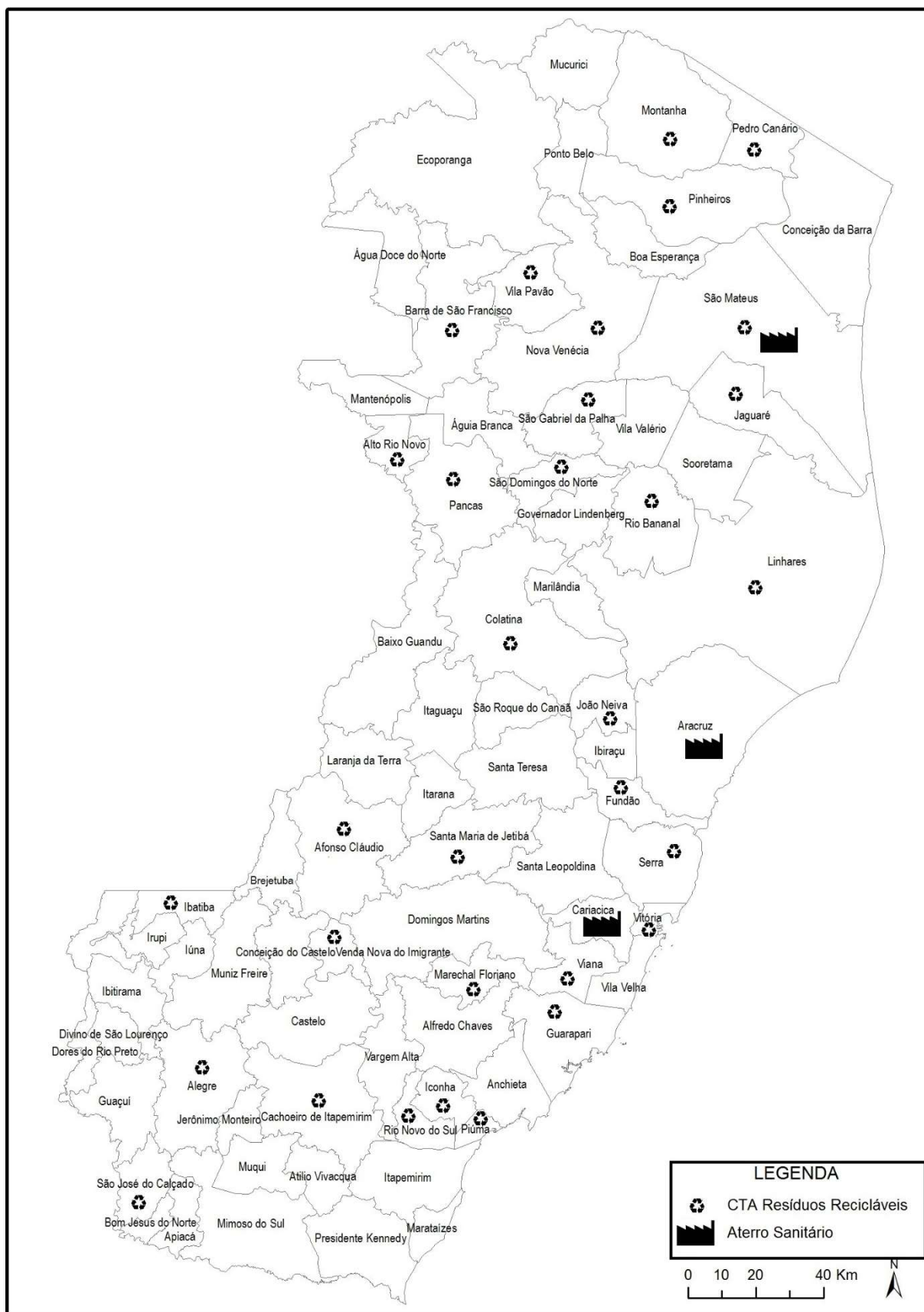
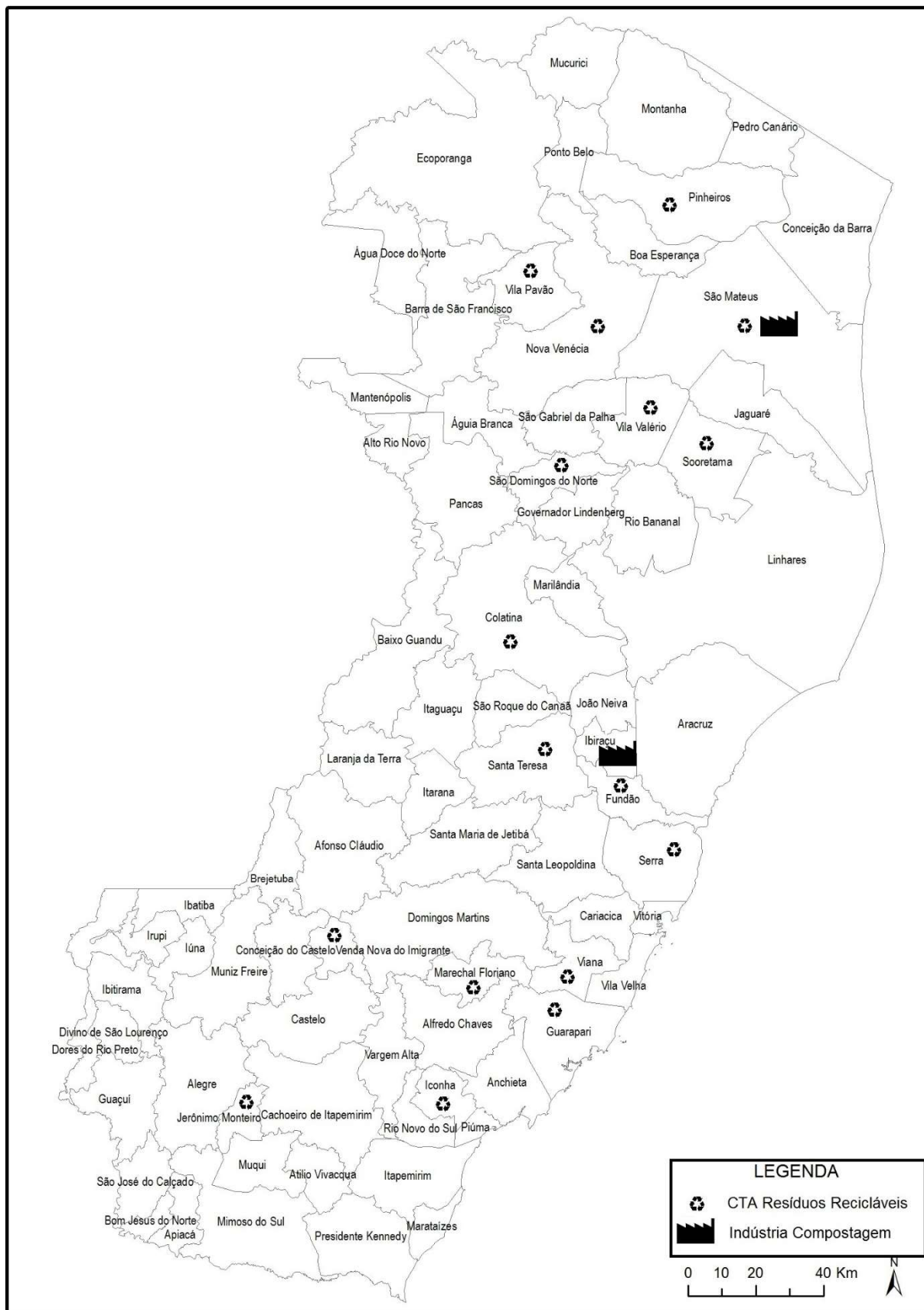


Figura 16: Alocação de CTAs de Resíduo Orgânico e Indústria de Compostagem no Cenário 2



Considerando os resultados expostos anteriormente, a abertura de facilidades na terceira camada no município de São Mateus-ES foi utilizada apenas para as Indústrias de Reciclagem de Plástico e Papel, para o Aterro Sanitário e para a Indústria de Compostagem. Destes, a única abertura que prevê a construção de um local não existente é para a Indústria de Reciclagem de Papel. Esta abertura pode ser justificada pelo fato do papel representar 30% do total dos Resíduos Recicláveis. Assim, este material possui uma quantidade significativa de geração, o que inviabiliza o envio deste para indústrias pré-existentes, porém distantes.

Contudo, vale ressaltar que, apesar de não ser o foco desta análise, os valores dos custos empregados interferem de maneira direta nos resultados obtidos. Assim, a aproximação realizada durante a adequação dos parâmetros para o Cenário 2 pode distanciar a solução obtida da solução prática adequada à realidade.

## 7 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Esta dissertação cumpriu seu objetivo de propor uma Rede de Logística Reversa de RS envolvendo os elos entre os potenciais geradores de RS, CTAs, Aterros Sanitários, Indústrias de Reciclagem e Indústrias de Compostagem inicialmente que atendam as especificações do município de São Mateus-ES e posteriormente as especificações do Estado do Espírito Santo. Contudo, não se pode afirmar que os cenários encontrados sejam ideais para serem aplicados na prática, sendo que para esta são também considerados outros fatores importantes para as tomadas de decisão, como por exemplo fatores políticos e tributários. Desta forma, pode-se afirmar que estes cenários são adequados para implantação quando analisados aspectos pertinentes a este trabalho.

Contudo, faz-se necessário alertar que o tratamento correto dos parâmetros de entrada para a aplicação do modelo é de suma importância para a qualidade encontrada nos resultados obtidos. Como por exemplo, o tratamento realizado no conjunto de bairros candidatos no Cenário 1 permitiu que apenas locais propícios a receberem um CTA fossem considerados como candidatos ao mesmo. Esta análise pode ser qualitativa, tendo em vista característica gerais de cada região.

Os resultados deste estudo poderão ser utilizados pela prefeitura do município em questão e pelo governo do Estado do Espírito Santo, pois fornece informações que auxiliam a tomada de decisão quanto à localização de CTAs integrados à coleta seletiva e gerenciamento de RS de forma integrada aos projetos sociais com os catadores de RS previsto em lei. Outro ponto importante de ser ressaltado é a utilização de diferentes composições gravimétricas para cada tipo de resíduo, sendo que a utilização destes valores permitem uma flexibilidade de implementação em diferentes regiões, tendo em vista que os percentuais gravimétricos podem variar de acordo com características culturais, regionais, sociais e econômicas.

Embora o modelo incorpore especificidades do município de São Mateus-ES, este estudo poderá ser útil a outros pesquisadores e prefeituras, pois a abordagem pode ser estendida a outros setores ou a outras regiões, como mostrado no Cenário 2. Esta característica faz-se interessante na medida em que demonstra a amplitude de implementação do modelo matemático genérico criado. A utilização dos cenários

propostos evidencia que o modelo é adequável a diferentes esferas governamentais, neste caso as esferas municipal e estadual. Pode-se afirmar que este modelo também pode ser aplicado em uma esfera nacional. Contudo o aumento dos parâmetros e variáveis utilizados pelo modelo podem inviabilizar a utilização de um método exato de solução como o CPLEX.

Apesar do esforço em fornecer um modelo matemático que incluísse restrições e características reais de um município e do Estado do Espírito Santo, esta dissertação não abordou aspectos legais de implantação dos CTAs de RS, além de não incluir como objeto de estudo os resíduos caracterizados como perigosos e contaminantes, tais como pilhas e baterias, medicamentos, lâmpadas, dentre outros e, portanto, gerir de maneira completa a rede de logística reversa de resíduos sólidos, previstos na PNRS. Contudo, as soluções encontradas, tratam de diferentes tipos de RS possibilitando assim a expansão da aplicação desta modelagem para resíduos perigosos e resíduos de saúde.

A estimativa dos custos de instalação e operação referentes as facilidades da terceira camada podem ter sido cruciais para a adequação da solução obtida em detrimento à solução prática. Contudo, estas estimativas foram feitas de acordo com valores encontrados na literatura. Além disso, os dados utilizados para a aplicação dos cenários são dados coletados entre 2012 e 2014. Assim, para pesquisas e aplicações futuras sugere-se que estes parâmetros sejam aferidos e/ou corrigidos com maior precisão.

Apesar destas limitações, vale ressaltar a flexibilidade da modelagem matemática a ponto de sofrer ajustes se necessário, afinal, o volume e as características dos resíduos estão em constantes mudanças. Desta forma, esta dissertação expõe uma modelagem matemática inédita na medida em que esta possibilita a abertura de facilidades em duas camadas distintas que se comunicam entre si, além de possuir um fluxo interno de realocação de resíduos na segunda camada.

Contudo, a complexidade do modelo é controlada pelas restrições de capacidade, sendo que a utilização destas é de suma importância para evidenciar o caso brasileiro exposto por esta Dissertação. Esta complexidade na aplicação se agrava na medida em que este modelo trata do problema de alocações múltiplas.

Segue como sugestão para pesquisas futuras, a expansão da modelagem para os tipos de resíduos citados anteriormente, além da utilização do parâmetro tempo, o que tornaria o modelo mais completo e dinâmico, mas que continuasse a seguir a orientação de aproximar da realidade do gerenciamento dos RS na região estudada.

Pode-se utilizar também a incorporação de uma nova camada, mesclando as esferas estudadas nesta dissertação, de tal forma que sejam considerados os CTAs na esfera municipal que enviam produtos a CTAs, considerados como centros de transbordo, na esfera regional que, por sua vez, enviam produtos para a destinação final na esfera estadual.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 10.004: **Resíduos Sólidos** - classificação. Rio de Janeiro, 2004. 77 p.

ABRELPE – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE EMPRESAS DE LIMPEZA PÚBLICA E RESÍDUOS ESPECIAIS. **Panorama dos resíduos sólidos no Brasil**. São Paulo: 2011. 198 f. Disponível em: <[http://www.abrelpe.org.br/panorama\\_apresentacao.cfm](http://www.abrelpe.org.br/panorama_apresentacao.cfm)>. Acesso em: 15 Setembro 2012.

AKDOGAN, M.S.; COSKUM, A. Drivers of Reverse Logistics Activities: An Empirical Investigation. **Procedia - Social and Behavioral Sciences**, v. 58, p.1640 – 1649, 2012.

AMIRI, A. Designing a distribution network in a supply chain system: Formulation and efficient solution procedure. **European Journal of Operational Research**.171, 567–576, 2006.

ANTIQUERA, L. S.; DE, PEREIRA, E. C. E MACHADO, C. M. DOS S. Problema de localização de facilidades aplicado ao serviço de estacionamento rotativo. In: Encontro Nacional de Engenharia de Produção (ENEGEP), 32, 2012, Bento Gonçalves. **Anais...** Bento Gonçalves: ABEPRO, 2012.

ARAÚJO, I. C. F.; CAVALCANTE, C. A. V. Logística Reversa como Ferramenta Estratégica. In: ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, XXVII, 2007, Foz do Iguaçu. **Anais...** Foz do Iguaçu: XXVII ENEGEP, 2007.

BALLOU, R. H. **Gerenciamento da Cadeia de Suprimentos e Logística Empresarial**. 5. ed. Porto Alegre: Bookman, 2006.

BARCELOS, F. B.; PIZZOLATO, N. D.; LORENA, L. A. N. Localização de escolas do ensino fundamental com modelos capacitado e não-capacitado: caso de Vitória/ES. **Pesquisa Operacional**, v.24, n.1, p.133-149, 2004.

BASSANI, P. D. **Caracterização de resíduos sólidos de coleta seletiva em condomínios residenciais**: Estudo de caso em Vitória-ES. 2011. 187 f. Dissertação

(Mestrado em Engenharia Ambiental) – Universidade Federal do Espírito Santo, Vitória, 2011.

BENNEKROUF, M.; AGGOUNE-MTALLA, W., SARI, Z. A Generic Model for Network Design Including Remanufacturing Activities. **Supply Chain Forum**, ISSN online 1624-6039, v.14, n 2, p.4-17, 2013.

BHATNAGAR, R.; JAYRAM, J.; PHUA, Y.C. Relative importance of plant location factors: a cross national comparison between Singapore and Malaysia. **Journal of Business Logistics**, 24, 147-170, 2003.

BOWERSOX, G. J.; CLOSS, D. J. **Logística Empresarial**: O processo de integração da cadeia de suprimentos. São Paulo: Atlas, 2011.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. **Plano Nacional de Resíduos Sólidos**. (Versão pós Audiências e Consulta Pública para Conselhos Nacionais). Brasília, 2012.

BRASIL. Lei Nº 12.305, de 02 de agosto de 2010. Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos; altera a Lei no 9.605, de 12 de fevereiro de 1998; e dá outras providências. **Diário Oficial da República Federativa do Brasil**, Brasília, 03 ago. 2010. Disponível em <[http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_ato2007-2010/2010/lei/l12305.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2010/lei/l12305.htm)>. Acesso em: 15 Junho 2013.

CAMARA, M. V. O.; RIBEIRO, G. M.; QUADROS, S. G. R.; HORA, A.; NASCIMENTO, J. F.; ABRAMIDES, C. A. Modelagem matemática para localização-alocação de organizações militares a postos de pesquisa de tráfego. In: XLVII SIMPÓSIO BRASILEIRO DE PESQUISA OPERACIONAL - SBPO, 2015, Porto de Galinhas. **Anais...** Porto de Galinhas: XLVII SBPO, 2015.

CEMPRE – COMPROMISSO EMPRESARIAL PARA RECICLAGEM. **Fichas Técnicas**. 2016. Disponível em: <<http://www.cempre.org.br>>. Acesso em: 10 de Mar 2016.

CARTER, C.; ELLRAM, L. Reverse Logistics: A Review of the Literature and Framework for Future Investigation. **Journal of Business Logistics**, v. 19, n.º 1, p. 85-102, 1998.



CHAVES, A. A., CORREA, F. A.; LORENA, L. A. N. Clustering Search Heuristic for the Capacitated p-Median Problem. **Springer Advances in Software Computing Series**, n.44, pp.136-143, 2007.

CHAVES, G. L. D. **Logística reversa de pós-venda para alimentos derivados de carne e leite: análise dos retornos de distribuição**. 2009. 303 f. Tese (Doutorado em Engenharia de Produção) - Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, 2009.

CHAVES, G. L. D.; BATALHA, M. O. Os consumidores valorizam a coleta de embalagens recicláveis? Um estudo de caso da logística reversa em uma rede de hipermercados. **Gestão & Produção**, São Carlos, v. 13, n. 3, p. 423-434, 2006.

CHAVES, G. L. D.; MARTINS, R. S.; ROCHA JUNIOR, W. F.; URIBE-OPAZO, M. A. Diagnostico da logística reversa na cadeia de suprimentos de alimentos processados no oeste paranaense. In: SIMPÓSIO DE ADMINISTRAÇÃO DA PRODUÇÃO, LOGISTICA E OPERAÇÕES INTERNACIONAIS, 8., 2005, São Paulo. **Anais...** São Paulo: SIMPOI, 2005.

CHAVES, G. L. D., SANTOS JUNIOR, J. L. AND ROCHA, S. M. S. The challenges for solid waste management in accordance with Agenda 21: A Brazilian case review. **Waste Management & Research**, 32(9 special issue), 19-31, 2014<sup>a</sup>.

CHAVES, G. L. D.; GUARNIERI, P; XAVIER, L. H. AND FAUSTINONE, L. A inserção das cooperativas de catadores de material reciclável na gestão formal de resíduos sólidos no brasil: critérios necessários. **Anais...** Encontro nacional “conhecimento e tecnologia: inclusão socioeconômica de catadores (as) de materiais recicláveis”. Brasília, agosto, 2014b.

CHURCH, R.L. Geographical information systems and location science. **Computers & Operations Research**, v. 29, p. 541-562, 2002.

CONSONI, A. J.; PERES, C. S.; CASTRO, A. P. Origem e Composição do Lixo. In: D'ALMEIDA, M. L. O.; VILHENA, A. (Coord.). **Lixo Municipal: Manual de Gerenciamento Integrado do Lixo Municipal**. 2. ed. São Paulo: IPT/CEMPRE, p. 27-41, 2000.

COSTA, L. G. da; VALLE, R. Logística reversa: importância, fatores para a aplicação e contexto brasileiro. In: SIMPÓSIO DE EXCELÊNCIA EM GESTÃO E TECNOLOGIA,

3., 2006, Resende. **Anais eletrônicos...** Disponível em: <[http://www.aedb.br/seget/artigos06/616\\_Logistica\\_Reversa\\_SEGeT\\_06.pdf](http://www.aedb.br/seget/artigos06/616_Logistica_Reversa_SEGeT_06.pdf)>.

Acesso em: 28 jan. 2013.

CRAINIC, T. G; SFORZA, A; STERLE, C. Tabu Search Heuristic for a Two-Echelon Location-Routing Problem. **Centre Interuniversitaire de Recherche**, v. 30, 2011.

CSCMP – COUNCIL OF SUPPLY CHAIN MANAGEMENT PROFESSIONALS. **Supply Chain and Logistics Terms and Glossary**. 2013. 222 f. Disponível em: <[http://cscmp.org/sites/default/files/user\\_uploads/resources/downloads/glossary-2013.pdf](http://cscmp.org/sites/default/files/user_uploads/resources/downloads/glossary-2013.pdf)>. Acesso em: 16 Agosto 2013.

DASKIN, M. S. **Network and discrete location**: models, algorithms, and applications. John Wiley & Sons, New York, 2011.

DASKIN, M.S. What You Should Know About Location Modeling. **Wiley InterScience, Inc. Naval Research Logistics**, v. 55, p. 283-294, 2008.

DE BRITO, M. P. **Managing reverse logistics or reversing logistics management?** 2004. 324 f. Tese (Doutorado) – Erasmus University Rotterdam, Rotterdam, 2004.

DE BRITO, M.P.; DEKKER, R. A Framework for Reverse Logistics. **Erim Report Series Research In Management**. Erasmus Research Institute of Management. ERS-2003-045-LIS. Netherlands.p.1-29, 2003.

DEKKER, R.; VAN WASSENHOVE, L.N.; INDURFURTH, K. **Reverse Logistics**: quantitative models for closed loop supply chains. New York: Springer, 2004.

DEMAJOROVIC, J. et al. Logística reversa: como as empresas comunicam o descarte de baterias e celulares? **Revista de Administração de Empresas**, São Paulo, v. 52, n. 2, p. 165-178, 2012.

DIAZ, J. A.; FERNANDEZ, E. Hybrid Scatter Search and Path Relinking for the Capacitated p-Median Problem. **European Journal of Operational Research**, n.169, pp.570–585, 2006.

DOWLATSHAHI, S. Developing a theory of reverse logistics. **Interfaces**, 30(3), 143-155, 2000.

DREZNER, R.; HAMACHER, H. W. **Facility Location**: Applications and Theory. XV, Springer,Verlag, Berlin, 458p, 2002.

DUBKE, A. F. **Modelo de Localização de Terminais Especializados: um Estudo de Caso em Corredores de Exportação da Soja**. Tese de Doutorado, Engenharia de Produção, Pontifícia Universidade Católica – PUC. Rio de Janeiro/RJ. 177p, 2006.

DUCATI, E. **A. busca tabu aplicada ao problema de localização de facilidades com restrições de capacidade**. Dissertação de Mestrado, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, SP, 2003.

ELWANY, H.; HARRAZ, N. F. N.; GALAL, N. Reverse logistics network design: Review of models and solution techniques. In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON COMPUTERS AND INDUSTRIAL ENGINEERING, Alexandria, Egypt, p. 20-23, 2007. **Anais...** Alexandria: CIE 37, 2007.

FARAHANI, R. Z.; STEADIESEIFI, M.; ASGARI, N. Multiple criteria facility location problems: A survey. **Applied Mathematical Modelling**, v. 34, p.1689 – 1709, 2010.

FARIA, C.R.S.M. (2012) A política nacional de resíduos sólidos. **Boletim Legislativo**, n. 8. Brasília: Senado Federal, 6 p., 2012.

FERREIRA, A. M. **A Influência da Legislação nos Processos Relacionados à Logística Reversa de Embalagens Vazias de Agrotóxicos no Município de São Mateus-ES**. 2011. 67 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharel em Engenharia de Produção) – Departamento de Engenharias e Computação, Universidade Federal do Espírito Santo, São Mateus, 2011.

FERRI, G. L. **Proposta de Rede de Logística Reversa para os Resíduos Sólidos Urbanos**. 2014. 123 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharel em Engenharia de Produção) – Departamento de Engenharias e Tecnologia, Universidade Federal do Espírito Santo, São Mateus, 2014.

FERRI, G. L; CHAVES, G. de L. D; RIBEIRO, G. M. Análise e localização de centros de armazenagem e triagem de resíduos sólidos urbanos para a rede de logística reversa: um estudo de caso no município de São Mateus/ES. **Revista Produção**. v. 25, n. 1, p. 27-42, jan/mar, 2015a.

FERRI, G. L; CHAVES, G. de L. D; RIBEIRO, G. M. Reverse Logistics Network for Municipal Solid Waste Management: The involvement of environmental, legal, social and technical aspects. **Waste Management**. v. 40, p. 173-191, 2015b.

FIGUEIREDO, J.N.; MAYERLE, S.M. Designing minimum-cost recycling collection networks with required throughput. **Transportation Research Part E**, v. 44, p.731–752, 2008.

FLEISCHMANN, M. **Quantitative Models for Reverse Logistics**. 2000. 223 p. Tese (Doutorado). Erasmus University Rotterdam. Netherlands, 2000.

GALVÃO, R. D. Uncapacitated Facility Location Problems: Contributions. **Pesquisa Operacional**, v.24, n.1, p.7-38. 2004.

GEOFFRION, A. M.; GRAVES, G. W. Multicommodity distribution system design by benders decomposition. **Management Science** v. 20, p. 822-844, 1974.

GIL, A. C. **Como Elaborar Projetos de Pesquisa**. 4. ed. São Paulo: Atlas, 2002.

GUARNIERI, P. **Logística Reversa**: Em busca do equilíbrio econômico e ambiental. 1. ed. Recife: Clube de Autores, 2011.

GUARNIERI, P. AND CERQUEIRA STREIT, J, A. Implications for waste pickers of Distrito Federal, Brazil arising from the obligation of reverse logistics by the National Policy of Solid Waste. **Latin American Journal of Management for Sustainable Development**., in press, 2014.

GHIANI, G.; LAGANÀ, D.; MANNI, E.; MUSMANNO, R; VIGO, D. Operations research in solid waste management: A survey of strategic and tactical issues. **Computers & Operations Research**; 44:22–32, 2014.

GOMES, H. I. C. R. **Location model for CCA-Treated wood waste remediation units**. 2004. p 254. Tese (Mestrado em Ciências e Sistemas de Informações Geográficas) - Universidade Nova de Lisboa. Lisboa. 2004.

GOUVEIA, N. Resíduos sólidos urbanos: impactos socioambientais e perspectiva de manejo sustentável com inclusão social. **Revista Ciências & Saúde Coletiva**, 17(6), 1503-1510, 2012.

IPEA (2012). **Plano Nacional de Resíduos**: diagnóstico dos resíduos urbanos, agrosilvopastoris e a questão dos catadores. Brasília: Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada, 2012.

JAYARAMAN, V.; PATTERSON, R.A.; ROLLAND, E. The design of reverse distribution networks: Models and solution procedures. **European Journal of Operational Research**, v 150, p. 128-149, 2003.

KLOSE, A.; DREXL, A. Facility location models for distribution system design. **European Journal of Operational Research**, v. 162, p. 4-29, 2005.

KRARUP, J.; PRUZAN, P. M. Ingredients of location analysis. In: MIRCHANDANI, P. B. e Francis, R. L. (Eds) *Discrete Location Theory*, John Wiley, New York, 1-54, 1990.

LACERDA, D. P.; SILVA, E. R. P.; NAVARRO, L. L. L.; OLIVEIRA, N. N. P.; CAULLIRAUX, H. M. Algumas Caracterizações dos Métodos Científicos em Engenharia de Produção: Uma Análise de Periódicos Nacionais e Internacionais. In: ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, XXVII, 2007, Foz do Iguaçu, **Anais...** Foz do Iguaçu: XXVII ENEGEP, 2007.

LACERDA, L. Logística Reversa: Uma visão sobre os conceitos e as práticas operacionais. In: FIGUEIREDO, Kleber Fossati; FLEURY, Paulo Fernando; WANKE, Peter. (orgs.) **Logística e gerenciamento da cadeia de suprimentos: planejamento do fluxo de produtos e dos recursos**. Centro de Estudos em Logística. COPPEAD, UFRJ. São Paulo: Atlas, 2003.

LAMBERT, S.; RIPOEL, D.; ABDUL-KADER, W., A reverse logistics decisions conceptual framework. **Computers & Industrial Engineering** , v. 61, p. 561–581 , 2011.

LEITE, P. R. **Logística Reversa: meio ambiente e competitividade**. São Paulo: Prentice Hall, ISBN 85-87918-62-1. São Paulo, 2003.

Lemos, H.M. (2006) A Agenda 21 no Brasil. Disponível em: <<http://www.brasilpnuma.org.br/saibamais/agenda21.html>>. (in portuguese)

LOPEZ, R.A.; HENDERSON, N.R. The determinants of location choices for food processing plants. **Agribusiness** 5, 619-632, 1989.

LORENA, L.A.N., SENNE, E.L.F. Local Search Heuristics For Capacitated P-Median Problems. **Network and Spatial Economics**, v.3, p. 407-419, 2003.

LU, Z.; BOSTEL, N. A facility location model for logistics systems including reverse flows: the case of remanufacturing activities. **Computers & Operations Research**. 34, 299–323, 2007.

MAPA, S. M. S **Localização-alocação de Instalações com sistema de Informações geográficas e Modelagem matemática**. 2007. 155 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) - Universidade Federal de Itajubá, Itajubá, 2007.

MAPA, S. M. S.; LIMA, R. S. Uso combinado de sistemas de informações geográficas para transportes e programação linear inteira mista em problemas de localização de instalações. **Gestão e Produção**, v. 19, n. 1, p. 119-136, 2012.

MACHADO, P. A. L. Princípios da política nacional de resíduos sólidos. **Revista do Tribunal Regional Federal da 1ª Região**, 24(7), 25-33, jul, 2012.

MASSUKADO, L. M. **Sistema de Apoio a Decisão: avaliação de cenários de gestão integrada de resíduos sólidos urbanos domiciliares**. 2004. 230 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Urbana). Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, 2004.

MELKOTE, S.; DASKIN, M. S. Capacitated facility location/network design problems. **European Journal of Operational Research**, n. 129. , 2001. p. 481 – 495.

MELO, M.T.; NICKEL, S.; SALDANHA-DA-GAMA, F. Facility location and supply chain management – A review. **European Journal of Operational Research** 196 (2), 401–412, 2009.

MIN, H. AND KO, H. J. The dynamic design of a reverse logistics network from the perspective of third-party logistics service providers. **International Journal of Production Economics**, 113(1), 176-192, 2008

MINISTÉRIO PÚBLICO DO ESPÍRITO SANTO - MPES. **Municípios assinam TCA sobre resíduos sólidos**. 2013. Disponível em: <[http://www.mpes.gov.br/conteudo/interna/ver\\_noticia\\_evento.asp?cod\\_noticia\\_evento=3396&tipo=1](http://www.mpes.gov.br/conteudo/interna/ver_noticia_evento.asp?cod_noticia_evento=3396&tipo=1)>. Acesso em: 20 Julho 2013.

MITTELMANN, H. MIP. **Solver benchmark**. 2011. Disponível em: <<http://plato.asu.edu/ftp/milpf.html>>. Acesso em: 13 Abril 2016.

MMA. **Agenda 21 brasileira: avaliação e resultados**. Brasília: Ministério do Meio Ambiente, 85 p, 2013.

MUELLER, W. The effectiveness of recycling policy options: Waste diversion or just diversions? **Waste Management**, 33(3), 508–518, 2013.

OWEN, S. H.; DASKIN, M. S. Strategic facility location: A review. **European Journal of Operational Research**, 111 (3), 423–447, 1998.

PARREIRA, G. F.; LIMA, F. de P. A.; VERSIANE, C. As especificidades da coleta seletiva: um estudo de caso em 2 municípios. In: XXX Encontro Nacional de Engenharia de Produção, 2010, São Carlos - SP. **Anais..** do XXX Encontro Nacional de Engenharia de Produção, 2010.

PEREIRA, A. S.; WELZEL, A.; SANTANA, D. V. M. Logística Reversa aplicada a resíduos eletroeletrônicos: estudo de caso. In: CONGRESSO VIRTUAL BRASILEIRO DE ADMINISTRAÇÃO, 8., 2011, [S.I.]. **Anais eletrônicos...** Disponível em: <[http://www.convibra.com.br/upload/paper/adm/adm\\_3106.pdf](http://www.convibra.com.br/upload/paper/adm/adm_3106.pdf)>. Acesso em: 14 Julho 2013.

PEREIRA, D. E.; SALUM, M. I. S.; COELHO, A. S.; RODRIGUEZ, A. M. T. Localização de centros de coleta eps utilizando p-medianas: uma alternativa para logística reversa do setor. IN: **XXVII Congresso Nacional de Pesquisa e Ensino em Transporte da ANPET**, 4-8 Novembro 2013, Belém, AC. 206, p. 1-12, 2013.

PESSIN, N.; CONTO, S. M. de; TEHL, M.; CADORE, J.; ROVATTI, D.; BOFF, R. E. Composição gravimétrica de resíduos sólidos urbanos: estudo de caso - município de Canela - RS. In: XXX Congreso Interamericano de Ingeniería Sanitaria y Ambiental, 2006, Punta del Este **Anais....** XXX Congreso Interamericano de Ingeniería Sanitaria y Ambiental, 2006.

PIMENTEL, F. G. (2004) **Localização de Centros de Distribuição em uma Cadeia de Suprimentos**. 2004. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Transportes). Instituto Militar de Engenharia, Rio de Janeiro, 2004.

PINNA, R.; CARRUS, P.P. Reverse Logistics and the Role of Fourth Party Logistics Provider, Pathways to Supply Chain Excellence, Dr. Ales Groznik (Ed.), ISBN: 978-953-51-0367-7, **INTECH**, DOI: 10.5772/33047, 2012.

PISHVAEE M. S.; FARHANI, R. Z.; DULLAERT, W. A memetic algorithm for bi-objective integrated forward/reverse logistics network design. **Computers & Operations Research**. 37, 1100-1112, 2010.

PIZZOLATO, N. D., RAUPP, F. M. P., ALZAMORA , G. S. Revisão de desafios aplicados em localização com base em modelos da p-mediana e suas variantes.

**Revista Eletrônica Pesquisa Operacional para o Desenvolvimento**, v. 4, n.1, p. 13-42, 2012.

RAMEZANI, M.; BASHIRI, M.; TAVAKKOLI-MOGHADDAM, R. A new multi-objective stochastic model for a forward/reverse logistic network design with responsiveness and quality level. **Applied Mathematical Modelling**, 37(1), 328-344, 2013.

RAMOS FILHO, L.S.N. **A Logística Reversa de Pneus Inservíveis: O Problema da Localização dos Pontos de Coleta**. 2005. 101 p. Dissertação ( Mestrado em Engenharia de Produção) - Universidade Federal de Santa Catarina, 2005.

RAMOS, J. M.; MAGRE, M.; ORTIN, S. M. A. Aplicação da logística reversa, como diferencial competitivo nas indústrias moveleiras na microrregião de Valentim Gentil-SP. **Logística Descomplicada**. 2011. Disponível em: <<http://www.logisticadescomplicada.com/aplicacao-da-logistica-reversa-umestudo-de-caso/>>. Acesso em: 14 Julho 2013.

RIBEIRO, H.; JACOBI, P. R.; BESEN, G. R.; GÜNTHER, W. M. R.; DEMAJOROVIC, J.; VIVEIROS, M. **Coleta seletiva com inclusão social: cooperativismo e sustentabilidade**. Annablume: São Paulo, 2009.

RIBEIRO, W. S.; ARROYO, J. E. C. Metaheurística GRASP biobjetivo para um problema de localização de facilidades. In: ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, XXVIII, 2008, Rio de Janeiro, **Anais...** Rio de Janeiro: XXVIII ENEGEP, 2008.

RODRIGUES, D. R. *et al.* Logística Reversa: conceitos e componentes do sistema. In: ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, XXII, 2002, Curitiba: **Anais...** Curitiba: XXII ENEGEP, 2002.

ROGERS, D. S.; TIBBEN-LEMBKE, R. S. **Going backward**: reverse logistics trends and practices, University of Nevada. Reno: CLM, 1998. 283 p.

ROGERS, D.S.; TIBBEN-LEMBKE, R.S. An examination of reverse logistic trends and practices. **Journal of Business Logistics**, v 22, n 2, p. 129-148, 2001.

SANTOS, M. **A Urbanização Brasileira**. Edusp, 5ª edição, 1ª reimpressão, São Paulo: Editora da Universidade de São Paulo, 2008.



SCHWARTZ FILHO, A. J. **Localização de indústrias de reciclagem na cadeia logística reversa do coco verde**. 2006. 127 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Universidade Federal do Espírito Santo, Vitória, 2006.

SCHEINBERG, A. Informal sector integration and high performance recycling: evidence from 20 cities. Manchester: Women in Informal Employment Globalizing and Organizing. WIEGO **Working Paper** (Urban Policies) n. 23 Março, 2012.

SCHULTMANN, F.; ZUMKELLER, M.; RENTZ, O. Modeling reverse logistic tasks within closed-loop supply chains: An example from the automotive industry. *European journal of operational research*, 171(3), 1033-1050, 2006.

SEDURB – SECRETARIA DE ESTADO DE SANEAMENTO, HABITAÇÃO E DESENVOLVIMENTO URBANO. **Programa ES Sem Lixão**. 2016. Disponível em: <<http://sedurb.es.gov.br/programa-es-sem-lixao>>. Acesso em: 10 de Mar 2016.

SENNE, E. L. F., LORENA, L.A.N. E PEREIRA, M. A. A Branch-and-Price Approach to pMedian Location Problems. *Computers & Operations Research*, v.32, n.6, pp.1655-1664, 2005.

SEPLADE - SECRETARIA MUNICIPAL DE PLANEJAMENTO, DESENVOLVIMENTO ECONÔMICO E CAPTAÇÃO DE RECURSOS. **PLANO MUNICIPAL INTEGRADO DE SANEAMENTO BÁSICO** - PMISB: Produto 9 (versão preliminar). São Mateus, 2014. 207 p.

SINIR – SISTEMA NACIONAL DE INFORMAÇÕES SOBRE A GESTÃO DOS RESÍDUOS SÓLIDOS. **Logística Reversa**. 2014. Disponível em: <<http://www.sinir.gov.br/web/guest/logistica-reversa>>. Acesso em: 20 jan. 2014.

SRHU - SECRETARIA DE RECURSOS HÍDRICOS E AMBIENTE URBANO. **Estudos dos Custos relacionados com a Constituição de Consórcios Públicos de Resíduos Sólidos Urbanos**: Relatório Técnico. Brasília: SRHU, 2009. 121 p. (BRA/OEA/08/001, contrato N° 171612).

SRHU - SECRETARIA DE RECURSOS HÍDRICOS E AMBIENTE URBANO. **Estudos dos Custos relacionados com a Constituição de Consórcios Públicos de Resíduos Sólidos Urbanos**: Relatório Técnico. Brasília: SRHU, 2010. 57 p. (BRA/OEA/08/001, contrato N° 189152).

STOCK, J. R. **Development and implementation of reverse logistics programs**, Oak Brook: Council of Logistics Management, 1998. 270 p.

STREIT, J. A. C. **Estudo das oportunidades propiciadas pela Política Nacional de Resíduos Sólidos**: o caso das cooperativas de catadores de materiais recicláveis do DF. 89 f. Monografia (Bacharelado em Administração). Universidade de Brasília: Brasília, 2013.

UN. **Agenda 21**: Programme of Action Towards Sustainable Development. United Nations: New York, 1993.

XAVIER, L. H.; CORRÊA, H. L. **Sistemas de Logística Reversa**: criando cadeias de suprimento sustentáveis. São Paulo: Atlas, 2013.

ZHENQIANG, B., CONGWEI, Z., YUQIN, Z. AND QUANKE, P. **Research on reverse logistics location**, 2012.

YIN, R. K. **Estudo de Caso**: Planejamento e Métodos. Tradutor: Daniel Grassi. 2. ed. Porto Alegre: Bookman, 2001.

## APÊNDICE A – RESULTADO CPLEX CENÁRIO 1

Log started (V12.5.0.0) Tue Mar 15 22:49:34 2016

Problem 'input.lp' read.

Read time = 0.03 sec. (1.25 ticks)

New value for mixed integer optimality gap tolerance: 0

Tried aggregator 2 times.

MIP Presolve eliminated 355 rows and 1969 columns.

Aggregator did 138 substitutions.

Reduced MIP has 1086 rows, 10722 columns, and 40080 nonzeros.

Reduced MIP has 306 binaries, 0 generals, 0 SOSs, and 0 indicators.

Presolve time = 0.06 sec. (21.22 ticks)

Probing fixed 0 vars, tightened 63 bounds.

Probing time = 0.03 sec. (4.01 ticks)

Clique table members: 63.

MIP emphasis: balance optimality and feasibility.

MIP search method: dynamic search.

Parallel mode: deterministic, using up to 4 threads.

Root relaxation solution time = 0.19 sec. (47.85 ticks)

Nodes		Cuts/					
Node	Left	Objective	lInf	Best Integer	Best Bound	ItCnt	Gap
0	0	4911399.4003	87	4911399.4003	1142		
0	0	5082732.5892	86	Cuts: 371	1344		
*	0+	0	8600042.7843	5082732.5892	1560	40.90%	
0	0	5171178.1688	85	8600042.7843	Cuts: 371	1560	28.75%
0	0	5199537.6359	83	8600042.7843	Cuts: 371	1914	21.04%
*	0+	0	8271464.3563	6790574.5102	1914	17.90%	
0	2	5199537.6359	83	8271464.3563	7328988.9531	1914	11.39%
Elapsed time = 3.70 sec. (1774.86 ticks, tree = 0.01 MB, solutions = 2)							
4	4	5224079.2088	81	8271464.3563	7328988.9531	1922	11.39%
17	11	6677167.3177	74	8271464.3563	7328988.9531	3203	11.39%
19	13	7994408.1318	77	8271464.3563	7328988.9531	4304	11.39%
22	14	7920374.5127	78	8271464.3563	7328988.9531	5829	11.39%
25	13	7956970.5553	79	8271464.3563	7328988.9531	6850	11.39%
37	18	6309960.4744	58	8271464.3563	7328988.9531	10047	11.39%
43	20	6658451.7726	73	8271464.3563	7328988.9531	11201	11.39%
*	54+	27	8226060.8236	7328988.9531	12838	10.91%	
60	27	8029276.0624	42	8226060.8236	7328988.9531	14383	10.91%
62	29	7125190.7786	73	8226060.8236	7328988.9531	15478	10.91%
*	117+	64	8184200.5882	7328988.9531	26463	10.45%	
125	66	7619941.2346	48	8184200.5882	7328988.9531	28902	10.45%
Elapsed time = 13.39 sec. (5727.61 ticks, tree = 0.10 MB, solutions = 4)							

```

171 86 7316277.6464 55 8184200.5882 7328988.9531 37478 10.45%
252 118 8123191.3558 55 8184200.5882 7328988.9531 47058 10.45%
* 362+ 189 8166784.2423 7328988.9531 56184 10.26%
362 191 8140267.7888 20 8166784.2423 7328988.9531 56184 10.26%
453 179 6715430.7558 78 8166784.2423 7328988.9531 64051 10.26%
* 495+ 206 8141783.3962 7328988.9531 66420 9.98%
589 145 7475061.9020 30 8141783.3962 7328988.9531 80498 9.98%
655 163 8126416.9159 56 8141783.3962 7442120.5411 93745 8.59%
688 172 7603775.0604 86 8141783.3962 7442120.5411 104373 8.59%
713 177 8134665.1851 45 8141783.3962 7620869.7089 113540 6.40%
* 714+ 176 8135592.7304 7620869.7089 113609 6.33%
784 127 cutoff 8135592.7304 7683848.7058 122128 5.55%
870 205 8124457.2480 16 8135592.7304 8089403.1598 130095 0.57%
Elapsed time = 45.95 sec. (16345.33 ticks, tree = 0.56 MB, solutions = 8)
* 1074+ 347 8125053.2854 8089403.1598 137512 0.44%
1110 374 8118323.6421 25 8125053.2854 8089403.1598 141278 0.44%
1267 262 8106891.6446 26 8125053.2854 8094057.6321 154157 0.38%
1353 301 8112384.7637 27 8125053.2854 8094563.7968 162954 0.38%
* 1392 319 integral 0 8123998.3855 8094563.7968 165276 0.36%
1475 355 8116841.1997 22 8123998.3855 8096056.1435 177136 0.34%
* 1498+ 368 8123082.6409 8096056.1435 178651 0.33%
1593 426 8108236.8267 22 8123082.6409 8096056.1435 186711 0.33%
1731 484 8114362.7381 26 8123082.6409 8096312.1736 199112 0.33%
1867 554 8116605.2582 43 8123082.6409 8099126.3756 212465 0.29%
2005 628 8113140.4677 21 8123082.6409 8100615.2272 225984 0.28%
2091 668 8102267.5673 15 8123082.6409 8100615.2272 235041 0.28%
Elapsed time = 83.64 sec. (25446.58 ticks, tree = 7.28 MB, solutions = 11)
2225 745 8109688.6139 17 8123082.6409 8101820.5693 249359 0.26%
2365 828 8112220.3429 24 8123082.6409 8102532.2063 262157 0.25%
2491 894 8099351.1876 61 8123082.6409 8103215.5980 281672 0.24%
2494 895 8111328.7683 52 8123082.6409 8103215.5980 282706 0.24%
2511 640 8115468.3778 51 8123082.6409 8103215.5980 283947 0.24%
2562 629 8100996.3365 51 8123082.6409 8103215.5980 288259 0.24%
2598 618 8108274.0753 43 8123082.6409 8103215.5980 293501 0.24%
2642 625 8107715.7982 16 8123082.6409 8103215.5980 298160 0.24%
2692 598 8115975.0664 63 8123082.6409 8103215.5980 305063 0.24%
2816 629 8113987.4176 32 8123082.6409 8103215.5980 312596 0.24%
Elapsed time = 150.28 sec. (47438.12 ticks, tree = 9.48 MB, solutions = 11)
2973 648 8103527.9440 36 8123082.6409 8103215.5980 320247 0.24%
3053 658 8110632.0827 43 8123082.6409 8103215.5980 327200 0.24%
3168 676 8109488.6134 21 8123082.6409 8103215.5980 333831 0.24%
3333 729 8106431.7218 49 8123082.6409 8103215.5980 340927 0.24%
3456 753 8110868.7782 41 8123082.6409 8105500.7950 350575 0.22%
3608 788 8118526.9133 34 8123082.6409 8105500.7950 358422 0.22%
3737 841 8115092.6637 22 8123082.6409 8107943.2732 367013 0.19%
3953 985 8115266.3729 47 8123082.6409 8108597.6379 377703 0.18%
4122 1105 8110048.7507 8 8123082.6409 8109250.3953 387083 0.17%
4274 1202 8113224.5877 36 8123082.6409 8109571.7112 395711 0.17%
Elapsed time = 203.14 sec. (57284.84 ticks, tree = 17.15 MB, solutions = 11)
4545 1370 cutoff 8123082.6409 8109821.0489 405549 0.16%
4674 1437 8120619.5691 7 8123082.6409 8110346.4906 414617 0.16%
4825 1536 8113064.7605 52 8123082.6409 8110559.7479 421958 0.15%
4972 1638 8120976.8763 41 8123082.6409 8110830.9291 431665 0.15%
* 5036 1674 integral 0 8123003.1695 8110830.9291 436127 0.15%
5217 1756 8119777.4934 9 8123003.1695 8110910.8249 445546 0.15%
5352 1814 cutoff 8123003.1695 8111375.0183 452967 0.14%
* 5448+ 1869 8122467.1858 8111375.0183 458685 0.14%
5493 1817 8122116.4377 35 8122467.1858 8111663.5641 462957 0.13%
5685 1882 8115462.4381 21 8122467.1858 8111663.5641 471510 0.13%
5859 1999 8115864.8948 7 8122467.1858 8112173.7246 479639 0.13%
Elapsed time = 253.99 sec. (66499.22 ticks, tree = 30.38 MB, solutions = 13)
* 5982+ 2072 8120842.7472 8112173.7246 485127 0.11%
6093 1756 8118194.8047 27 8120842.7472 8112613.4895 490099 0.10%
6274 1811 8119748.2821 21 8120842.7472 8113078.6210 499244 0.10%
6344 1814 8116326.5403 19 8120842.7472 8113078.6210 505539 0.10%
6597 1887 8116683.0494 32 8120842.7472 8113666.4390 517522 0.09%
6801 1932 8114644.0813 35 8120842.7472 8113666.4390 527312 0.09%
6901 1934 8115391.1629 26 8120842.7472 8114216.9594 533114 0.08%
7130 1923 cutoff 8120842.7472 8114610.6667 544859 0.08%
7273 1934 8120598.8175 36 8120842.7472 8114610.6667 552352 0.08%

```

```

7448 1914  cutoff  8120842.7472 8115476.9069 563432 0.07%
7588 1901 8117826.7034 21 8120842.7472 8115476.9069 571946 0.07%
Elapsed time = 308.69 sec. (76457.05 ticks, tree = 26.79 MB, solutions = 14)
7756 1865 8118655.6176 42 8120842.7472 8115858.6792 580586 0.06%
7980 1766  cutoff  8120842.7472 8115858.6792 589476 0.06%
8224 1620 8118386.6985 31 8120842.7472 8116742.5474 601347 0.05%
* 8320 1553  integral 0 8119266.2767 8116742.5474 605430 0.03%
8576 631  cutoff  8119266.2767 8117519.2175 615312 0.02%
8896 326  cutoff  8119266.2767 8117519.2175 619227 0.02%

```

Cover cuts applied: 2

Implied bound cuts applied: 905

Flow cuts applied: 108

Mixed integer rounding cuts applied: 217

Flow path cuts applied: 6

Gomory fractional cuts applied: 7

Root node processing (before b&c):

Real time = 3.59 sec. (1747.14 ticks)

Parallel b&c, 4 threads:

Real time = 340.38 sec. (80710.81 ticks)

Sync time (average) = 0.01 sec.

Wait time (average) = 0.01 sec.

Total (root+branch&cut) = 343.97 sec. (82457.95 ticks)

Solution pool: 15 solutions saved.

MIP - Integer optimal solution: Objective = 8.1192662767e+006

Solution time = 344.08 sec. Iterations = 620553 Nodes = 9223

Deterministic time = 82480.52 ticks (239.71 ticks/sec)

Incumbent solution

Variable Name	Solution	X_0_5_34	234.000000	X_0_21_31	78.000000
Value		X_0_6_34	312.000000	X_0_22_31	208.200000
TCTAB	303742.740630	X_0_7_7	234.000000	X_0_23_31	78.000000
TCTBC	72855.606793	X_0_8_34	78.000000	X_0_24_31	208.200000
TCTBD		X_0_9_34	234.000000	X_0_25_31	156.000000
3843197.073291		X_0_10_34	78.000000	X_0_26_13	78.000000
TCFOB		X_0_11_13	347.000000	X_0_27_16	0.000000
303175.000000		X_0_12_34	156.000000	X_0_27_31	234.000000
TCFIB	204855.856000	X_0_13_7	37.019347	X_0_28_31	156.000000
TCFOD		X_0_13_34	40.980653	X_0_29_31	156.000000
305060.000000		X_0_14_13	234.000000	X_0_30_31	138.800000
TCFID	3086380.000000	X_0_15_13	78.000000	X_0_31_31	156.000000
X_0_0_34	234.000000	X_0_16_13	156.000000	X_0_32_31	156.000000
X_0_1_34	234.000000	X_0_17_13	234.000000	X_0_33_31	234.000000
X_0_2_34	234.000000	X_0_18_13	208.200000	X_0_34_31	156.000000
X_0_3_34	389.800000	X_0_19_31	208.200000	X_0_35_31	312.000000
X_0_4_34	389.800000	X_0_20_31	277.600000	X_0_36_31	312.000000

X_0_37_31	156.000000	X_2_23_7	117.000000	Y_2_1_7_3	0.000000
X_0_38_32	849.800000	X_2_24_7	312.300000	Y_2_1_7_6	-0.000000
X_1_0_3	585.000000	X_2_25_7	234.000000	Y_2_1_7_7	
X_1_1_3	585.000000	X_2_26_7	117.000000	3350.610000	
X_1_2_3	585.000000	X_2_27_7	351.000000	Y_2_1_13_10	-0.000000
X_1_3_3	974.500000	X_2_28_7	234.000000	Y_2_1_13_13	0.000000
X_1_4_3	974.500000	X_2_29_7	234.000000	Y_2_1_23_26	
X_1_5_3	585.000000	X_2_30_7	208.200000	452.610000	
X_1_6_3	355.284098	X_2_31_7	234.000000	Y_2_2_7_7	
X_1_6_7	424.715902	X_2_32_7	234.000000	7818.090000	
X_1_7_3	0.000000	X_2_33_7	351.000000	Y_2_2_23_23	
X_1_7_7	585.000000	X_2_34_7	234.000000	1056.090000	
X_1_8_3	195.000000	X_2_35_7	468.000000	Z_0_0_7_0	249.467485
X_1_9_3	585.000000	X_2_36_7	468.000000	Z_0_0_13_0	
X_1_10_3	195.000000	X_2_37_23	234.000000	300.924000	
X_1_11_7	867.500000	X_2_38_23		Z_0_0_16_0	-0.000000
X_1_12_7	390.000000	1274.700000		Z_0_0_31_0	
X_1_13_7	195.000000	Y_0_0_7_7	178.872769	509.470000	
X_1_14_13	585.000000	Y_0_0_13_13		Z_0_0_32_0	
X_1_15_13	195.000000	881.232000		174.226000	
X_1_16_13	390.000000	Y_0_0_16_16	0.000000	Z_0_0_34_0	
X_1_17_7	585.000000	Y_0_0_31_31		507.364695	
X_1_18_13	520.500000	2231.460000		Z_0_1_7_0	191.898065
X_1_19_7	520.500000	Y_0_0_32_32		Z_0_1_13_0	
X_1_20_13	694.000000	560.868000		231.480000	
X_1_21_13	195.000000	Y_0_0_34_34		Z_0_1_31_0	
X_1_22_7	520.500000	1725.623231		391.900000	
X_1_23_7	195.000000	Y_0_1_7_7	92.146578	Z_0_1_32_0	
X_1_24_17	520.500000	Y_0_1_13_13		134.020000	
X_1_25_3	264.991892	453.968000		Z_0_1_34_0	
X_1_25_13	125.008108	Y_0_1_16_16	0.000000	390.280535	
X_1_26_13	195.000000	Y_0_1_31_17		Z_0_2_7_0	575.694196
X_1_27_13	585.000000	1149.540000		Z_0_2_13_0	
X_1_28_13	390.000000	Y_0_1_32_26		694.440000	
X_1_29_7	390.000000	288.932000		Z_0_2_16_0	-0.000000
X_1_30_17	347.000000	Y_0_1_34_3		Z_0_2_31_0	
X_1_31_7	29.778378	888.957422		1175.700000	
X_1_31_17	360.221622	Y_1_0_3_34		Z_0_2_32_0	
X_1_32_17	390.000000	2177.182116		402.060000	
X_1_33_17	585.000000	Y_1_0_7_7		Z_0_2_34_0	
X_1_34_17	390.000000	1740.107884		1170.841604	
X_1_35_17	780.000000	Y_1_0_13_13		Z_0_3_7_0	671.643228
X_1_36_17	780.000000	1433.568000		Z_0_3_13_0	
X_1_37_17	390.000000	Y_1_0_17_31		810.180000	
X_1_38_17	18.197297	1687.540000		Z_0_3_16_0	-0.000000
X_1_38_26		Y_1_0_20_16	-0.000000	Z_0_3_31_0	
2106.302703		Y_1_0_20_31	0.000000	1371.650000	
X_2_0_7	351.000000	Y_1_0_26_32		Z_0_3_32_0	
X_2_1_7	351.000000	779.332000		469.070000	
X_2_2_7	351.000000	Y_1_1_3_3	882.641399	Z_0_3_34_0	
X_2_3_7	584.700000	Y_1_1_7_7	705.449142	1365.981872	
X_2_4_7	584.700000	Y_1_1_13_13		Z_0_4_7_0	230.277678
X_2_5_7	351.000000	581.176216		Z_0_4_13_0	
X_2_6_7	468.000000	Y_1_1_16_16	-0.000000	277.776000	
X_2_7_7	351.000000	Y_1_1_17_17		Z_0_4_16_0	-0.000000
X_2_8_7	117.000000	684.137838		Z_0_4_31_0	
X_2_9_7	351.000000	Y_1_1_26_26		470.280000	
X_2_10_7	117.000000	315.945405		Z_0_4_32_0	
X_2_11_7	520.500000	Y_1_2_3_7		160.824000	
X_2_12_7	234.000000	2824.452475		Z_0_4_34_0	
X_2_13_7	117.000000	Y_1_2_7_7		468.336642	
X_2_14_7	351.000000	2257.437254		Z_1_0_3_0	
X_2_15_7	117.000000	Y_1_2_13_7		1771.598820	
X_2_16_7	234.000000	1859.763892		Z_1_0_7_0	
X_2_17_7	351.000000	Y_1_2_17_7		4148.205720	
X_2_18_7	312.300000	2189.241081		Z_1_0_10_0	-0.000000
X_2_19_7	312.300000	Y_1_2_26_23		Z_1_0_13_0	
X_2_20_7	416.400000	1011.025297		1035.144216	
X_2_21_7	117.000000	Y_2_1_6_6	0.000000	Z_1_0_17_0	
X_2_22_7	312.300000	Y_2_1_6_7	-0.000000	1833.677838	

Z_1_0_26_0		TFI_0_0_0		VAux_0_31	
1057.487405		467370.000000		3919.000000	
Z_2_0_7_0		TFI_0_1_0		VAux_0_32	
16948.984703		467370.000000		1340.200000	
Z_2_0_23_0		TFI_0_2_0		VAux_0_34	
2067.115297		400000.000000		3902.805347	
TCO_0_7		TFI_0_3_0		VAux_1_3	1771.598820
26409.000000		366900.000000		VAux_1_7	4148.205720
TCO_0_13		TFI_0_4_0		VAux_1_10	-0.000000
33108.000000		450000.000000		VAux_1_13	
TCO_0_31		TFI_1_0_0		1035.144216	
55717.000000		467370.000000		VAux_1_17	
TCO_0_32		TFI_2_0_0		1833.677838	
26409.000000		467370.000000		VAux_1_26	
TCO_0_34		VIn_0_7	2190.000000	1057.487405	
55717.000000		VOut_0_7	2190.000000	VAux_2_7	
TCO_1_3	1163.000000	VIn_0_13	3650.000000	16948.984703	
TCO_1_7	1163.000000	VOut_0_13		VAux_2_23	
TCO_1_13		3650.000000		2067.115297	
1163.000000		VIn_0_31	7300.000000	WIn_0_0_0	
TCO_1_17		VOut_0_31		1741.452180	
1163.000000		7300.000000		WIn_0_1_0	
TCO_1_26		VIn_0_32	2190.000000	1339.578600	
1163.000000		VOut_0_32		WIn_0_2_0	
TCO_2_7		2190.000000		4018.735800	
50000.000000		VIn_0_34	6517.386000	WIn_0_3_0	
TCO_2_23		VOut_0_34		4688.525100	
50000.000000		6517.386000		WIn_0_4_0	
TCI_0_7	11873.611000	VIn_1_3	7655.874811	1607.494320	
TCI_0_13	26647.703000	VOut_1_3	7655.874811	WIn_1_0_0	
TCI_0_31	30236.930000	VIn_1_7	8851.200000	9846.114000	
TCI_0_32	7982.611000	VOut_1_7	8851.200000	WIn_2_0_0	
TCI_0_34	30236.930000	VIn_1_10	-0.000000	19016.100000	
TCI_1_3	7305.837000	VOut_1_10	-0.000000	P_0_7_0	1.000000
TCI_1_7	7305.837000	VIn_1_13	4909.652324	P_0_13_1	1.000000
TCI_1_13	7305.837000	VOut_1_13		P_0_31_2	1.000000
TCI_1_17	10807.737000	4909.652324		P_0_32_0	1.000000
TCI_1_26	11391.237000	VIn_1_17	6394.596757	P_0_34_2	1.000000
TCI_2_7	20071.793000	VOut_1_17		P_1_3_0	1.000000
TCI_2_23	33689.793000	6394.596757		P_1_7_0	1.000000
TFO_0_0_0		VIn_1_26	3163.790108	P_1_13_0	1.000000
74195.000000		VOut_1_26		P_1_17_0	1.000000
TFO_0_1_0		3163.790108		P_1_26_0	1.000000
35555.000000		VIn_2_7	28117.684703	P_2_7_0	1.000000
TFO_0_2_0		VOut_2_7		P_2_23_0	1.000000
63500.000000		28117.684703		R_0_0_0_0	1.000000
TFO_0_3_0		VIn_2_23	3575.815297	R_0_1_0_0	1.000000
28850.000000		VOut_2_23		R_0_2_0_0	1.000000
TFO_0_4_0		3575.815297		R_0_3_0_0	1.000000
31850.000000		VAux_0_7	1918.980653	R_0_4_0_0	1.000000
TFO_1_0_0		VAux_0_13		R_1_0_0_0	1.000000
35555.000000		2314.800000		R_2_0_0_0	1.000000
TFO_2_0_0		VAux_0_16	-0.000000		
35555.000000					

All other variables in the range 1-12829 are 0.

## APÊNDICE B – RESULTADO CPLEX CENÁRIO 2

Log started (V12.5.0.0) Wed Mar 16 09:42:44 2016

Problem 'input.lp' read.

Read time = 0.25 sec. (7.39 ticks)

New value for mixed integer optimality gap tolerance: 0

Tried aggregator 2 times.

MIP Presolve eliminated 799 rows and 12703 columns.

Aggregator did 390 substitutions.

Reduced MIP has 2586 rows, 64254 columns, and 242028 nonzeros.

Reduced MIP has 732 binaries, 0 generals, 0 SOSs, and 0 indicators.

Presolve time = 0.41 sec. (120.26 ticks)

Probing time = 0.11 sec. (11.84 ticks)

Clique table members: 156.

MIP emphasis: balance optimality and feasibility.

MIP search method: dynamic search.

Parallel mode: deterministic, using up to 4 threads.

Root relaxation solution time = 1.45 sec. (289.84 ticks)

Nodes		Cuts/					
Node	Left	Objective	lInf	Best Integer	Best Bound	ItCnt	Gap
0	0	5.01294e+008	187	5.01294e+008	2995		
*	0+	0	5.69253e+008	5.01294e+008	3668	11.94%	
0	0	5.26353e+008	110	5.69253e+008	Cuts: 746	3668	7.54%
*	0+	0	5.60861e+008	5.26353e+008	4189	6.15%	
0	0	5.31344e+008	96	5.60861e+008	Cuts: 689	4189	5.26%
0	0	5.34814e+008	96	5.60861e+008	Cuts: 541	4552	4.64%
*	0+	0	5.58149e+008	5.34814e+008	4552	4.18%	
0	0	5.37339e+008	96	5.58149e+008	Cuts: 493	4936	3.73%
0	0	5.37929e+008	99	5.58149e+008	Cuts: 360	5205	3.62%
*	0+	0	5.57567e+008	5.37929e+008	5375	3.52%	
0	0	5.38125e+008	97	5.57567e+008	Cuts: 202	5375	3.49%
0	0	5.38371e+008	97	5.57567e+008	Cuts: 160	5494	3.44%
0	0	5.38674e+008	100	5.57567e+008	Cuts: 123	5639	3.39%
0	0	5.38747e+008	97	5.57567e+008	Cuts: 203	5751	3.38%
0	0	5.38821e+008	108	5.57567e+008	Cuts: 108	5831	3.36%
0	0	5.38935e+008	98	5.57567e+008	Cuts: 103	5915	3.34%
0	0	5.38973e+008	104	5.57567e+008	Cuts: 138	6002	3.33%
*	0+	0	5.56713e+008	5.38973e+008	6054	3.19%	
0	0	5.39018e+008	101	5.56713e+008	Cuts: 68	6054	3.18%
*	0+	0	5.56660e+008	5.39018e+008	6054	3.17%	
0	2	5.39018e+008	101	5.56660e+008	5.39018e+008	6054	3.17%

Elapsed time = 78.66 sec. (12174.00 ticks, tree = 0.01 MB, solutions = 6)



```

  4  6  5.46629e+008  92  5.56660e+008  5.39023e+008  6338  3.17%
 18 20  5.43127e+008  95  5.56660e+008  5.39211e+008  7346  3.13%
 61 59  5.55407e+008  29  5.56660e+008  5.39211e+008  8452  3.13%
 98 85  5.54969e+008  47  5.56660e+008  5.39477e+008  9418  3.09%
* 133 97  integral  0  5.54653e+008  5.39477e+008  10432  2.74%
 139 85  5.48900e+008  57  5.54653e+008  5.39477e+008  10796  2.74%
 164 106  5.51411e+008  67  5.54653e+008  5.45504e+008  12286  1.65%
 217 149  5.50499e+008  54  5.54653e+008  5.45504e+008  13082  1.65%
 274 201  5.49936e+008  73  5.54653e+008  5.45504e+008  13889  1.65%
* 344 247  integral  0  5.54557e+008  5.45504e+008  14974  1.63%
Elapsed time = 99.20 sec. (14531.59 ticks, tree = 8.75 MB, solutions = 8)
* 422 298  integral  0  5.54465e+008  5.46505e+008  16877  1.44%
 496 307  5.53764e+008  76  5.54465e+008  5.49086e+008  19996  0.97%
 649 402  5.52742e+008  83  5.54465e+008  5.51438e+008  24192  0.55%
 763 428  5.53887e+008  41  5.54465e+008  5.52355e+008  29145  0.38%
* 792+ 442 5.53940e+008  5.52603e+008  29843  0.24%
 897 371  5.53835e+008  35  5.53940e+008  5.52603e+008  31979  0.24%
 1055 480  5.52916e+008  62  5.53940e+008  5.52902e+008  35322  0.19%
* 1185 560  integral  0  5.53750e+008  5.52915e+008  37537  0.15%
 1313 480  5.53423e+008  48  5.53750e+008  5.52945e+008  40366  0.15%
 1453 563  5.53205e+008  45  5.53750e+008  5.52952e+008  42914  0.14%
* 1566+ 623 5.53734e+008  5.52955e+008  45217  0.14%
 1647 665  5.53018e+008  54  5.53734e+008  5.52955e+008  47075  0.14%
Elapsed time = 172.38 sec. (23419.29 ticks, tree = 30.53 MB, solutions = 11)
* 1723 686  integral  0  5.53716e+008  5.52964e+008  48634  0.14%
 1825 726  5.53292e+008  44  5.53716e+008  5.52976e+008  51330  0.13%
 1929 780  5.53157e+008  46  5.53716e+008  5.52981e+008  54442  0.13%
 2130 871  5.53167e+008  48  5.53716e+008  5.53004e+008  59220  0.13%
 2260 915  5.53544e+008  30  5.53716e+008  5.53014e+008  62277  0.13%
 2403 979  5.53345e+008  36  5.53716e+008  5.53027e+008  65896  0.12%
 2551 1038  5.53070e+008  59  5.53716e+008  5.53044e+008  70161  0.12%
 2707 1105  5.53494e+008  53  5.53716e+008  5.53056e+008  74827  0.12%
 2873 1149  5.53573e+008  39  5.53716e+008  5.53075e+008  79231  0.12%
 3010 1183  5.53132e+008  41  5.53716e+008  5.53075e+008  83750  0.12%
Elapsed time = 248.28 sec. (32657.03 ticks, tree = 60.36 MB, solutions = 13)
 3144 1210  5.53503e+008  38  5.53716e+008  5.53087e+008  87985  0.11%
 3291 1255  5.53580e+008  37  5.53716e+008  5.53112e+008  91800  0.11%
 3301 1258  5.53278e+008  44  5.53716e+008  5.53112e+008  108824  0.11%
 3505 1277  cutoff  5.53716e+008  5.53122e+008  114726  0.11%
* 3596+ 856 5.53708e+008  5.53152e+008  122462  0.10%
* 3596+ 570 5.53694e+008  5.53152e+008  122462  0.10%
 3596 571  5.40673e+008  105  5.53694e+008  5.53355e+008  122462  0.06%
 3600 572  5.52885e+008  88  5.53694e+008  5.53355e+008  123110  0.06%
 3609 275  5.52684e+008  85  5.53694e+008  5.53355e+008  123580  0.06%
 3617 157  5.53678e+008  74  5.53694e+008  5.53355e+008  123847  0.06%
 3626 74  5.53375e+008  66  5.53694e+008  5.53355e+008  124235  0.06%
 3675 41  5.53442e+008  50  5.53694e+008  5.53355e+008  125144  0.06%
Elapsed time = 446.92 sec. (62624.14 ticks, tree = 1.11 MB, solutions = 15)
 3765 28  5.53595e+008  19  5.53694e+008  5.53475e+008  126807  0.04%
 3856 0  cutoff  5.53694e+008  5.53603e+008  128291  0.02%

```

Implied bound cuts applied: 363

Flow cuts applied: 466

Mixed integer rounding cuts applied: 484

Flow path cuts applied: 107

Gomory fractional cuts applied: 57

Root node processing (before b&c):

Real time = 77.86 sec. (12015.69 ticks)

Parallel b&c, 4 threads:

Real time = 383.09 sec. (52460.23 ticks)

Sync time (average) = 0.07 sec.

Wait time (average) = 0.01 sec.

Total (root+branch&cut) = 460.95 sec. (64475.92 ticks)

Solution pool: 15 solutions saved.

MIP - Integer optimal solution: Objective = 5.5369406674e+008

Solution time = 461.63 sec. Iterations = 128291 Nodes = 3857

Deterministic time = 64604.24 ticks (139.95 ticks/sec)

Incumbent solution

Variable Name	Solution	X_0_20_20	X_0_41_41
Value		2562.551850	1590.206450
		X_0_20_61	X_0_42_42
TCTAB		0.000000	1354.440540
171127697.741844		X_0_21_21	X_0_42_58
TCTBC		2503.829190	0.000000
115522367.161666		X_0_22_22	X_0_43_25
TCTBD		2476.775390	1243.360820
219324443.381710		X_0_23_20	X_0_43_43
TCFOB		0.000000	0.000000
2237894.999999		X_0_23_23	X_0_44_44
TCFIB		2441.605450	1283.225390
20161513.449993		X_0_24_24	X_0_45_28
TCFOD		2354.078450	1218.853260
8303750.000002		X_0_24_32	X_0_45_45
TCFID		0.000000	-0.000000
17016400.000000		X_0_25_25	X_0_46_60
X_0_0_0	37617.672340	2176.159930	1179.943530
X_0_1_1	38621.368320	X_0_25_43	X_0_47_38
X_0_2_2	30379.985140	0.000000	-0.000000
X_0_3_0	-0.000000	X_0_26_26	X_0_47_47
X_0_3_3	28316.973750	X_0_27_38	1191.401610
X_0_4_4	16606.418140	X_0_28_28	X_0_48_48
X_0_5_5	13022.585340	X_0_29_29	-0.000000
X_0_6_6	9758.942220	X_0_30_30	X_0_49_49
X_0_7_7	9912.432750	X_0_31_31	1203.177970
X_0_8_8	9532.645140	1926.946690	X_0_50_38
X_0_9_9	7563.605920	X_0_32_32	1097.111160
X_0_10_10		X_0_33_33	X_0_51_51
5927.885430		X_0_34_34	1025.259450
X_0_11_11		X_0_35_35	X_0_52_35
4001.893580		1888.593950	X_0_52_52
X_0_12_12		X_0_36_36	1014.915350
3548.742430		1863.370260	X_0_53_12
X_0_13_13		X_0_37_37	956.829250
3010.053530		1504.589130	X_0_54_24
X_0_14_33	309.129450	X_0_38_38	1042.048720
X_0_15_15		X_0_39_39	X_0_55_35
3017.533110		1682.189370	1015.790620
X_0_15_19	-0.000000	X_0_40_40	X_0_56_4
X_0_16_16		1526.232170	958.420650
2890.618960		X_0_41_41	985.394880
X_0_16_71	-0.000000	X_0_42_42	0.000000
X_0_17_44		X_0_43_43	983.326060
2738.481120		X_0_44_44	982.928210
X_0_18_18		X_0_45_45	898.265730
2582.364780		X_0_46_60	944.973320
X_0_19_15		X_0_47_38	0.000000
2727.023040		X_0_47_47	977.437880
X_0_19_19	0.000000	X_0_48_48	0.000000
		X_0_49_49	910.121660
		X_0_50_38	876.224840
		X_0_51_51	-0.000000

X_0_65_65	899.857130	X_1_31_70		X_1_69_20	
X_0_66_4	889.672170	4817.366720		1867.110050	
X_0_67_67	800.872050	X_1_32_35		X_1_69_23	0.000000
X_0_67_71	-0.000000	5021.662700		X_1_69_69	-0.000000
X_0_68_72	809.704320	X_1_33_41		X_1_70_11	
X_0_69_24	-0.000000	4721.484880		1863.529400	
X_0_69_69	746.844020	X_1_34_71		X_1_71_16	
X_0_70_11	745.411760	4658.425650		1732.437830	
X_0_71_16	692.975130	X_1_35_44		X_1_72_64	
X_0_72_72	630.512680	4723.275200		1576.281700	
X_0_73_34	631.308380	X_1_36_50		X_1_72_72	0.000000
X_0_74_39	616.587930	4205.473430		X_1_73_34	
X_0_75_20	0.000000	X_1_37_20		1578.270950	
X_0_75_23	54.823730	3761.472820		X_1_74_39	
X_0_76_39	468.269450	X_1_38_8	4120.930300	1541.469820	
X_0_77_20	-0.000000	X_1_39_39		X_1_75_20	0.000000
X_0_77_69	369.920930	3824.134200		X_1_75_64	137.059330
X_1_0_1	94044.180850	X_1_40_5	3815.580430	X_1_76_39	
X_1_1_41		X_1_41_42		1170.673620	
96553.420800		3975.516130		X_1_77_20	924.802330
X_1_2_1	75949.962850	X_1_42_42		X_1_77_23	-0.000000
X_1_3_1	70792.434380	3386.101350		X_1_77_69	0.000000
X_1_3_3	0.000000	X_1_43_4	3108.402050	X_2_0_1	56426.508510
X_1_4_56		X_1_44_10		X_2_1_41	
41516.045350		3208.063470		57932.052480	
X_1_5_5	32556.463350	X_1_45_11		X_2_2_1	45569.977710
X_1_6_6	24397.355550	3047.133150		X_2_3_1	42475.460630
X_1_7_7	24781.081880	X_1_45_28	-0.000000	X_2_4_50	
X_1_8_10		X_1_46_14		24909.627210	
23831.612850		2949.858820		X_2_5_29	
X_1_9_42		X_1_47_8	2978.504030	19533.878010	
18909.014800		X_1_48_16		X_2_6_6	14638.413330
X_1_10_3		2915.643720		X_2_6_59	-0.000000
14819.713580		X_1_49_73		X_2_7_7	14868.649130
X_1_11_11		3007.944920		X_2_8_3	0.000000
10004.733950		X_1_50_8	2742.777900	X_2_8_10	
X_1_12_70		X_1_51_14		14298.967710	
8871.856070		2563.148620		X_2_9_41	
X_1_13_35		X_1_52_35		11345.408880	
7525.133820		2537.288380		X_2_10_1	8891.828139
X_1_14_14	772.823620	X_1_53_12		X_2_10_2	0.000001
X_1_15_38		2392.073120		X_2_11_11	
7543.832770		X_1_54_32		6002.840370	
X_1_16_16		2605.121800		X_2_12_70	
7226.547400		X_1_55_35		5323.113650	
X_1_17_10		2539.476550		X_2_13_35	
6846.202800		X_1_56_38		4515.080290	
X_1_18_35		2396.051630		X_2_14_33	463.694170
6455.911950		X_1_57_6	2463.487200	X_2_14_41	0.000000
X_1_19_27	-0.000000	X_1_58_42		X_2_15_38	0.000000
X_1_19_38		2458.315150		X_2_15_50	
6817.557600		X_1_59_6	2457.320530	4526.299660	
X_1_20_20		X_1_60_14		X_2_16_11	
6406.379620		2245.664330		4335.928440	
X_1_21_6	6259.572980	X_1_61_20		X_2_17_2	0.000000
X_1_22_7	6191.938470	2362.433300		X_2_17_10	
X_1_23_64		X_1_62_40		4107.721680	
6104.013620		2443.594700		X_2_17_17	-0.000000
X_1_24_32		X_1_63_18		X_2_18_35	
5885.196130		2275.304150		3873.547170	
X_1_25_4	5440.399830	X_1_64_44		X_2_19_38	0.000000
X_1_26_26		2190.562100		X_2_19_50	
5698.007700		X_1_65_56		4090.534560	
X_1_27_8	5495.104200	2249.642820		X_2_20_48	0.000000
X_1_28_28		X_1_66_4	2224.180430	X_2_20_61	
5289.216830		X_1_67_71		3843.827780	
X_1_29_5	5563.136550	2002.180130		X_2_21_6	3755.743790
X_1_30_7	-0.000000	X_1_68_64		X_2_22_7	3715.163090
X_1_30_30		2024.260800		X_2_23_61	
5197.512400		X_1_68_72	-0.000000	3662.408180	

X_2_24_35		X_2_54_35		Y_0_0_8_8	
3531.117680		1563.073080		6291.545792	
X_2_25_50		X_2_55_35		Y_0_0_9_9	
3264.239900		1523.685930		4991.979907	
X_2_26_7	3418.804620	X_2_56_38	0.000000	Y_0_0_10_10	
X_2_27_8	3297.062520	X_2_56_50		3912.404384	
X_2_28_11	0.000000	1437.630980		Y_0_0_11_11	
X_2_28_28		X_2_57_6	0.000000	3133.221524	
3173.530100		X_2_57_33		Y_0_0_12_12	
X_2_29_29		1478.092320		2973.677309	
3337.881930		X_2_58_41		Y_0_0_13_13	
X_2_30_7	3118.507440	1474.989090		1986.635330	
X_2_31_70		X_2_59_6	1474.392320	Y_0_0_15_15	
2890.420040		X_2_60_33		3791.407059	
X_2_32_35		1347.398590		Y_0_0_16_16	
3012.997620		X_2_60_41	0.000000	3134.902043	
X_2_33_41		X_2_61_50		Y_0_0_18_18	
2832.890930		1417.459980		1704.360755	
X_2_34_16	0.000000	X_2_62_16	0.000000	Y_0_0_20_20	
X_2_34_34	-0.000000	X_2_62_40	-0.000000	2314.966612	
X_2_34_71		X_2_62_71		Y_0_0_21_21	
2795.055390		1466.156820		1652.527265	
X_2_35_17	0.000000	X_2_63_35		Y_0_0_22_22	
X_2_35_35	-0.000000	1365.182490		1634.671757	
X_2_35_44		X_2_64_44		Y_0_0_23_23	
2833.965120		1314.337260		1647.643259	
X_2_36_50		X_2_65_50		Y_0_0_24_24	
2523.284060		1349.785700		2241.443932	
X_2_37_35		X_2_66_50		Y_0_0_25_25	
2256.883700		1334.508260		2256.883695	
X_2_38_8	2472.558180	X_2_67_11	-0.000000	Y_0_0_26_26	
X_2_39_28		X_2_67_16	0.000000	1504.274033	
2294.480520		X_2_67_71		Y_0_0_28_28	
X_2_39_39	0.000000	1201.308070		2200.796393	
X_2_40_29		X_2_68_50		Y_0_0_29_29	
2289.348250		1214.556480		1468.668049	
X_2_41_41		X_2_69_35		Y_0_0_30_30	
2385.309680		1120.266030		1372.143274	
X_2_42_41		X_2_70_11		Y_0_0_31_31	
2031.660810		1118.117640		1271.784815	
X_2_43_50		X_2_71_11		Y_0_0_32_32	
1865.041230		1039.462690		1325.718953	
X_2_44_2	0.000000	X_2_71_16	0.000000	Y_0_0_33_33	
X_2_44_3	-0.000000	X_2_72_50	945.769020	2100.858065	
X_2_44_10		X_2_73_16	0.000000	Y_0_0_34_34	
1924.838090		X_2_73_34	-0.000000	1646.487902	
X_2_45_11		X_2_73_71	946.962570	Y_0_0_35_35	
1828.279890		X_2_74_28	924.881890	1917.366462	
X_2_45_28	0.000000	X_2_74_39	0.000000	Y_0_0_36_36	
X_2_46_33		X_2_75_61	82.235600	1110.244984	
1769.915300		X_2_76_28	702.404180	Y_0_0_37_37	
X_2_46_41	0.000000	X_2_76_39	0.000000	993.028826	
X_2_47_8	1787.102420	X_2_77_61	554.881400	Y_0_0_38_38	
X_2_47_10	-0.000000	Y_0_0_0_0		3262.726474	
X_2_48_11		24827.663744		Y_0_0_39_39	
1749.386230		Y_0_0_1_1		1725.577300	
X_2_48_16	0.000000	25490.103091		Y_0_0_40_40	
X_2_48_48	-0.000000	Y_0_0_2_2		1007.313232	
X_2_49_16	0.000000	20050.790192		Y_0_0_41_41	
X_2_49_34	-0.000000	Y_0_0_3_3		1049.536257	
X_2_49_71		18689.202675		Y_0_0_42_42	
1804.766960		Y_0_0_4_4		1542.925956	
X_2_50_8	1645.666740	12179.977234		Y_0_0_43_43	0.000000
X_2_51_2	0.000000	Y_0_0_5_5		Y_0_0_44_44	
X_2_51_33		8594.906324		3232.634691	
1537.889180		Y_0_0_6_6		Y_0_0_47_47	
X_2_52_35		7089.634484		786.325063	
1522.373030		Y_0_0_7_7		Y_0_0_48_48	-0.000000
X_2_53_70		6542.205615		Y_0_0_49_49	
1435.243870				794.097460	

Y_0_0_50_50	-0.000000	Y_0_1_25_50	Y_0_1_69_35	
Y_0_0_51_51		1162.637055	379.700082	
676.671237		Y_0_1_25_56	Y_0_1_71_11	0.000000
Y_0_0_52_52		Y_0_1_26_7	Y_0_1_72_50	
669.844131		Y_0_1_26_26	489.673780	
Y_0_0_55_55	0.000000	774.929047	Y_1_0_1_2	
Y_0_0_57_57	0.000000	Y_0_1_28_11	21256.299483	
Y_0_0_58_58	0.000000	Y_0_1_28_30	Y_1_0_1_3	
Y_0_0_60_60		1133.743597	30349.623575	
1371.618112		Y_0_1_29_5	Y_1_0_1_41	
Y_0_0_61_61	0.000000	Y_0_1_29_26	37485.110831	
Y_0_0_62_62		756.586571	Y_1_0_3_0	
645.109001		Y_0_1_30_22	2372.688641	
Y_0_0_63_63		Y_0_1_30_30	Y_1_0_3_2	
600.680296		706.861686	3110.605383	
Y_0_0_65_65		Y_0_1_31_11	Y_1_0_4_50	0.000000
593.905706		655.161875	Y_1_0_4_65	
Y_0_0_67_67		Y_0_1_32_35	3986.003455	
528.575553		682.946127	Y_1_0_5_42	
Y_0_0_69_69		Y_0_1_33_41	15516.016722	
737.064867		1082.260215	Y_1_0_5_58	-0.000000
Y_0_0_71_71	0.000000	Y_0_1_34_6	Y_1_0_6_42	
Y_0_0_72_72		848.190738	13163.762416	
950.543220		Y_0_1_35_44	Y_1_0_6_58	0.000000
Y_0_1_0_10		987.734238	Y_1_0_7_26	
12790.008596		Y_0_1_36_8	11460.017529	
Y_0_1_1_1		571.944386	Y_1_0_8_0	-0.000000
13131.265229		Y_0_1_37_35	Y_1_0_8_38	
Y_0_1_2_1		511.560304	5674.807079	
10329.194948		Y_0_1_38_8	Y_1_0_10_0	
Y_0_1_3_3		1680.798486	12537.775274	
9627.771075		Y_0_1_39_28	Y_1_0_11_7	
Y_0_1_4_50		888.933760	5518.696705	
6274.533726		Y_0_1_40_5	Y_1_0_12_11	
Y_0_1_5_42		518.918938	885.067054	
4427.679016		Y_0_1_40_29	Y_1_0_12_71	-0.000000
Y_0_1_6_42		Y_0_1_41_1	Y_1_0_14_33	
3652.235946		540.670193	3156.653294	
Y_0_1_7_26		Y_0_1_42_41	Y_1_0_16_11	
3370.227135		794.840644	4393.612711	
Y_0_1_8_10		Y_0_1_43_50	Y_1_0_18_44	
3241.099348		Y_0_1_44_10	841.862535	
Y_0_1_9_41		1665.296659	Y_1_0_20_4	
2571.626013		Y_0_1_45_11	5669.213304	
Y_0_1_10_3		Y_0_1_47_44	Y_1_0_26_26	0.000000
2015.481046		405.076547	Y_1_0_26_29	
Y_0_1_11_7		Y_0_1_48_11	2108.262849	
1614.083816		Y_0_1_49_6	Y_1_0_27_19	-0.000000
Y_0_1_12_11		409.080510	Y_1_0_28_7	
1531.894371		Y_0_1_50_8	1957.010227	
Y_0_1_12_70	0.000000	Y_0_1_51_3	Y_1_0_30_7	
Y_0_1_13_44		348.588213	1923.079588	
1023.418200		Y_0_1_52_35	Y_1_0_32_35	
Y_0_1_15_8		Y_0_1_52_44	3141.417634	
1953.149091		345.071219	Y_1_0_32_44	-0.000000
Y_0_1_16_11		Y_0_1_55_44	Y_1_0_34_6	
1614.949537		Y_0_1_57_33	583.960251	
Y_0_1_18_44		Y_0_1_58_42	Y_1_0_35_44	
878.004025		Y_0_1_60_41	8909.405158	
Y_0_1_20_50		706.591148	Y_1_0_38_15	0.000000
1192.558558		Y_0_1_61_50	Y_1_0_38_38	
Y_0_1_21_6		Y_0_1_62_5	6200.253540	
851.301925		332.328879	Y_1_0_39_28	
Y_0_1_22_7		Y_0_1_63_44	2418.422727	
842.103633		309.441364	Y_1_0_40_5	
Y_0_1_23_50		Y_0_1_65_50	904.130039	
848.785921		305.951424	Y_1_0_41_1	
Y_0_1_24_35		Y_0_1_67_11	10870.479189	
1154.683238		272.296497	Y_1_0_41_41	
		Y_0_1_69_32	26601.235913	

Y_1_0_42_41		Y_1_1_44_44		Y_1_2_44_1	
10629.710549		1037.075595		3318.641904	
Y_1_0_42_58	0.000000	Y_1_1_50_50		Y_1_2_50_1	
Y_1_0_44_2		630.821014		2018.627246	
2558.119801		Y_1_1_56_56		Y_1_2_56_1	
Y_1_0_50_15		6564.853226		21007.530322	
1556.025169		Y_1_1_64_64		Y_1_2_64_44	
Y_1_0_56_15		1476.242317		4723.975416	
16193.304623		Y_1_1_69_69	0.000000	Y_1_2_69_29	0.000000
Y_1_0_56_19	0.000000	Y_1_1_70_70		Y_1_2_70_11	
Y_1_0_64_44		2053.383418		6570.826939	
3641.397716		Y_1_1_71_71		Y_1_2_71_11	
Y_1_0_69_61	0.000000	999.090867		3197.090774	
Y_1_0_70_11		Y_1_1_73_73		Y_1_2_73_71	
5065.012432		451.191738		1443.813562	
Y_1_0_71_6		Y_1_2_1_41		Y_2_1_1_3	
2464.424139		115577.557478		46009.132497	
Y_1_0_73_6		Y_1_2_3_41		Y_2_1_2_1	0.000000
1112.939620		7113.462518		Y_2_1_6_42	
Y_1_1_1_1		Y_1_2_4_1		5960.564832	
36117.986712		5171.031509		Y_2_1_7_7	
Y_1_1_3_3		Y_1_2_5_29		7536.337284	
2222.957037		20128.886558		Y_2_1_8_10	
Y_1_1_4_4		Y_1_2_6_29		2760.716958	
1615.947347		17077.313405		Y_2_1_10_3	
Y_1_1_5_5		Y_1_2_7_7		6099.458244	
6290.277049		14867.049768		Y_2_1_11_7	
Y_1_1_6_6		Y_1_2_8_1		4822.204578	
5336.660439		7361.911886		Y_2_1_16_11	0.000000
Y_1_1_7_7		Y_1_2_10_1		Y_2_1_28_11	-0.000000
4645.953052		16265.221978		Y_2_1_28_30	
Y_1_1_8_8		Y_1_2_11_11		2128.589007	
2300.597465		7159.390320		Y_2_1_29_5	-0.000000
Y_1_1_10_10		Y_1_2_12_11		Y_2_1_29_26	
5082.881868		1148.195098		7548.332457	
Y_1_1_11_11		Y_1_2_14_33		Y_2_1_33_41	
2237.309475		4095.117787		1979.096868	
Y_1_1_12_12		Y_1_2_16_11		Y_2_1_34_6	-0.000000
358.810968		5699.821896		Y_2_1_35_44	
Y_1_1_14_14		Y_1_2_18_1		7285.262106	
1279.724309		1092.145992		Y_2_1_38_8	0.000000
Y_1_1_16_16		Y_1_2_20_40	-0.000000	Y_2_1_39_28	0.000000
1781.194343		Y_1_2_20_48		Y_2_1_40_5	-0.000000
Y_1_1_18_18		7354.655098		Y_2_1_41_1	
341.295623		Y_1_2_20_50	-0.000000	23400.693561	
Y_1_1_20_20		Y_1_2_26_7		Y_2_1_44_10	
2298.329718		2735.043696		1244.490714	
Y_1_1_26_26		Y_1_2_27_1	-0.000000	Y_2_1_48_11	-0.000000
854.701155		Y_1_2_28_11		Y_2_1_50_8	
Y_1_1_27_27	-0.000000	2538.824078		14663.621112	
Y_1_1_28_28		Y_1_2_30_7		Y_2_1_59_6	-0.000000
793.382524		2494.805952		Y_2_1_61_50	
Y_1_1_30_30		Y_1_2_32_35		2443.005888	
779.626860		4075.352606		Y_2_1_70_11	
Y_1_1_32_32		Y_1_2_34_16	0.000000	2894.633268	
1273.547689		Y_1_2_34_71		Y_2_1_70_28	0.000000
Y_1_1_34_34		757.570056		Y_2_1_71_6	0.000000
236.740643		Y_1_2_35_1		Y_2_1_71_11	
Y_1_1_35_35		11558.147232		2464.274943	
3611.921010		Y_1_2_38_1		Y_2_2_1_1	
Y_1_1_38_38		8043.572160		107354.642493	
2513.616300		Y_1_2_39_28		Y_2_2_2_2	0.000001
Y_1_1_39_39		3137.413267		Y_2_2_6_6	
980.441646		Y_1_2_40_29		13907.984608	
Y_1_1_40_40		1172.925456		Y_2_2_7_7	
366.539205		Y_1_2_41_29		17584.786996	
Y_1_1_41_41		48611.954726		Y_2_2_8_8	
15191.235852		Y_1_2_42_29		6441.672902	
Y_1_1_42_42		13789.894766		Y_2_2_10_10	
4309.342115				14232.069236	

Y_2_2_11_11		Z_0_0_16_3		Z_0_0_49_3	
11251.810682		407.537266		103.232670	
Y_2_2_16_16	0.000000	Z_0_0_18_2		Z_0_0_50_2	0.000000
Y_2_2_28_28		221.566898		Z_0_0_51_1	0.000000
4966.707683		Z_0_0_18_3	0.000000	Z_0_0_51_3	87.967261
Y_2_2_29_29		Z_0_0_20_2		Z_0_0_52_2	87.079737
17612.775733		300.945660		Z_0_0_55_2	0.000000
Y_2_2_33_33		Z_0_0_20_3	-0.000000	Z_0_0_57_3	0.000000
4617.892692		Z_0_0_21_1	0.000000	Z_0_0_58_3	-0.000000
Y_2_2_34_34	-0.000000	Z_0_0_21_2	-0.000000	Z_0_0_60_1	0.000000
Y_2_2_35_35		Z_0_0_21_3		Z_0_0_60_3	
16998.944914		214.828545		178.310355	
Y_2_2_38_38	0.000000	Z_0_0_22_1	-0.000000	Z_0_0_61_2	0.000000
Y_2_2_39_39	0.000000	Z_0_0_22_3		Z_0_0_62_3	83.864170
Y_2_2_40_40	-0.000000	212.507328		Z_0_0_63_2	78.088438
Y_2_2_41_41		Z_0_0_23_2		Z_0_0_65_2	
54601.618309		214.193624		595.388191	
Y_2_2_44_44		Z_0_0_24_2		Z_0_0_65_3	0.000000
2903.811666		291.387711		Z_0_0_67_3	68.714822
Y_2_2_48_48	-0.000000	Z_0_0_24_3	0.000000	Z_0_0_69_2	95.818433
Y_2_2_50_50		Z_0_0_25_2		Z_0_0_72_2	
34215.115928		293.394880		123.570619	
Y_2_2_59_59	-0.000000	Z_0_0_26_1	0.000000	Z_0_0_72_3	0.000000
Y_2_2_61_61		Z_0_0_26_3		Z_0_1_0_2	
5700.347072		1685.357903		3973.812766	
Y_2_2_70_70		Z_0_0_28_3		Z_0_1_1_2	
6754.144292		600.498486		3636.058228	
Y_2_2_71_71		Z_0_0_29_3		Z_0_1_2_1	0.000000
5749.974867		465.001017		Z_0_1_2_2	
Z_0_0_0_3		Z_0_0_30_1	0.000000	4697.581486	
5165.956596		Z_0_0_30_3		Z_0_1_3_2	
Z_0_0_1_1	-0.000000	178.378626		4903.882625	
Z_0_0_1_3		Z_0_0_31_1	0.000000	Z_0_1_4_3	
4726.875696		Z_0_0_31_3		1784.919054	
Z_0_0_2_1	0.000000	165.332026		Z_0_1_5_1	-0.000000
Z_0_0_2_2	-0.000000	Z_0_0_32_2		Z_0_1_5_2	949.903636
Z_0_0_2_3		172.343464		Z_0_1_6_1	0.000000
6106.855932		Z_0_0_32_3	0.000000	Z_0_1_6_2	
Z_0_0_3_3		Z_0_0_33_1	0.000000	1125.095849	
6375.047412		Z_0_0_33_3		Z_0_1_6_4	-0.000000
Z_0_0_4_2		683.476477		Z_0_1_7_1	-0.000000
2320.394770		Z_0_0_34_3		Z_0_1_7_2	
Z_0_0_4_3	-0.000000	214.043427		1594.099214	
Z_0_0_5_1	0.000000	Z_0_0_35_2		Z_0_1_8_1	-0.000000
Z_0_0_5_3		657.641932		Z_0_1_8_2	0.000000
1234.874727		Z_0_0_36_2		Z_0_1_8_3	629.154579
Z_0_0_6_1	0.000000	144.331848		Z_0_1_9_1	0.000000
Z_0_0_6_3		Z_0_0_36_3	0.000000	Z_0_1_9_2	499.197991
1462.624604		Z_0_0_37_2		Z_0_1_10_2	
Z_0_0_7_1	0.000000	129.093747		391.240438	
Z_0_0_7_3		Z_0_0_37_3	-0.000000	Z_0_1_11_2	
2072.328978		Z_0_0_38_2		1347.691372	
Z_0_0_8_2	817.900953	1967.912322		Z_0_1_12_2	
Z_0_0_8_3	-0.000000	Z_0_0_39_3		297.367731	
Z_0_0_9_1	0.000000	224.325049		Z_0_1_13_2	0.000000
Z_0_0_9_3	648.957388	Z_0_0_40_1	0.000000	Z_0_1_13_3	
Z_0_0_10_1	0.000000	Z_0_0_40_3		198.663533	
Z_0_0_10_3		130.950720		Z_0_1_15_3	
508.612570		Z_0_0_41_3		2154.073685	
Z_0_0_11_3		9849.527162		Z_0_1_16_2	
1751.998784		Z_0_0_42_3		313.490204	
Z_0_0_12_1	-0.000000	3928.951662		Z_0_1_18_2	-0.000000
Z_0_0_12_3		Z_0_0_43_2	0.000000	Z_0_1_18_3	
386.578050		Z_0_0_44_3		170.436075	
Z_0_0_13_2		2161.289013		Z_0_1_20_3	
258.262593		Z_0_0_47_2		231.496661	
Z_0_0_13_3	-0.000000	102.222258		Z_0_1_21_2	
Z_0_0_15_2		Z_0_0_48_3	-0.000000	165.252727	
2800.295791		Z_0_0_49_1	-0.000000	Z_0_1_22_2	
				163.467176	

Z_0_1_23_3		Z_0_1_65_3		Z_0_2_26_0	
164.764326		457.990916		3889.287469	
Z_0_1_24_1	-0.000000	Z_0_1_67_2	52.857555	Z_0_2_26_4	0.000000
Z_0_1_24_3		Z_0_1_69_3	73.706487	Z_0_2_28_0	
224.144393		Z_0_1_72_3	95.054322	1385.765736	
Z_0_1_25_3		Z_0_2_0_4		Z_0_2_29_0	
225.688369		11921.438298		1073.079269	
Z_0_1_25_4	0.000000	Z_0_2_1_1	0.000000	Z_0_2_29_4	0.000000
Z_0_1_26_1	-0.000000	Z_0_2_1_4		Z_0_2_30_0	
Z_0_1_26_2		10908.174684		411.642982	
1296.429156		Z_0_2_1_5	-0.000000	Z_0_2_30_4	0.000000
Z_0_1_28_2		Z_0_2_2_5		Z_0_2_31_0	
461.921912		14092.744458		381.535445	
Z_0_1_29_1	0.000000	Z_0_2_3_5		Z_0_2_31_4	-0.000000
Z_0_1_29_2		14711.647875		Z_0_2_32_1	0.000000
357.693090		Z_0_2_4_3		Z_0_2_32_3	0.000000
Z_0_1_30_1	0.000000	5354.757161		Z_0_2_32_5	
Z_0_1_30_2		Z_0_2_4_5	0.000000	397.715686	
137.214327		Z_0_2_5_0		Z_0_2_33_1	-0.000000
Z_0_1_31_1	0.000000	2849.710909		Z_0_2_33_4	
Z_0_1_31_2		Z_0_2_5_4	0.000000	1577.253408	
127.178482		Z_0_2_6_0	0.000000	Z_0_2_33_5	-0.000000
Z_0_1_32_2	0.000000	Z_0_2_6_1	-0.000000	Z_0_2_34_0	
Z_0_1_32_3		Z_0_2_6_4		493.946371	
132.571895		3375.287548		Z_0_2_34_4	0.000000
Z_0_1_33_2		Z_0_2_7_0		Z_0_2_35_1	-0.000000
525.751136		4782.297641		Z_0_2_35_3	-0.000000
Z_0_1_34_1	0.000000	Z_0_2_7_4	0.000000	Z_0_2_35_5	
Z_0_1_34_2		Z_0_2_8_1	-0.000000	1517.635229	
164.648790		Z_0_2_8_3	0.000000	Z_0_2_36_3	
Z_0_1_35_2	0.000000	Z_0_2_8_5		333.073495	
Z_0_1_35_3		1887.463738		Z_0_2_36_5	0.000000
505.878410		Z_0_2_9_1	-0.000000	Z_0_2_37_3	
Z_0_1_35_4	0.000000	Z_0_2_9_2	0.000000	297.908648	
Z_0_1_36_3		Z_0_2_9_4		Z_0_2_37_5	0.000000
111.024498		1497.593972		Z_0_2_38_3	
Z_0_1_37_2	-0.000000	Z_0_2_9_5	0.000000	4541.336128	
Z_0_1_37_3	99.302883	Z_0_2_10_5		Z_0_2_39_0	
Z_0_1_38_3		1173.721315		517.673190	
1513.778709		Z_0_2_11_0		Z_0_2_39_2	0.000000
Z_0_1_39_2		4043.074117		Z_0_2_40_0	
172.557730		Z_0_2_12_0		302.193970	
Z_0_1_40_2		892.103193		Z_0_2_40_4	0.000000
100.731323		Z_0_2_12_4	0.000000	Z_0_2_41_1	-0.000000
Z_0_1_41_2		Z_0_2_13_3		Z_0_2_41_2	-0.000000
7576.559355		595.990599		Z_0_2_41_4	
Z_0_1_42_2		Z_0_2_13_5	0.000000	22729.678065	
3022.270509		Z_0_2_15_3		Z_0_2_42_2	-0.000000
Z_0_1_43_3	0.000000	6462.221055		Z_0_2_42_4	
Z_0_1_44_2		Z_0_2_16_0		9066.811528	
1662.530010		940.470613		Z_0_2_43_3	0.000000
Z_0_1_45_2	0.000000	Z_0_2_16_4	-0.000000	Z_0_2_44_5	
Z_0_1_47_3	78.632506	Z_0_2_18_1	-0.000000	4987.590030	
Z_0_1_48_2	-0.000000	Z_0_2_18_5		Z_0_2_47_5	
Z_0_1_49_2	79.409746	511.308226		235.897519	
Z_0_1_50_3	0.000000	Z_0_2_20_3		Z_0_2_48_0	-0.000000
Z_0_1_51_2	67.667124	694.489984		Z_0_2_49_0	
Z_0_1_52_3	66.984413	Z_0_2_21_4		238.229238	
Z_0_1_55_3	0.000000	495.758180		Z_0_2_49_2	0.000000
Z_0_1_57_2	0.000000	Z_0_2_21_5	0.000000	Z_0_2_50_3	0.000000
Z_0_1_58_2	-0.000000	Z_0_2_22_0		Z_0_2_51_1	0.000000
Z_0_1_60_1	-0.000000	490.401527		Z_0_2_51_5	
Z_0_1_60_2		Z_0_2_22_2	0.000000	203.001371	
137.161811		Z_0_2_23_3		Z_0_2_52_1	0.000000
Z_0_1_61_3	0.000000	494.292978		Z_0_2_52_5	
Z_0_1_62_2	64.510900	Z_0_2_24_3	-0.000000	200.953239	
Z_0_1_63_3	60.068030	Z_0_2_24_5		Z_0_2_55_5	0.000000
Z_0_1_65_1	0.000000	672.433180		Z_0_2_57_4	0.000000
Z_0_1_65_2	-0.000000	Z_0_2_25_3		Z_0_2_58_2	-0.000000
		677.065108			



Z_0_2_60_4		Z_0_3_21_2		Z_0_3_52_6	
411.485433		578.384543		234.445446	
Z_0_2_60_5	0.000000	Z_0_3_22_0		Z_0_3_55_6	0.000000
Z_0_2_61_3	0.000000	572.135115		Z_0_3_57_2	0.000000
Z_0_2_62_0		Z_0_3_22_2	-0.000000	Z_0_3_58_5	-0.000000
193.532700		Z_0_3_23_4		Z_0_3_60_2	
Z_0_2_62_2	0.000000	576.675141		480.066339	
Z_0_2_63_1	0.000000	Z_0_3_24_4	0.000000	Z_0_3_60_6	0.000000
Z_0_2_63_5		Z_0_3_24_6		Z_0_3_61_4	0.000000
180.204089		784.505376		Z_0_3_62_0	
Z_0_2_65_3		Z_0_3_25_4		225.788150	
1373.972748		789.909293		Z_0_3_62_2	0.000000
Z_0_2_65_5	0.000000	Z_0_3_26_0		Z_0_3_63_6	
Z_0_2_67_0		4537.502047		210.238103	
158.572666		Z_0_3_26_2	0.000000	Z_0_3_65_4	
Z_0_2_67_4	0.000000	Z_0_3_28_0		1602.968206	
Z_0_2_69_3		1616.726692		Z_0_3_67_0	
221.119460		Z_0_3_29_0		185.001444	
Z_0_2_72_3		1251.925814		Z_0_3_69_4	
285.162966		Z_0_3_29_2	-0.000000	257.972703	
Z_0_3_0_6		Z_0_3_30_0		Z_0_3_72_4	
13908.344681		480.250146		332.690127	
Z_0_3_1_1	0.000000	Z_0_3_30_2	0.000000	Z_0_4_0_1	
Z_0_3_1_2		Z_0_3_31_0		4768.575319	
12726.203798		445.124685		Z_0_4_1_1	
Z_0_3_1_3	0.000000	Z_0_3_31_2	0.000000	4363.269874	
Z_0_3_1_6	-0.000000	Z_0_3_32_1	0.000000	Z_0_4_1_2	0.000000
Z_0_3_2_6		Z_0_3_32_3	0.000000	Z_0_4_2_1	
16441.535201		Z_0_3_32_4	-0.000000	5637.097783	
Z_0_3_3_2	-0.000000	Z_0_3_32_6		Z_0_4_3_1	
Z_0_3_3_6		464.001633		5884.659150	
17163.589188		Z_0_3_33_2		Z_0_4_4_2	
Z_0_3_4_4		1840.128976		2141.902865	
6247.216688		Z_0_3_34_0		Z_0_4_5_1	
Z_0_3_5_0		576.270766		1139.884364	
3324.662727		Z_0_3_34_5	0.000000	Z_0_4_6_1	
Z_0_3_5_2	0.000000	Z_0_3_35_6		1350.115019	
Z_0_3_6_2		1770.574434		Z_0_4_7_1	
3937.835473		Z_0_3_36_4		1912.919056	
Z_0_3_6_3	-0.000000	388.585744		Z_0_4_8_1	-0.000000
Z_0_3_7_0		Z_0_3_37_4		Z_0_4_8_2	754.985495
5579.347247		347.560089		Z_0_4_9_1	599.037589
Z_0_3_7_2	-0.000000	Z_0_3_37_6	0.000000	Z_0_4_10_1	
Z_0_3_8_3	-0.000000	Z_0_3_38_4		469.488526	
Z_0_3_8_4	-0.000000	5298.225482		Z_0_4_11_1	
Z_0_3_8_6		Z_0_3_39_0		1617.229647	
2202.041027		603.952055		Z_0_4_12_1	
Z_0_3_9_2		Z_0_3_40_0		356.841277	
1747.192968		352.559631		Z_0_4_13_1	0.000000
Z_0_3_10_5	-0.000000	Z_0_3_40_2	0.000000	Z_0_4_13_2	
Z_0_3_10_6		Z_0_3_41_2		238.396240	
1369.341534		26517.957742		Z_0_4_15_2	
Z_0_3_11_0		Z_0_3_42_2		2584.888422	
4716.919803		10577.946783		Z_0_4_16_1	
Z_0_3_12_0		Z_0_3_42_5	-0.000000	376.188245	
1040.787058		Z_0_3_43_4	0.000000	Z_0_4_18_2	
Z_0_3_12_2	0.000000	Z_0_3_44_1	-0.000000	204.523291	
Z_0_3_13_4		Z_0_3_44_3	-0.000000	Z_0_4_20_2	
695.322365		Z_0_3_44_5	0.000000	277.795993	
Z_0_3_13_6	-0.000000	Z_0_3_44_6		Z_0_4_21_1	
Z_0_3_15_4		5818.855035		198.303272	
7539.257898		Z_0_3_47_6		Z_0_4_22_1	
Z_0_3_16_0		275.213772		196.160611	
1097.215715		Z_0_3_48_0	-0.000000	Z_0_4_23_2	
Z_0_3_18_4	0.000000	Z_0_3_49_0		197.717191	
Z_0_3_18_6		277.934111		Z_0_4_24_2	
596.526264		Z_0_3_49_5	0.000000	268.973272	
Z_0_3_20_4		Z_0_3_50_4	0.000000	Z_0_4_25_2	
810.238314		Z_0_3_51_6		270.826043	
		236.834933			

Z_0_4_26_1		Z_1_0_10_1		Z_2_0_10_1	
1555.714987		26784.494142		14232.069236	
Z_0_4_28_1		Z_1_0_11_0		Z_2_0_11_0	
554.306294		11670.519966		37565.959788	
Z_0_4_29_1		Z_1_0_12_0		Z_2_0_16_0	0.000000
429.231708		358.810968		Z_2_0_28_0	
Z_0_4_30_1		Z_1_0_14_1		8104.120950	
164.657193		1279.724309		Z_2_0_29_0	
Z_0_4_31_1		Z_1_0_16_0		118393.750645	
152.614178		1781.194342		Z_2_0_33_1	
Z_0_4_32_2		Z_1_0_16_2	0.000000	8713.010479	
159.086274		Z_1_0_18_1		Z_2_0_34_0	-0.000000
Z_0_4_33_1		341.295623		Z_2_0_35_1	
630.901363		Z_1_0_20_1		21074.297520	
Z_0_4_34_1		2298.329718		Z_2_0_38_1	0.000000
197.578548		Z_1_0_22_0	0.000000	Z_2_0_39_0	0.000000
Z_0_4_35_2		Z_1_0_26_0		Z_2_0_40_0	-0.000000
607.054092		13304.776365		Z_2_0_41_1	
Z_0_4_36_2		Z_1_0_27_1	-0.000000	177292.638306	
133.229398		Z_1_0_28_0		Z_2_0_44_1	
Z_0_4_37_2		1682.316285		7627.787082	
119.163459		Z_1_0_29_0	-0.000000	Z_2_0_48_0	
Z_0_4_38_2		Z_1_0_30_0		7354.655098	
1816.534451		4748.821150		Z_2_0_50_1	
Z_0_4_39_1		Z_1_0_32_1		34215.115928	
207.069276		1273.547690		Z_2_0_59_0	-0.000000
Z_0_4_40_1		Z_1_0_33_2	0.000000	Z_2_0_61_1	
120.877588		Z_1_0_34_2		5700.347072	
Z_0_4_41_1		236.740643		Z_2_0_70_0	
9091.871226		Z_1_0_35_1		6754.144292	
Z_0_4_42_1		6340.810761		Z_2_0_71_0	
3626.724611		Z_1_0_38_1		7951.358485	
Z_0_4_43_2	0.000000	2513.616300		TCO_0_0	
Z_0_4_44_1		Z_1_0_39_0		26409.000000	
1995.036012		980.441646		TCO_0_1	
Z_0_4_47_2	94.359008	Z_1_0_39_2	0.000000	26409.000000	
Z_0_4_48_1	-0.000000	Z_1_0_40_2		TCO_0_2	
Z_0_4_49_1	95.291695	366.539205		26409.000000	
Z_0_4_50_2	0.000000	Z_1_0_41_1	-0.000000	TCO_0_3	
Z_0_4_51_1	81.200548	Z_1_0_41_2		26409.000000	
Z_0_4_52_2	80.381296	22325.650740		TCO_0_4	
Z_0_4_55_2	0.000000	Z_1_0_42_2		26409.000000	
Z_0_4_57_1	0.000000	18349.821908		TCO_0_5	
Z_0_4_58_1	-0.000000	Z_1_0_44_1		26409.000000	
Z_0_4_60_1		12271.083295		TCO_0_6	
164.594173		Z_1_0_50_1		26409.000000	
Z_0_4_61_2	0.000000	13347.967367		TCO_0_7	
Z_0_4_62_1	77.413080	Z_1_0_56_1		26409.000000	
Z_0_4_63_2	72.081635	6564.853225		TCO_0_8	
Z_0_4_65_2		Z_1_0_64_1		26409.000000	
549.589099		1476.242317		TCO_0_9	
Z_0_4_67_1	63.429066	Z_1_0_69_1	0.000000	26409.000000	
Z_0_4_69_2	88.447784	Z_1_0_70_0		TCO_0_10	
Z_0_4_71_1	-0.000000	2053.383419		26409.000000	
Z_0_4_72_2		Z_1_0_71_0		TCO_0_11	
114.065186		999.090867		26409.000000	
Z_1_0_1_1		Z_1_0_73_2		TCO_0_12	
83519.810643		451.191738		26409.000000	
Z_1_0_3_1		Z_2_0_1_1		TCO_0_13	
66323.388112		183191.472721		26409.000000	
Z_1_0_4_1		Z_2_0_2_1	0.000001	TCO_0_15	
1615.947347		Z_2_0_6_0		26409.000000	
Z_1_0_5_2		8261.681555		TCO_0_16	
7141.524867		Z_2_0_6_1		26409.000000	
Z_1_0_6_2		5646.303053		TCO_0_18	
7445.233611		Z_2_0_7_0		26409.000000	
Z_1_0_7_0		37681.686412		TCO_0_20	
19460.682363		Z_2_0_8_1		26409.000000	
Z_1_0_8_1		6441.672902		TCO_0_21	
21170.110540				26409.000000	

TCO_0_22		TCO_1_4	1163.000000	TCO_2_29	
26409.000000		TCO_1_5	1163.000000	50000.000000	
TCO_0_23		TCO_1_6	1163.000000	TCO_2_33	
26409.000000		TCO_1_7	1163.000000	49999.999996	
TCO_0_24		TCO_1_8	1163.000000	TCO_2_34	-0.000000
26409.000000		TCO_1_10		TCO_2_35	
TCO_0_25		1163.000000		50000.000000	
26409.000000		TCO_1_11		TCO_2_38	0.000000
TCO_0_26		1163.000000		TCO_2_39	0.000000
26409.000000		TCO_1_12		TCO_2_40	-0.000000
TCO_0_28		1163.000000		TCO_2_41	
26409.000000		TCO_1_14		50000.000000	
TCO_0_29		1163.000000		TCO_2_44	
26409.000000		TCO_1_16		50000.000000	
TCO_0_30		1163.000000		TCO_2_48	
26409.000000		TCO_1_18		50000.000000	
TCO_0_31		1163.000000		TCO_2_50	
26409.000000		TCO_1_20		50000.000000	
TCO_0_32		1163.000000		TCO_2_61	
26409.000000		TCO_1_26		50000.000000	
TCO_0_33		1163.000000		TCO_2_70	
26409.000000		TCO_1_28		50000.000000	
TCO_0_34		1163.000000		TCO_2_71	
26409.000000		TCO_1_30		50000.000000	
TCO_0_35		1163.000000		TCI_0_0	237472.220000
26408.999995		TCO_1_32		TCI_0_1	237472.220000
TCO_0_36		1163.000000		TCI_0_2	237472.220000
26409.000000		TCO_1_34		TCI_0_3	237472.220000
TCO_0_37		1163.000000		TCI_0_4	237472.220000
26409.000000		TCO_1_35		TCI_0_5	237472.220000
TCO_0_38		1163.000000		TCI_0_6	315292.220000
26409.000000		TCO_1_38		TCI_0_7	237472.220000
TCO_0_39		1163.000000		TCI_0_8	237472.220000
26409.000000		TCO_1_39		TCI_0_9	315292.220000
TCO_0_40		1163.000000		TCI_0_10	
26409.000000		TCO_1_40		237472.220000	
TCO_0_41		1163.000000		TCI_0_11	
26409.000000		TCO_1_41		237472.220000	
TCO_0_42		1163.000000		TCI_0_12	
26409.000000		TCO_1_42		237472.220000	
TCO_0_43	0.000000	1163.000000		TCI_0_13	
TCO_0_44		TCO_1_44		237472.220000	
26409.000000		1163.000000		TCI_0_15	
TCO_0_47		TCO_1_50		237472.220000	
26409.000000		1163.000000		TCI_0_16	
TCO_0_48	-0.000000	TCO_1_56		276382.220000	
TCO_0_49		1163.000000		TCI_0_18	
26409.000000		TCO_1_64		237472.220000	
TCO_0_51		1163.000000		TCI_0_20	
26409.000000		TCO_1_70		276382.220000	
TCO_0_52		1163.000000		TCI_0_21	
26409.000000		TCO_1_71		315292.220000	
TCO_0_57	0.000004	1163.000000		TCI_0_22	
TCO_0_60		TCO_1_73		315292.220000	
26409.000000		1163.000000		TCI_0_23	
TCO_0_61	0.000000	TCO_2_1		354202.220000	
TCO_0_62		50000.000000		TCI_0_24	
26409.000000		TCO_2_2	0.000004	315292.220000	
TCO_0_63		TCO_2_6		TCI_0_25	
26409.000000		50000.000000		276382.220000	
TCO_0_65		TCO_2_7		TCI_0_26	
26409.000000		50000.000000		276382.220000	
TCO_0_67		TCO_2_8		TCI_0_28	
26409.000000		50000.000000		315292.220000	
TCO_0_69		TCO_2_10		TCI_0_29	
26409.000000		50000.000000		237472.220000	
TCO_0_72		TCO_2_11		TCI_0_30	
26409.000000		50000.000000		237472.220000	
TCO_1_1	4983.000000	TCO_2_28		TCI_0_31	
TCO_1_3	1163.000000	50000.000000		237472.220000	

TCI_0_32		TCI_1_38	59368.055000	TFO_0_3_6	
237472.220000		TCI_1_39	78823.055000	288500.000000	
TCI_0_33		TCI_1_40	59368.055000	TFO_0_4_1	
237472.220000		TCI_1_41	59368.055000	318500.000000	
TCI_0_34		TCI_1_42	59368.055000	TFO_0_4_2	
237472.220000		TCI_1_44	59368.055000	318500.000000	
TCI_0_35		TCI_1_50	69095.555000	TFO_1_0_0	
237472.219958		TCI_1_56	69095.555000	355550.000000	
TCI_0_36		TCI_1_64	59368.055000	TFO_1_0_1	
315292.220000		TCI_1_70	59368.055000	355550.000000	
TCI_0_37		TCI_1_71	59368.055000	TFO_1_0_2	
237472.220000		TCI_1_73	59368.055000	355550.000001	
TCI_0_38		TCI_2_1	266477.030000	TFO_2_0_0	
237472.220000		TCI_2_2	0.000020	355550.000000	
TCI_0_39		TCI_2_6	344297.030000	TFO_2_0_1	
315292.220000		TCI_2_7	266477.030000	355550.000000	
TCI_0_40		TCI_2_8	266477.030000	TFI_0_2_0	
237472.220000		TCI_2_10		4000000.000000	
TCI_0_41		266477.029998		TFI_0_3_0	
237472.220000		TCI_2_11		3669000.000000	
TCI_0_42		266477.030000		TFI_1_0_0	
237472.220000		TCI_2_28		4673700.000000	
TCI_0_43	0.000000	344297.029998		TFI_2_0_0	
TCI_0_44		TCI_2_29		4673700.000000	
237472.220000		266477.030000		VIn_0_0	77355.800000
TCI_0_47		TCI_2_33		VOut_0_0	
354202.220000		266477.029980		77355.800000	
TCI_0_48	-0.000000	TCI_2_34	-0.000001	VIn_0_1	74981.950600
TCI_0_49		TCI_2_35		VOut_0_1	
237472.220000		266477.030000		74981.950600	
TCI_0_51		TCI_2_38	0.000001	VIn_0_2	77355.800000
315292.220000		TCI_2_39	0.000002	VOut_0_2	
TCI_0_52		TCI_2_40	-0.000001	77355.800000	
315292.219999		TCI_2_41		VIn_0_3	77355.800000
TCI_0_57	0.000038	266477.030000		VOut_0_3	
TCI_0_60		TCI_2_44		77355.800000	
237472.220000		266477.030000		VIn_0_4	36303.701498
TCI_0_61	0.000000	TCI_2_48		VOut_0_4	
TCI_0_62		266477.030000		36303.701498	
237472.220000		TCI_2_50		VIn_0_5	22521.621703
TCI_0_63		305387.030000		VOut_0_5	
237472.220000		TCI_2_61		22521.621703	
TCI_0_65		266477.030000		VIn_0_6	21992.828924
237472.220000		TCI_2_70		VOut_0_6	
TCI_0_67		266477.030000		21992.828924	
237472.220000		TCI_2_71		VIn_0_7	25853.424885
TCI_0_69		266477.030001		VOut_0_7	
315292.220000		TFO_0_0_2		25853.424885	
TCI_0_72		741950.000000		VIn_0_8	15824.190932
237472.220000		TFO_0_0_3		VOut_0_8	
TCI_1_1	133238.515000	741950.000000		15824.190932	
TCI_1_3	59368.055000	TFO_0_1_2		VIn_0_9	12555.585827
TCI_1_4	59368.055000	355550.000000		VOut_0_9	
TCI_1_5	59368.055000	TFO_0_1_3		12555.585827	
TCI_1_6	78823.055000	355550.000000		VIn_0_10	9840.289814
TCI_1_7	59368.055000	TFO_0_2_0		VOut_0_10	
TCI_1_8	59368.055000	635000.000000		9840.289814	
TCI_1_10	59368.055000	TFO_0_2_3		VIn_0_11	18224.219063
TCI_1_11	59368.055000	635000.000000		VOut_0_11	
TCI_1_12	59368.055000	TFO_0_2_4		18224.219063	
TCI_1_14	59368.055000	635000.000000		VIn_0_12	7479.248989
TCI_1_16	69095.555000	TFO_0_2_5		VOut_0_12	
TCI_1_18	59368.055000	635000.000000		7479.248989	
TCI_1_20	69095.555000	TFO_0_3_0		VIn_0_13	4996.688860
TCI_1_26	69095.555000	288500.000000		VOut_0_13	
TCI_1_28	78823.055000	TFO_0_3_2		4996.688860	
TCI_1_30	59368.055000	288500.000001		VIn_0_15	27285.293001
TCI_1_32	59368.055000	TFO_0_3_4		VOut_0_15	
TCI_1_34	59368.055000	288500.000000		27285.293001	
TCI_1_35	59368.055000			VIn_0_16	7884.753623

VOut_0_16		VOut_0_42		VOut_1_14	
7884.753623		32560.471694		9811.219698	
VIn_0_18	4286.725535	VIn_0_44	21523.231451	VIn_1_16	13655.823293
VOut_0_18		VOut_0_44		VOut_1_16	
4286.725535		21523.231451		13655.823293	
VIn_0_20	5822.491782	VIn_0_47	1977.726673	VIn_1_18	2616.599772
VOut_0_20		VOut_0_47		VOut_1_18	
5822.491782		1977.726673		2616.599772	
VIn_0_21	4156.356455	VIn_0_49	1997.275430	VIn_1_20	17620.527838
VOut_0_21		VOut_0_49		VOut_1_20	
4156.356455		1997.275430		17620.527838	
VIn_0_22	4111.447147	VIn_0_51	1701.930687	VIn_1_22	0.000000
VOut_0_22		VOut_0_51		VOut_1_22	0.000000
4111.447147		1701.930687		VIn_1_26	19002.784065
VIn_0_23	4144.072439	VIn_0_52	1684.759481	VOut_1_26	
VOut_0_23		VOut_0_52		19002.784065	
4144.072439		1684.759481		VIn_1_28	6971.533115
VIn_0_24	5637.571102	VIn_0_60	3449.827372	VOut_1_28	
VOut_0_24		VOut_0_60		6971.533115	
5637.571102		3449.827372		VIn_1_30	9946.333550
VIn_0_25	5676.404445	VIn_0_62	1622.546881	VOut_1_30	
VOut_0_25		VOut_0_62		9946.333550	
5676.404445		1622.546881		VIn_1_32	9763.865620
VIn_0_26	15243.494642	VIn_0_63	1510.801956	VOut_1_32	
VOut_0_26		VOut_0_63		9763.865620	
15243.494642		1510.801956		VIn_1_33	0.000000
VIn_0_28	7953.759110	VIn_0_65	5479.766291	VOut_1_33	0.000000
VOut_0_28		VOut_0_65		VIn_1_34	1815.011593
7953.759110		5479.766291		VOut_1_34	
VIn_0_29	5802.185518	VIn_0_67	1329.447603	1815.011593	
VOut_0_29		VOut_0_67		VIn_1_35	30420.284161
5802.185518		1329.447603		VOut_1_35	
VIn_0_30	3451.148234	VIn_0_69	1853.829817	30420.284161	
VOut_0_30		VOut_0_69		VIn_1_38	19271.058300
3451.148234		1853.829817		VOut_1_38	
VIn_0_31	3198.731505	VIn_0_72	2390.760220	19271.058300	
VOut_0_31		VOut_0_72		VIn_1_39	7516.719286
3198.731505		2390.760220		VOut_1_39	
VIn_0_32	3334.384033	VIn_1_1	324306.388723	7516.719286	
VOut_0_32		VOut_1_1		VIn_1_40	2810.133905
3334.384033		324306.388723		VOut_1_40	
VIn_0_33	8440.629639	VIn_1_3	81143.101692	2810.133905	
VOut_0_33		VOut_1_3		VIn_1_41	123600.556420
8440.629639		81143.101692		VOut_1_41	
VIn_0_34	4141.166542	VIn_1_4	12388.929657	123600.556420	
VOut_0_34		VOut_1_4		VIn_1_42	47078.769338
4141.166542		12388.929657		VOut_1_42	
VIn_0_35	7963.884796	VIn_1_5	49076.705197	47078.769338	
VOut_0_35		VOut_1_5		VIn_1_44	19184.920595
7963.884796		49076.705197		VOut_1_44	
VIn_0_36	2792.434354	VIn_1_6	43022.969871	19184.920595	
VOut_0_36		VOut_1_6		VIn_1_50	17553.440797
2792.434354		43022.969871		VOut_1_50	
VIn_0_37	2497.617956	VIn_1_7	50433.702713	17553.440797	
VOut_0_37		VOut_1_7		VIn_1_56	50330.541395
2497.617956		50433.702713		VOut_1_56	
VIn_0_38	20081.312053	VIn_1_8	36507.426970	50330.541395	
VOut_0_38		VOut_1_8		VIn_1_64	11317.857768
20081.312053		36507.426970		VOut_1_64	
VIn_0_39	4340.088360	VIn_1_10	60670.373262	11317.857768	
VOut_0_39		VOut_1_10		VIn_1_69	0.000000
4340.088360		60670.373262		VOut_1_69	0.000000
VIn_0_40	2533.545402	VIn_1_11	26585.916466	VIn_1_70	15742.606209
VOut_0_40		VOut_1_11		VOut_1_70	
2533.545402		26585.916466		VIn_1_71	7659.696647
VIn_0_41	77355.800000	VIn_1_12	2750.884088	15742.606209	
VOut_0_41		VOut_1_12		VIn_1_71	7659.696647
77355.800000		2750.884088		VOut_1_71	
VIn_0_42	32560.471694	VIn_1_14	9811.219698	7659.696647	
				VIn_1_73	3459.136658

VOut_1_73		VAux_0_0		VAux_0_41	
3459.136658		39738.127660		75765.593550	
VIn_2_1	336555.247711	VAux_0_1		VAux_0_42	
VOut_2_1		36360.582280		30222.705094	
336555.247711		VAux_0_2		VAux_0_43	0.000000
VIn_2_2	0.000002	46975.814860		VAux_0_44	
VOut_2_2	0.000002	VAux_0_3		16625.300101	
VIn_2_6	33776.534048	49038.826250		VAux_0_47	786.325063
VOut_2_6		VAux_0_4		VAux_0_48	-0.000000
33776.534048		17849.190538		VAux_0_49	794.097460
VIn_2_7	62802.810692	VAux_0_5	9499.036363	VAux_0_50	0.000000
VOut_2_7		VAux_0_6		VAux_0_51	676.671237
62802.810692		11250.958494		VAux_0_52	669.844131
VIn_2_8	15644.062762	VAux_0_7		VAux_0_55	0.000000
VOut_2_8		15940.992135		VAux_0_57	0.000000
15644.062762		VAux_0_8	6291.545792	VAux_0_58	-0.000000
VIn_2_10	34563.596716	VAux_0_9	4991.979907	VAux_0_60	
VOut_2_10		VAux_0_10		1371.618112	
34563.596716		3912.404384		VAux_0_61	0.000000
VIn_2_11	53639.975048	VAux_0_11		VAux_0_62	645.109001
VOut_2_11		13476.913723		VAux_0_63	600.680296
53639.975048		VAux_0_12		VAux_0_65	
VIn_2_16	0.000000	2973.677309		4579.909161	
VOut_2_16	0.000000	VAux_0_13		VAux_0_67	528.575553
VIn_2_28	15199.417640	1986.635330		VAux_0_69	737.064867
VOut_2_28		VAux_0_15		VAux_0_72	950.543220
15199.417640		21540.736851		VAux_1_1	
VIn_2_29		VAux_0_16		83519.810643	
143554.858835		3134.902043		VAux_1_3	
VOut_2_29		VAux_0_18		66323.388112	
143554.858835		1704.360755		VAux_1_4	1615.947347
VIn_2_33	15310.000038	VAux_0_20		VAux_1_5	7141.524867
VOut_2_33		2314.966612		VAux_1_6	7445.233611
15310.000038		VAux_0_21		VAux_1_7	
VIn_2_34	-0.000000	1652.527265		19460.682363	
VOut_2_34	-0.000000	VAux_0_22		VAux_1_8	
VIn_2_35	45358.504540	1634.671757		21170.110540	
VOut_2_35		VAux_0_23		VAux_1_10	
45358.504540		1647.643259		26784.494142	
VIn_2_38	0.000000	VAux_0_24		VAux_1_11	
VOut_2_38	0.000000	2241.443932		11670.519966	
VIn_2_39	0.000000	VAux_0_25		VAux_1_12	358.810968
VOut_2_39	0.000000	2256.883695		VAux_1_14	
VIn_2_40	-0.000000	VAux_0_26		1279.724309	
VOut_2_40	-0.000000	12964.291562		VAux_1_16	
VIn_2_41		VAux_0_28		1781.194343	
255294.950176		4619.219120		VAux_1_18	341.295623
VOut_2_41		VAux_0_29		VAux_1_20	
255294.950176		3576.930898		2298.329718	
VIn_2_44	11776.089462	VAux_0_30		VAux_1_22	0.000000
VOut_2_44		1372.143274		VAux_1_26	
11776.089462		VAux_0_31		13304.776365	
VIn_2_48	7354.655098	1271.784815		VAux_1_27	-0.000000
VOut_2_48		VAux_0_32		VAux_1_28	
7354.655098		1325.718953		1682.316285	
VIn_2_50	83093.852968	VAux_0_33		VAux_1_29	-0.000000
VOut_2_50		5257.511359		VAux_1_30	
83093.852968		VAux_0_34		4748.821150	
VIn_2_59	-0.000000	1646.487902		VAux_1_32	
VOut_2_59	-0.000000	VAux_0_35		1273.547690	
VIn_2_61	13843.700032	5058.784096		VAux_1_33	0.000000
VOut_2_61		VAux_0_36		VAux_1_34	236.740643
13843.700032		1110.244984		VAux_1_35	
VIn_2_70	16402.921852	VAux_0_37	993.028826	6340.810761	
VOut_2_70		VAux_0_38		VAux_1_38	
16402.921852		15137.787093		2513.616300	
VIn_2_71	16165.608295	VAux_0_39		VAux_1_39	980.441646
VOut_2_71		1725.577300		VAux_1_40	366.539205
16165.608295		VAux_0_40		VAux_1_41	
		1007.313232		22325.650740	

VAux_1_42		Wln_0_3_4		P_1_1_1	1.000000
18349.821908		24886.622052		P_1_3_0	1.000000
VAux_1_44		Wln_0_3_6		P_1_4_0	1.000000
12271.083295		61476.046628		P_1_5_0	1.000000
VAux_1_50		Wln_0_4_1		P_1_6_0	1.000000
13347.967367		48078.281280		P_1_7_0	1.000000
VAux_1_56		Wln_0_4_2		P_1_8_0	1.000000
6564.853225		10774.000494		P_1_10_0	1.000000
VAux_1_64		Wln_1_0_0		P_1_11_0	1.000000
1476.242317		57040.037371		P_1_12_0	1.000000
VAux_1_69	0.000000	Wln_1_0_1		P_1_14_0	1.000000
VAux_1_70		247121.221389		P_1_16_0	1.000000
2053.383419		Wln_1_0_2		P_1_18_0	1.000000
VAux_1_71	999.090867	56316.702712		P_1_20_0	1.000000
VAux_1_73	451.191738	Wln_2_0_0		P_1_26_0	1.000000
VAux_2_1		232067.357224		P_1_28_0	1.000000
183191.472721		Wln_2_0_1		P_1_30_0	1.000000
VAux_2_2	0.000001	464134.714300		P_1_32_0	1.000000
VAux_2_6		P_0_0_0	1.000000	P_1_34_0	1.000000
13907.984608		P_0_1_0	1.000000	P_1_35_0	1.000000
VAux_2_7		P_0_2_0	1.000000	P_1_38_0	1.000000
37681.686412		P_0_3_0	1.000000	P_1_39_0	1.000000
VAux_2_8	6441.672902	P_0_4_0	1.000000	P_1_40_0	1.000000
VAux_2_10		P_0_5_0	1.000000	P_1_41_0	1.000000
14232.069236		P_0_6_0	1.000000	P_1_42_0	1.000000
VAux_2_11		P_0_7_0	1.000000	P_1_44_0	1.000000
37565.959788		P_0_8_0	1.000000	P_1_50_0	1.000000
VAux_2_28		P_0_9_0	1.000000	P_1_56_0	1.000000
8104.120950		P_0_10_0	1.000000	P_1_64_0	1.000000
VAux_2_29		P_0_11_0	1.000000	P_1_70_0	1.000000
118393.750645		P_0_12_0	1.000000	P_1_71_0	1.000000
VAux_2_33		P_0_13_0	1.000000	P_1_73_0	1.000000
8713.010479		P_0_15_0	1.000000	P_2_1_0	1.000000
VAux_2_35		P_0_16_0	1.000000	P_2_6_0	1.000000
21074.297520		P_0_18_0	1.000000	P_2_7_0	1.000000
VAux_2_41		P_0_20_0	1.000000	P_2_8_0	1.000000
177292.638306		P_0_21_0	1.000000	P_2_10_0	1.000000
VAux_2_44		P_0_22_0	1.000000	P_2_11_0	1.000000
7627.787082		P_0_23_0	1.000000	P_2_28_0	1.000000
VAux_2_48		P_0_24_0	1.000000	P_2_29_0	1.000000
7354.655098		P_0_25_0	1.000000	P_2_33_0	1.000000
VAux_2_50		P_0_26_0	1.000000	P_2_35_0	1.000000
34215.115928		P_0_28_0	1.000000	P_2_41_0	1.000000
VAux_2_61		P_0_29_0	1.000000	P_2_44_0	1.000000
5700.347072		P_0_30_0	1.000000	P_2_48_0	1.000000
VAux_2_70		P_0_31_0	1.000000	P_2_50_0	1.000000
6754.144292		P_0_32_0	1.000000	P_2_61_0	1.000000
VAux_2_71		P_0_33_0	1.000000	P_2_70_0	1.000000
7951.358485		P_0_34_0	1.000000	P_2_71_0	1.000000
Wln_0_0_2		P_0_35_0	1.000000	R_0_0_2_0	1.000000
11671.833869		P_0_36_0	1.000000	R_0_0_3_0	1.000000
Wln_0_0_3		P_0_37_0	1.000000	R_0_1_2_0	1.000000
52084.804720		P_0_38_0	1.000000	R_0_1_3_0	1.000000
Wln_0_1_2		P_0_39_0	1.000000	R_0_2_0_0	1.000000
40065.234400		P_0_40_0	1.000000	R_0_2_3_0	1.000000
Wln_0_1_3		P_0_41_0	1.000000	R_0_2_4_0	1.000000
8978.333745		P_0_42_0	1.000000	R_0_2_5_0	1.000000
Wln_0_2_0		P_0_44_0	1.000000	R_0_3_0_0	1.000000
23043.517034		P_0_47_0	1.000000	R_0_3_2_0	1.000000
Wln_0_2_3		P_0_49_0	1.000000	R_0_3_4_0	1.000000
21331.390330		P_0_51_0	1.000000	R_0_3_6_0	1.000000
Wln_0_2_4		P_0_52_0	1.000000	R_0_4_1_0	1.000000
61983.481117		P_0_60_0	1.000000	R_0_4_2_0	1.000000
Wln_0_2_5		P_0_62_0	1.000000	R_1_0_0_0	1.000000
40772.315955		P_0_63_0	1.000000	R_1_0_1_0	1.000000
Wln_0_3_0		P_0_65_0	1.000000	R_1_0_2_0	1.000000
26884.103207		P_0_67_0	1.000000	R_2_0_0_0	1.000000
Wln_0_3_2		P_0_69_0	1.000000	R_2_0_1_0	1.000000
58405.716622		P_0_72_0	1.000000		

All other variables in the range 1-77347 are 0.

## **APÊNDICE C – QUESTIONÁRIO DE PERFIL DOS CATADORES DE RS**

### **IDENTIFICAÇÃO PESSOAL**

1. Nome do entrevistado:
2. Contato:
3. Local de residência:
4. Idade:
5. Escolaridade:
6. Estado civil:
7. Possui filhos? Se sim, quantos? Qual idade?

### **IDENTIFICAÇÃO DO SERVIÇO PRESTADO**

8. Possui vínculo empregatício? Se sim, com qual empresa/entidade/associação?
9. Trabalha sozinho, possui uma equipe ou está vinculado a alguma associação, entidade, cooperativa? Especifique.
10. Se trabalha sozinho ou em equipe, que pensa de participar de uma associação, entidade, cooperativa?
11. Possui alguma outra fonte de renda além da venda de materiais e produtos?

### **IDENTIFICAÇÃO DOS PRODUTOS MANUSEADOS**

12. Quais materiais ou produtos você coleta?
13. Qual o volume estimado de cada produto coletado?
14. Qual o local de coleta?
15. Você só coleta na rua ou faz coleta em algum ponto, empresa, loja?
16. Compra ou recebe doação de resíduos de pessoa física ou jurídica?
17. Se compra, qual o preço de compra e de revenda dos materiais?



18. Como e onde é armazenado este material até o transporte e a venda?
19. Como é feito o transporte destes resíduos?
20. Realiza algum processo ou tratamento dos resíduos? Se sim, especifique.
21. Quais são os compradores dos resíduos?
22. Existe algum acordo ou contrato de venda?
23. Qual o valor pago por produto ou material?
24. Existe algum material coletado que não é vendido? Se sim, por qual razão? Se sim, o que é feito deste material?
25. Há alguma fiscalização do seu trabalho/atividade? Se sim, especifique.
26. Recebem alguma ajuda ou participam de algum programa da prefeitura? Se sim, especifique.
27. Outras considerações:

## **APÊNDICE D – QUESTIONÁRIO DE PERFIL DOS COMERCIANTES DE RS**

### **IDENTIFICAÇÃO PESSOAL**

1. Nome do entrevistado:
2. Contato:
3. Local de residência:
4. Local de trabalho:
5. Idade:
6. Escolaridade:
7. Estado civil:
8. Possui filhos? Se sim, quantos? Qual idade?

### **IDENTIFICAÇÃO DO SERVIÇO PRESTADO**

9. Possui vínculo empregatício? Se sim, com qual empresa/entidade/associação?
10. Possui registro da empresa?
11. Qual a infraestrutura você possui? Apontar se aluga ou subcontrata algum equipamento ou serviço.
12. Trabalha sozinho, possui uma equipe ou está vinculado a alguma associação, entidade, cooperativa? Especifique.
13. Se trabalha sozinho ou em equipe, que pensa de participar de uma associação, entidade, cooperativa?
14. Possui alguma outra fonte de renda além da venda de materiais e produtos?

### **IDENTIFICAÇÃO DOS PRODUTOS MANUSEADOS**

15. Quais materiais ou produtos você compra?
16. Qual o volume estimado de cada produto?

17. Você busca o produto ou os vendedores vem até você trazer os produtos?
18. Recebe doação de resíduos de pessoa física ou jurídica?
19. Qual o preço de compra e de revenda dos materiais?
20. Como e onde é armazenado este material até o transporte e a venda?
21. Como é feito o transporte destes resíduos? Para compra e venda.
22. Realiza algum processo ou tratamento dos resíduos? Se sim, especifique.
23. Os vendedores (catadores e/ou associações) são fixos ou não? No geral, quem são e qual o volume médio fornecido?
24. Quais são os compradores dos resíduos, ou seja, para quem você vende o material? Nome e local.
25. Existe algum acordo ou contrato de compra e/ou de venda?
26. Existe algum material coletado que não é vendido? Se sim, por qual razão? Se sim, o que é feito deste material?
27. Há alguma fiscalização do seu trabalho/atividade? Se sim, especifique.
28. Recebem alguma ajuda ou participam de algum programa da prefeitura ou empresa? Se sim, especifique.
29. Outras considerações:

## **APÊNDICE E – QUESTIONÁRIO DE SINGULARIZAÇÃO DO MUNICÍPIO**

As informações obtidas neste questionário possuem fins exclusivamente acadêmicos.

### **INFORMAÇÕES PESSOAIS**

- 1.1 Nome do entrevistado.
- 1.2 Órgão / Empresa.
- 1.3 Cargo / Função.

### **BAIRROS E DISTRITOS**

Um conjunto de variáveis importantes para a obtenção de resultados é o de bairros e/ou distritos existentes no município, portanto:

- 2.1 Quantos bairros e distritos existem no município?
- 2.2 Quais são estes bairros e distritos? Nome e localização.
- 2.3 Existe o valor referente à quantidade de moradores de cada bairro e distrito? Qual é este valor?
- 2.4 Caso negativo no item 2.3, existe algum dado de densidade demográfica do município? Podendo ser Habitantes/m<sup>2</sup>, Habitantes/residência, entre outros. Se sim, qual é o seu valor?
- 2.5 Existe algum bairro ou distrito que não poderia receber a instalação de um centro de triagem? Qual é este bairro/distrito? Por qual motivo? (Ex: Centro, Não possui área livre).
- 2.6 Existe algum bairro ou distrito que deve receber a instalação de um centro de triagem?

Observação sobre Bairros e Distritos: É necessária a utilização de um mapa atualizado do município, portanto, a fim de facilitar as respostas dos itens 2.1 e 2.2 podem ser respondidos no próprio mapa.

## **COLETA DE RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS**

A coleta de Resíduos Sólidos Urbanos (RS) engloba tanto a coleta realizada atualmente pelo município, quanto ao tipo de coleta almejado para um funcionamento melhor de todo sistema de limpeza e descarte de resíduos. Portanto, segue abaixo questões referentes à coleta de RS:

- 3.1 Como é feita a coleta de RS hoje no município?
- 3.2 Quantos colaboradores participam do processo de coleta de RS hoje?
- 3.3 Quais são as funções para o funcionamento de todo o processo? Quantos colaboradores em cada função?
- 3.4 Qual o valor gasto pelo município hoje com coleta de RS?
- 3.5 Qual é o veículo utilizado para realizar a coleta de RS? Tipo de veículo, nome, marca, capacidade, quantidade de colaboradores por veículo.
- 3.6 Qual o custo de transporte de RS hoje no município?
- 3.7 Em quais bairros e/ou distritos do município é realizada a coleta de RS? Com qual frequência? Caso haja mais de um tipo de veículo, qual o veículo?
- 3.8 O município realiza ou já realizou Coleta Seletiva? Em quais bairros e /ou distritos?
- 3.9 Existem veículos do município disponíveis para a realização da Coleta Seletiva?

Caso positivo no item 3.8:

- 3.10 Quantas toneladas de RS são coletadas por intermédio da Coleta Seletiva? Caso realizada em mais de um bairro e/ou distrito, qual a quantidade coletada por local?
- 3.11 Qual o tipo de veículo utilizado na Coleta Seletiva? Tipo de veículo, nome, marca, capacidade, quantidade de colaboradores por veículo.
- 3.12 Qual o custo do transporte da Coleta Seletiva?

Caso negativo no item 3.8:

- 3.13 Qual o tipo de veículo poderá ser utilizado na Coleta Seletiva? Tipo de veículo, nome, marca, capacidade, quantidade de colaboradores por veículo.

## **ATERRO SANITÁRIO**

O Art. 3º da Lei 12.305 de 2 de agosto de 2010, prevê o Aterro Sanitário como um local para disposição final ambientalmente correta, portanto, para adequar os resultados obtidos pelo projeto, faz-se necessário informações como:

- 4.1 Quem é responsável pelo Aterro Sanitário?
- 4.2 Qual é a área de atuação do Aterro Sanitário? Quais municípios irão enviar seus resíduos para o mesmo?
- 4.3 Qual a localização do Aterro Sanitário?
- 4.4 Qual a capacidade do Aterro?
- 4.5 Qual o tipo de transporte utilizado para levar o resíduo até o aterro? Tipo de veículo, nome, marca, capacidade, quantidade de colaboradores por veículo.
- 4.6 Qual o custo deste transporte?
- 4.7 Quantos colaboradores estão envolvidos com o funcionamento do Aterro?

## **RECICLAGEM**

Um meio de reduzir a quantidade de RS destinados ao Aterro Sanitário e de transformar o resíduo em um novo produto é a reciclagem. Para viabilizar a destinação dos resíduos junto às empresas de reciclagem, fazem-se necessárias informações como:

- 5.1 Existem empresas de reciclagem na região?
- 5.2 Caso a resposta anterior seja afirmativa, quais são as empresas existentes, qual o tipo de resíduo utilizado e qual é a localização de cada uma?
- 5.3 Existem áreas destinadas para instalações de empresas – polos industriais – no município? Qual a localização? E para empresas de reciclagem?

Caso positivo no item 5.3:

5.4 Quais os benefícios oferecidos para as empresas interessadas em se instalar no município?

5.5 Qual o valor do terreno neste local?

## **CENTROS DE TRIAGEM INFORMAIS**

As características mais comuns dos Centros de Triagem de RS são a informalidade e individualidade dos colaboradores. Portanto, a fim de inserir os centros informais e os colaboradores existentes à nova proposta de coleta e separação de resíduos para minimizar uma possível problemática social referente ao corte da fonte de renda de diversas famílias, fazem-se necessárias informações como:

6.1 Existem centros de triagem na região, tanto informais, quanto formais?

Caso positivo no item 6.1:

6.2 Quais são os centros existentes?

6.3 Qual o tipo de resíduo utilizado?

6.4 Qual é a localização de cada um?

6.5 Quais atividades são realizadas neste centro? Alguma atividade para agregar valor ao resíduo é realizada (Prensagem, Confecção de Vassouras, entre outras)?

6.6 Existem áreas destinadas para instalações de empresas – polos industriais – no município? Qual a localização? E para empresas de reciclagem?

6.7 Qual a capacidade de cada centro?

6.8 Quantos colaboradores participam de cada centro?