

UNIVERSIDADE FEDERAL DO ESPÍRITO SANTO
CENTRO TECNOLÓGICO
PROGRAMA DE PÓS GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA
E DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL

**REDE DE ORGANIZAÇÕES DE CATADORES NO ESTADO
DO ESPÍRITO SANTO: MODELAGEM MATEMÁTICA PARA
AVALIAÇÃO DE CENÁRIOS DO PROBLEMA DE
LOCALIZAÇÃO**

MARCUS CAMILO DALVI GARCIA

Vitória

2016

MARCUS CAMILO DALVI GARCIA

**REDE DE ORGANIZAÇÕES DE CATADORES NO ESTADO
DO ESPÍRITO SANTO: MODELAGEM MATEMÁTICA PARA
AVALIAÇÃO DE CENÁRIOS DO PROBLEMA DE
LOCALIZAÇÃO**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós Graduação em Engenharia e Desenvolvimento Sustentável do Centro Tecnológico da Universidade Federal do Espírito Santo como requisito parcial das exigências para a obtenção do título de Mestre em Engenharia e Desenvolvimento Sustentável.

Orientador: Prof.Dr. Renato Ribeiro Siman
Coorientador: Prof.Dr. Rodrigo Alvarenga Rosa

Vitória
2016

FICHA CATALOGRÁFICA

MARCUS CAMILO DALVI GARCIA

**REDE DE ORGANIZAÇÕES DE CATADORES NO ESTADO DO ESPÍRITO
SANTO: MODELAGEM MATEMÁTICA PARA AVALIAÇÃO DE CENÁRIOS DO
PROBLEMA DE LOCALIZAÇÃO**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós Graduação em Engenharia e Desenvolvimento Sustentável do Centro Tecnológico da Universidade Federal do Espírito Santo como requisito parcial das exigências para a obtenção do título de Mestre em Engenharia e Desenvolvimento Sustentável.

COMISSÃO EXAMINADORA

Prof. DSc. Renato Ribeiro Siman
Doutor em Engenharia Hidráulica e Saneamento
Orientador - UFES

Prof. DSc. Rodrigo Alvarenga Rosa
Doutor em Engenharia Elétrica
Coorientador - UFES

Prof. DSc. Gilson Silva Filho
Doutor em Ecologia e Recursos Naturais
Examinador Interno - UFES

Prof^a. DSc. Gisele de Lorena Diniz Chaves
Doutora em Engenharia de Produção
Examinadora Externa - UFES/CEUNES

A Cecília, Olival e Felipe: meus exemplos.

AGRADECIMENTOS

Ao Rabi Jesus Cristo, que me sustentou em todos os momentos, cuja poeira suplico diariamente que recaia sobre mim, *Talmid* imperfeito, de forma que na intimidade com Ele eu seja transformado;

À minha família, pelo amor, conforto, encorajamento e orações;

À minha namorada, pelo carinho, compreensão e apoio;

Ao meu orientador, Renato Ribeiro Siman, por sua amizade, dedicação, incentivo, competência e oportunidade de completar esta missão acadêmica;

Ao meu coorientador, Rodrigo Alvarenga Rosa, por sua amizade, paciência, atenção e competência em solucionar dúvidas que pareciam intermináveis;

À banca examinadora por aceitar contribuir com este trabalho e com meu desenvolvimento acadêmico, profissional e pessoal;

Ao PPGES pelo apoio docente no mestrado profissional;

Ao IEMA e ao Instituto Sindimicro pelos dados disponibilizados;

Às Organizações de Catadores e Empresas que aceitaram participar da pesquisa;

Aos colegas pesquisadores Renato Meira, Juliana Tackla, Thiara Cezana e Maria Claudia Lima Couto, pela ajuda no desenvolvimento deste trabalho;

Aos colegas de trabalho do LAGESA, do LAMMEP e dos PMSB do CONDOESTE e da SEDURB;

Aos demais colegas e funcionários do PPGES pelo auxílio e companheirismo;

Aos meus amigos pelos momentos de descontração, gentileza e camaradagem;

À FAPES, pelo apoio financeiro;

E a todos que contribuíram para que este trabalho se tornasse realizado.

Meus sinceros agradecimentos!

*"Em um lugar escuro nos encontramos,
e um pouco mais de conhecimento
ilumina nosso caminho.
[...] Sempre repassar o que você aprendeu."
Mestre Yoda*

RESUMO

A Política Nacional de Resíduos Sólidos atribui destaque à importância das organizações de catadores na gestão integrada dos resíduos sólidos urbanos recicláveis, estabelecendo prioridade na participação destas nos sistemas de coleta seletiva e logística reversa. No entanto, somente organizando-se em redes é possível alcançar eficiência de mercado ao atender à indústria de reciclagem comercializando grandes volumes de materiais. Desta forma, o presente trabalho tem como objetivo definir a localização de centrais de transbordo e armazenamento de resíduos recicláveis para uma rede de organizações de catadores no Espírito Santo por meio de um modelo matemático de Programação Linear Inteira Mista (PLIM) de dupla camada. Para tal, o presente estudo procurou avaliar o efeito da estratégia de estimativa da geração de resíduos sólidos recicláveis; das metas de recuperação de recicláveis propostas pela minuta de Plano Nacional de Resíduos Sólidos; bem como da capacidade de transporte de caminhões no resultado financeiro de uma rede logística reversa de resíduos sólidos recicláveis secos. Assim, percebeu-se que o efeito da estratégia de estimativa de geração de resíduos pode impactar em um resultado financeiro da rede logística da ordem de 61%, o que acarretaria em uma diferença de arrecadação de aproximadamente R\$ 58 mil por semana. Uma meta de recuperação da fração reciclável de 30% para 2035 refletiu em um resultado financeiro de aproximadamente R\$ 467 mil/semana. Verificou-se também que a partir de projeções de metas acima 40% de recuperação em 2035, inicia-se o protagonismo das micro e pequenas empresas no mercado de recicláveis capixaba (podendo alcançar 62% das empresas que comercializavam resíduos na rede proposta), devido a verificação de excedentes das grandes empresas recicladoras capixabas. Para os casos analisados, os custos de transporte podem chegar a 33% em relação aos custos totais, para frotas homogêneas de caminhões com 16 t. Com relação ao percentual de ocupação de carga, verificou-se que caminhões de 10 t e 21 t são indicados para municípios de menor e maior geração, respectivamente. Em todos os cenários avaliados, o resultado financeiro da rede de organizações de catadores foi positivo, variando de R\$ 4,8 a 44,1 milhões anuais.

Palavras-Chave: Rede de Organizações de Catadores; Resíduos Sólidos Recicláveis; Localização de Facilidades; Programação Linear Inteira Mista.

ABSTRACT

The Brazilian Policy on Solid Waste highlights the importance of pickers organizations in the integrated management of recyclable municipal solid waste, establishing priority in involvement in the selective collection and reverse logistics systems. However, only organizing in networks can achieve market efficiency to meet the recycling industry selling large volumes of materials. Thus, this study aims to define the location of transshipment and storage centrals of recyclable waste to a network pickers organizations in the Espírito Santo through a mathematical model of two-echelon Mixed Integer Linear Programming (MILP). To this end, the present study aimed to evaluate the effect of estimating generation strategy of recyclable solid waste, the effect of recyclable recovery goals proposed for the Brazilian Solid Waste Plan, as well as the effect trucks carrying capacity in the financial result of a reverse logistics network of recyclable waste. Thus, it was noted that the effect of waste generation estimation strategy can impact on a financial results of the logistics network in the order of 61%, which would result in a revenue gap of approximately R\$ 58,000 per week. A recovery goal of recyclable fraction of 30% for 2035 reflected in a financial income of approximately R\$ 467,000 per week. It was also noted that as from projections targets above 40% recovery in 2035, begins the protagonism of micro and small companies in the recyclable market (can reach 62% of companies traded waste in the proposed network) due the verification of large surpluses recycling companies. For cases analyzed, transport costs could reach 33% in relation to total costs for homogeneous fleet of sixteen-ton trucks. With regard to occupant load percentage, it was verified that ten-ton trucks and twenty one-ton trucks are suitable for smaller and larger generation of municipalities, respectively. In all scenarios, the financial result was positive, including scenarios which took into account the current situation, from R\$ 4.8 to 44.1 million annually.

Keywords: Waste Pickers Network; Recyclable Solid Waste; Facilities Location; Mixed Integer Linear Programming.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Cadeia Produtiva da Reciclagem.	23
Figura 2. Hierarquia de solução de resíduos sólidos.	29
Figura 3. Estimativas de geração e composição de RSU por nível de renda dos países (2010-2025).	33
Figura 4. Especificidade de classificação de resíduos pelos agentes de mercado. ...	39
Figura 5. Fatores de influência do mercado global de reciclagem.	43
Figura 6. Evolução do número de empresas recicladoras de materiais plásticos no Brasil.	46
Figura 7. Resumo da cadeia produtiva de plásticos no Brasil.	47
Figura 8. Tecido social das redes de cooperativas de catadores.	54
Figura 9. Fluxo básico de rede logística tradicional e reversa.	57
Figura 10. Proposta de rede de logística reversa para RSU.	58
Figura 11. Fases da metodologia da pesquisa e principais fontes de dados.	69
Figura 12. Fluxograma de seleção de dados de empresas recicladoras e de potenciais recicladoras.	75
Figura 13. Porte das Empresas Receptoras.	87
Figura 14. Atividades das Empresas - Survey B.	88
Figura 15. Porte de Empresas Receptoras levantadas no Espírito Santo.	88
Figura 16. Evolução industrial estimada dos setores de materiais recicláveis e a capacidade média no período 2016-2035.	89
Figura 17. Composição gravimétrica dos RSRS em relação ao total de RSU.	97
Figura 18. Composição gravimétrica dos RSRS recuperados dos RSU no Espírito Santo.	97
Figura 19. Proporção de RSRS por Central - Cenário A.	104
Figura 20. Quantidade de RSRS por Empresa - Cenário A.	104
Figura 21. Proporção de RSRS por Central - Cenário B.	106
Figura 22. Quantidade de RSRS por Empresa - Cenário B.	107
Figura 23. Proporção de RSRS por Central - Cenário C.	108
Figura 24. Quantidade de RSRS por Empresa - Cenário C.	109
Figura 25. Proporção de RSRS por Central - Cenário D.	110
Figura 26. Quantidade de RSRS por Empresa - Cenário D.	111
Figura 27. Proporção de RSRS por Central - Cenário E.	112
Figura 28. Quantidade de RSRS por Empresa - Cenário E.	113

Figura 29. Proporção de RSRS por Central - Cenário F.	114
Figura 30. Quantidade de RSRS por Empresa - Cenário F.	115
Figura 31. Proporção de RSRS por Central - Cenário G.....	117
Figura 32. Quantidade de RSRS por Empresa - Cenário G.....	117
Figura 33. Proporção de RSRS por Central - Cenário H.....	119
Figura 34. Quantidade de RSRS por Empresa - Cenário H.	119
Figura 35. Proporção de RSRS por Central - Cenário I.	121
Figura 36. Quantidade de RSRS por Empresa - Cenário I.....	121
Figura 37. Proporção de RSRS por Central - Cenário J.....	123
Figura 38. Quantidade de RSRS por Empresa - Cenário J.....	123
Figura 39. Quantidade de Centrais abertas por Cenário.....	126
Figura 40. Custos associados nos dez Cenários.	127
Figura 41. Percentuais de ocupação das Centrais abertas por Cenário.	129
Figura 42. Quantidade empresas recicladoras por cenário.....	130
Figura 43. CTARRS abertas: regionalização de municípios nos Cenários A e B....	133
Figura 44. CTARRS abertas: regionalização de municípios nos Cenários C e D. ..	134
Figura 45. CTARRS abertas: regionalização de municípios nos Cenários E e F....	138
Figura 46. CTARRS abertas: regionalização de municípios nos Cenários G e H. ..	139
Figura 47. CTARRS abertas: regionalização de municípios nos Cenários I e J.....	143

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Aspectos positivos e negativos das modalidades de coleta de RSRS.	35
Tabela 2. Atores dos setores formal e informal brasileiros na gestão integrada de RSU.....	37
Tabela 3. Taxa de recuperação de recicláveis em sete cidades ao redor do mundo.	41
Tabela 4. Classificação dos problemas de localização.	59
Tabela 5. Resumo das informações coletadas no Survey A.	72
Tabela 6. Municípios do Estado do Espírito Santo que foram delegados a licenciar pela Resolução CONSEMA nº 05/12.	73
Tabela 7. CNAE considerados compatíveis para as atividades de reciclagem.	74
Tabela 8. Análise dos Grupos de Cenários.	81
Tabela 9. Resumo dos Grupos de Cenários propostos na pesquisa.	81
Tabela 10. Áreas consideradas como Centrais de Transbordo e Armazenamento de Resíduos Sólidos Recicláveis.	84
Tabela 11. Custos de implantação de galpões das Centrais de Transbordo e Armazenamento.	85
Tabela 12. Custos de operação por faixa de capacidade das Centrais.	86
Tabela 13. Custos totais semanais por faixa de capacidade das Centrais.	87
Tabela 14. Preços de RSRS por porte de empresa.	89
Tabela 15. Enquadramento dos municípios por faixa populacional.	91
Tabela 16. Metodologias de projeções populacionais preliminarmente selecionadas na pesquisa.	92
Tabela 17. Médias de taxas de cobertura de coleta de resíduos domiciliares para os municípios não declarantes do SNIS 2014.	94
Tabela 18. Plano de metas de cobertura de coleta de resíduos sólidos domiciliares nas áreas urbanas e rurais dos municípios capixabas.	95
Tabela 19. Comparativo de geração per capita de resíduos domiciliares.	95
Tabela 20. Composição gravimétrica dos RSRS pela participação dos municípios no SNIS 2014.	96
Tabela 21. Classificação do teor de rejeitos de resíduos recicláveis em organizações de catadores.....	98
Tabela 22. Metas de redução do teor de rejeitos no período 2016-2035.	98
Tabela 23. Taxa média de recuperação de RSRS em relação aos RSU.	99

Tabela 24. Metas de redução dos resíduos recicláveis secos dispostos em aterros.	99
Tabela 25. Custo de transporte de carga com retorno vazio por faixa de quilometragem.....	101
Tabela 26. Resumo dos grupos de cenários e respectivas análises.....	102
Tabela 27. Resultados dos Cenários do modelo.....	125
Tabela 28. Resultados dos Cenários do modelo.....	125

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

- ABIPLAST - Associação Brasileira da Indústria do Plástico
- ABRELPE - Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais
- AGERH - Agência Estadual de Meio Ambiente e Recursos Hídricos
- AMUNES - Associação dos Municípios do Estado do Espírito Santo
- ANAP - Associação Nacional dos Aparistas de Papel
- CEMPRE - Compromisso Empresarial para Reciclagem
- CNAE - Código Nacional de Atividade Econômica
- COFINS - Contribuição para o Financiamento da Seguridade Social
- CONDOESTE - Consórcio Público para Tratamento e Destinação Final Adequada de Resíduos Sólidos da Região Doce Oeste do Estado do Espírito Santo
- CONSEMA - Conselho Estadual de Meio Ambiente
- DO-ES - Diário Oficial do Espírito Santo
- FAPES - Fundação de Apoio à Pesquisa do Espírito Santo
- FINDES - Federação das Indústrias do Espírito Santo
- FUNASA - Fundação Nacional de Saúde
- IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
- ICMS - Imposto sobre Circulação de Mercadorias e Serviços.
- IEMA - Instituto Estadual de Meio Ambiente e Recursos Hídricos
- IPCA - Índice de Preços ao Consumidor Amplo
- IPEA - Instituto de Pesquisa Econômica e Aplicada
- JUCEES - Junta Comercial do Estado do Espírito Santo
- LAGESA - Laboratório de Gestão em Saneamento Ambiental/UFES
- LAMMEP - Laboratório de Modelagem Matemática Aplicada à Engenharia de Produção
- MPES - Ministério Público do Espírito Santo
- OC - Organizações de Catadores
- PBT - Peso Bruto Total
- PGIRS - Planos de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos Urbanos
- PIB - Produto Interno Bruto
- PLIM - Programação Linear Inteira Mista
- PMSB - Planos Municipais de Saneamento Básico

PNRS - Política Nacional de Resíduos Sólidos

PNSB - Política Nacional de Saneamento Básico

RDO - Resíduos Domiciliares

RPU - Resíduos Públicos

RSRS - Resíduos Sólidos Recicláveis Secos

RSU - Resíduos Sólidos Urbanos

SINDIMICRO - Instituto para Desenvolvimento da Microempresa, Empresa de Pequeno Porte e Empreendedor Individual

SISEMA - Sistema Estadual de Meio Ambiente

SNIS - Sistema Nacional de Informações Sobre Saneamento

TCA - Termos de Compromisso Ambiental

UFES - Universidade Federal do Espírito Santo

SUMÁRIO

1.	INTRODUÇÃO	18
1.1.	O PROBLEMA DA PESQUISA	20
1.2.	JUSTIFICATIVA	21
2.	OBJETIVOS	25
3.	REFERENCIAL TEÓRICO	26
3.1.	Aspectos Legais da Gestão de Resíduos Sólidos.....	26
3.2.	O Gerenciamento dos Resíduos Sólidos Urbanos e a Coleta Seletiva	30
3.3.	Os Agentes do Mercado de Reciclagem	37
3.4.	O Mercado dos Resíduos Sólidos Recicláveis.....	41
3.4.1.	A Reciclagem de Papel/Papelão	44
3.4.2.	A Reciclagem de Plásticos	45
3.4.3.	A Reciclagem de Metais	48
3.4.4.	A Reciclagem de Vidro	49
3.5.	Os Catadores de Resíduos Sólidos e suas Organizações.....	50
3.6.	O Problema de Localização de Facilidades numa Rede Logística	56
4.	MÉTODOS DE PESQUISA.....	65
4.1.	Classificação da Metodologia de Pesquisa	65
4.1.1.	Etapas da Metodologia da Pesquisa	68
4.2.	Caracterização da Área de Estudo	71
4.3.	Mapeamento do Mercado de Resíduos Recicláveis	72
4.3.1.	Das Organizações de Catadores.....	72
4.3.2.	Das Empresas Receptoras.....	73
4.4.	Modelo Matemático Proposto.....	76
4.5.	Apresentação dos Cenários	80
5.	OBTENÇÃO E APRESENTAÇÃO DOS PARÂMETROS DO MODELO MATEMÁTICO	83
5.1.	Das Organizações de Catadores Municipais	83
5.2.	Localização das Centrais de Transbordo e Armazenamento.....	84
5.3.	Preços e Quantidades de Recicláveis Comercializados	87
5.4.	Estimativas de Geração de Resíduos Sólidos Recicláveis	90
5.4.1.	Projeções Populacionais	91
5.4.2.	Taxa de Cobertura de Coleta	93
5.4.3.	Geração Per Capita de Resíduos Recicláveis.....	95
5.4.4.	Composição Gravimétrica	96
5.4.5.	Teor de Rejeitos	97
5.4.6.	Desvio de Recicláveis.....	98
5.5.	Matrizes de Distâncias e Custos de Transporte	100
6.	RESULTADOS E DISCUSSÕES	102
6.1.	Resultados dos Cenários	103
6.1.1.	CENÁRIO A	103
6.1.2.	CENÁRIO B.....	105
6.1.3.	CENÁRIO C.....	107
6.1.4.	CENÁRIO D.....	109
6.1.5.	CENÁRIO E	111
6.1.6.	CENÁRIO F	114
6.1.7.	CENÁRIO G.....	116
6.1.8.	CENÁRIO H.....	118
6.1.9.	CENÁRIO I	120

6.1.10. CENÁRIO J	122
6.2. Análises e Discussões Estratégicas dos Resultados	124
6.2.1. Avaliação do Efeito da Composição Gravimétrica	131
6.2.2. Avaliação do Efeito das Metas de Desvios de RSRS	136
6.2.3. Avaliação da Influência da Capacidade de Carga dos Caminhões	142
7. CONCLUSÃO	145
7.1. Recomendações para Trabalhos Futuros	147
REFERÊNCIAS	148
APÊNDICE A	160
APÊNDICE B	166
APÊNDICE C	174
APÊNDICE D	175
APÊNDICE E	177
APÊNDICE F	182

1. INTRODUÇÃO

A Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS), instituída pela Lei nº 12.305, de 02 de agosto de 2010, e regulamentada pelo Decreto nº 7.404, de 23 de dezembro de 2010, estabelece que o responsável pelos serviços de limpeza e manejo de resíduos sólidos (município) deve priorizar a organização e o funcionamento de organizações de catadores de baixa renda de materiais reutilizáveis e recicláveis, de acordo com o Art. 36 (BRASIL, 2010b).

Para Jacobi e Besen (2011), a sofisticação da PNRS está, dentre outros pontos, na hierarquia de gestão dos resíduos sólidos, nas metas de redução de disposição final de resíduos em aterros sanitários e a disposição final ambientalmente adequada dos rejeitos em aterros sanitários. Segundo os autores, no aspecto de sustentabilidade socioambiental urbana, cria mecanismos de inserção de organizações de catadores nos sistemas municipais de coleta seletiva.

No entanto, o Caderno de Diagnóstico dos Catadores da Minuta do Plano Nacional de Resíduos Sólidos apontava para uma realidade de grupos desorganizados ou em organização que contavam com nenhum ou poucos equipamentos de sua propriedade. Percebe-se que as organizações frequentemente trabalham em condições precárias para atravessadores, precisando de apoio financeiro para a aquisição de quase todos os equipamentos necessários, inclusive galpões (IPEA, 2012).

O principal desafio imposto às associações e cooperativas é de se tornarem competitivas no mercado (GUERRA, 2013). Para uma OC avançar na cadeia produtiva pós consumo (garantindo poder de negociação com melhores preços), ela precisa superar várias limitações: falta de capacitação para desenvolvimento das atividades com segurança (DAMÁSIO, 2010; FREITAS E FONSECA, 2011); falta de reconhecimento por parte do poder público, da sociedade e de empresas privadas (TACKLA, 2016); falta de integração com as fontes geradoras e má relação com os compradores (FREITAS e FONSECA, 2011; GUNSILIUS *et al.*, 2011; TACKLA, 2016); precisa providenciar a emissão de nota fiscal, obtenção de capital de giro, melhoria da capacidade administrativa (AQUINO *et al.*, 2009; CWG-GIZ, 2011; FERGUTZ, DIAS e MITLIN, 2011); sobretudo, infraestrutura inadequada e falta de equipamentos, que inviabilizam a operacionalização de atividades básicas como

triagem e estocagem de materiais em grandes volumes que valorizem a negociação (WILSON *ET AL.*, 2009; CHATURVEDI, 2011; TIRADO-SOTO, 2013).

Segundo Aquino *et al.* (2009), em várias regiões metropolitanas do País o padrão organizacional para catadores tem sido o de rede. Se essas redes de organizações de catadores forem suficientemente eficientes para alcançar grandes volumes mensais e regularidade de fornecimento para o mercado, elas podem ganhar densidade suficiente para ultrapassar as estruturas de intermediação, e vender diretamente para as indústrias recicladoras, obtendo melhores preços para o mesmo volume de materiais (RODRIGUEZ, 2002; DAMÁSIO, 2010). De acordo com Fergutz, Dias e Mitlin (2011), intermediários do setor de reciclagem pagam cerca de 10% do que as empresas formais pagariam às organizações de catadores pelos materiais recicláveis.

Um conjunto desarticulado de organizações com eficiências de mercado diferentes resulta em preços pagos diferentes a cada organização. Uma maneira de resolver isso é a criação de centros de transbordo e armazenamento de materiais recicláveis de acordo com as exigências das indústrias que comprem estes materiais (DAMÁSIO, 2010; FERRI *et al.*, 2015a).

A localização de centrais de transbordo e armazenamento de resíduos recicláveis pode ser preponderante frente aos requisitos do mercado e aos custos de transporte, permitindo uma melhor negociação de preços para as organizações de catadores. Ademais, haveria a expansão da indústria da reciclagem, redução do consumo de energia para produção de outros produtos, redução das emissões de Gases de Efeito Estufa (GEE), redução dos custos de transporte e disposição em aterros (SANCHES, 2014; FERRI *et al.*, 2015b).

Este tema tem sido abordado pelos pesquisadores do Laboratório de Gestão em Saneamento Ambiental (LAGESA) em diversos trabalhos focados no fortalecimento das organizações de catadores e seu posicionamento no mercado no Espírito Santo. Paralelamente, o Laboratório de Modelagem Matemática Aplicada à Engenharia de Produção tem se dedicado à soluções de problemas de localização de facilidades em diversas áreas, inclusive no setor de reciclagem. Ambos possuem infraestrutura para o desenvolvimento das competências dos pesquisadores nos temas citados com computadores de alto desempenho, recursos constantes

provenientes de projetos em parceria com governos e institutos estaduais, iniciativa privada e outras universidades.

O presente trabalho está organizado em sete capítulos, sendo este, o capítulo Introdutório, o primeiro. Posteriormente, tem-se o capítulo Objetivos, no qual estão os objetivos específicos e o objetivo geral da pesquisa. O terceiro capítulo é o Referencial Teórico, no qual são revistos brevemente temas da literatura científica como a gestão e o gerenciamento de resíduos sólidos urbanos, os atores do mercado de reciclagem com destaque para as organizações de catadores, o mercado da reciclagem dos quatro principais resíduos (papel/papelão, plástico, metal e vidro) e o problema de localização de facilidades numa rede logística. O quarto capítulo apresenta os Métodos de Pesquisa deste trabalho. O quinto capítulo relata sobre a obtenção de dados e parâmetros de entrada do modelo matemático proposto neste trabalho. O sexto capítulo apresenta os resultados dos cenários anteriormente propostos e os discute diante dos objetivos da pesquisa. O sétimo capítulo traz conclusões sobre o trabalho e recomendações para trabalhos futuros. Finalmente, tem-se as referências bibliográficas utilizadas na pesquisa.

1.1. O PROBLEMA DA PESQUISA

A quantidade, o tamanho e a localização de centrais de transbordo como unidades intermediárias de uma rede logística reversa (no caso, de organizações de catadores) variam de acordo com os objetivos e restrições de cada setor empresarial (JAYARAMAN *et al.*, 2003).

Diante das disfunções das organizações como falta de equipamentos, falta de organização administrativa, falta de condições de trabalho, baixa eficiência de mercado e, principalmente, falta de espaço físico para acúmulo de grandes volumes no ambiente urbano, o fator "localização" de centrais de transbordo e armazenamento se torna relevante para a comercialização de recicláveis por organizações de catadores em rede no Espírito Santo. Portanto, qual a melhor localização das possíveis unidades intermediárias desta rede logística de forma a amplificar as receitas pela venda em grande volume e minimizar os custos globais de transporte da rede de organizações de catadores no Espírito Santo?

O panorama que esta pergunta se insere é de mudança de paradigma do gerenciamento de resíduos sólidos no Brasil, o estabelecimento de metas de desvio de recicláveis, incluindo as da Minuta do Plano Nacional de Resíduos Sólidos e a crescente geração/oferta de resíduos, seja pelo aumento da população ou pela universalização dos serviços de coleta, como propõe a Política Nacional de Saneamento Básico.

Com o propósito de auxiliar na tomada de decisão para melhor alocação destes pontos de apoio no processo da cadeia logística reversa que este estudo se apresenta com um modelo matemático de Programação Linear Inteira Mista (PLIM) para o Problema de Localização em Rede de Múltiplas Camadas aplicado à Logística Reversa baseado no modelo proposto por Pishvaei *et al.* (2010). O modelo proposto neste estudo tem por função definir a quantidade e localização das Centrais de Transbordo e Armazenamento a serem implantadas, bem como obtenção dos fluxos de resíduos entre as organizações municipais de catadores e as centrais, e destas para empresas receptoras.

De uma maneira geral, o objetivo geral desta rede é a minimização do custo total de logística que, invariavelmente envolve os custos de instalação e operação da facilidade e o custo de transporte entre os elos da cadeia (JAYARAMAN *et al.*, 2003).

1.2. JUSTIFICATIVA

A atividade dos catadores é desempenhada num mercado segmentado e composto por diversos atores, que desempenham papéis e têm interesses diferenciados (DIAS, 2002).

No Brasil, os materiais são comumente processados de forma agregada, já que a separação na fonte mais comumente empregada é de resíduos secos e úmidos. A coleta é apenas o primeiro estágio do processo de reciclagem e depende, portanto, de toda uma rede que passa por pequenos, médios e grandes depósitos que comercializam os recicláveis até alcançar a indústria de processamento (RUTKOWSKI, VARELLA e CAMPOS, 2014).

Para cada material reciclável, uma nova cadeia produtiva é formada. Escalas diferenciadas de produção e, portanto, de conhecimento e investimentos necessários na indústria transformadora dos diversos materiais recicláveis criam barreiras à entrada que impedem determinados atores de agirem em alguns elos da cadeia (DIAS, 2002; RUTKOWSKI, VARELLA e CAMPOS, 2014). Segundo ANAP (2015), a concentração geográfica de empresas da indústria do papel reduz os preços, inviabiliza a comercialização de alguns materiais e, em geral, justifica a presença de atravessadores.

Na Pesquisa Nacional de Saneamento Básico (PNSB), cerca de 50% dos municípios declararam ao IBGE ter conhecimento da atuação de catadores em suas áreas urbanas e aproximadamente 60% das organizações coletivas e dos catadores estão nos níveis mais baixos de eficiência (IBGE, 2008; DAMÁSIO, 2008).

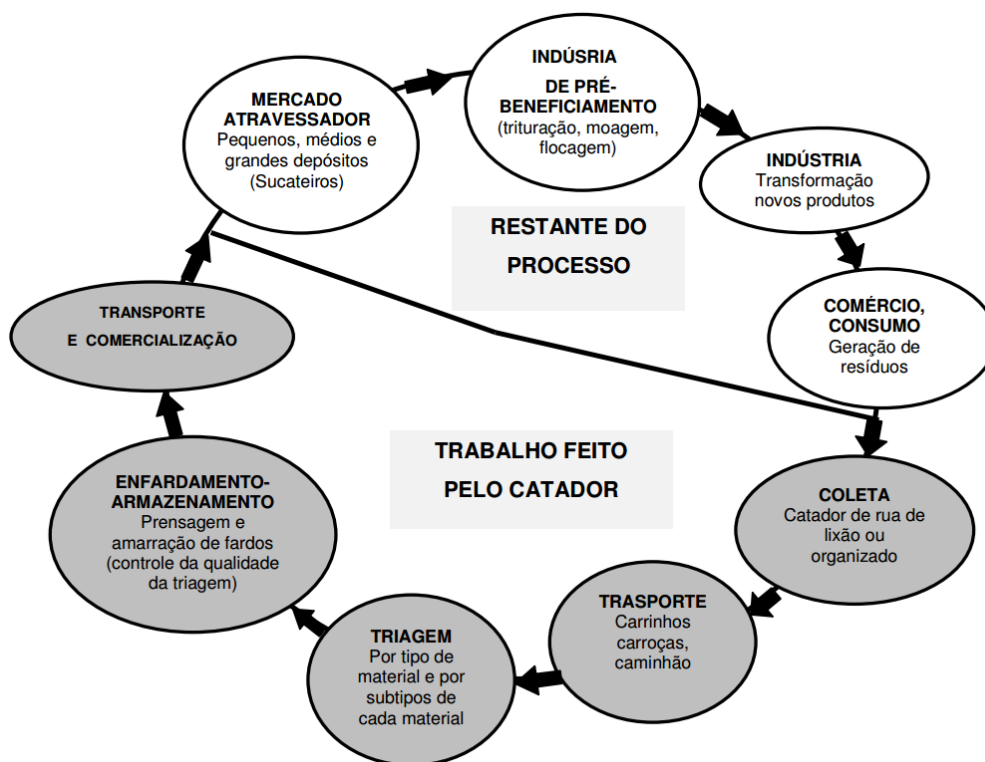
O perfil dos catadores apresentado pelo IBGE mostrou que a renda média dos catadores, sequer atinge o salário mínimo, alcançando entre R\$420,00 e R\$ 520,00, segundo estudos parciais citados pelos autores da Pesquisa Nacional, que ainda observaram a faixa de instrução da 5ª a 8ª séries como a mais observada entre os catadores (IBGE, 2008).

Embora seja este o perfil socioeconômico da classe catadora de recicláveis no País, são as iniciativas destes indivíduos que tornam realidade a coleta seletiva e o ciclo de reaproveitamento dos materiais recicláveis (AQUINO *et al.*, 2009; TIRADO-SOTO e ZAMBERLAN, 2013).

Programas públicos de promoção à reciclagem parecem ser necessários, não apenas para ampliar as metas de reciclagem de RSU, mas para a criação de mecanismos que cubram os custos da coleta seletiva e da reciclagem de maneira estável. Recursos arrecadados por meio de mecanismos de logística reversa e de taxas de coleta de lixo, já previstas na PNRS deveriam ser empregados para arcar com os custos elevados da coleta seletiva e para pagamento por serviços ambientais urbanos aos catadores, que são o elo mais frágil e são responsáveis por grande parte das atividades de uma importante etapa da cadeia produtiva (RUTKOWSKI, VARELLA e CAMPOS, 2014; DIAS, 2015).

São os catadores que empreendem a separação, a triagem, o enfardamento e a comercialização. Entretanto essas etapas agregam pouco valor ao resíduo reciclável dentro da cadeia produtiva, como mostra a Figura 1.

Figura 1. Cadeia Produtiva da Reciclagem.



Fonte: TIRADO-SOTO (2011).

De acordo com Tirado-Soto (2011), para aprimorar a gestão das cooperativas, os catadores devem lidar com a viabilidade econômica do empreendimento. O ganho financeiro deve cobrir custos e gerar “sobras” para investimentos em infraestrutura e capacitação, entre outros investimentos. Para isso, devem equacionar os principais custos básicos como custo da coleta e transporte (combustível, manutenção do veículo, salários do motorista e ajudantes), custo da triagem, enfardamento e armazenamento (galpão, energia elétrica, água, salários, materiais e equipamentos, equipes de proteção individual, refeições, manutenção de equipamentos, serviços de limpeza etc.) e custo do transporte para venda (manutenção do veículo, combustível, motorista e ajudantes).

Justamente sobre os custos de transporte e de armazenamento que a discussão sobre a localização otimizada de centrais para transbordo e armazenamento de resíduos pode ser inserida. O conceito de rede logística reversa

traz uma prerrogativa para o ganho ambiental pela redução do envio de resíduos recicláveis para aterros sanitários, e consequente aumento da vida útil, aumento da receita pela venda para as empresas recicladoras gerando, portanto, uma fonte adicional para as OC associadas em rede.

O modelo matemático proposto na metodologia traz incrementos ao modelo base de localização de facilidades de Pishvae *et al.* (2010) como a existência de uma função multi objetivo, que contempla a minimização dos custos totais e a maximização da receita auferida pela venda do material reciclável. Ainda, os resíduos sólidos recicláveis secos (RSRS) são identificados por tipo de forma que cada um seja direcionado às empresas que reciclam especificamente papel/papelão ou plásticos ou metal ou vidro. O modelo ainda informa a quantidade de RSRS por tipo, em toneladas, que flui pelos arcos, bem como a quantidade de caminhões necessária para o transporte entre organizações e centrais.

2. OBJETIVOS

O trabalho tem como objetivo geral descrever a rede logística reversa de resíduos sólidos recicláveis secos (RSRS) estruturada em unidades de transbordo e armazenamento para valorização dos resíduos utilizando modelo matemático de Programação Linear Inteira Mista (PLIM).

Para tal, tem-se como objetivos específicos:

- Avaliar o efeito das estimativas de composição gravimétrica na geração de RSRS do Espírito Santo e no resultado financeiro da rede de catadores proposta, tanto no cenário atual quanto no futuro;
- Avaliar, na forma de cenários, o efeito das metas de recuperação de RSRS no resultado financeiro da rede de catadores proposta diante do mercado de RSRS no Espírito Santo, considerando a quantidade, localização e capacidade de centrais de transbordo e armazenamento e os custos de instalação, operação e transporte associados;
- Avaliar a influência da capacidade de carga dos caminhões de 10 t, 16 t ou 20 t no transporte entre organizações de catadores e centrais de transbordo e armazenamento da rede proposta.

3. REFERENCIAL TEÓRICO

Este capítulo apresenta aspectos legais de gestão e gerenciamento de resíduos sólidos urbanos, sobretudo da importância de programas de coleta seletiva. São apresentadas particularidades do mercado de reciclagem e seus atores, em especial a organizações de catadores. Finalmente, uma breve revisão da literatura é feita sobre o problema de localização de facilidades numa rede logística reversa e é apresentado o modelo utilizado por Pishvaei *et al.* (2010), base para o modelo proposto neste trabalho.

3.1. Aspectos Legais da Gestão de Resíduos Sólidos

A partir da Constituição Federal (BRASIL, 1988) possibilitou-se a implantação de um novo marco legal para a prestação dos serviços de saneamento. Em seu Art. 30, a CF confere competência ao poder público local a execução dos serviços de limpeza pública, incluindo-se a coleta e disposição dos RSU, dispondo como competência municipal, legislar sobre assuntos de interesse local, especialmente quanto à organização dos seus serviços públicos e o estabelecimento de políticas de desenvolvimento urbano (GÓES, 2011; POLETTO *et al.*, 2016).

A instituição da Política Nacional de Saneamento Básico (PNSB), pela Lei Federal nº 11.445, dispôs sobre os serviços de limpeza urbana e manejo de resíduos sólidos, dentre outros, devendo ser prestados com base em alguns princípios fundamentais, tais como a universalização do acesso; a integralidade; adoção de métodos, técnicas e processos que considerem as peculiaridades locais e regionais; articulação com as políticas de desenvolvimento urbano e regional; eficiência e sustentabilidade econômica (BRASIL, 2007).

Entretanto, por muitos anos, criou-se um vácuo na gestão de resíduos sólidos pela falta de uma política pública ambiental que determinasse diretrizes e instrumentos de ação para a gestão ambiental adequada de seus resíduos sólidos. Após 21 anos de tramitação no Congresso Nacional, o Presidente da República sancionou a Lei Federal nº 12.305, de 2 de agosto de 2010, que instituiu a Política Nacional de Resíduos Sólidos – PNRS (BRASIL, 2010b).

Mesmo antes da vigência da PNRS, outros instrumentos legais já criavam oportunidades para fomentar a participação de catadores de resíduos sólidos nos processos de gestão ambiental e na inclusão social e econômica e melhoria das condições de trabalhos dos catadores. O Decreto Federal Nº 5.940 instituiu que entidades da administração pública federal destinassem seus resíduos recicláveis para associações e cooperativas dos catadores de materiais recicláveis. O artigo 1º do referido Decreto (BRASIL, 2006, p. 1) cita que:

A separação dos resíduos recicláveis descartados pelos órgãos e entidades da administração pública federal direta e indireta, na fonte geradora, e a sua destinação às associações e cooperativas dos catadores de materiais recicláveis são reguladas pelas disposições deste Decreto.

A Lei Federal 11.445 (BRASIL, 2007), que estabelece diretrizes nacionais para o saneamento básico, facilita a contratação de catadores para a coleta seletiva do município, dispensando-os de licitações, conforme estabelecido em seu Art. 57, que altera a redação do inciso XXVII do caput do Art. 24 da Lei Federal Nº 8.666 (BRASIL, 1993).

As políticas no setor de reciclagem são cada vez mais presentes, mas em sua maioria chegam apenas aos grupos de catadores organizados, principalmente nos que constituem associações ou cooperativas. Desde 2010, a PNRS determinou a coleta seletiva de materiais recicláveis baseada na inclusão de catadores no sistema municipal de resíduos sólidos. A Lei não só reconheceu os resíduos sólidos como bens econômicos com valor social e econômico, mas reconheceu ainda a importância das atividades dos catadores para todo o sistema de resíduos sólidos (RUTKOWSKI e RUTKOWSKI, 2015).

Perante às Leis Nacionais de Saneamento Básico e de Resíduos Sólidos, os municípios brasileiros estão autorizados a priorizar a contratação das organizações de catadores como prestadores de serviços privados, sem passar pelo processo de licitação. O município pode tomar o crédito pelos níveis de recuperação¹ de recicláveis e os resultados produzidos pelos catadores, além de desfrutar dos benefícios econômicos e operacionais do redirecionamento dos resíduos. Os catadores recolhem os resíduos secos em residências e grandes geradores, operam

¹ Resíduos recuperáveis são resíduos sólidos urbanos com valor econômico pelo seu potencial de ser reutilizado, reciclado ou como fonte de energia.

instalações de recuperação e pré-tratamento de recicláveis, funcionando como um prestador de serviços privado (GIZ, 2013).

A inclusão dos catadores de materiais recicláveis apresenta-se como eixo estratégico para o poder público e a sociedade, com implicações sociais, ambientais, culturais e econômicas relacionadas ao modelo de desenvolvimento. As implicações comportamentais relacionadas às práticas de consumo da sociedade repercutem diretamente nas questões ambientais porque lida com um dos elementos de maior impacto ao meio ambiente – os resíduos sólidos urbanos (BRASIL, 2013).

O programa Pró Catador, criado pelo Decreto n. 7.405 (BRASIL, 2010b), reestruturou e renomeou o antigo Comitê Interministerial de Inclusão Social de Catadores de Lixo, criado em 2003, para Comitê Interministerial para Inclusão Social e Econômica dos Catadores de Materiais Reutilizáveis e Reciclagem, com o objetivo de articular políticas públicas de apoio e fomento ao segmento dos catadores de materiais recicláveis.

Portanto, a PNRS fornece um tipo de inclusão híbrida, como descrito por Scheinberg (2012), promovendo, além do reconhecimento, o acesso, a formalização, a inclusão, a integração, a legalização e a profissionalização dos catadores (RUTKOWSKI e RUTKOWSKI, 2015).

Andrade e Ferreira (2011) já apontavam para duas características marcantes na gestão de RSU em países desenvolvidos. A primeira delas são as várias alternativas de tratamento, como compostagem, reciclagem e incineração, que os resíduos sofrem antes de chegarem aos aterros sanitários a fim de diminuir os impactos negativos e otimizar o tempo de vida útil dos respectivos aterros. Entretanto, como segunda característica, percebe-se o elevado custo em tais países para que o sistema de gestão de resíduos opere adequadamente. É um sistema oneroso, não só para implementar e executar tais métodos no manejo dos resíduos, mas também para suprir a grande demanda por capacitação técnica, para formar políticas de educação e informação para a sociedade e, muitas vezes, por subsidiar produtos reciclados.

Estas características são reflexos de estratégias para melhor gestão de RSU baseadas em um sistema hierárquico de etapas que seguem a seguinte ordem: minimização, reutilização, reciclagem, recuperação energética da incineração e

disposição final de rejeitos em aterros sanitários. Esta estratégia também foi aplicada na Política Nacional de Resíduos Sólidos do Brasil (BRASIL, 2010b), como mostra a Figura 2.

Figura 2. Hierarquia de solução de resíduos sólidos.



Fonte: BRASIL, 2010b; HOORNWEG e BHADA-TATA, 2012; MARELLO e HELWEGE, 2014.

Philippi Jr. e Bruna (2004, p. 681) entendem que políticas públicas ambientais são consideradas como condição necessária para o estabelecimento do desenvolvimento sustentável:

[...] Conceitualmente, o fato de atribuir ao Estado o dever de sanear o meio ambiente, controlando a qualidade do ar, da água do solo, bem como a poluição gerada pelas atividades humanas, de certa maneira não encontra opositores; pode-se mesmo dizer que é uma voz corrente que vem se prolongando ao longo de muitos anos.

O avanço nas decisões da PNRS traz ao Brasil grande evolução em todas as atividades relacionadas à Logística Reversa, definida pelo Inciso XII, Art. 3º (BRASIL, 2010b, p. 1), propiciando crescimento das quantidades a serem tratadas nas diversas cadeias produtivas e em consequência grandes oportunidades empresariais e profissionais nestas diversas áreas. São previstos acordos setoriais entre o poder público e o setor empresarial para ampliar as metas de reciclagem e gerar postos de trabalho na cadeia produtiva da reciclagem e na coleta seletiva para catadores.

No Estado do Espírito Santo a Lei Estadual nº 9.264 (ESPÍRITO SANTO, 2009), instituiu a Política Estadual de Resíduos Sólidos no Estado do Espírito Santo e previu a gestão participativa por meio do Comitê Gestor de Resíduos Sólidos

(COGERES). O COGERES, formado por representantes de instituições públicas, privadas e da sociedade civil, tem a atribuição de monitorar a implementação da Política Estadual de Resíduos Sólidos, de forma a garantir a gestão integrada, compartilhada e participativa (ESPÍRITO SANTO, 2009).

Devido às exigências legais, o Governo do Estado do Espírito Santo, por meio da Secretaria de Estado de Saneamento, Habitação e Desenvolvimento Urbano do Estado do Espírito Santo (SEDURB), juntamente com o Ministério Público do Espírito Santo (MPES), por meio do Centro de Apoio Operacional da Defesa do Meio Ambiente (CAOA) e em parceria com a Associação dos Municípios do Estado do Espírito Santo (AMUNES) tem desenvolvido diversas ações nos municípios capixabas para que estejam adequados perante à Lei, como por exemplo, a cobrança pela elaboração dos planos municipais de gestão integrada de resíduos sólidos.

Dutra (2016, p. 34) resumiu o cenário de gestão dos resíduos sólidos no Espírito Santo como sendo de inércia dos municípios diante da implementação dos instrumentos da PNRS e da erradicação dos lixões no Estado. Isso forçou o MPES a elaborar Termos de Compromisso Ambiental (TCA) para cada município que devem considerar planos e programas com ênfase na reciclagem com participação de organizações de catadores, pelo reconhecimento do resíduo reciclável como bem de valor econômico e social, como previsto pela PNRS (BRASIL, 2010b).

O cumprimento da PNRS em todos os seus termos é condição para os municípios continuarem a ter acesso a recursos da União, ou por ela controlados, destinados a empreendimentos e serviços relacionados à limpeza urbana e ao gerenciamento de resíduos sólidos, ou para serem beneficiados por incentivos ou financiamentos de entidades federais de crédito ou fomento para tal finalidade.

3.2. O Gerenciamento dos Resíduos Sólidos Urbanos e a Coleta Seletiva

Resíduos sólidos podem ser definidos como todos os materiais, tais como pacotes, garrafas, restos de alimentos, jornais, equipamentos eletrônicos, baterias, dentre outros, que produzimos como resultado de nossas atividades diárias (EKMEKÇIOĞLU, KAYA e KAHRAMAN, 2010; MCDOUGALL *et al.*, 2008)

Esta definição diz mais sobre o que não é incluído do que o que realmente é considerado resíduo sólido, simplesmente enfatizando a heterogeneidade da geração de resíduos. Por exemplo, o Japão não inclui na estimativa de geração de resíduos sólidos urbanos a quantidade de materiais que seguiram para reciclagem, porque tais materiais não são considerados resíduos (CHANDLER *et al.*, 1997).

No Brasil, a NBR 10.004 da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT, 2004) classifica os resíduos com base em seus riscos potenciais ao meio ambiente e à saúde pública. Já a Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS) classifica os resíduos sólidos quanto à sua origem e quanto à sua periculosidade, dos quais destacam-se para este estudo os Resíduos Sólidos Urbanos (RSU) que representam a junção dos Resíduos Sólidos Domiciliares (RSD), originários de atividades domésticas em residências urbanas, os Resíduos de Limpeza Urbana (RSLU), originários da varrição, limpeza de logradouros e vias públicas e outros serviços de limpeza urbana, e os Resíduos Comerciais, gerados pelas atividades de comércio.

Vale destacar que os rejeitos, que também são Resíduos Sólidos Domiciliares, referem-se às parcelas contaminadas dos resíduos, tais como embalagens que não se preservaram secas, resíduos úmidos que não podem ser processados em conjunto com os demais, resíduos das atividades de higiene e outros tipos de resíduos que não tiveram um mercado desenvolvido para produção e consumo de produtos derivados, conforme previsto pela PNRS (BRASIL, 2010b).

Para Dutra (2016), em termos de composição, os resíduos de estabelecimentos comerciais e prestadores de serviços, basicamente, são similares aos resíduos domésticos, sendo dispostos junto aos resíduos domiciliares e coletados pela municipalidade, principalmente quando as quantidades geradas são pequenas. Neste estudo o termo RSU englobará estas três classificações quanto à quantificação.

As características e a quantidade dos resíduos sólidos gerados em uma região estão diretamente relacionados ao perfil demográfico, além de serem função de fatores socioeconômicos como por exemplo o Produto Interno Bruto (PIB), nível de urbanização, nível de escolaridade, renda familiar, dentre outros (AIDIS, 2006; KHAN, KUMAR e SAMADDER, 2016). Ainda é fator de influência o padrão e estilo de vida dos habitantes, mas também da abundância e tipo de recursos naturais

disponíveis na região (UNEP, 2005; EKMEKÇIOĞLU, KAYA e KAHRAMAN, 2010; HOORNWEG e BHADA-TATA, 2012; RIMAITYTE *et al.*, 2012; GUERRERO, MAAS e HOGLAND, 2013; KIRAMA e MAYO, 2016).

Para Forouhar e Hristovski (2012) avaliar os principais fatores que afetam a geração de resíduos sólidos, sua coleta e a composição de resíduos sólidos são itens importantes para o desenvolvimento de um sistema de gestão de resíduos sólidos sustentável.

Estima-se que a coleta de resíduos domiciliares e públicos nos municípios brasileiros em 2013 tenha atingido um montante anual aproximado de 61,1 milhões de toneladas (BRASIL, 2015). Isto é, um valor da ordem de 167,5 mil toneladas por dia, com *per capita* médio nacional em 1,01 kg.hab⁻¹.dia⁻¹. A região Sudeste obteve um valor de 0,94 kg.hab⁻¹.dia⁻¹. Já o Espírito Santo, com participação de 49 municípios na amostra (64,5% do municípios capixabas), apresentou o indicador médio de geração *per capita* de 0,88 kg.hab⁻¹.dia⁻¹ (BRASIL, 2015).

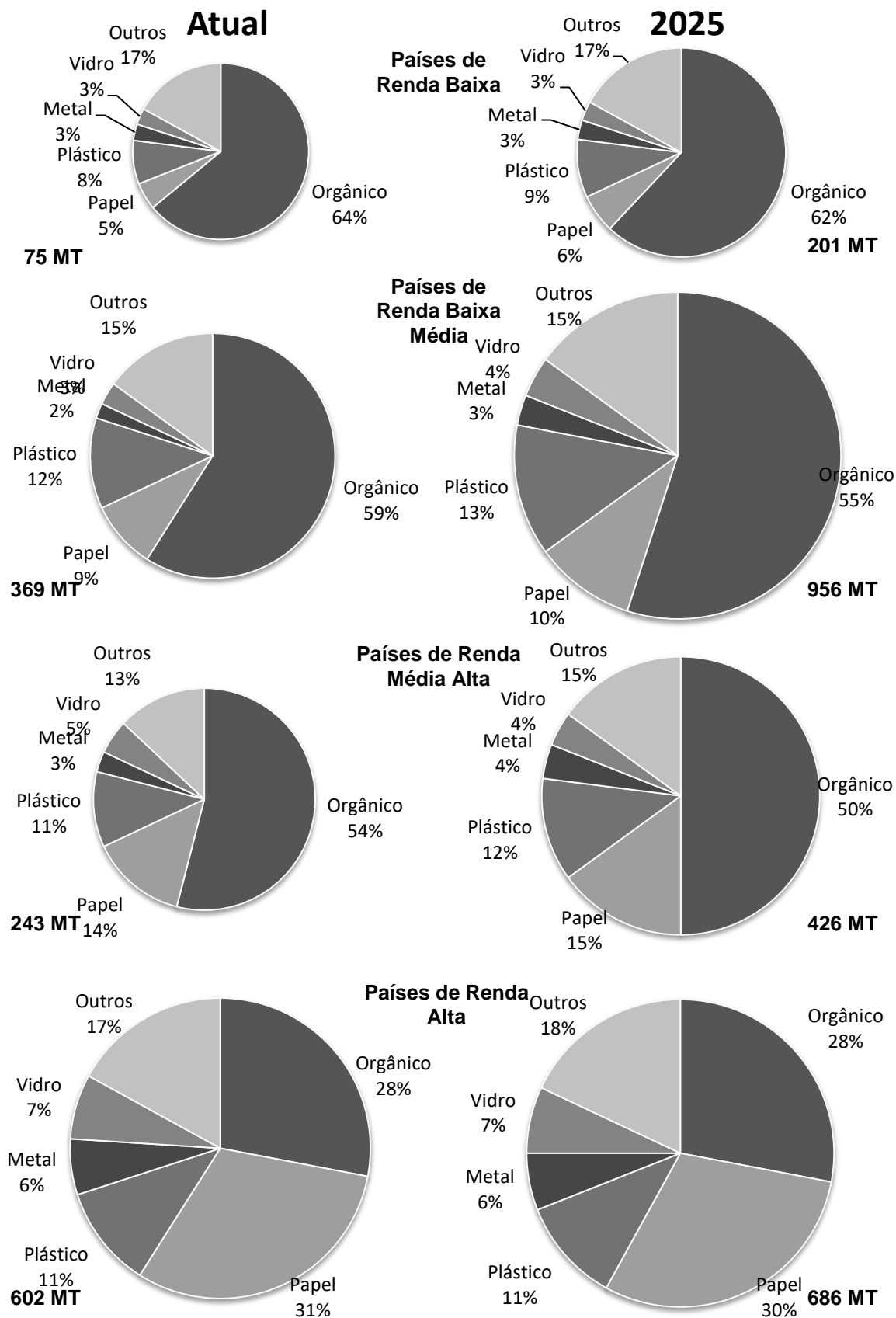
Para Campos (2012), tanto os países desenvolvidos da Organização para Cooperação e Desenvolvimento Econômico (OCDE) como os em desenvolvimento, como o Brasil, apontam para o crescimento da geração *per capita* mesmo com a redução do peso específico dos resíduos sólidos.

Segundo a ISWA (2012), cerca de 70% de todos os resíduos urbanos produzidos no mundo é levado a lixões e aterros sanitários, 11% têm tratado térmico com aproveitamento energético e o restante, 19%, é reciclado ou compostado.

A urbanização e o aumento da renda das populações influenciam no aumento do consumo de materiais inorgânicos, tais como plásticos, papel e alumínio, uma vez que nas comunidades rurais há menos produtos embalados, menos desperdício de alimentos e menor industrialização.

Hoorweg e Bhada-Tata (2012) apontam que, enquanto nos países de renda média e baixa há uma elevada porcentagem de matéria orgânica no total de RSU, as parcelas de papel, plástico, vidro e metal aumentam nos países de média e alta renda. A projeção da geração de RSU realizada pelos autores para 2025 apresenta um aumento da ordem de 168% em países de baixa renda e apenas 14% nos de alta renda. Além disto, percebeu-se que, segundo esta projeção, a fração orgânica diminui sua participação em todos os países, como mostra a Figura 3.

Figura 3. Estimativas de geração e composição de RSU por nível de renda dos países (2010-2025).



Fonte: Hoornweg e Bhada-Tata, 2012.

Segundo o caderno de diagnóstico da PNSB (IBGE, 2008), cerca de 31,9% dos resíduos sólidos urbanos coletados no Brasil correspondem a materiais recicláveis secos, predominando plásticos (13,5%), seguido por papel/papelão (13,1%), metais (2,9%) e vidro (2,4%). O diagnóstico de resíduos sólidos 2014 do SNIS (BRASIL, 2016) estimou que cerca de 12% do montante potencialmente reciclável é recolhido no país. Este valor ainda está distante da meta estabelecida na Minuta do Plano Nacional de Resíduos Sólidos para 2015 que era de 30% (BRASIL, 2012).

A coleta seletiva definida como a coleta de resíduos sólidos previamente segregados conforme sua constituição ou composição (papel, papelão, plásticos, metais, vidros, dentre outros), também é um instrumento da política relacionada à implementação da responsabilidade compartilhada pelo ciclo de vida dos produtos (BRASIL, 2010b; CAMPOS, 2014). Somente 17% das cidades brasileiras possuem algum programa de coleta seletiva na gestão de seus resíduos municipais (CEMPRE, 2014).

Existem diferentes maneiras de se gerenciar um sistema de coleta seletiva, cabendo a cada município adotar aquela que lhe for mais adequada à sua realidade. Geralmente é realizada tanto na modalidade porta-a-porta ou em Postos de Entrega Voluntária (PEV), normalmente instalados em edifícios, parques, escolas, supermercados e centros comerciais públicos para receber resíduos sólidos recicláveis secos. Estas são opções disponibilizadas para praticamente toda a população para separar e entregar os recicláveis secos (BRINGHENTI, 2004).

Segundo Brasil (2015), as organizações de catadores têm participações destacadas na recuperação de recicláveis nos municípios com populações entre 100 mil e 1,0 milhão de habitantes. Entretanto, os melhores resultados foram nos municípios de pequeno porte, com até 30 mil habitantes. Na hipótese de que se tenha um percentual de 30% de RSRS na massa de RSU, os municípios de pequeno porte conseguem recuperar, em média, 24% dentro do total de RSRS. Ou seja, também vale dizer que 76% dos RSRS ainda não são recuperados para esta faixa de população (BRASIL, 2015).

Na Tabela 1 são apresentados aspectos positivos e negativos das principais modalidades de recuperação de RSRS, seja por ação isolada de catadores ou por programas de coleta seletiva no país.

Tabela 1. Aspectos positivos e negativos das modalidades de coleta de RSRs.

Modalidade	Aspectos positivos	Aspectos negativos
Porta a Porta	<ul style="list-style-type: none"> • Geralmente, os recicláveis são agrupados visando facilitar a sua separação na fonte geradora e posterior disposição na calçada do contribuinte; • Dispensa o deslocamento do cidadão até um Posto de Entrega Voluntária, o que influi positivamente quanto à participação na coleta seletiva; <ul style="list-style-type: none"> • Permite mensurar a participação da população no programa pela facilidade de se identificar os domicílios e estabelecimentos participantes; • Agiliza a descarga nas centrais de triagem. 	<ul style="list-style-type: none"> • Exige maior infraestrutura de coleta, representada pelo aumento da frota de veículos e recursos humanos; • Tende a apresentar custos mais altos de coleta e transporte comparado com outras modalidades de coleta seletiva; • Atrai a presença de maior número de catadores informais na região onde está implantada (questão social).
Posto / Local de Entrega Voluntária	<ul style="list-style-type: none"> • Maior facilidade e menor custo de coleta; • Possibilita a redução de custos de coleta e transporte, com otimização de percursos e frequências, especialmente, em bairros com população esparsa; • Permite a exploração do espaço do Posto de Entrega Voluntária com publicidade e eventual obtenção de patrocínio; • Em função do tipo de recipiente e estímulo educativo adotados, permite a separação e o descarte de recicláveis, por tipos, facilitando a triagem posterior. 	<ul style="list-style-type: none"> • Requer maior disponibilidade da população, que deverá se deslocar até um Posto de Entrega Voluntária para participar; • Suscetível a vandalismo (desde o depósito de lixo orgânico e animais mortos no interior de recipientes de coleta até a danificação de sua estrutura); <ul style="list-style-type: none"> • Exige manutenção e limpeza periódicas; • Necessita, em alguns casos, de equipamento especial para coleta; • Não possibilita a identificação dos domicílios e estabelecimentos participantes; • Dificulta a avaliação da adesão da comunidade ao programa.
Catadores autônomos	<ul style="list-style-type: none"> • Promove a inclusão social; <ul style="list-style-type: none"> • Gera emprego e renda; • Reduz o custo de coleta, transporte, triagem e disposição final de resíduos sólidos urbanos para a administração municipal; • Contribuem com a redução de GEE se comparado à plantas de incineração. 	<ul style="list-style-type: none"> • Está direcionado para materiais com maior valor de mercado e em pequenas quantidades; <ul style="list-style-type: none"> • Apresenta elevado risco de acidentes, principalmente, quando trabalhadores atuam sem equipamentos de sinalização de trânsito e de proteção individual; • Dificulta a mensuração da participação da população; • Contribui negativamente para a manutenção da limpeza urbana, da saúde pública, uma vez que são danificadas embalagens de lixo devido à procura de materiais recicláveis, promovendo o seu espalhamento nas áreas públicas; • Em alguns casos, é explorada a mão de obra do trabalhador e/ou o trabalho infantil; • Condição exploratória de compradores de materiais.
Organizações de Catadores (OC)	<ul style="list-style-type: none"> • Promove a inclusão social; <ul style="list-style-type: none"> • Gera emprego e renda; • Reduz o custo de coleta, transporte, triagem e disposição final de resíduos sólidos urbanos para a administração municipal; <ul style="list-style-type: none"> • Fornecimento estável e confiável de materiais para a indústria, trazendo benefícios ambientais de não exploração dos recursos naturais e econômicos estimulando a economia local; • Separação dos resíduos recicláveis daqueles com potencial para serem reutilizados; • Trabalhadores organizados têm maior produtividade do que os autônomos; • Somente cooperativas com alta eficiência têm poder de negociação com o mercado, acesso a equipamentos e empréstimos; • Contribuem com a redução de GEE se comparado à plantas de incineração. 	<ul style="list-style-type: none"> • Processo de organização é lento e difícil; • Dificuldades de gerenciamento por parte dos associados / cooperados; • Em galpões sem infraestrutura, têm elevado risco ocupacional e de acidentes, principalmente, quando trabalhadores atuam sem equipamentos de sinalização de trânsito e de proteção individual; • OC com baixa eficiência ficam numa condição exploratória dos compradores de materiais; • OC com baixa eficiência sofrem com a exploração da mão de obra para aumentar seus ganhos; • Necessidade de espaço para equipamentos para segregação em maior quantidade e em melhor qualidade.

Fonte: Adaptado de Bringheti (2004), Wilson, Velis e Cheeseman (2006), Marelllo e Helwege (2014), Rutkowski e Rutkowski (2015), Douglas e Leifso (2015).

Segundo Dutra (2016, p. 44)

Entre as várias formas de coleta seletiva existentes, o Decreto nº 7.404/2010, que regulamenta a PNRS, determina em seu art. 9º, § 2º, que o sistema de coleta seletiva implantado pelo titular do serviço público de limpeza urbana e manejo de resíduos sólidos e estabeleça, no mínimo, a separação de resíduos secos e úmidos e, progressivamente, seja estendido à separação dos resíduos secos em suas parcelas específicas. Para a PNRS, os resíduos secos devem ser encaminhados, preferencialmente, a programas de coletas seletiva solidários, gerando emprego e renda aos catadores das organizações de materiais recicláveis.

Enquanto que os resíduos secos corresponderiam aos papéis, plásticos, metais, couros tratados, tecidos, vidros, madeiras, isopor, dentre outros, os resíduos úmidos corresponderiam à parcela orgânica (restos de alimentos, cascas de frutas e verduras, etc.). Para Bringhenti (2004, p. 15), o termo "lixo seco" pode resultar no entendimento, por parte da população alvo do programa, de que todos os resíduos secos devem ser separados para a coleta seletiva, aumentando os percentuais de rejeitos presentes nos materiais recicláveis coletados.

Bringhenti (2004, p. 2) afirma que os programas de coleta seletiva, em geral, buscam transformar o comportamento da sociedade, em relação ao lixo que gera, apresentando-se como uma das alternativas para que as pessoas, no seu cotidiano, possam contribuir com a preservação do ambiente e redução dos impactos sanitários e ambientais. No entanto, no Brasil, foca-se, principalmente, nos aspectos econômicos e operacionais no planejamento de programas de coleta seletiva, não aprofundando com mesma ênfase a abordagem dos aspectos sociais, divulgação de resultados e participação da população (BRINGHENTI, 2004).

A crescente participação da iniciativa privada na execução das atividades de gerenciamento de RSU (através da terceirização e concessão) nos municípios de médio e grande porte têm representado alguma melhora da qualidade na prestação dos serviços e significativo aumento dos custos envolvidos (ANDRADE e FERREIRA, 2011). Entretanto, o gerenciamento dos RSU é de responsabilidade do poder público (municipalidade), desde a sua coleta (em pequenas quantidades) até a sua disposição final, que deve ser ambientalmente segura (TENÓRIO e ESPINOSA, 2004; JACOBI e BESEN, 2011).

Diversos atores desempenham suas atividades em diversas etapas da gestão de RSU, como mostra a Tabela 2.

Tabela 2. Atores dos setores formal e informal brasileiros na gestão integrada de RSU.

Setor	Coleta	Coleta Seletiva	Reciclagem (Armazenamento, separação, venda, adição de valor pré produção)	Reuso	Disposição Final
Informal	Catadores de rua independentes	Catadores de rua independentes; Organizações de Catadores; Varredores de rua	Catadores de rua independentes; Catadores de lixão independentes; Organizações de Catadores; Pequenos ferros velhos; Pequenas empresas de plásticos; ONGs	Artesãos ONGs	-
Formal	Empresa pública ou privada para limpeza de áreas públicas.	Empresa pública ou privada para limpeza de áreas públicas; Organizações de Catadores	Grandes ferros velhos; Grandes aparistas; Grandes comerciantes de recicláveis; ONGs; Empresas privadas de limpeza de áreas públicas; Organizações de Catadores; Rede de Organizações de Catadores; Indústrias recicladoras; Centros de reciclagem	Artesãos ONGs Empresas	Empresas públicas ou privadas de triagem e compostagem; Empresas privadas de limpeza de áreas públicas

Fonte: Adaptado de Rutkowski e Rutkowski (2015).

Nos sistemas de gestão de resíduos sólidos há atuação de empresas privadas de coleta de resíduos, atuando lado a lado com o sistema municipal servindo restaurantes, aparistas, indústria e, às vezes, o setor domiciliar: o chamado setor formal. Em algumas cidades, este setor compete com catadores informais na busca por recicláveis de valor agregado como papel, papelão, tipos de plásticos e óleo de cozinha usado (MARELLO e HELWEGE, 2014).

3.3. Os Agentes do Mercado de Reciclagem

É essencial a definição clara das fronteiras entre "resíduo" e "não resíduo", pela sua capacidade de ser reutilizado e reintroduzido como parte de um processo de recuperação (onde adquire mais valor) e os riscos que representa para o ambiente. Este parece ser o fator decisivo para os agentes econômicos do mercado de resíduos (VEOLIA, 2006).

A coleta histórica e a valorização de materiais nos resíduos e seu redirecionamento para utilização benéfica nas cadeias de valor agrícolas e

industriais é baseado no valor econômico intrínseco latente ou explícito de materiais e seu potencial para ser reintroduzido nas cadeias produtivas. Na maioria dos países em desenvolvimento, esta é principalmente uma atividade do setor privado localizado dentro das cadeias de valor industriais ou agrícolas (DIAS, 2010; SCHEINBERG, WILSON E RODIC, 2010; SCHEINBERG, SIMPSON e GUPT, 2012).

Para Marelló e Helwege (2014), a reciclagem oferece uma maneira de desviar os resíduos dos aterros por ser um meio de não aceitação da disposição de resíduos mesmo diante da adequabilidade sanitária e ambiental dos aterros sanitários.

Figueiredo (2012) enfatiza o papel da economia para estimular a reciclagem de certos materiais, considerando que a reciclagem dos resíduos pela indústria exclusivamente atende às demandas de cadeias de produção do setor.

Entretanto, Scheinberg *et al.* (2011) destacam que, nos países desenvolvidos, a motivação principal do setor público na reciclagem é o seu valor para a proteção ambiental e conservação de recursos, diferentemente dos países subdesenvolvidos.

Podem-se destacar como benefícios da reciclagem dos resíduos a economia de matérias primas não renováveis, a economia de energia nos processos produtivos, o aumento da vida útil dos aterros sanitários, o desenvolvimento de uma maior consciência ambiental e dos princípios de cidadania por parte da população, a diminuição dos impactos ambientais, a possibilidade de novos negócios e a geração de empregos diretos e indiretos (IBAM, 2001; CEMPRE, 2010; BASSANI, 2011; HOORNWEG e BHADA-TATA, 2012).

O setor informal de reciclagem no Brasil é formado pelos catadores organizados coletivamente, pelos catadores independentes e pequenas empresas, que recebem doações de resíduos de cidadãos e outras empresas ou mediante pequenos pagamentos (RUTKOWSKI e RUTKOWSKI, 2015; POLETTO *et al.*, 2016). Eles separam, classificam e posteriormente vendem a empresas de médio porte, que por sua vez, revendem este material reciclável acumulado para indústrias recicladoras que processam papel, metal, vidro e outros (RUTKOWSKI e RUTKOWSKI, 2015; EZEAH *et al.*, 2013; SCHEINBERG, WILSON e RODIC, 2010).

Algumas pequenas empresas informais de plásticos em níveis mais elevados da cadeia de reciclagem usam o processamento mecânico de certos termoplásticos

para produzir *flakes* e *pellets*, vendendo diretamente para uma empresa recicladora (RUTKOWSKI e RUTKOWSKI, 2015).

Segundo Damásio (2010), algumas das indústrias recicladoras não apenas adquirem os materiais recicláveis que processa, mas também materiais que não processa e procura revendê-los com algum lucro. Dotadas de estrutura técnica e logística de densidade superior às das organizações de catadores, e da maioria dos comerciantes, essas indústrias sobrepõem às suas atividades principais a comercialização de materiais recicláveis.

Esta complexa rede de agentes e interesses no mercado de recicláveis se estrutura num esquema piramidal de especificidade de resíduos, como mostra a Figura 5.4.

Figura 4. Especificidade de classificação de resíduos pelos agentes de mercado.



Fonte: Adaptado de Marelló e Helwege (2014).

A estrutura piramidal de mercado reflete o crescimento em termos de ganhos financeiros e a diminuição em termos de número de beneficiados (TIRADO-SOTO e ZAMBERLAN, 2013; WILSON, VELIS e CHEESEMAN, 2006).

Gonçalves (2003) afirma que são poucas as indústrias que compram materiais recicláveis no Brasil, formando um mercado oligopsônico, ou seja, com poucos compradores que puxam o preço dos recicláveis para baixo.

Segundo Scheinberg (2011), a indústria de reciclagem tem uma cultura de secretismo obsessivo, com uma cultura organizacional de empresas familiares que estão no limite entre a indústria formal e informal. O setor é vulnerável a acusações de lavagem de dinheiro, atividades criminosas e fraudes, e desconfia de estranhos na busca de informações.

Damásio (2010) afirma que é necessário entender que a segmentação na cadeia de comercialização de materiais recicláveis cria diversas formas de inserções das cooperativas e associações de catadores. Não apenas essas formas podem ser bastante distintas, mas os preços de compra e venda praticados também o serão. Do ponto de vista dos catadores, sejam eles isolados ou organizados, os preços de vendas de materiais por eles declarados nem sempre discriminam a qualidade do comprador.

Alguns autores afirmam que as atividades de recuperação de recicláveis pelo setor informal implicam no aumento dos indicadores ambientais, sociais e econômicos do sistema de gestão municipal de resíduos sólidos (EZEAH *et al*, 2013; SCHEINBERG *et al*, 2012; WILSON *et al*, 2012; RUTKOWSKI e RUTKOWSKI, 2015).

Para Marelllo e Helwege (2014), o esforço comum existente nos setores formal e informal de elevar os níveis de recuperação de reciclagem é visto como desejável. Porém ao invés disso percebem-se as tendências de privatização e modernização do setor, quase sempre de forma interdependente, e que ameaçam a viabilidade de organizações de catadores.

Para Scheinberg *et al.* (2010), mesmo recuperando mais que o setor formal, as taxas de recuperação de recicláveis no setor informal são muito baixas, em parte pelos altos custos trabalhistas da mão de obra no processo de triagem e processamento, conforme mostra a Tabela 3.

Tabela 3. Taxa de recuperação de recicláveis em sete cidades ao redor do mundo.

Cidade Indicador	Belo Horizonte (Brasil)	Canete (Peru)	Delhi (Índia)	Dhaka (Bangladesh)	Manágua (Nicarágua)	Moshi (Tanzânia)	Quezon City (Filipinas)
Total em massa de recicláveis recuperados (Toneladas)	145.134	1.412	841.070	210.240	78.840	11.169	287.972
% recuperado pelo setor formal	0,1%	1%	7%	0%	3%	0%	8%
% recuperado pelo setor informal	6,9%	11%	27%	18%	15%	18%	31%

Fonte: Scheinberg *et al.* (2010).

Rutkowski e Rutkowski (2015) afirmam que o modelo brasileiro de integração do setor informal de reciclagem melhora os indicadores de reciclagem de RSU. Em seu estudo, houve um aumento no total reciclado, de 140 t para 208 t por mês, a um custo muito mais baixo por tonelada do que os sistemas convencionais de coleta seletiva, cerca de US\$ 35 por tonelada de materiais recicláveis recolhidos.

3.4. O Mercado dos Resíduos Sólidos Recicláveis

Pressões regionais e nacionais têm empurrado a valorização dos recicláveis, a partir dos RSU, ao invés do clássico imperativo econômico da elevação de preço por demanda, prática estabelecida de negociação por *commodities*. A limitação da demanda dentro dos países em comparação com as metas crescentes estabelecidos pela União Europeia, Estados Unidos, Austrália, dentre outros, têm desenvolvido um mercado de exportação de recicláveis para as economias de rápida industrialização, principalmente no Sudeste Asiático (ISWA, 2012).

O mercado de recicláveis está, também, atrelado a *commodities* cujos preços de comercialização atrelados a mercados internacionais tornam os preços dos recicláveis instáveis no mercado nacional.

Plástico, papel, vidro e metal são de uma variedade de tipo e composição que, em alguns casos, se tornam de difícil reciclagem ou ainda não são passíveis de reciclar. A reciclagem pode ser inviabilizada pela pouca quantidade disponível, dificuldades na coleta ou ainda pelo baixo valor financeiro, ou mesmo por sua composição físico-química. O principal fator para viabilizar a coleta de materiais

recicláveis, do ponto de vista financeiro, é o valor econômico atribuído a estes materiais (VEOLIA, 2006; BEZERRA, 2014).

As tecnologias no setor de reciclagem têm avançado significativamente devido à imposição do Estado por meios de leis ambientais e políticas públicas para o setor e pressão dos movimentos ambientais. Outro requisito é a exigência do mercado: o consumidor final, sensível ao apelo das questões ambientais, tem buscado por produtos socioambientalmente certificados, obrigando as empresas que não seguem tais padrões de consumo a se certificarem correndo o risco de ficarem fora do mercado sem o argumento para explorar o marketing e a rotulagem ambiental. Novas técnicas que facilitam a reciclagem de resíduos que antes não eram passíveis de tal tratamento, passaram a ser um bom negócio. O desenvolvimento do mercado de reciclagem a nível global justifica tais investimentos em novas tecnologias (BEZERRA, 2014).

A capacidade de identificar os principais atores das cadeias produtivas na comercialização de materiais recicláveis, por sua natureza e tipo – e a inserção das cooperativas dos catadores nessas cadeias – é uma necessidade adicional. Este diagnóstico do setor leva à compreensão das diferentes formas de produção, de apropriação de valores, e dos ganhos relativos ao longo da cadeia – para uma dada logística na coleção, distribuição e triagem de cada um dos materiais recicláveis – e finalmente, ao conhecimento a respeito das características das estruturas de mercado existentes (DAMÁSIO, 2010).

A Figura 5 ilustra os diversos fatores que afetam o mercado de resíduos recicláveis.

Figura 5. Fatores de influência do mercado global de reciclagem.



Fonte: Adaptado de ISWA (2012).

A exportação de resíduos para países sem infraestrutura legal, institucional e ambiente físico insuficiente resulta no gerenciamento inadequado e procedimentos de baixo rendimento de reciclagem (ISWA, 2012).

No Brasil, os mercados de papel, alumínio e plástico PET são os segmentos de maior crescimento. Especialistas fornecem estimativas muito otimistas em relação ao mercado de reciclagem, que gera um volume de negócios da ordem de US\$ 1,2 bilhão por ano no Brasil (FERGUTZ, DIAS e MITLIN, 2011).

Entretanto, cerca de R\$ 4,6 bilhões são perdidos anualmente por meio da reciclagem insuficiente, resultado dos já citados fatores de mercado. Estima-se que até 2020 este número pode chegar a R\$ 10 bilhões; a indústria de reciclagem de plásticos é responsável por quase metade dessa perda de receita (FERGUTZ, DIAS e MITLIN, 2011).

Pelo destaque que os resíduos de papel/papelão, plástico, metal e vidro possuem no cenário nacional, as próximas seções dedicam-se à descrever o mercado nacional e internacional de cada tipo.

3.4.1. A Reciclagem de Papel/Papelão

A Europa é o líder mundial de reciclagem de papel, seguido pelos Estados Unidos. Em 2014, cerca de 72% do papel/papelão consumido na Europa foi reciclado, totalizando aproximadamente 58 milhões de toneladas. O número de países com taxas de reciclagem de papel acima de 70% aumentou de 13, em 2013, para 15 países, em 2014 (ERPC, 2014). Dos materiais utilizados em embalagens, o papel/papelão atingiu uma taxa de reciclagem média de 81,1%.

A relação entre o volume de aparas recuperadas e o consumo aparente de papel apresentado por ABRELPE (2014) apontou países com taxas surpreendentes de recuperação: Coreia do Sul (91,6%), Alemanha (84,8%), Japão (79,3%) e Reino Unido (78,7%).

Há benefícios econômicos e ambientais consideráveis ao substituir materiais à base de celulose com papel recuperado. Estes incluem uma redução de energia e uso de água (MANSIKKASALO *et al.*, 2014).

Existem dois grupos de aparas com origens diferentes. O que fornece as chamadas aparas de pré-consumo, ou seja, aquelas que foram geradas antes do consumo final do produto, sendo geradas nas cartonagens, gráficas, etc, durante o processo produtivo. As aparas de pós-consumo constituem o maior volume sendo geradas nos supermercados, lojas, shoppings e, também pelos catadores de material reciclável que têm importância fundamental nesse processo (ANAP, 2015).

No Brasil, cerca de 45,5% de todos os papéis produzidos foram encaminhados à reciclagem (BRACELPA, 2012).

No período 2000-2014, enquanto a produção brasileira de papel cresceu 44,4%, o consumo de aparas apresentou um crescimento de 84% mostrando que o desempenho da indústria está fortemente baseado na utilização de aparas de papel como matéria prima (ANAP, 2015). O Espírito Santo esteve entre os 10 maiores estados brasileiros geradores de aparas de papel em 2014 com estimativa de cerca de 103,7 mil toneladas, cerca de 2,2% maior que em 2013, representando aproximadamente 2,15% da geração nacional (ANAP, 2015).

É importante lembrar que o Brasil não tem outros destinos para a apara de papel, se não a reciclagem na produção de papel novo. Entretanto, o custo de

produção de celulose no Brasil é um dos menores do mundo, fazendo com que a indústria papelreira prefira utilizar esta em detrimento à polpa de papel reciclado. A criação de formas de regulação deste mercado, com monitoramento de preços e produção, definição de base tributária própria e outros mecanismos de incentivo, tais como compras públicas ou obrigação de uso de percentual mínimo de matéria prima reciclada em alguns setores econômicos parece particularmente importante para a cadeia produtiva do papel reciclado (RUTKOWSKI, VARELLA e CAMPOS, 2014).

3.4.2. A Reciclagem de Plásticos

Segundo a EPRO (2012), um total de 69,2% de embalagens plásticas foram recuperadas na Europa. No entanto, esta recuperação é dividida entre reciclagem (34,7%) e recuperação energética (34,5%). Alguns países encaminham para aterros sanitários menos de 10% dos resíduos plásticos: Suíça, Alemanha, Áustria, Luxemburgo, Bélgica, Dinamarca, Suécia, Holanda e Noruega.

Nos Estados Unidos, a taxa anual de reciclagem de embalagens plásticas atingiu 31,8% em 2014. Garrafas plásticas de polietileno de alta densidade (PEAD) atingiram a taxa de 33,6% (APR, 2014).

Velis (2014) afirma que em 2012 o volume anual de resíduos plásticos comercializados a nível mundial era de cerca de 15 milhões de toneladas, menos de 5% em massa da produção de plásticos a partir de matéria prima virgem.

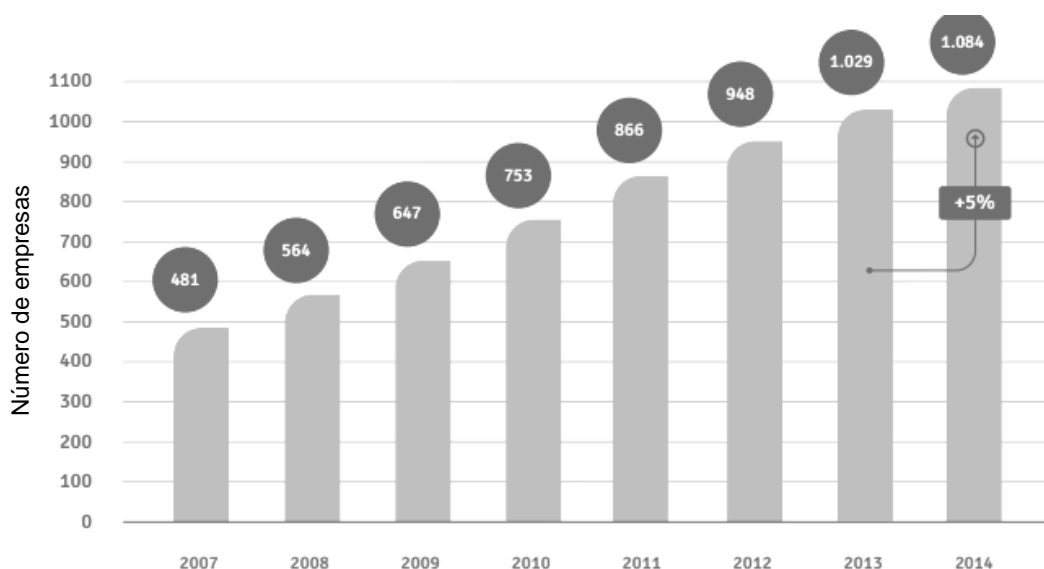
Os principais exportadores de resíduos plásticos são Hong Kong (reexportando para a China), EUA, Japão, Alemanha e Reino Unido. Os principais importadores mundiais são China, movimentando cerca de US\$ 6,1 bilhões e Hong Kong, com US\$ 1,65 bilhão. Entre 2006 e 2012, as importações de resíduos plásticos na China aumentaram de 5,9 milhões de toneladas para 8,9 milhões de toneladas (ISWA, 2012).

A China tem se destacado no mercado internacional devido à necessidade de atender à demanda por produtos plásticos. Embora haja fornecimento de matéria prima por meio da reciclagem local, a má qualidade de grande parte dos produtos plásticos fabricados na China significa que os plásticos reciclados locais também

são de má qualidade, não adequados para uso nas maiores e modernas fábricas de produção de mercadorias para exportação (ISWA, 2012).

O mercado de reciclagem de produtos plásticos vem se expandido ano após ano no Brasil. Em 2012, a taxa de reciclagem de polietileno tereftalato (PET) chegou à taxa de 58,9% (ABRELPE, 2014), com o aumento do número de empresas instaladas no país, como ilustra o Figura 6.

Figura 6. Evolução do número de empresas recicladoras de materiais plásticos no Brasil.



Fonte: ABIPLAST (2015).

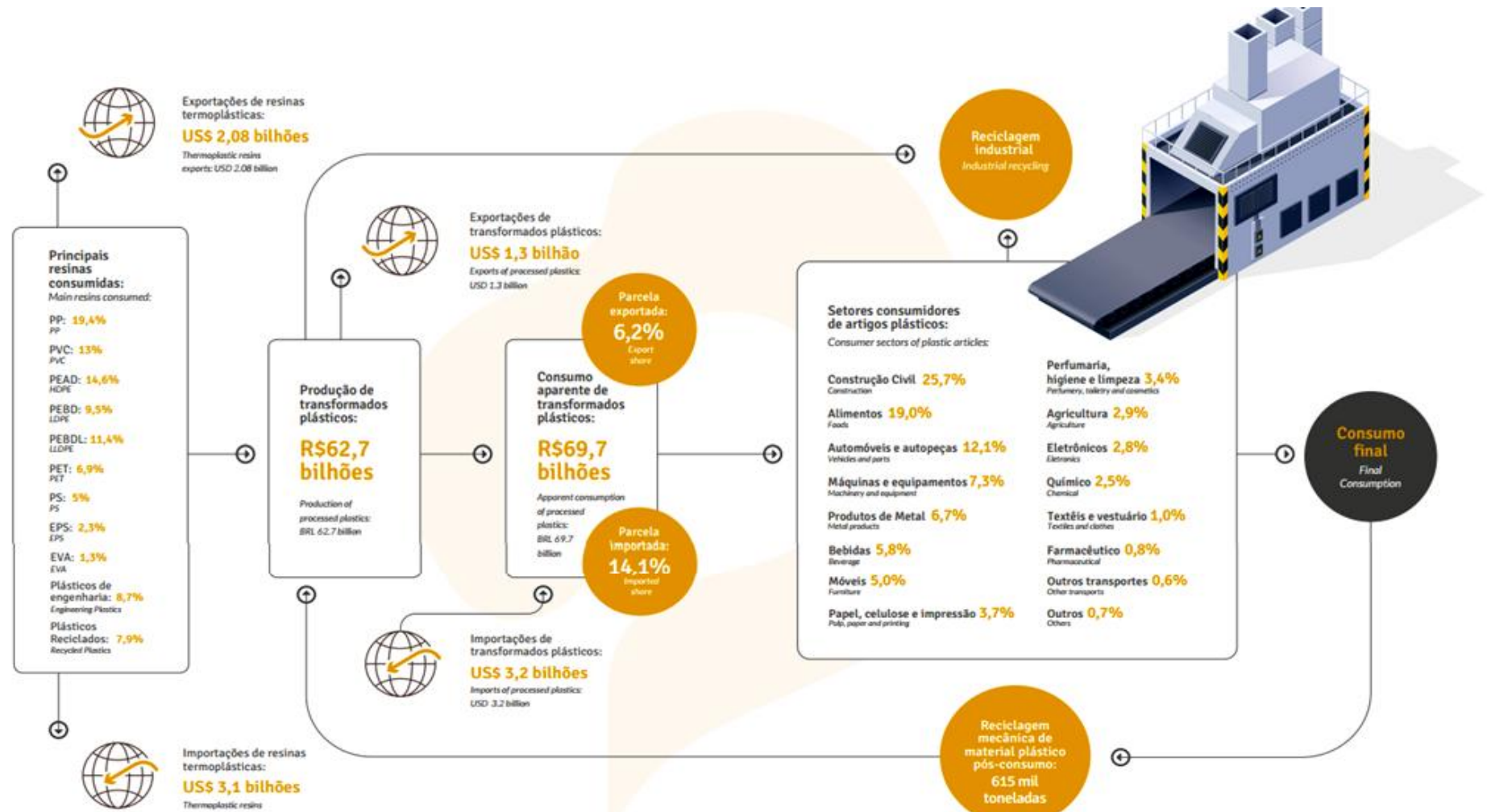
Oliveira (2012, p. 24-25) afirma que

devido aos benefícios econômicos limitados de muitas das técnicas de reciclagem, a utilização dos resíduos plásticos para a produção de energia ganhou destaque nos últimos vinte anos (em todo o planeta). [...] O método de reciclagem mais utilizado no Brasil é o da reciclagem mecânica, porém só pode ser realizado em produtos que contenham apenas um tipo de resina (só poliestireno ou só polipropileno, por exemplo).

Al-Salem, Lettieri e Baeyens (2010) concordam ao afirmar que quanto mais misturado e contaminado for o plástico, mais difícil será reciclá-lo mecanicamente. Sendo assim, a separação do material plástico previamente à coleta é essencial para sua valorização.

A Figura 7 mostra a cadeia produtiva de plásticos no país.

Figura 7. Resumo da cadeia produtiva de plásticos no Brasil.



Legenda: PP - Polipropileno; PVC - Policloreto de vinila; PEAD - Polietileno de alta densidade; PEBD - Polietileno de baixa densidade; PEBDL - Polietileno de baixa densidade linear; PET - Polietileno tereftalato; PS - Poliestireno; EPS - Poliestireno expandido (Isopor (R)); EVA - Espuma vinílica acetinada.

Fonte: ABIPLAST, 2015.

3.4.3. A Reciclagem de Metais

A demanda por alumínio, níquel e cobre tem aumentado substancialmente nos países emergentes. O total de 7,6 milhões de toneladas em todo o mundo representam aproximadamente 20% da produção total de alumínio. As sucatas de alumínio têm aplicação nos setores de transporte (aproximadamente 40%), na indústria da construção (aproximadamente 30%) e de embalagens (cerca de 20%) (VEOLIA, 2006).

A taxa média de reciclagem de latas de alumínio atingiu 69,5% na Europa, em 2014, chegando a 80% em países como a Alemanha. No mesmo ano, a taxa média de reciclagem de embalagens de aço chegou a 75% na Europa (ERPC, 2014).

Cobre reciclado, transformado em cobre refinado, representava 2 milhões de toneladas em todo o mundo, aproximadamente 13% da produção total de cobre, em 2006. A sucata de níquel representava cerca de 40% da produção primária, ou seja, um mercado de cerca de 460.000 toneladas. Três quartos do níquel produzido era usado para fazer aço inoxidável (VEOLIA, 2006; XIARCOS e FLETCHER, 2009).

A reciclagem de aço representa atualmente uma importante atividade econômica, que envolve uma grande estrutura composta por, aproximadamente, 3.000 empresas no Brasil, reciclando anualmente cerca de 4,5 milhões de toneladas de aço. A siderurgia brasileira recicla anualmente cerca de 5,9 milhões de toneladas de sucata, adquiridas no mercado interno, além daquela gerada no próprio processo produtivo (ABM, 2008).

A reciclagem de alumínio no Brasil funciona com altíssimos índices de eficácia, acima da média mundial, reciclando praticamente toda sucata disponível. A relação entre este volume e o consumo doméstico de alumínio indica um percentual de 35,2%, que é superior a média mundial de 29,9% (ano base de 2011). Em 2014, o país reciclou 540 mil toneladas de alumínio. Desse total, 289,5 mil toneladas referem-se à sucata de latas de alumínio para bebidas, o que corresponde a 98,4% do total de embalagens consumidas em 2014, índice que mantém o Brasil na liderança mundial desde 2001 (ABAL, 2016).

3.4.4. A Reciclagem de Vidro

A fabricação de vidro é extremamente consumidora de energia. A reciclagem de vidro economiza cerca de 74% da energia necessária para fazer vidro a partir de matérias primas virgens (CLEAN UP AUSTRALIA, 2009).

Em 2002, a taxa de reciclagem de vidro na Austrália era de aproximadamente 40%. No estado de Victoria, em 2009, estimou-se que 257 mil toneladas de resíduos de vidro eram gerados, dos quais 76% eram recuperados. Deste total de 124 mil toneladas, 48% eram de cacos de embalagens de vidro e os outros 52% de estoques de materiais vítreos ou finos de vidro. A cada ano, estima-se que até 62 mil toneladas de vidro são perdidas em aterros (SUSTAINABILITY VICTORIA, 2014).

A produção total de vidro na Europa é superior a 30 milhões de toneladas por ano. A indústria de embalagens de vidro europeia atingiu a taxa de 70% de reciclagem em 2012 (FERVER, 2015).

Cerca de 47% das embalagens de vidro foram recicladas em 2010 no Brasil, somando 470 mil toneladas por ano. Desse total, 40% é oriundo da indústria de embalagens, 40% do mercado difuso, 10% do "canal frio" (bares, restaurantes, hotéis, etc) e 10 % do refugo da indústria (CEMPRE, 2010).

Na fabricação de embalagens, o caco pode diminuir em até 95% a quantidade de insumos para a fabricação do vidro e funciona como matéria prima já balanceada, podendo substituir o feldspato ou a barrilha, agindo como fundente no processo (DIAS e CRUZ, 2009).

Entretanto, Figueiredo (2012) alerta que os custos de implantação de indústrias de reciclagem de vidro e a alta disponibilidade de areia a baixo preço são fatores que inibem o setor de reciclagem de vidro no país.

De forma geral, a atuação de catadores no mercado de RSRS se torna mais evidente com a organização destes trabalhadores e o fortalecimento das relações entre seus pares, no modelo de rede. Este sistema permite que as organizações aumentem os rendimentos de seus membros, melhore suas condições de vida e trabalho, além de ajudar a melhorar a gestão dos resíduos sólidos urbanos.

3.5. Os Catadores de Resíduos Sólidos e suas Organizações

Estima-se que existam entre 500 mil e 4 milhões de pessoas que tiram seu sustento da recuperação de resíduos recicláveis na América Latina (MARELLO e HELWEGE, 2014). Apesar de alguns catadores trabalharem sozinhos, o campo é dominado por micro-organizações familiares compostas por mulheres, crianças e idosos (WILSON, VELIS e CHEESEMAN, 2006).

Os rendimentos dos catadores independentes de resíduos são muito baixos e variam de região para região do planeta. No Camboja, por exemplo, os ganhos podem ser da ordem de US\$ 1 por dia. A renda de catadores em alguns países da América Latina pode ser de US\$ 1,50 a US\$ 2,00 por dia, como na Nicarágua, podendo chegar a até US\$ 7,00, no México. No Brasil, onde catadores podem estar incluídos nos sistemas de gestão de resíduos sólidos municipais, há casos em que chegam a ganhar até US\$ 27 por dia, três vezes mais que o salário mínimo mensal (DOUGLAS e LEIFSO, 2015).

A profissão de catador raramente permite a mobilidade econômica, isto é, a ascensão de classe social atrelada ao crescimento de renda. Embora o uso de equipamentos possa aumentar significativamente a produtividade, a falta de crédito impõe métodos de trabalho ainda muito intensivos (CWG; GIZ, 2011). De acordo com Fergutz, Dias e Mitlin (2011), a falta de uma economia de escala enfraquece o poder de negociação dentro da cadeia de reciclagem, fazendo com que intermediários paguem cerca de 10% do que as empresas formais pagariam pelo mesmo produto.

Segundo Eigenheer *et al.* (2005) e Andrade e Ferreira (2011), se a reciclagem funciona, em parte, no Brasil, é porque está baseada majoritariamente no trabalho dos catadores e com os quais os principais beneficiados, as empresas e as indústrias, não mantêm tipo algum de vínculo ou responsabilidade social. Assim, há que se ter muito cuidado quando se defende a viabilidade econômica de certos programas de reciclagem, pois estes custos sociais podem não estar contabilizados.

A eficiência de muitas empresas formais está baseada em um modelo hierárquico da organização do trabalho que depende de ferramentas do tipo “comando e controle”. Na sua busca pelo crescimento contínuo de eficiência dos níveis de produção, tal modelo exclui trabalhadores não qualificados incapazes de

alcançar os padrões esperados de eficiência. Em contrapartida, as organizações de catadores simbolizam o trabalho solidário, com a função social de permitir que um número significativo de trabalhadores “não qualificados” tenha espaço no mercado de trabalho (RUTKOWSKI e RUTKOWSKI, 2015).

Segundo Velis *et al.* (2012), disfunções estruturais refletem inteiramente nas condições para realização das atividades das organizações, ligadas à ausência e/ou precariedade de maquinários, equipamentos e infraestrutura. A capitalização com caminhões, armazéns e equipamentos de processamento de modo que os trabalhadores possam reunir quantidades maiores, com qualidade mais consistente, tem se tornado um desafio para as organizações aumentarem a produtividade para gerar rendimentos mais elevados.

Os municípios muitas vezes cedem instalações diretamente ou pagam aluguéis, utilidades ou contas de consumo, em nome da organização (MARELLO e HELWEGE, 2014).

Damásio (2010) afirma que as organizações de catadores podem sofrer restrições quanto ao acesso a grande parte do material reciclável que, ao ser recolhido por serviços terceirizados de coleta de RSU, acabam soterrados em aterros com acesso controlado. Restrições à livre circulação de carrinhos de catadores; mercados subordinados aos interesses de intermediários altamente disseminados; longas distâncias até o comprador do material reciclável processado; comerciantes atacadistas que preferem vender seus materiais recicláveis diretamente para as indústrias; inexistência de escala; impossibilidade de estocagem em longo prazo, dentre outros inúmeros problemas e percalços também foram citados (DAMÁSIO, 2008; DAMÁSIO, 2010; FREITAS e FONSECA, 2011).

A ausência de gestão na contabilização financeira também impossibilita a garantia de boas chances de estabilidade dessas organizações no mercado, mesmo que as atividades produtivas sejam volumosas (DAMÁSIO, 2010).

Catadores organizados que receberam treinamento podem ter rendimentos mais elevados do que, os trabalhadores não qualificados do setor formal (EZEAH *et al.*, 2013). Logo, a ausência de práticas e procedimentos verticalizados do processo produtivo dificultam a melhoria contínua das atividades (WILSON *et al.*, 2012; FREITAS e FONSECA, 2011).

A reunião de catadores em organizações é um movimento relativamente recente, datado do final do Século XX, encorajado pela ampliação dos movimentos de direitos humanos. Destacam-se na América Latina a *Asociación de Recicladores de Bogota* (ARB) da Colômbia que se estabeleceu no início dos anos 90 e o Movimento Nacional dos Catadores de Materiais Recicláveis (MNCR) do Brasil no início dos anos 2000. Posteriormente, outros movimentos nacionais se desenvolveram principalmente os da Argentina e Uruguai (WIEGO, 2009; WIEGO, 2012).

Para Marelló e Helwege (2014), um novo paradigma emergente prevê o aumento do grau de organização dos catadores e sua participação no gerenciamento municipal de resíduos. Do ponto de vista do município, existem vários benefícios: a inclusão de catadores no sistema municipal os distancia dos lixões e permite uma coleta mais frequente e minuciosa dos resíduos, melhorando a perspectiva de saúde pública da população de modo geral; a terceirização por mão de obra barata das organizações de catadores pode reduzir os custos no sistema municipal; como entidades independentes, as organizações de catadores adquirem receitas provenientes da venda de resíduos, cujos membros possuem renda abaixo do salário mínimo; redução de custos de envio para aterros devido à seleção de materiais destinados à reciclagem (PAUL *et al.*, 2012).

Destaca-se, ainda, o papel das organizações de catadores pelos serviços ambientais urbanos (PSAU) prestados ao gerar externalidades ambientais positivas, ou minimizar as externalidades ambientais negativas, sob o ponto de vista da gestão dos RSU, podendo ser remuneradas corrigindo, mesmo que parcialmente, falhas do mercado relacionadas ao meio ambiente (IPEA, 2010).

Ainda, a maior vantagem do cooperativismo é o aumento da produtividade, o acesso a equipamentos e áreas de armazenamento, poder de negociação com o mercado e o lobby efetivo dos municípios para o acesso aos resíduos. As cooperativas não só obtêm economia de escala através da venda de materiais a granel para melhores preços, mas também pela redução do risco do negócio pela diversificação de materiais recicláveis vendidos, tais como vários tipos de plásticos, metais e papelão. A ausência de um quadro regulamentar para reconhecer as organizações como entidades que podem assumir compromissos jurídicos e

institucionais, apesar da informalidade da sua força de trabalho, é uma barreira significativa para o aumento da produtividade (MARELO e HELWEGE, 2014).

Apesar dessas vantagens, a tarefa de organizar os trabalhadores em cooperativas é lenta e difícil, e desde 2010 tornou-se um objetivo político em municípios que buscam a inclusão do catador (WIEGO, 2012). Cooperativas recém criadas enfrentam crises de liderança, problemas de absenteísmo e “carona” (quando alguém usufrui dos benefícios do trabalho sem que tenha havido uma contribuição para tal), disputas de transparência, falta de habilidades básicas de gestão de negócios, incapacidade na solução de problemas que envolvem contabilidade, negociação com compradores e equipamentos eletrônicos (WIEGO, 2012).

Em 2005, catadores de vários países se reuniram para formar a Rede Latino Americana de Catadores (*Latin American Waste Pickers Network - LAWPN*), cuja missão consiste em aumentar a consciência das contribuições sociais, econômicas e ambientais dos catadores, defendendo políticas de inclusão, o reforço das organizações de catadores e compartilhamento de tecnologias (WIEGO, 2009; MARELO e HELWEGE, 2014).

A criação dessas redes tem ocorrido principalmente em cidades sem programas oficiais de coleta seletiva. Neste caso, esta iniciativa é tomada pelos próprios catadores, constantemente incentivando a população a participar da coleta seletiva por meio de campanhas sistemáticas de educação socioambiental realizadas pelos catadores (TIRADO-SOTO e ZAMBERLAN, 2013).

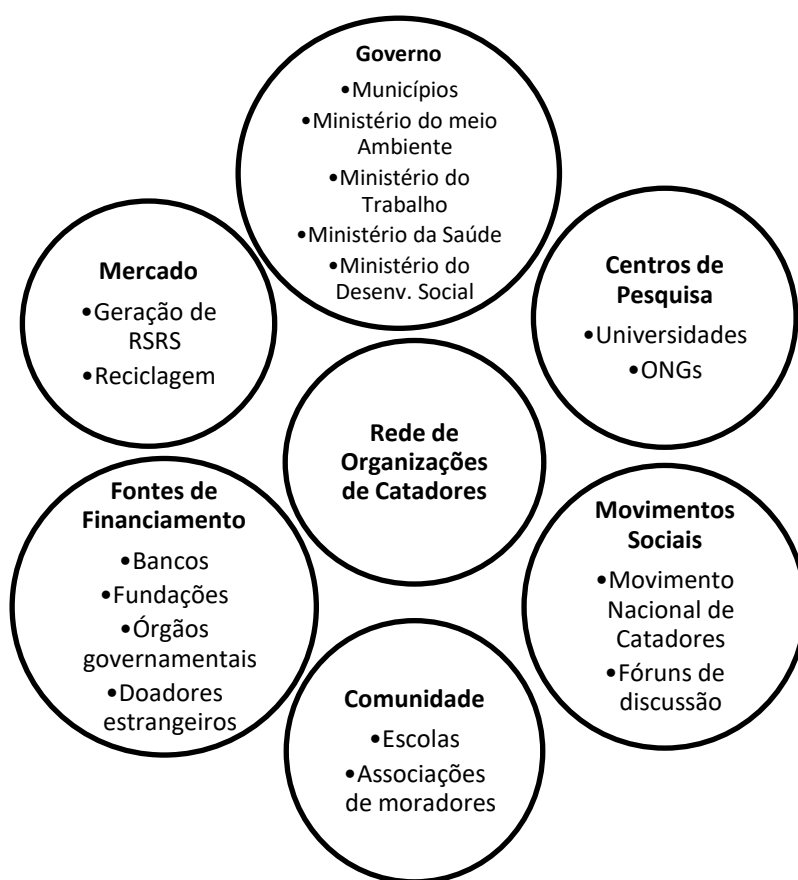
O objetivo de uma rede de OC é melhorar o desempenho de suas afiliadas através de uma gestão democrática, eficácia econômica e excelência no processo de reciclagem, garantindo condições de desenvolvimento econômico seguras e sustentáveis para os recicladores na região (GUTBERLET, 2015).

Segundo Tirado-Soto e Zamberlan (2013), um grande desafio das redes de catadores são as redes induzidas, redes promovidas por ONGs, universidades, etc., ao invés de uma iniciativa espontânea dos próprios catadores. Estas redes induzidas são muito difíceis de terem autogestão, passo essencial para intervir em pontos que desequilibram as organizações (GUNSILIUS, 2010).

Outro desafio presente é a falta de capital de giro para permitir que as cooperativas associadas entreguem os materiais em quantidades suficientes e com o tempo regular, dificultando a venda conjunta de seus materiais. Portanto, há ainda uma necessidade de financiamento dessas redes por parte do poder público (TIRADO-SOTO e ZAMBERLAN (2013)).

A Figura 8 ilustra a formação do tecido social forte como importante passo preliminar para construir a confiança e reciprocidade, condições essenciais para o processo de trabalho em rede.

Figura 8. Tecido social das redes de cooperativas de catadores.



Fonte: Tirado-Soto e Zamberlan (2013).

O mercado da reciclagem possui requisitos que podem ser definidas por: quantidade, qualidade, frequência e forma de pagamento. Os principais consumidores de materiais recicláveis, as indústrias recicladoras, favorecem fornecedores que possuem a capacidade de oferecer volumes adequados de materiais limpos, selecionados, prensados e enfardados (FERGUTZ, DIAS e MITLIN, 2011); dão preferência àqueles que vendem com frequência (regularidade) e costumam pagar em 30 a 40 dias (LIMA, 2014).

Essas condições normalmente são satisfeitas somente pelos grandes sucateiros que possuem infraestrutura e equipamentos adequados e compram os materiais em pequenas quantidades dos catadores (GONÇALVES, 2003).

As condições objetivas dos processos de comercialização dos materiais recicláveis variam muito de organização para organização, além de terem a haver com o poder de barganha de cada organização em seu mercado local de venda. Uma negociação estabelecida com um agenciador de catadores é completamente diferente daquela que seja efetuada regularmente entre uma unidade eficiente de catadores e um grande sucateiro. Em seu estudo, Damásio (2010) apontou que os preços de revenda das organizações de catadores de alta e média eficiência sugeriram que algumas delas conseguiriam comercializar os seus materiais diretamente com a indústria recicladora de certos materiais ou com grandes sucateiros.

A agregação de valor é consequência da coleta, lavagem, classificação e revenda dos materiais. Para processar grandes volumes, a mecanização é necessária na forma de picotadeiras, prensas, enfardadores, balanças e veículos transportadores (WIEGO, 2012).

Para Damásio (2010), a eficiência de mercado representa a capacidade da cooperativa em colocar os seus produtos recicláveis de forma vantajosa no mercado. Esta só é adquirida com volume de produção, instalações e equipamentos adequados, o que apenas uma minoria das organizações de catadores de materiais recicláveis dispõe hoje. Ainda, pouco adianta um volume per capita de coleta elevado, se os canais de comercialização estão obstruídos por questões estruturais como logística e transporte.

Damásio (2008) aponta ainda a diversidade de organizações que podem estar associadas em rede, variando desde organizações altamente eficientes a grupos informais de baixa eficiência. As cooperativas de alta eficiência tendem a ser fisicamente eficientes de forma ampla, em toda uma gama de materiais recicláveis distintos. As cooperativas de média eficiência parecem até obter um desempenho razoável do ponto de vista da produtividade física, mas perdem boa parte desses ganhos de eficiência no processo de comercialização. No outro extremo, as cooperativas de baixa eficiência perdem duplamente: apresentam baixos índices gerais de produtividade física, e perdem ainda mais no processo de comercialização.

Esta diferença mina a padronização da produção para venda conjunta. É evidente que o ideal seriam organizações de algum porte, com considerável nível de cooperados e capacidade de produção e estocagem elevadas, de forma a se beneficiarem das economias de escala e de poder de barganha frente aos intermediários que populam o mercado oligopsônico da comercialização de materiais recicláveis (DAMÁSIO, 2010).

Uma maneira de resolver isso é criar centros de armazenamento de materiais recicláveis triados e enfardados de acordo com as exigências das indústrias que compram estes materiais. Este estudo sugere uma rede de organizações de catadores de forma que a comercialização em rede de organizações no Espírito Santo signifique um deslocamento do posicionamento estratégico dos catadores na cadeia produtiva na direção de se transformarem gradativamente em organizações econômicas regionais e nacionais de fornecimento direto de matérias primas para as indústrias recicladoras.

3.6. O Problema de Localização de Facilidades numa Rede Logística

A representação dos fluxos dos materiais entre pontos de origem e de destino pré-determinados é chamada de Rede Logística, podendo ser definida como um conjunto de nós (pontos de origem ou destinos/facilidades) e arcos que unem esses nós, de tal forma que o sistema de facilidades permita que produtos fluam pelos arcos no sentido dos fornecedores para as fábricas e destas para os clientes (FLEISCHMANN *et al.*, 1997).

Porém, a logística reversa inclui não apenas o conceito tradicional de logística, mas também inclui ações/operações que envolvem a redução de matérias primas primárias até a disposição final correta de produtos, materiais e embalagens com o seu consequente reuso, reciclagem e/ou produção de energia (PEREIRA *et al.*, 2012).

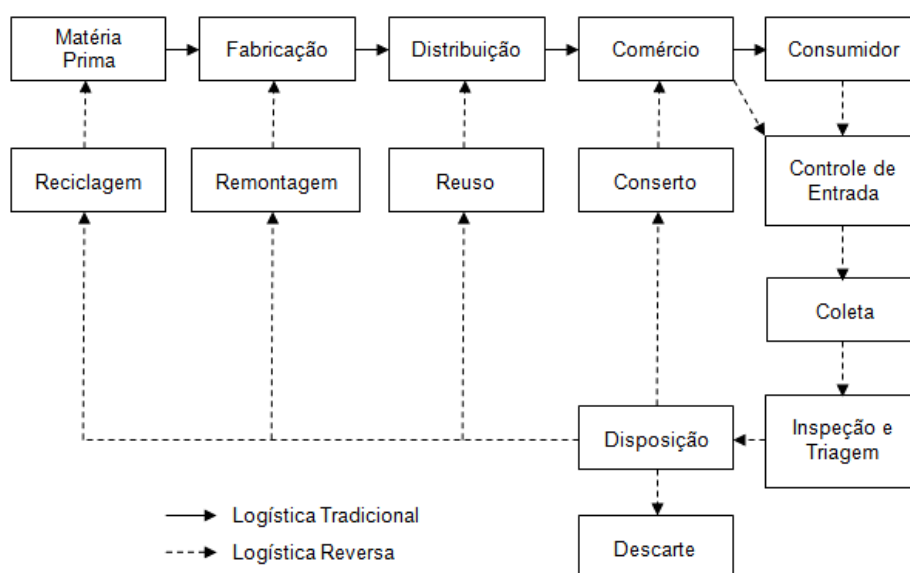
Sarkis *et al.* (1995) diferenciam uma rede logística reversa de uma rede logística tradicional: a maioria dos sistemas logísticos tradicionais não estão

preparados para a circulação de produtos em um canal reverso; os custos da logística reversa podem ser maiores que os custos de relacionados ao fluxo dos produtos nos canais comuns; produtos recicláveis e/ou reutilizáveis não necessariamente podem ser transportados, armazenados ou tratados da mesma maneira que os itens que fluem nos canais tradicionais.

Melo *et al.* (2009) indicaram três fatores para justificar as atividades em rede de logística reversa: aspectos econômicos (possibilidade de recuperar valor de produtos usados), leis governamentais e pressões dos consumidores.

Segundo Melo *et al.* (2009) e Ferri *et al.* (2015a), as facilidades dentro da logística reversa podem ser de três tipos: centros de coleta, locais de recuperação/remanufatura e locais de disposição final dos produtos. Os centros de coleta recebem produtos que já foram utilizados, já os locais de recuperação e remanufatura são facilidades onde os produtos são recondicionados/remanufaturados. Por fim, os locais de disposição final dos produtos são instalações onde os produtos ou materiais são incinerados ou descartados. Estas etapas podem ser vistas na Figura 9, apresentada por Agrawal, Singh e Murtaza (2015).

Figura 9. Fluxo básico de rede logística tradicional e reversa.



Fonte: Agrawal, Singh e Murtaza (2015).

Em logística empresarial o processo de planejamento de rede consiste em projetar o sistema através do qual mercadorias fluem no sentido dos fornecedores para os pontos de demanda, enquanto que no setor público consiste em determinar

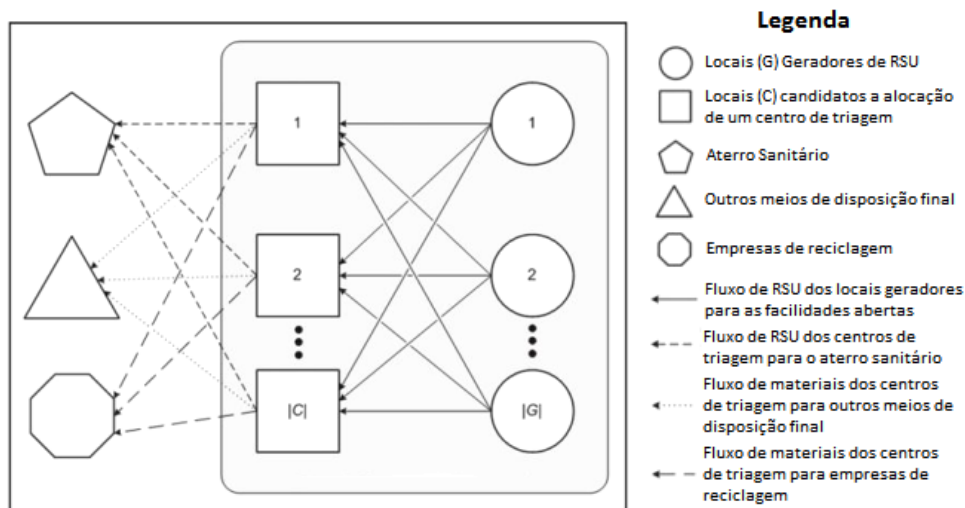
o conjunto de instalações a partir do qual os usuários serão atendidos. Em ambos os casos, as principais questões são determinar o número, localização, equipamentos e tamanho das novas instalações, bem como a alienação, deslocamento ou redução das instalações (GHIANI *et al.*, 2004).

Determinar os melhores locais para novas instalações é um importante desafio estratégico (KHADIVI e GHOMI, 2012). Mudanças ambientais durante a vida útil da instalação podem alterar drasticamente o apelo de um local, tornando-o de local ideal hoje para um erro de investimento amanhã (OWEN e DASKIN, 1998).

Uma extensa bibliografia sobre problemas de localização e logística reversa pode ser obtida em Owen e Daskin (1998), Fleischmann *et al.* (1997), Cunha e Caixeta Filho (2002), Jayaraman *et al.* (2003), Klose e Drexel (2005), Reville *et al.* (2008), Melo *et al.* (2009), Pizzolato *et al.* (2012). No entanto para este estudo, especificamente, podem ser destacados os trabalhos de: Ferri *et al.* (2015a), ao tratar da localização de centros de armazenamento e triagem de RSU para municípios de forma a centralizar os resíduos em uma espécie de centro de distribuição reverso, para agrupar os RSU coletados; Perez-Salazar *et al.* (2014), ao propor um modelo matemático para tratar do problema de localização de uma central de recuperação de plástico PET com o menor custo global; YADAV *et al.* (2016), que propôs a utilização de um modelo matemático para selecionar as melhores áreas para alocação de centrais de transbordo.

A Figura 10 ilustra a rede logística reversa de Ferri *et al.* (2015a).

Figura 10. Proposta de rede de logística reversa para RSU.



Fonte: Ferri *et al.* (2015a).

Existem diferentes taxonomias para os problemas de localização de facilidades, das quais Klose e Drexl (2005) e Ghiani *et al.* (2004) apresentaram para classificação dos principais pontos dos problemas de localização de facilidades em uma rede logística, como mostra o Tabela 4.

Tabela 4. Classificação dos problemas de localização.

Item	Subitem	Descrição do Subitem
Espaço	Planar	Onde a demanda ocorre em qualquer lugar no plano. Supõe-se que não existem restrições de percurso, de modo que se pode usar a distância mais curta. Métodos da métrica euclidiana e o modelo de Weber.
	Rede	As facilidades e os pontos de demanda estão localizados nos nós da RL e há restrições de fluxo nos arcos que ligam estes nós da rede.
Localização de Facilidades	Planar	As facilidades são localizadas em qualquer lugar dentro do espaço tratado do problema.
	Rede	os clientes e as facilidades estão localizados nos nós de uma rede, em um conjunto finito de localizações.
Horizonte de Tempo	Período Simples	Considera somente um único período e todo planejamento é feito com as previsões para este período.
	Período Misto	O horizonte de planejamento é dividido em períodos e em cada um deles novas demandas e novos cenários são definidos, definindo planejamentos diferentes para cada período
Tipologia das Facilidades	Homogênea	Um único tipo de instalação previsto para localização
	Heterogênea	Vários tipos de facilidades
Fluxo de Produtos	Único Produto	Existe fluxo de apenas um produto ao longo da RL
	Multi Produtos	Diversos produtos podem fluir ao longo das facilidades existentes na RL
Interação entre Facilidades	Sem Interação	Não existe fluxo de produtos entre facilidades
	Com Interação	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 são denominados
Tipologia de Fluxo de Produtos	Sem Relevância	O fluxo do produto que chega e sai da facilidade não é determinante para resolver o problema de localização. São conhecidos como <i>Single Echelon</i> .
	Com Relevância	Os fluxos de produtos que entram e saem das facilidades da RL são determinantes para a solução do problema de localização. Conhecidos como Múltiplas Camadas ou <i>Multiple Echelon</i> . O equilíbrio entre os fluxos de entrada e de saída têm que ser considerado.
Tipologia da Demanda	Integral	Cada cliente seja abastecido por uma única facilidade da RL.
	Fracionado	Cliente pode ser atendido por duas ou mais facilidades
Influência do Transporte	Sem Influência	Assume que o custo de transporte entre duas facilidades, ou entre uma facilidade e um cliente, é calculado como um valor de frete, geralmente calculado pelo produto entre distância e volume de carga a ser transportado. Válido para veículos que fazem rota direta.
	Com Influência	As rotas a serem seguidas pelos veículos devem ser levadas em conta explicitamente quando for tratar o problema de localização. Caso de veículos que fazem coletas e/ou entregas em vários pontos.
Incertezas	Determinístico	Onde não se consideram as incertezas e, portanto, os valores são fixos
	Estocástico	Consideram-se incertezas oriundas de atrasos, por exemplo, tempo de viagem, tempo de carregamento, demandas dos clientes, taxas de câmbio, quantidade de retorno, etc.
Capacidade das Facilidades	Limitado	Limite ou tamanho da capacidade das facilidades nas restrições do problema
	Ilimitado	Não há limitação da capacidade das facilidades de recebimento de produtos ou materiais
Objetivos	Único	Apenas um objetivo no problema, por exemplo, determinação de mínimo custo para a RL.
	Múltiplos Objetivos	Simultaneidade de objetivos a serem atingidos, por exemplo, determinação de mínimo custo com maximização do atendimento da demanda.

Fonte: Klose e Drexl (2005); Ghiani *et al.* (2004) apud Cezana (2015).

Cabe salientar que os problemas de localização não são usualmente classificados como uma única classe da taxonomia apresentada e sim como um conjunto de classes dentro da taxonomia. Para Cezana (2015, p. 54), de uma maneira geral, o objetivo geral de uma rede logística é a minimização do custo total de logística. Este custo envolve o custo fixo de instalação de facilidade e o custo de transporte entre facilidades.

Um dos grandes problemas para a reciclagem no Brasil é a dimensão continental do país, o que, em muitos casos, coloca a coleta da matéria prima, longe dos centros de consumo, exigindo uma atenção especial dos atores do mercado de reciclagem, ainda mais agravados pelas condições caóticas que observamos nos sistemas de logística em todo o território nacional (ANAP, 2015).

No mercado brasileiro de reciclagem de papel, por exemplo, o principal fator de custo além da compra de materiais é com a logística de materiais. Estima-se que esses custos representem mais de 12% da receita líquida. As restrições cada vez maiores para o trânsito de caminhões nas cidades, têm provocado uma alteração no tipo de veículos dos aparistas. A frota de veículos urbanos de carga com capacidade para até 3 t tem aumentado substancialmente, passando de 9% em 2013 para 19% da frota em 2014 (ANAP, 2015).

Centros de triagem e armazenamento de RSRS promovem uma redução no custo de transporte do RSU até os aterros, prolongando sua vida útil. Eliminam-se, ainda, custos relacionados transporte e descarte final dos RSU e agrega-se valor por meio do aproveitamento dos materiais recicláveis (FERRI *et al.*, 2015a).

Ferri *et al.* (2015a) concluíram que um aumento no custo de instalação dessas facilidades pode significar uma redução de gastos em outras soluções assistencialistas ou de inclusão dessa população que sobrevive da coleta de resíduos.

Justifica-se, portanto, como facilitador das negociações comerciais para compra e venda de materiais recicláveis de organizações de catadores, o estabelecimento de centrais de armazenamento de RSRS da rede de catadores. Este estudo propõe a inserção destas centrais no Espírito Santo, de forma a estruturar e formalizar processos de compra e venda em maior escala, com o objetivo de aumentar a variedade de resíduos com potencial comercial de

reciclagem e sua inserção nos mercados e, conseqüentemente, ampliar os rendimentos das organizações.

Os problemas de localização de facilidades do tipo multicamadas têm encontrado um vasto campo de aplicação nas últimas décadas, sendo persistentemente estudado ao redor do mundo (GEOFFRION, 1976; AIKENS, 1985; LOVE *et al.*, 1988; PIRKUL E JAYARAMAN, 1998; HINOJOSA *et al.*, 2000; DUBKE, 2006; GOETSCHALCKX, 2011). Farahani *et al.* (2011) em seu estudo apresentou modelos quantitativos clássicos relacionados a logística reversa, dentre eles o modelo de localização de facilidades com base em programação linear inteira mista de Pishvaei *et al.* (2010).

Segundo o modelo proposto por Pishvaei *et al.* (2010), os produtos que são coletados nas zonas de clientes são direcionados às centrais de transbordo, e após a inspeção de qualidade são divididos em produtos recicláveis e produtos sem possibilidade de reutilização (rejeitos). Os produtos recicláveis são transportados para as centrais de reciclagem, enquanto os produtos irrecuperáveis são enviados para as centrais de disposição final para serem descartados.

Ainda, segundo os autores, essa estratégia evita o transporte excessivo de materiais que ainda não tenham o destino correto definido, sendo enviados muitas vezes para instalações inadequadas. Ao adotar a estratégia de utilização de centrais de transbordo para coleta e inspeção, garante-se que os produtos sejam destinados às instalações adequadas, sejam elas centrais de reciclagem ou centrais de disposição final.

O objetivo do projeto de rede logística reversa de Pishvaei *et al.* (2010) é escolher o local e a quantidade de centrais de coleta e inspeção para a rede, além de determinar a quantidade de fluxo entre as facilidades. O modelo é apresentado em cinco partes: os conjuntos, os parâmetros, as variáveis, a função objetivo e as restrições.

- Conjuntos

I - Conjunto de áreas potenciais para as centrais de coleta e inspeção;

J - Conjunto de centrais de reciclagem;

K - Conjunto de centrais de disposição final;

L - Conjunto dos locais de clientes.

- Variáveis

X_{li} - Quantidade de produtos que retornaram do cliente l para a central de coleta e inspeção i ;

Z_{ij} - Quantidade de produtos reutilizáveis transferidos da central de coleta e inspeção i para a central de reciclagem j ;

W_{ik} - Quantidade de não recicláveis transferidos da central de coleta e inspeção i para a central de disposição final k .

$Y_i \begin{cases} = 1 & \text{se uma central de coleta e inspeção é aberta no local } i; \\ = 0 & \text{caso contrário.} \end{cases}$

- Parâmetros

d - Fração média de produtos não recicláveis (em percentual);

r_l - Quantidade de produtos devolvidos pelo cliente l ;

f_i - Custo fixo de instalação da central de coleta e inspeção i ;

cf_{li} - Custo de transporte para uma unidade de produto devolvido do cliente l para a central de coleta e inspeção i ;

cs_{ij} - Custo de transporte para uma unidade de produto reutilizado transportado da central de coleta e inspeção i para a central de reciclagem j ;

ct_{ik} - Custo de transporte para uma unidade do produto não reciclável transportado da central de coleta e inspeção i para a central de disposição final k ;

caf_i - Capacidade da central de coleta e inspeção i ;

cas_j - Capacidade da central de reciclagem j ;

cat_k - Capacidade da central de disposição final k .

- Função objetivo

$$\min \sum_{i \in I} f_i Y_i + \sum_{l \in L} \sum_{i \in I} c f_{li} X_{li} + \sum_{i \in I} \sum_{j \in J} c s_{ij} Z_{ij} + \sum_{i \in I} \sum_{k \in K} c t_{ik} W_{ik} \quad (1)$$

- Restrições

$$\sum_{i \in I} X_{li} = r_l \quad \forall l \in L \quad (2)$$

$$\sum_{j \in J} Z_{ij} = (1 - d) \sum_{l \in L} X_{li} \quad \forall i \in I \quad (3)$$

$$\sum_{k \in K} W_{ik} = d \sum_{l \in L} X_{li} \quad \forall i \in I \quad (4)$$

$$\sum_{l \in L} X_{li} \leq Y_i c a f_i \quad \forall i \in I \quad (5)$$

$$\sum_{i \in I} Z_{ij} \leq c a s_j \quad \forall j \in J \quad (6)$$

$$\sum_{i \in I} W_{ik} \leq c a t_k \quad \forall k \in K \quad (7)$$

$$Y_i \in \{0,1\} \quad \forall i \in I \quad (8)$$

$$X_{li}, Z_{ij}, W_{ik} \geq 0 \quad \forall i \in I, j \in J, k \in K, l \in L \quad (9)$$

A função objetivo (1) visa minimizar os custos. A primeira parcela é referente ao custo fixo de instalação das centrais de coleta e inspeção alocadas, as demais parcelas referem-se aos custos de transporte entre as facilidades. Na segunda parcela tem-se o custo de transportar itens dos clientes para as centrais de coleta e inspeção, a terceira contempla o custo de transporte das centrais de coleta e inspeção até as centrais de reciclagem. Por fim, a quarta parcela refere-se ao custo de transportar produtos que não podem ser reciclados da central de coleta e inspeção para as centrais de disposição final.

A restrição (2) garante que todos os produtos devolvidos pelos clientes sejam coletados e direcionados às centrais de coleta e inspeção. As restrições (3) e (4) asseguram o equilíbrio de fluxo nos centros de coleta e inspeção. A restrição (5) proíbe que as unidades de produtos devolvidos sejam transferidos para centrais de coleta e inspeção, a menos que as centrais estejam alocadas, além de garantir que

os valores transportados não excedam as capacidades dos centrais de coleta e inspeção. As restrições (6) e (7) são restrições de capacidade das centrais de reciclagem e das centrais de disposição final, respectivamente. Por meio delas, há a obrigatoriedade que os produtos enviados para tais instalações não ultrapassem as suas capacidades. Finalmente, a restrição (8) garante que a variável Y_i assumam apenas os valores 0 ou 1. Já a restrição (9) garante a não negatividade das demais variáveis.

Segundo Pishvaei *et al.* (2010), o modelo apresentado em seu trabalho consiste em dois problemas, problema de localização de facilidades capacitado em uma rede logística reversa e otimização do fluxo. Sendo considerado, portanto, um problema do tipo NP-*Hard* de difícil resolução por meio de algoritmos exatos quando em tamanho grande. Para tornar a resolução menos demorada os autores aplicaram um algoritmo *simulated annealing* que não é o foco deste estudo e por isso não será detalhado.

Portanto, a partir das considerações do modelo de Pishvaei *et al.* (2010), este estudo o adapta para resolução do problema de localização de centrais de transbordo e armazenamento de resíduos recicláveis para a rede logística reversa de organizações de catadores no Espírito Santo, de forma a definir os fluxos de materiais entre as organizações, as centrais e as empresas receptoras, com o menor custo global para a rede.

4. MÉTODOS DE PESQUISA

Visando o objetivo principal deste trabalho que é descrever a rede logística reversa de RSRS estruturada em unidades de transbordo e armazenamento para valorização dos resíduos para rede de organizações de catadores, os métodos de pesquisa foram divididos em cinco seções.

A primeira refere-se à classificação da metodologia da pesquisa quanto aos objetivos, quanto à abordagem, quanto à natureza, quanto aos procedimentos, quanto à técnica de coleta de dados e quanto à taxonomia dos problemas de localização. Apresenta ainda as fases desta pesquisa e os acordos existentes na UFES que auxiliaram na obtenção de dados.

A segunda seção aborda a caracterização da região de estudo, isto é, todo o território do Espírito Santo.

A terceira seção se referem sobre o mapeamento do mercado de recicláveis no Espírito Santo, com foco nas organizações de catadores e empresas receptoras.

A quarta seção apresenta o modelo matemático de programação linear mista que será utilizado para definir o fluxo de materiais entre os nós da Rede Logística e o custo associado à sua implantação.

Finalmente, a quinta seção dedica-se à apresentação dos diversos cenários propostos para o período 2016-2035.

4.1. Classificação da Metodologia de Pesquisa

De acordo com os objetivos da pesquisa, este trabalho pode ser classificado como um estudo exploratório, pois busca descobrir novas ideias e intuições, na tentativa de adquirir maior familiaridade com o fenômeno pesquisado, possibilitando aumentar o conhecimento do pesquisador sobre os fatos, esclarecer e modificar conceitos, tendo em vista a formulação de problemas mais precisos ou hipóteses pesquisáveis para estudos posteriores (GIL, 2008, p. 41; MATTAR, 2014).

Com relação à abordagem, a pesquisa apresenta características qualitativas e quantitativas. Segundo Bogdan e Biklen (2010), a pesquisa qualitativa supõe o contato direto e prolongado do pesquisador com o ambiente, via de regra por

trabalho de pesquisa de campo, com coletas de dados predominantemente descritivos, verificando como o problema se manifesta nas atividades, nos procedimentos e nas interações cotidianas.

Já a pesquisa quantitativa busca a validação das hipóteses mediante a utilização de dados estruturados, estatísticos, com análise de um grande número de casos representativos, recomendando um curso final da ação (MATTAR, 2014).

Para Malhotra (2011), há um consenso quanto à ideia de que as abordagens qualitativas e quantitativas devem ser encaradas como complementares, em vez de mutuamente concorrentes.

Quanto à natureza da pesquisa, esta pode ser classificada como sendo de natureza aplicada, pois tem como finalidade a geração de conhecimentos para aplicação prática, dirigidos à solução de problemas específicos, envolvendo verdades e interesses locais, no caso para o Estado do Espírito Santo (GERHARDT e SILVEIRA, 2009).

Quanto aos procedimentos, esta pesquisa pode ser classificada como sendo bibliográfica, de levantamento de uma amostra probabilística aleatória simples e também sendo um estudo de caso.

A pesquisa bibliográfica é feita a partir do levantamento de referências teóricas já analisadas, e publicadas por meios escritos e eletrônicos, como livros, artigos científicos, páginas de internet, dentre outras fontes, que permitem o pesquisador conhecer o que já se estudou sobre o assunto (FONSECA, 2002).

Já o levantamento de uma amostra probabilística aleatória simples pode ser realizado com a coleta de parte de uma população (amostragem), em contextos de constante mudança, cuja escolha dos elementos (Organizações de Catadores) se dá de forma aleatória (GERHARDT e SILVEIRA, 2009; MALHOTRA, 2011).

A pesquisa de estudo de caso é frequentemente encarada, segundo Yin (2015), como uma forma menos desejável de investigação do que levantamentos ou experimentos. Na verdade, os estudos de caso são, sim, generalizáveis a proposições teóricas (generalização analítica), embora não a populações ou universos (generalização estatística).

Entretanto, a vantagem mais marcante dessa estratégia, segundo Laville e Dionne (1999, p. 156):

"[...] está na possibilidade de aprofundamento que oferece, pois os recursos se veem concentrados no caso visado, não estando o estudo submetido às restrições ligadas à comparação do caso com outros casos".

Quanto à técnica de coleta de dados, nesta pesquisa foram utilizadas duas das principais técnicas de coletas de dados: a entrevista e o questionário.

A entrevista aplicada foi realizada por meio de conversa face a face entre entrevistado e entrevistador, aplicada junto aos representantes das associações de catadores por meio do Sindimicro, parceiro do LAGESA neste estudo. Entretanto, em alguns casos, a obtenção de dados com as associações não foi presencial, utilizando o telefone como recurso tecnológico. Em ambos os casos, as entrevistas foram do tipo semiestruturada, nas quais existe um roteiro pré definido constituído de perguntas abertas e fechadas.

Para a obtenção dos dados das empresas recicladoras e potencialmente recicladoras, utilizou-se de um questionário, isto é, um formulário para obter respostas às questões no qual o próprio informante preenche também semiestruturado com perguntas abertas e fechadas, enviado por correio eletrônico.

Estes dados primários obtidos por estes dois grupos de atores do mercado de recicláveis no Espírito Santo serão doravante chamados de *Survey*.

A *Survey* foi confeccionada para atender aos objetivos desta pesquisa como também aos objetivos das pesquisas atualmente executadas pelo LAGESA e pelo Instituto Sindimicro, num desejo comum de realizar o primeiro diagnóstico das Organizações de Catadores de materiais recicláveis do Estado do Espírito Santo.

Quanto à taxonomia de Klose e Drexl (2005) e Ghiani *et al.* (2004), o estudo pode ser enquadrado como sendo do tipo rede, já que as facilidades e os pontos de demanda estão localizados nos nós da rede logística e há restrições de fluxo nos arcos que os ligam.

Quanto à localização, enquadra-se como discreto, já que clientes e facilidades estão localizados nos nós da rede, em um conjunto finito de localizações. O horizonte de tempo é de período simples porque considera somente um período único e todo planejamento é feito com as previsões para este período.

Pode-se classificar a tipologia das centrais como sendo do tipo homogênea, pois existe somente um tipo de instalação, as centrais de valorização, previstas para localização. Pelo fluxo dos produtos pode se classificar como multiproduto, pois existem quatro tipos de resíduos fluindo ao longo das facilidades existentes na rede logística (papel/papelão, plástico, metal e vidro).

As centrais possuem interação, já que há possibilidade de fluxos de produtos entre os nós. Desta forma, a solução do problema de localização passa a depender não só da distribuição espacial das instalações, mas também, dos fluxos entre as facilidades. São necessárias restrições de equilíbrio pela relevância dos fluxos de materiais. Estes problemas são denominados Multiple-Echelon.

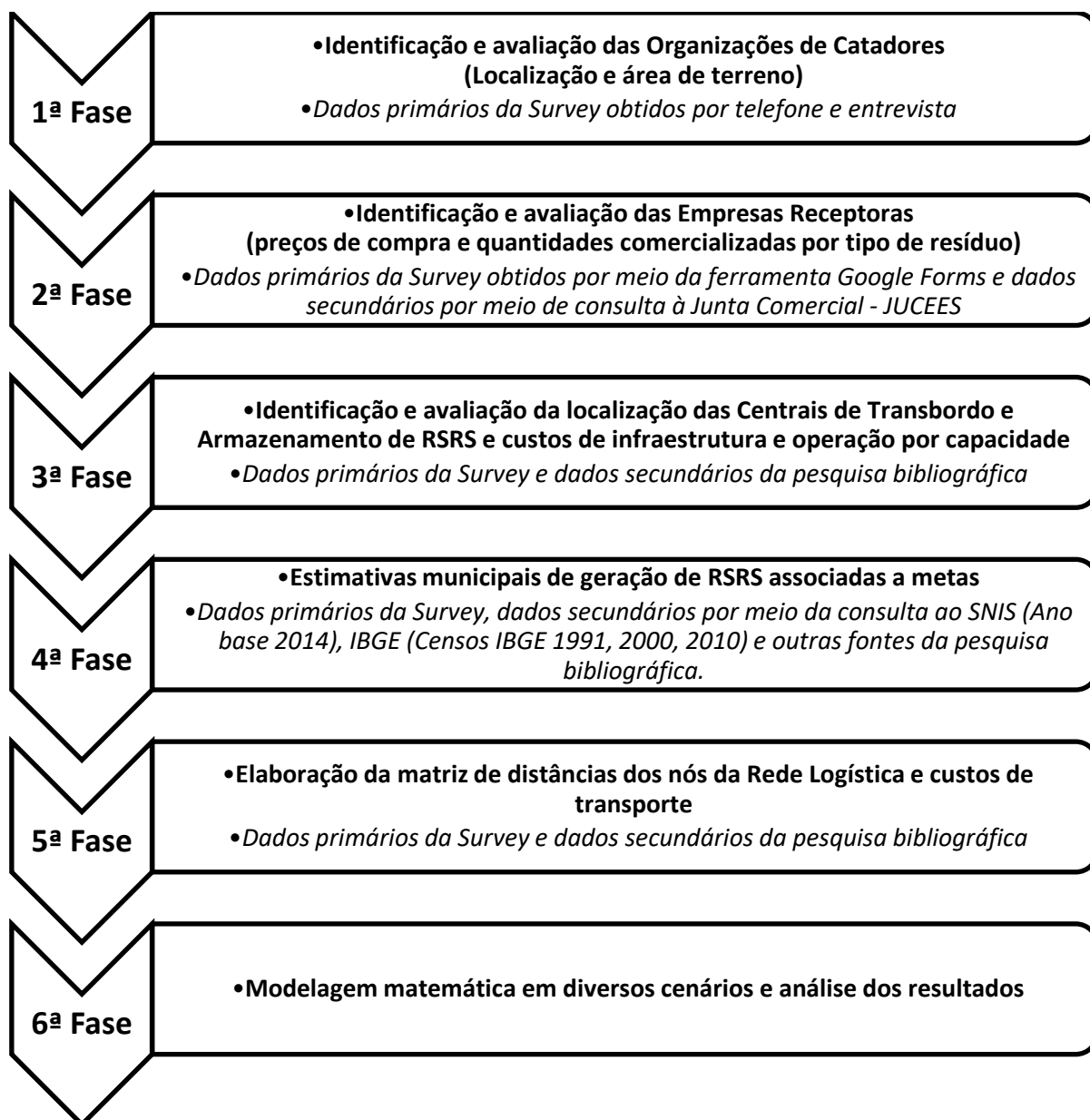
A demanda é do tipo fracionada, pois uma empresa pode ser atendida por duas ou mais centrais. O custo de transporte entre centrais é calculado como um valor de frete, não influenciando o transporte. Quanto às incertezas, trata-se de um problema determinístico, pois os valores são fixos. As incertezas oriundas de atrasos, por exemplo, tempo de viagem, tempo de carregamento não ocorrem.

Finalmente, classifica-se o modelo como limitado e com objetivos múltiplos, e limitado, pois há restrições quanto ao tamanho e capacidade de determinadas facilidades.

4.1.1. Etapas da Metodologia da Pesquisa

A Figura 11 apresenta de maneira geral as fases que foram seguidas nesta pesquisa.

Figura 11. Fases da metodologia da pesquisa e principais fontes de dados.



Fonte: Elaborado pelo autor.

Esta pesquisa foi desenvolvida no LAGESA/CT/UFES e beneficiou-se de seus acordos e parcerias para a obtenção de dados, a saber:

- Acordo de Cooperação nº 11/2013 celebrado entre a Universidade Federal do Espírito Santo (UFES) e a Associação dos Municípios do Estado do Espírito Santo (AMUNES) que tem por objetivo promover o desenvolvimento conjunto de ações que permitam aos município capixabas, por meio da UFES, elaboraram os Planos Municipais de Saneamento Básico – PMSB (Lei Federal 11.445/2007), e os Planos de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos

Urbanos – PGIRS (Lei Federal 12.305/2010) dentre outras ações que venham trazer benefícios diretos a população dos municípios do Estado, sendo tais ações, no que se refere à UFES, enquadradas nas atividades de extensão universitária. Processo nº 23068.018706/2013-71.

- Acordo de Cooperação Técnica celebrado entre a Universidade Federal do Espírito Santo (UFES) e a Secretaria de Estado do Meio Ambiente e Recursos Hídricos (SEAMA), com interveniência do Instituto Estadual de Meio Ambiente e Recursos Hídricos (IEMA) e da Agência Estadual de Meio Ambiente e Recursos Hídricos (AGERH) que tem por objeto a colaboração mútua entre as partes para o desenvolvimento técnico e científico do Sistema Estadual de Meio Ambiente (SISEMA), e a pesquisa técnica e científica, por meio de estudos, pesquisas, programas e atividades, relacionados às políticas públicas de meio ambiente, recursos hídricos, ordenamento territorial e marinho, educação ambiental, qualidade do ar, relação com a sociedade, dentre outros, além da capacitação da equipe técnica e apoio na normatização de procedimentos relacionados às atividades técnicas e operacionais do SISEMA. Processo nº 65739400.
- Contrato de Prestação de Serviços nº 001/2013 celebrado entre a Universidade Federal do Espírito Santo (UFES) e o Consórcio Público para Tratamento e Destinação Final Adequada de Resíduos Sólidos da Região Doce Oeste do Estado do Espírito Santo (CONDOESTE) que tem por objetivo a Contratação de Instituição para a Elaboração dos Planos Municipais de Saneamento Básico, abrangendo as quatro modalidades: abastecimento de água, esgotamento sanitário, limpeza urbana e manejo dos resíduos sólidos, manejo das águas pluviais urbanas e drenagem e Plano Municipal de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos dos Municípios de Afonso Cláudio, Águia Branca, Alto Rio Novo, Baixo Guandu, Colatina, Governador Lindenberg, Itaguaçu, Itarana, Laranja da Terra, Mantenedópolis, Marilândia, Pancas, São Domingos do Norte, São Gabriel da Palha, São Roque do Canaã e Vila Valério e elaboração do Plano Regional de Saneamento Básico do CONDOESTE, de acordo com a legislação federal nº 11.445/2007 e nº 12.305/2010. Processo Administrativo nº 001/2013. Fundamentado na dispensa de licitação, com base no Art. 6º, Inciso XI da Lei 8.666/1993.

Material de escritório, deslocamentos, ligações telefônicas, dentre outras necessidades materiais foram custeadas pelo LAGESA e por recursos próprios, apoiado pela FAPES.

4.2. Caracterização da Área de Estudo

O Estado do Espírito Santo possui uma área de 46,09 mil km², localizando-se na região Sudeste e fazendo fronteira com o oceano Atlântico a leste, com a Bahia ao norte, com Minas Gerais a oeste e noroeste e com o estado do Rio de Janeiro ao sul. Embora seja o quarto menor estado do Brasil (maior apenas que Sergipe, Alagoas e Rio de Janeiro), possui a 14^a população absoluta com 3.929.911 habitantes e a 7^a população relativa com 85,26 hab./km² (IBGE, 2013).

A economia registrou em 2013 o 12^o PIB dos Estados da Federação com R\$ 117,04 bilhões e o 5^o PIB *per capita* do Brasil com R\$ 30.485. Suas atividades econômicas destacam no setor agropecuário como principais produtos: café, arroz, cacau, cana-de-açúcar, feijão, frutas, milho, criação de gado de corte e leiteiro. Embora relativamente pequeno, o parque industrial do Espírito Santo abriga indústrias químicas, metalúrgicas, alimentícias e de papel e celulose. O complexo portuário do Espírito Santo – um dos maiores da América Latina - é responsável por cerca de 9% do valor exportado e por 5% do valor importado pelo país. Nos últimos anos, o Espírito Santo vem se destacando na produção de petróleo e gás natural, tornando-se a segunda maior província petrolífera do País (ESPIRITO SANTO, 2015).

Segundo a ABIPLAST (2014), cerca de 101 empresas atuavam no Espírito Santo, movimentando aproximadamente 0,9% da produção nacional do setor de transformados plásticos. Já no setor Metalmeccânico, cerca de 1.423 empresas atuavam no Estado em 2014, empregando quase 26 mil trabalhadores (FINDES, 2016).

De acordo com a ANAP (2015), cerca de 104 mil toneladas de aparas de papel foram geradas no Estado em 2014. Das 182 empresas em atividade no território nacional, apenas duas estavam no Espírito Santo, fato que possa justificar

o consumo de apenas 20 mil toneladas nesse ano, isto é, cerca de 19% da produção estadual de aparas.

4.3. Mapeamento do Mercado de Resíduos Recicláveis

Fez-se necessário, em etapa preliminar, o levantamento dos dados de identificação de alguns atores do mercado de recicláveis no Espírito Santo de interesse deste estudo, a saber: as organizações de catadores, na forma de associações ou cooperativas; e empresas transportadoras/recicladoras de papel/papelão, plásticos, vidros e metais.

4.3.1. Das Organizações de Catadores

Neste primeiro grupo foi aplicado um questionário específico (*Survey A*) pelo qual se pôde ter conhecimento da atual realidade de algumas das organizações de catadores espalhadas pelos municípios capixabas.

A Tabela 5 apresenta um resumo das informações coletadas no questionário *Survey A*.

Tabela 5. Resumo das informações coletadas no Survey A.

Item	Exemplo
Informações gerais	Nome, sigla, endereço, se possui contrato com a prefeitura, etc.
Infraestrutura	Número de trabalhadores, equipamentos, área do galpão, etc.
Custos	Custos com aluguel, energia, equipamento de segurança, etc.
Processo produtivo	Tipo de beneficiamento dos materiais
Mercado	Quantidade vendida e valor de venda de cada material

Fonte: Elaborado pelo autor.

Um pré-teste foi realizado com o questionário nos meses de maio e junho de 2015 em duas associações escolhidas por terem características opostas: uma possui alto grau de organização e está a mais tempo no mercado de reciclagem e outra com menor grau de organização e com menos tempo de atividade. Após o pré-teste, o questionário foi revisado e validado. O questionário completo pode ser visto no Apêndice A.

Logo, trinta e cinco organizações de catadores participaram do questionário na representação de seu presidente ou outro associado/cooperado escolhido pela própria organização respondendo ao questionário do Apêndice A.

A aplicação do questionário foi realizada por entrevista ou por telefone nos meses de junho, julho e agosto de 2015.

4.3.2. Das Empresas Receptoras

Este grupo de empresas foi previamente selecionado junto ao setor de licenciamento ambiental do Instituto Estadual de Meio Ambiente e Recursos Hídricos (IEMA). Também foram buscados dados nos setores de licenciamento ambiental das 18 prefeituras municipais (Tabela 6), que foram delegadas a licenciar por força do Art. 4º, caput e Parágrafo Único da Resolução do Conselho Estadual de Meio Ambiente – CONSEMA nº. 05/12, que define a tipologia das atividades ou empreendimentos considerados de impacto ambiental local e dá outras providências.

Tabela 6. Municípios do Estado do Espírito Santo que foram delegados a licenciar pela Resolução CONSEMA nº 05/12.

Municípios		
Anchieta	Guarapari	Serra
Aracruz	Itapemirim	Vargem Alta
Cachoeiro de Itapemirim	Linhares	Venda Nova do Imigrante
Cariacica	Montanha	Viana
Colatina	Muniz Freire	Vila Velha
Domingos Martins	Santa Teresa	Vitória

Fonte: Adaptado de CONSEMA (2012).

Tal qual Dutra (2016), para identificação das empresas no IEMA, foi realizado um filtro com base na Instrução Normativa nº. 10/10 do IEMA, que dispõe sobre o enquadramento das atividades potencialmente poluidoras e/ou degradadoras do meio ambiente com obrigatoriedade de licenciamento ambiental junto ao IEMA e sua classificação quanto a potencial poluidor e porte. O Art. 2º da referida instrução agrupa as atividades potencialmente poluidoras. Foram selecionadas 7 tipologias para o estudo, devido à sua correlação com a compra de resíduos recicláveis. As tipologias selecionadas estão no Apêndice B.

Para a identificação das empresas via licenciamento nas prefeituras foi realizado um filtro com base na Resolução nº 05/12 do CONSEMA. As atividades selecionadas também estão destacadas no Apêndice B.

Tal qual Dutra (2016), a seleção das atividades consideradas como "recicladoras" dentre as atividades selecionadas foi realizada pelo IEMA com base no campo "nome da atividade de gestão" no sistema interno de banco de dados e englobou atividades de triagem e armazenamento temporário de materiais sólidos reaproveitáveis não contaminados com produto ou resíduo perigoso (código IEMA 22.01), triagem e armazenamento temporário de materiais sólidos reaproveitáveis contaminados com produto ou resíduo perigoso, inclusive ferro-velho (código IEMA 22.02) e unidades de reciclagem de papel (código IEMA 22.03). Deve-se observar que a descrição do código muitas vezes não representa todas as atividades relacionadas a ele.

Além dessas, foram identificadas empresas participantes de associações e sindicatos de reciclagem e empresas listadas em sites que têm por objetivo informar sobre reciclagem como o Rota da Reciclagem e o Compromisso Empresarial para Reciclagem - CEMPRES.

Uma última pesquisa foi realizada em contato com a Junta Comercial do Estado do Espírito Santo (JUCESS) a fim de levantar novas empresas e confirmar se as empresas pré-selecionadas via licenciamento possuíam Código Nacional de Atividade Econômica (CNAE) compatível com as atividades que se esperam de uma recicladora. Os CNAE selecionados estão presentes na Tabela 7.

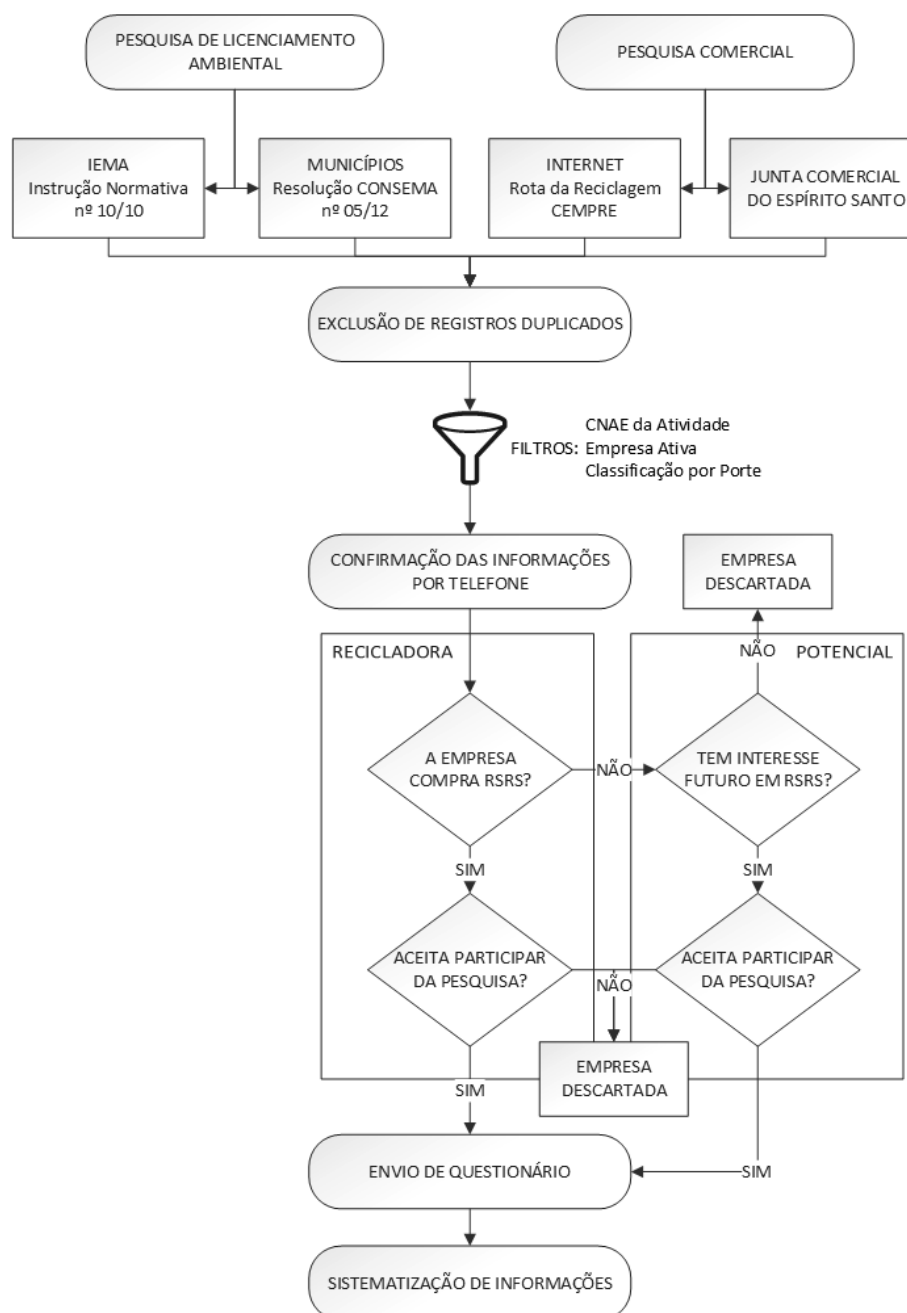
Tabela 7. CNAE considerados compatíveis para as atividades de reciclagem.

CNAE	Descrição	CNAE	Descrição
1721-4/00	FABRICAÇÃO DE PAPEL	3831-9/99	RECUPERAÇÃO DE MATERIAIS METÁLICOS, EXCETO ALUMÍNIO
1722-2/00	FABRICAÇÃO DE CARTOLINA E PAPEL CARTÃO	4687-7/02	COMÉRCIO ATACADISTA DE RESÍDUOS E SUCATAS NÃO METÁLICOS, EXCETO DE PAPEL E PAPELÃO
3839-4/99	RECUPERAÇÃO DE MATERIAIS NÃO ESPECIFICADOS ANTERIORMENTE	4687-7/03	COMÉRCIO ATACADISTA DE RESÍDUOS E SUCATAS METÁLICOS
4686-9/01	COMÉRCIO ATACADISTA DE PAPEL E PAPELÃO EM BRUTO	1323-5/00	TECELAGEM DE FIOS DE FIBRAS ARTIFICIAIS E SINTÉTICAS
4687-7/01	COMÉRCIO ATACADISTA DE RESÍDUOS DE PAPEL E PAPELÃO	2312-5/00	FABRICAÇÃO DE EMBALAGENS DE VIDRO
3832-7/00	RECUPERAÇÃO DE MATERIAIS PLÁSTICOS	2319-2/00	FABRICAÇÃO DE ARTIGOS DE VIDRO
4687-7/02	A COLETA, CLASSIFICAÇÃO E SEPARAÇÃO (SEM TRANSFORMAÇÃO) DE RESÍDUOS E SUCATAS NÃO METÁLICAS, EXCETO DE PAPEL E PAPELÃO, PARA OBTENÇÃO DE PEÇAS PARA SEREM REUTILIZADAS E COMERCIALIZADAS	3839-4/99	RECUPERAÇÃO DE MATERIAIS NÃO ESPECIFICADOS ANTERIORMENTE
2451-2/00	FUNDIÇÃO DE FERRO E AÇO	4687-7/02	COMÉRCIO ATACADISTA DE SUCATA DE VIDRO
2452-1/00	FUNDIÇÃO DE METAIS NÃO FERROSOS E SUAS LIGAS	4679-6/03	COMÉRCIO ATACADISTA DE VIDROS, ESPELHOS E VITRAIS

Fonte: Elaborado pelo autor.

A Figura 12 apresenta o fluxograma de seleção dos dados de identificação de empresas atuantes e potenciais no mercado de recicláveis.

Figura 12. Fluxograma de seleção de dados de empresas recicladoras e de potenciais recicladoras.



Fonte: Elaborado pelo autor.

Para o grupo de empresas que aceitaram participar da pesquisa foi aplicado um questionário (*Survey B* - Apêndice C) por meio da ferramenta *online GOOGLE FORMS*, pelo qual tentou-se identificar, para cada uma delas, qual a quantidade comprada de material reciclável (papel/papelão, plástico, metal e vidros), qual o

preço de compra e se encontra alguma barreira para a compra de resíduos das organizações de catadores.

Um pré-teste do questionário foi aplicado no mês de julho de 2015 com 3 empresas escolhidas aleatoriamente do banco de dados. Após a revisão e validação do questionário, as ligações telefônicas foram iniciadas para todas as empresas registrados. As ligações seguiram um *script* (Apêndice D) previamente determinado onde, após uma apresentação do telefonista, era informado ao interlocutor o objetivo da pesquisa e a importância da sua participação no estudo. Ao final, o interlocutor era questionado se poderia disponibilizar um endereço de e-mail para que o questionário fosse enviado. Após a ligação, um e-mail com o link para o preenchimento do questionário era prontamente enviado.

Embora impessoal e a fragilidade no retorno das informações, o uso do questionário *online* visou facilitar a divulgação da pesquisa e atingir um maior número de empresas, ao ponto que a pesquisa *in loco* envolveria custos de deslocamento que inviabilizariam o desenvolvimento da mesma.

4.4. Modelo Matemático Proposto

Segundo o escopo da pesquisa, o principal objetivo é definir a rede logística reversa estruturada em centrais de transbordo e armazenamento de RSRS por meio de um modelo matemático de localização de duas camadas para determinar quantas áreas de transbordo são necessárias e onde elas devem estar localizadas em função dos pontos geradores de resíduos (OC) e dos pontos de destinação (Empresas Recicladoras).

O modelo matemático proposto foi formulado segundo a técnica de Programação Linear Inteira Mista – PLIM, tendo como base os estudos feitos por Pishvae et al. (2010) e executado no *software* CPLEX 12.6, uma ferramenta analítica de apoio à decisão disponibilizada de forma gratuita para fins acadêmicos, utilizada para o desenvolvimento e implementação de modelos matemáticos.

O modelo apresentado por Pishvae et al. (2010) consiste em dois problemas: o problema de localização de facilidades capacitado em uma rede

logística reversa e otimização do fluxo, sendo considerado, portanto, um problema do tipo *NP-Hard* de difícil resolução por meio de algoritmos exatos quando em tamanho grande (CEZANA, 2015).

O modelo do presente estudo tem uma função objetivo que contempla a minimização dos custos fixos de instalação associados aos custos de operação das centrais de transbordo e dos custos de transporte entre facilidades, além da maximização da receita pela venda dos RSRS. Ainda, os RSRS são identificados por tipo de forma que cada um seja direcionado às empresas por meio das centrais. O modelo ainda informa a quantidade de RSRS por tipo, em toneladas, que flui pelos arcos, bem como a quantidade de caminhões necessária para o transporte no 1º nível.

Este método almeja a centralização dos resíduos de forma que aumentando o volume a ser transportado, torna-se mais atrativo para as empresas recicladoras. O modelo a ser implementado no *software* CPLEX 12.6 consiste na alocação e localização de centrais de valorização no território estadual, sujeitas a um conjunto de parâmetros predeterminados. O modelo é apresentado a seguir em cinco partes: os conjuntos, os parâmetros, as variáveis, a função objetivo e as restrições.

- Conjuntos

OC - Conjunto de Organizações de Catadores no Espírito Santo;

CTARRS - Conjunto de áreas candidatas à Centrais de Transbordo e Armazenamento de RSRS;

ER - Conjunto de Empresas Recicladoras;

RSRS - Conjunto dos diferentes tipos de resíduos (papel/papelão, plásticos, metais, vidros);

CC - Conjunto das diferentes faixas de capacidade tipos de resíduos (papel/papelão, plásticos, metais, vidros);

- Variáveis

X_{ijg} - Quantidade enviada do resíduo $g \in RSRS$ da Organização $i \in OC$ para a Central $j \in CTARRS$;

W_{jkg} - Quantidade enviada do resíduo $g \in RSRS$ da Central $j \in CTARRS$ para a Empresa Recicladora $k \in ER$.

Z_{ik} - Variável de apoio para controlar se há fluxo entre uma Central $j \in CTARRS$ e uma Recicladora $k \in ER$;

$$Z_{jk} \begin{cases} = 1 & \text{se } \sum_g W_{jkg} > 0 \\ = 0 & \text{se } \sum_g W_{jkg} = 0. \end{cases}$$

Y_{jp} - Assume valor 1, se a Central j de Capacidade p é alocada, e 0 caso contrário;

$$Y_{jp} \begin{cases} = 1 & \text{se a Central } j \text{ é alocada;} \\ = 0 & \text{caso contrário.} \end{cases}$$

NC_{ij} - Número de caminhões que realizam o transporte da Organização i para a Central j .

- Parâmetros

$CustoI_CTARRS_j$ - Custo de instalação e operação da Central $j \in CTARRS$, diluídos ao longo da vida útil da instalação (considerado em 20 anos);

$CustoT_1_{ij}$ - Custo de transporte da Organização $i \in OC$ para a Central $j \in CTARRS$;

$Capac_ER_{kg}$ - Capacidade máxima de recebimento do resíduo $g \in RSRS$ na Empresa Recicladora $k \in ER$;

$CapCaminhao$ - Capacidade de carga do caminhão;

q_{ig} - Quantidade de resíduo $g \in RSRS$ gerado na Organização $i \in OC$;

P_{kg} - Preço pago pela Empresa $k \in ER$ para o resíduo específico $g \in RSRS$;

- Função objetivo

$$\min \sum_{j \in CTARRS} \sum_{p \in CC} CustoI_CTARRS_p Y_{jp} + \sum_{i \in OC} \sum_{j \in CTARRS} CustoT_01_{ij} NC_{ij} - \sum_{j \in CTARRS} \sum_{k \in ER} \sum_{g \in RSRS} P_{kg} W_{jkg} \quad (10)$$

- Restrições

$$\sum_{i \in OC} X_{ijg} = q_{ig} \quad \forall j \in CTARRS, g \in RSRS \quad (11)$$

$$\sum_{i \in OC} \sum_{g \in RSRS} X_{ijg} \leq Y_{jp} Capac_{CTARRS}_{jp} \quad \forall j \in CTARRS, p \in CC \quad (12)$$

$$0 \leq \sum_{p \in CC} Y_{jp} \leq 1 \quad \forall j \in CTARRS \quad (13)$$

$$\sum_{k \in ER} W_{jkg} = \sum_{i \in OC} X_{ijg} \quad \forall j \in CTARRS, g \in RSRS \quad (14)$$

$$\sum_{j \in CTARRS} W_{jkg} \leq Capac_{ER}_{kg} \quad \forall k \in ER, g \in RSRS \quad (15)$$

$$\sum_{j \in CTARRS} \sum_{p \in CC} Y_{jp} \leq N_{CTARRS} \quad (16)$$

$$\sum_{g \in RSRS} \frac{X_{ijg}}{CapCaminh\tilde{a}o} \leq NC_{ij} \quad \forall i \in OC, j \in CTARRS \quad (17)$$

$$Y_{jp} \in \{0,1\} \quad \forall j \in CTARRS, p \in CC \quad (18)$$

$$Z_{jk} \in \{0,1\} \quad \forall j \in CTARRS, k \in ER \quad (19)$$

$$X_{ijg}, W_{jkg} \in \mathbb{R}^+ \quad \forall i \in OC, j \in CTARRS, k \in ER, g \in RSRS \quad (20)$$

A função objetivo (10) representa o custo total de se transportar os RSRS das organizações passando pelas centrais de transbordo até as empresas recicladoras ao mesmo tempo em que amplia as receitas auferidas pela venda do material reciclável. A primeira parcela da função objetivo soma o custo de implantar uma ou mais centrais (inclui neste termo os custos de instalação e operação), a segunda parcela agrega a soma do custo de transporte de todas as organizações para todas as centrais. O terceiro termo representa o ganho de receita pela venda do material reciclável. A função objetivo deve ser minimizada.

As restrições (11) garantem que o total de RSRS transportados da organização para as centrais não seja maior que o total de resíduos recebidos pela organização. As restrições (12) garantem que o total de resíduos que é transportado de todas as organizações para uma central não exceda a capacidade máxima de recebimento de RSRS desta central. As restrições (13) garantem que toda central aberta terá apenas uma faixa de capacidade. As restrições (14) garantem que o total

de resíduos que é transportado de todas as organizações para as centrais seja igual ao total que é transportado das centrais para as empresas receptoras. As restrições (15) garantem que todo o resíduo que é transportado de todas as estações de transbordo para uma empresa receptora não exceda a capacidade de receber resíduo desta empresa.

As restrições (16) garantem que serão abertas tantas centrais quanto forem necessárias para absorver a demanda de RSRS provenientes das organizações. As restrições (17) garantem que a capacidade de carga de todos os caminhões reunidos será suficiente para transportar o total de RSRS recolhidos pelas organizações nos municípios.

As restrições (18) e (19) garantem que as variáveis Y_{jp} e Z_{ik} sejam 0 ou 1. Por fim, as restrições (20) garantem que as variáveis X_{ijg} , W_{jkg} sejam reais e positivas.

4.5. Apresentação dos Cenários

Diferentes cenários foram propostos para este modelo pela variação dos parâmetros de entrada. Tais proposições utilizam os resultados obtidos na execução de cenários anteriores, contando inclusive com análises qualitativas com enfoque estratégico para a rede de OC.

Para as organizações dos catadores dos municípios do Espírito Santo, foram criados dez cenários, diferentes entre si pela variação dos parâmetros: da composição gravimétrica de RSU; taxa de desvio de recicláveis; e capacidade de transporte dos caminhões.

Em todos os cenários, foram considerados preços fixos para todos os resíduos no período 2016-2035, isto é, sem influência do mercado de *commodities* com valorização ou desvalorização no período.

Para alguns deles, foi considerada a projeção populacional para todos os municípios do Estado até 2035. Todos os cenários foram agrupados tendo em comum parâmetros alterados para que, ao final da execução, pudessem ser analisadas as suas influências sobre a determinação da localização das centrais, conforme as Tabelas 8 e 9.

Tabela 8. Análise dos Grupos de Cenários.

Grupo	Análise a ser realizada
I	Avaliar o efeito das estimativas de composição gravimétrica na geração de RSRS do Espírito Santo e no resultado financeiro da rede de catadores proposta, tanto no cenário atual quanto no futuro
II	Avaliar o efeito das metas de recuperação de RSRS no resultado financeiro da rede de catadores proposta diante do mercado de RSRS no Espírito Santo, considerando a quantidade, localização e capacidade de Centrais e os custos de instalação, operação e transporte associados
III	Avaliar a influência da capacidade de carga dos caminhões de 10 t, 16 t ou 20 t no transporte entre organizações de catadores e centrais de transbordo e armazenamento da rede proposta

Fonte: Elaborado pelo autor.

Tabela 9. Resumo dos Grupos de Cenários propostos na pesquisa.

Grupo	Cenário	População	Coleta	Composição Gravimétrica	Desvio RSRS	Cap. Caminhão
I	A	Atual	Atual (SNIS 2014)	Minuta do PNRS	SNIS 2014	16 t
	B			SNIS 2014	SNIS 2014	
	C	Projeção 2016-2035	Metas de universalização urbana e rural (PNSB)	Minuta do PNRS	Meta 3	
	D			SNIS 2014	Meta 3	
II	E	Projeção 2016-2035	Metas de universalização urbana e rural (PNSB)	Minuta do PNRS	Meta 1	16 t
	F				Meta 2	
	C				Meta 3	
	G				Meta 4	
	H				Meta 5	
III	I	Projeção 2016-2035	Metas de universalização urbana e rural (PNSB)	Minuta do PNRS	Meta 3	10 t
	C					16 t
	J					21 t

Fonte: Elaborado pelo autor.

Como visto na Tabela 9, cada agrupamento tem por característica a variação de um ou dois parâmetros. Em todos eles, foram consideradas as mesmas metas de redução de rejeitos para atingir o nível *Baixo*, a ser detalhado no capítulo a seguir.

Os Cenários do Grupo I formaram duplas para análise das composições gravimétricas. Para a geração atual, foi considerada a estimativa de composição gravimétrica da Minuta do PNRS para o Cenário A e a estimativa de composição gravimétrica do SNIS 2014 para o Cenário B. Semelhantemente, os Cenário C e D

mantém a mesma ordem de composição gravimétrica, passando a estimar a geração a geração média para o período 2016-2035.

Os Cenários do Grupo II, C, E, F, G e H, variam as metas de desvio de RSRS. Destaca-se o Cenário G que possui como meta de desvio a mesma apresentada pela Minuta do PNRS ajustada para os quadriênios destes 20 anos. Assemelham-se os Cenários C e G, cujas metas de redução tem o mesmo percentual final no período (50% em 2035), porém o primeiro ascende de forma mais constante, considerando a inércia da gestão de RSU no Brasil, enquanto que o segundo cresce abruptamente no primeiro período. Desta forma, escolheu-se o Cenário C como o cenário de referência para análise em todos os grupos de cenários.

Finalmente, os Cenários I e J têm alterações nas capacidades de transporte dos caminhões passando a ser de 10 t e 21 t, respectivamente, se comparado ao padrão de 16 t utilizado em todos os Cenários anteriores.

Salienta-se ainda que a frequência de transporte e custos estipulados para todos os Cenários desta dissertação foi semanal, uma vez que a retirada de RSRS das organizações geralmente acontece uma vez por semana. Em todos os Cenários, partiu-se da hipótese de oferta de RSRS pela geração domiciliar e pública em todos os 78 municípios do Espírito Santo independentemente do gerenciamento ser efetivamente realizado por uma Organização de Catadores atualmente. A proposta da pesquisa é justamente mostrar a quantidade de RSRS que poderiam estar disponíveis no mercado por meio de uma rede estadual que seria sustentada pelo envio de recicláveis de cada OC municipal.

Cada um dos parâmetros da Tabela 9 será discutido no capítulo a seguir.

5. OBTENÇÃO E APRESENTAÇÃO DOS PARÂMETROS DO MODELO MATEMÁTICO

Nesse capítulo são apresentados os valores dos parâmetros utilizados no modelo matemático para a Rede de OC, com informações sobre as OC, as Áreas Candidatas e as Empresas Recicladoras.

A primeira seção apresenta informações sobre as OC e suas localizações no primeiro nível da Rede Logística. A segunda seção contempla o mapeamento de possíveis locais a serem escolhidos como Centrais de Transbordo e Armazenamento de RSRS e os custos referentes à instalação e operação dos galpões. A terceira seção apresenta os valores de preços pagos pelas Empresas Receptoras levantadas por porte e a capacidade de processamento de RSRS. Na quarta seção estão presentes as considerações feitas para as estimativas municipais de geração de RSRS, incluindo o estabelecimento de metas de desvio de recicláveis, de coleta por zoneamento e redução do teor de rejeitos. Finalmente, a quinta seção apresenta as considerações feitas para construção da matriz de distâncias entre os nós da rede e os custos de transporte.

5.1. Das Organizações de Catadores Municipais

Para colher informações que representassem satisfatoriamente as OC municipais, foi necessário definir o tamanho de uma amostra para uma população finita. Partindo dessa premissa, consideraram-se 78 organizações, uma para cada município capixaba, uma vez que pelas assinaturas dos Termos de Compromisso Ambiental (TCA) junto ao Ministério Público do Estado (MPES), muitas em processo de formalização nos municípios que não as possuem e brevemente entrarão em operação (AMUNES, 2016). Sabe-se que existem municípios com mais de uma organização, sendo mais difícil definir quanto cada uma delas receberia dentro do mesmo município. Porém as estimativas de geração de RSRS serão calculadas por município para definir o fluxo de materiais para as centrais.

5.2. Localização das Centrais de Transbordo e Armazenamento

Para definir possíveis pontos de instalação das Centrais de Transbordo e Armazenamento de Resíduos Sólidos Recicláveis foram consideradas as áreas disponibilizadas pelo Governo do Estado do Espírito Santo para a elaboração de aterros sanitários públicos consorciados no Programa ES Sem Lixão. As informações destas áreas foram obtidas pela consulta ao Diário Oficial da União que dispunha a localização e a área de terreno de cada uma delas.

Além das 14 áreas do Programa ES Sem Lixão, foram consideradas as áreas de quatro OCs, maiores que 1.000 m², obtidas pelo *Survey A*. Sendo assim, 18 áreas foram selecionadas como dados de entrada do modelo. A Tabela 10 apresenta as coordenadas no *Datum SIRGAS 2000* de cada área e a área de terreno das possíveis Centrais de Transbordo e Armazenamento.

Tabela 10. Áreas consideradas como Centrais de Transbordo e Armazenamento de Resíduos Sólidos Recicláveis.

Áreas para Estações de Transbordo do Programa ES Sem Lixão	Coord. X SIRGAS 2000	Coord. Y SIRGAS 2000	Área (m ²)	Fonte
ET 2 - Norte (Barra de São Francisco)	-18.6483725979	-40.7758993305	52.000	DO-ES* 22/10/2010
ET 4 - Norte (Montanha)	-18.1122360238	-40.3835743266	89.700	DO-ES 09/09/2010
ET 5 - Norte (Boa Esperança)	-18.5609908926	-40.282810949	21.500	DO-ES 22/10/2010
ET 2 - Doce Oeste (Alto Rio Novo)	-19.0661932741	-41.0088238665	189.000	DO-ES 21/06/2010
ET 3 - Doce Oeste (Colatina)	-19.2611328834	-40.6520086016	101.100	DO-ES 16/09/2010
ET 4 - Doce Oeste (Laranja da Terra)	-19.9752702788	-41.0685289	111.000	DO-ES 19/08/2010
ET 5 - Doce Oeste (São Domingos do Norte)	-19.1472580234	-40.6369697471	35.000	DO-ES 16/09/2010
ET 6 - Doce Oeste (Itarana)	-19.8726369189	-40.861013907	23.000	DO-ES 27/08/2013
ET 1 - Sul (Venda Nova do Imigrante)	-20.3878821284	-41.1401498605	7.000	DO-ES 22/10/2014
ET 3 - Sul (Muniz Freire)	-20.2876169169	-41.3765276144	2.200	DO-ES 02/06/2014
ET 5 - Sul (Itapemirim)	-20.9338172364	-40.8608157462	15.200	DO-ES 09/06/2014
ET 6 - Sul (Bom Jesus do Norte)	-21.1336411578	-41.6446826162	7.500	DO-ES 03/06/2014
ET 7 - Sul (Guaçuí)	-20.8054739334	-41.699720978	9.340	DO-ES 22/10/2014
ET 8 - Sul (Anchieta)	-20.7447884606	-40.7598121311	9.340	DO-ES 04/06/2014
OCs com Grandes Áreas	Coord. X SIRGAS 2000	Coord. Y SIRGAS 2000	Área (m²)	Fonte
Conceição da Barra	-18.5696013	-39.7500166	1.000	Survey A
Santa Teresa	-19.9379397	-40.5986527	16.000	Survey A
Vila Velha I (Revive)	-20.3407243	-40.3026438	2.014	Survey A
Vitória (AMARIV)	-20.2935273	-40.3054459	2.000	Survey A

* Diário Oficial do Espírito Santo.

Fonte: Elaborado pelo autor.

A escolha destas áreas se justifica pela não necessidade de desapropriação de terrenos, uma vez que já pertencem ao Governo Estadual ou são cedidos/alugados pelas Prefeituras Municipais para instalação dos galpões de triagem.

O custo fixo de instalação está relacionado aos custos de construção das instalações físicas, de aquisição de máquinas e equipamentos, sendo diretamente proporcional à capacidade de recebimento de RSRS da central de transbordo (t/semana), afinal, uma maior capacidade sugere um aumento da área utilizada e um aumento do número de equipamentos (SCHWARTZ FILHO, 2006; FERRI *et al.*, 2015a).

Os custos referentes à implantação de galpões de transbordo e armazenamento seguiram os valores apresentados por BRASIL (2008) e BRASIL (2010), atualizados pelo IPCA para Março de 2016.

O custo médio com obras civis é diretamente proporcional à área do galpão e à quantidade de resíduos processada, sendo de aproximadamente R\$ 270.152,19 por tonelada de resíduos recicláveis, como mostra a Tabela 11.

Tabela 11. Custos de implantação de galpões das Centrais de Transbordo e Armazenamento.

Galpão	Área do Galpão	Área Total	Capacidade (t/sem)	Custos de Obras civis	Custo/semana
Faixa 1	600 m ²	1.000 m ²	14	R\$ 540.304,38	R\$ 518,10
Faixa 2	1.200 m ²	2.000 m ²	28	R\$ 1.080.608,76	R\$ 1.036,20
Faixa 3	1.800 m ²	3.000 m ²	42	R\$ 1.620.913,14	R\$ 1.554,30
Faixa 4	2.400 m ²	4.000 m ²	56	R\$ 2.161.217,52	R\$ 2.072,40
Faixa 5	3.000 m ²	5.000 m ²	70	R\$ 2.701.521,90	R\$ 2.590,50
Faixa 6	4.500 m ²	7.500 m ²	105	R\$ 4.052.282,85	R\$ 3.885,75
Faixa 7	6.000 m ²	10.000 m ²	140	R\$ 5.403.043,80	R\$ 5.181,00
Faixa 8	9.000 m ²	15.000 m ²	210	R\$ 8.104.565,70	R\$ 7.771,50
Faixa 9	12.000 m ²	20.000 m ²	280	R\$ 10.806.087,60	R\$ 10.362,00
Faixa 10	15.000 m ²	25.000 m ²	350	R\$ 13.507.609,50	R\$ 12.952,50
Faixa 11	18.000 m ²	30.000 m ²	420	R\$ 16.209.131,40	R\$ 15.543,00
Faixa 12	24.000 m ²	40.000 m ²	560	R\$ 21.612.175,20	R\$ 20.724,00
Faixa 13	30.000 m ²	50.000 m ²	700	R\$ 27.015.219,00	R\$ 25.905,00
Faixa 14	36.000 m ²	60.000 m ²	840	R\$ 32.418.262,80	R\$ 31.086,01
Faixa 15	48.000 m ²	80.000 m ²	1.120	R\$ 43.224.350,40	R\$ 41.448,01

Fonte: Elaborado pelo autor.

Semelhantemente, os custos com pessoal e equipamentos se basearam em BRASIL (2008), BRASIL (2010) e Vital (2013), também atualizados pelo IPCA para Março de 2016. Os salários dos profissionais é um valor médio para empresas de médio porte obtidos por meio de consulta ao CINE.

Segundo Ferri *et al.* (2015a), uma central de 500 m² demanda aproximadamente R\$35.000,00 gastos com esses materiais. Se considerarmos uma vida útil de 10 anos dos equipamentos, tem-se um custo semanal de R\$ 67,12, bem próximo ao custo por tonelada de BRASIL (2008) e BRASIL (2010). Entretanto, à medida que os galpões crescem, tem-se um ganho de escala e, conseqüentemente, redução nos custos unitários. Ainda, no estudo de Ferri *et al.* (2015a), um centro de armazenagem e triagem com 500,0 m² necessita de cinco funcionários, que recebem um salário mínimo cada, um gasto de R\$ 3.000,00 com manutenção e pintura ao longo do ano e R\$ 600,00 mensais destinados a energia, água, gás e telefone. Estes custos foram corrigidos para Abril de 2016 pelo IPCA e adicionados ao custo semanal total.

A Tabela 12 apresenta os custos de operação como dados de entrada para o modelo matemático dividido por faixas.

Tabela 12. Custos de operação por faixa de capacidade das Centrais.

Faixas	Pessoal por Função e Salário Mensal			Outros Custos Mensais			Custo Operação Semanal
	Portaria / Vigliância	Administ.	Operadores Logísticos	Custo por Refeição	Custo de Equipam. / ton. (R\$)	Custo de Manutenção, Pintura, Água, Energia, Gás e Telefone	
	R\$ 1.800,00	R\$ 1.600,00	R\$ 1.800,00	R\$ 7,12/un.			
Faixa 1	2	1	3	R\$ 1.879,68	R\$ 444,08	R\$ 187,32	R\$ 3,834.90
Faixa 2	2	1	6	R\$ 2.819,52	R\$ 672,25	R\$ 374,64	R\$ 5,872.36
Faixa 3	2	3	9	R\$ 4.385,92	R\$ 945,53	R\$ 561,96	R\$ 9,018.57
Faixa 4	2	3	12	R\$ 5.639,04	R\$1.213,59	R\$ 749,28	R\$ 11,664.32
Faixa 5	2	5	15	R\$ 7.205,44	R\$1.524,96	R\$ 936,60	R\$ 14,819.42
Faixa 6	2	5	23	R\$ 10.024,96	R\$ 2.058,14	R\$ 1.404,90	R\$ 20,802.85
Faixa 7	2	8	30	R\$ 13.157,76	R\$ 2.643,64	R\$ 1.873,20	R\$ 27,247.88
Faixa 8	2	10	45	R\$ 18.796,80	R\$ 3.663,52	R\$ 2,809.80	R\$ 39,104.18
Faixa 9	2	15	60	R\$ 25.062,40	R\$ 4.780,42	R\$ 3,746.40	R\$ 52,031.48
Faixa 10	2	20	75	R\$ 31.328,00	R\$ 5.876,36	R\$ 4,683.00	R\$ 64,953.88
Faixa 11	6	25	90	R\$ 37.906,88	R\$ 7.013,82	R\$ 5,619.60	R\$ 78,484.94
Faixa 12	6	35	120	R\$ 50.438,08	R\$ 9.133,24	R\$ 7,492.80	R\$ 104,312.83
Faixa 13	6	40	150	R\$ 61.402,88	R\$ 10.934,20	R\$ 9,366.00	R\$ 127,320.89
Faixa 14	8	45	180	R\$ 72.994,24	R\$ 12.821,78	R\$ 11,239.20	R\$ 151,547.09
Faixa 15	8	60	240	R\$ 96.490,24	R\$ 16.587,18	R\$ 14,985.60	R\$ 200,346.88

Fonte: Elaborado pelo autor.

Resumidamente, os custos totais semanais são a soma dos custos de instalação e operação, como mostra a Tabela 13.

Tabela 13. Custos totais semanais por faixa de capacidade das Centrais.

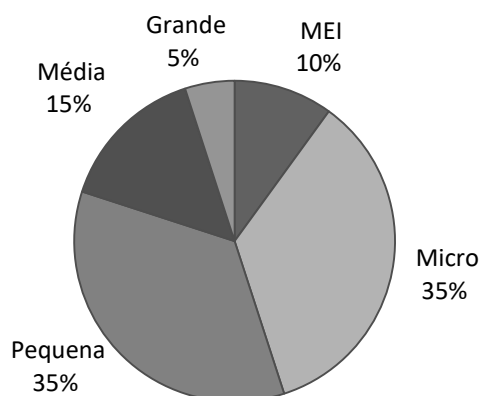
Galpão	Custo Instalação	Custo Operação	Custo Total
Faixa 1	R\$ 518,10	R\$ 3.834,90	R\$ 4.353,00
Faixa 2	R\$ 1.036,20	R\$ 5.872,36	R\$ 6.908,56
Faixa 3	R\$ 1.554,30	R\$ 9.018,57	R\$ 10.572,87
Faixa 4	R\$ 2.072,40	R\$ 11.664,32	R\$ 13.736,72
Faixa 5	R\$ 2.590,50	R\$ 14.819,42	R\$ 17.409,92
Faixa 6	R\$ 3.885,75	R\$ 20.802,85	R\$ 24.688,60
Faixa 7	R\$ 5.181,00	R\$ 27.247,88	R\$ 32.428,88
Faixa 8	R\$ 7.771,50	R\$ 39.104,18	R\$ 46.875,68
Faixa 9	R\$ 10.362,00	R\$ 52.031,48	R\$ 62.393,48
Faixa 10	R\$ 12.952,50	R\$ 64.953,88	R\$ 77.906,38
Faixa 11	R\$ 15.543,00	R\$ 78.484,94	R\$ 94.027,94
Faixa 12	R\$ 20.724,00	R\$ 104.312,83	R\$ 125.036,84
Faixa 13	R\$ 25.905,00	R\$ 127.320,89	R\$ 153.225,89
Faixa 14	R\$ 31.086,01	R\$ 151.547,09	R\$ 182.633,10
Faixa 15	R\$ 41.448,01	R\$ 200.346,88	R\$ 241.794,89

Fonte: Elaborado pelo autor.

5.3. Preços e Quantidades de Recicláveis Comercializados

Os preços de papel/papelão, plástico, metal e vidro e suas respectivas quantidades compradas por empresas foram obtidos por meio da *Survey B*. Segundo o SEBRAE, a receita bruta anual das empresas define o porte de cada uma. Para o Micro Empreendedor Individual (MEI), a receita bruta anual é de até R\$ 60 mil; Para a Micro Empresa, até R\$ 360 mil; Para a Pequena Empresa, até R\$ 3,6 milhões anuais; Para Média Empresa, até R\$ 20 milhões anuais; e Grande Empresa, acima de R\$ 20 milhões anuais. Participaram do questionário 20 Empresas, das quais incluíam-se MEI, Micro, Pequenas, Médias e Grandes Empresas, como mostra a Figura 13.

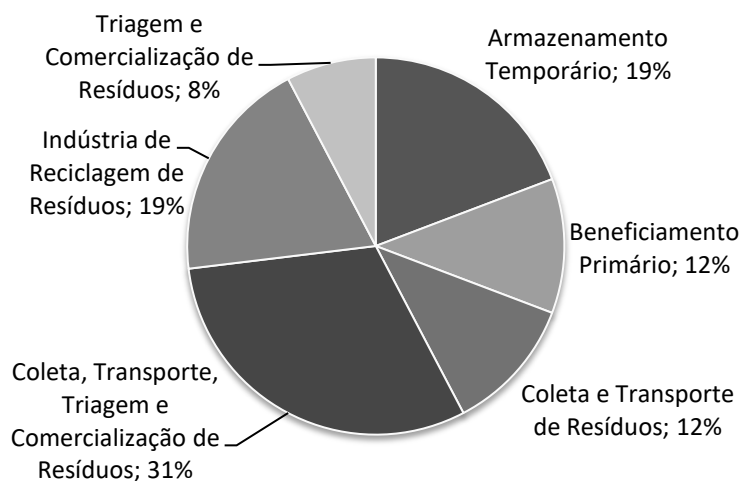
Figura 13. Porte das Empresas Receptoras.



Fonte: Elaborado pelo autor.

Destas, apenas 19% se denominaram como Empresas Recicladoras, como mostra a Figura 14. Outros 19% assumiram desempenhar papel de apenas acumular os RSRS para posteriormente revender às indústrias de transformação.

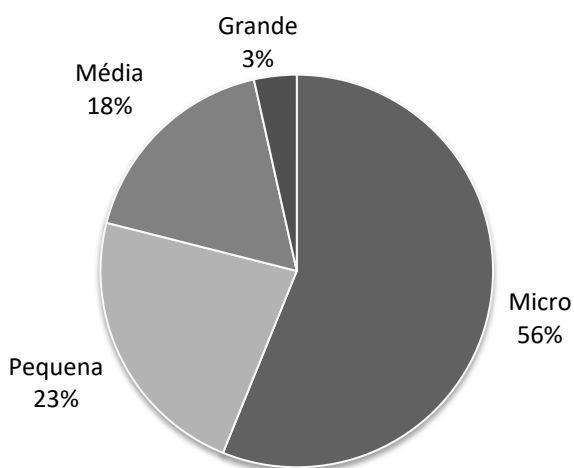
Figura 14. Atividades das Empresas - Survey B.



Fonte: Elaborado pelo autor.

A partir do levantamento feito junto à JUCCES, 57 Empresas no Espírito Santo possuíam CNAE associado à atividades com resíduos recicláveis, chamadas de Receptoras neste estudo, classificadas por porte como mostra a Figura 15.

Figura 15. Porte de Empresas Receptoras levantadas no Espírito Santo.



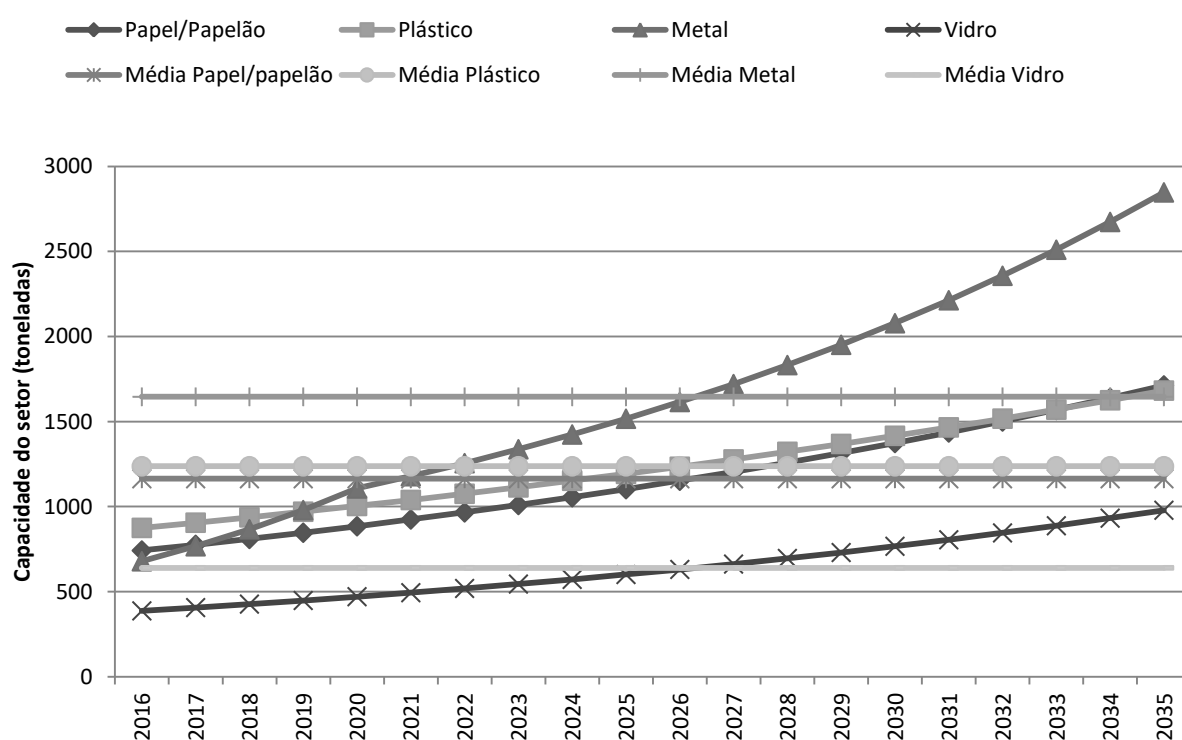
Fonte: Elaborado pelo autor.

Os preços de compra dos resíduos recicláveis por parte das empresas receptoras foram mantidos constantes ao longo do período 2016-2035, desconsiderando a influência do preço de *commodities* e suas possíveis

valorizações ou desvalorizações. Os preços variavam de acordo com o porte da empresa como mostra a Tabela 14.

No período 2016-2035, considerou-se o crescimento industrial nos setores de materiais dos RSRS: 4,5%a.a. para o setor de papel/papelão (ANAP, 2015); 3,5%a.a. para o setor de plásticos (OLIVEIRA *et al.*, 2013); 13%a.a. até 2020 e 6,5%a.a. após 2020 para o setor metalúrgico (INESFA, 2013); e 5,0%a.a. para o setor de vidros (ABIVIDRO, 2009), como mostra a Figura 16.

Figura 16. Evolução industrial estimada dos setores de materiais recicláveis e a capacidade média no período 2016-2035.



Fonte: Elaborado pelo autor.

A capacidade de processamento de cada empresa receptora foi obtida pela média aritmética das capacidade corrigidas pelas taxas de crescimento dos setores nos 20 anos, chegando aos valores da Tabela 14.

Tabela 14. Preços de RSRS por porte de empresa.

Porte da Empresa	Capacidade (t/sem)				Preço (R\$)			
	Papel/Papelão	Plástico	Metal	Vidro	Papel/Papelão	Plástico	Metal	Vidro
Micro	14,0	11,7	7,0	16,3	100,00	300,00	1.200,00	20,00
Pequena	-	46,7	23,3	35,0	-	400,00	1.500,00	30,00
Média	233,3	116,7	70,0	-	200,00	600,00	2.300,00	-
Grande	-	466,7	-	233,3	-	800,00	-	60,00

Fonte: Elaborado pelo autor.

Destacam-se que os valores praticados em bolsas de compra e venda de resíduos sólidos não foram utilizados neste trabalho devido à constatação, durante o andamento do estudo, de que várias estão desatualizadas e inativas (SANTOLIN, 2014; DUTRA, 2016).

5.4. Estimativas de Geração de Resíduos Sólidos Recicláveis

Estimar a geração de resíduos é estabelecer um ponto inicial para determinar a magnitude da infraestrutura da rede logística reversa necessária para reintroduzir no ciclo produtivo tal quantidade de materiais disponíveis. Numa relação privada ou mesmo público-privada esta estimativa seria fundamental para definir a viabilidade econômica das Centrais, mesmo que o viés econômico não seja primordial.

Dos 78 municípios capixabas, 59 declararam algum tipo de dado de geração de resíduos sólidos domiciliares (76% do total de municípios) no SNIS 2014. Além disso, os dados de geração disponíveis no SNIS representam apenas as quantidades coletadas de resíduos nos municípios, não apresentando dados sobre a real quantidade gerada.

Desta forma, para avaliar a disponibilidade potencial de resíduos sólidos recicláveis nos municípios do Espírito Santo foi necessário estimar a geração por município e por tipo: papel/papelão, plástico, metal e vidro.

Para isso, estimou-se a população municipal por zoneamento urbano e rural, a taxa de coleta de resíduos domiciliares por zona municipal, a geração per capita, a composição gravimétrica dos resíduos domiciliares e o teor de rejeitos na massa de resíduos recicláveis. A Equação 2 apresenta a função que estima a quantidade de resíduos recicláveis por município por tipologia.

$$G_{mgt} = (P_z \cdot T_z)_{mt} \cdot GPC_m \cdot CG_g \cdot (1 - r)_{mt} \cdot MDR_t \cdot \frac{365}{1000} \quad (21)$$

Onde:

G_{mgt} = geração do município m do resíduo g no ano t [t.ano⁻¹];

$(P_z \cdot T_z)_{mt}$ = população coberta por serviço de coleta domiciliar na zona z no município m no ano t [hab];

- GPC_m = geração per capita do município m [$kg.hab^{-1}.dia^{-1}$];
- CG_g = percentual do resíduo g na composição gravimétrica de resíduos gerados [%];
- $(1 - r)_{mt}$ = percentual de resíduos recicláveis aproveitáveis (após a remoção do teor de rejeitos r) [%];
- MDR_t = meta de desvio de recicláveis no ano t [%];
- m = índice referente ao município, variando de 1 a 78;
- z = índice referente ao zoneamento municipal, sendo 1 (urbano) ou 2 (rural);
- g = índice referente ao tipo de resíduo, variando de 1 a 4;
- t = índice referente ao ano de projeção populacional no período 2016-2035, variando de 1 a 25.

Foram considerados dados bibliográficos da minuta do Plano Nacional de Resíduos Sólidos, do SNIS, do IBGE e dados obtidos no *Survey A*. A descrição de cada variável utilizada na Equação 2 é apresentada a seguir.

5.4.1. Projeções Populacionais

Inicialmente foram consultados os dados de população dos Censos dos anos 2000 e 2010 do IBGE. Os municípios foram enquadrados por faixas populacionais pelo Censo 2010, conforme apresentado na Tabela 15.

Tabela 15. Enquadramento dos municípios por faixa populacional.

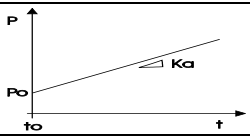
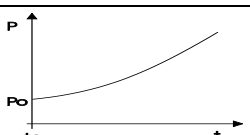
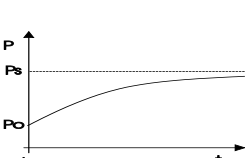
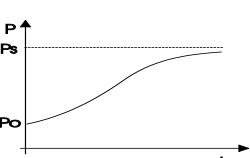
Faixa populacional	Intervalo da faixa
1	Até 30 mil habitantes
2	De 30.001 a 100.000 habitantes
3	De 100.001 a 250.000 habitantes
4	De 250.001 a 1.000.000 de habitantes
5	De 1.000.001 a 3.000.000 de habitantes
6	Acima de 3.000.001 habitantes

Fonte: SNIS (2014).

Considerou-se que a proporção da população urbana e rural em relação à população municipal total no Censo 2010 permaneceria a mesma para as projeções populacionais no período 2016-2035.

Cinco metodologias de projeção populacional foram consideradas via literatura científica. A Tabela 16 apresenta os utilizados preliminarmente nesta pesquisa.

Tabela 16. Metodologias de projeções populacionais preliminarmente selecionadas na pesquisa.

Projeção aritmética			
Crescimento populacional segundo uma taxa constante. Método utilizado para estimativas de menor prazo. O ajuste da curva pode ser também feito por análise da regressão.			
Forma da curva	Taxa de crescimento	Fórmula da projeção	Coefficientes (sem análise da regressão)
	$\frac{dP}{dt} = K_a$	$P_t = P_0 + K_a \cdot (t - t_0)$	$K_a = \frac{P_2 - P_0}{t_2 - t_0}$
Projeção geométrica			
Crescimento populacional função da população existente a cada instante. Utilizado para estimativas de menor prazo. O ajuste da curva pode ser também feito por análise da regressão.			
Forma da curva	Taxa de crescimento	Fórmula da projeção	Coefficientes (sem análise da regressão)
	$\frac{dP}{dt} = K_g \cdot P$	$P_t = P_0 \cdot e^{K_g \cdot (t - t_0)}$ ou $P_t = P_0 \cdot (1 + i)^{(t - t_0)}$	$K_g = \frac{\ln P_2 - \ln P_0}{t_2 - t_0}$ ou $i = e^{K_g} - 1$
Taxa decrescente de crescimento			
Premissa de que na medida em que a cidade cresce, a taxa de crescimento torna-se menor. A população tende assintoticamente a um valor de saturação. Os parâmetros podem ser também estimados por regressão não linear.			
Forma da curva	Taxa de crescimento	Fórmula da projeção	Coefficientes (sem análise da regressão)
	$\frac{dP}{dt} = K_d \cdot (P_s - P)$	$P_t = P_0 + (P_s - P_0) \cdot [1 - e^{-K_d \cdot (t - t_0)}]$	$P_s = \frac{2 \cdot P_0 P_1 P_2 - P_1^2 (P_0 + P_2)}{P_0 P_2 - P_1^2}$ $K_d = \frac{-\ln \left[\frac{P_s - P_2}{P_s - P_0} \right]}{t_2 - t_0}$
Crescimento logístico			
O crescimento populacional segue uma relação matemática, que estabelece uma curva em forma de S. A população tende assintoticamente a um valor de saturação. Os parâmetros podem ser também estimados por regressão não linear. Condições necessárias: $P_0 < P_1 < P_2$ e $P_0 \cdot P_2 < P_1^2$. O ponto de inflexão na curva ocorre no tempo $[t_0 - \ln(c)/K_1]$ e com $P_t = P_s/2$.			
Forma da curva	Taxa de crescimento	Fórmula da projeção	Coefficientes (sem análise da regressão)
	$\frac{dP}{dt} = K_l \cdot P \cdot \frac{(P_s - P)}{P}$	$P_t = \frac{P_s}{1 + c \cdot e^{K_l \cdot (t - t_0)}}$	$P_s = \frac{2 \cdot P_0 P_1 P_2 - P_1^2 (P_0 + P_2)}{P_0 P_2 - P_1^2}$ $c = (P_s - P_0) / P_0$ $K_l = \frac{1}{t_2 - t_1} \cdot \ln \left[\frac{P_0 (P_s - P_1)}{P_1 (P_s - P_0)} \right]$
Método AiBi			

Originalmente chamado de *Apportionment Method* este método foi aplicado pela primeira vez no Brasil por Madeira e Simões (1972). Atualmente, é o método utilizado pelo IBGE para projetar a população total dos Estados e municípios brasileiros. Seu suposto básico é que as populações dos domínios menores constituem uma função linear da população do domínio maior. A desvantagem do método é que, por não existirem limites para as participações relativas, podem aparecer populações negativas. Para evitar esta desvantagem, é possível buscar alternativas como separar as áreas com taxas de crescimento positivas e negativas. Não é recomendado utilizá-lo para projeções populacionais com horizontes muito extensos.

- dP/dt = taxa de crescimento da população em função do tempo;
- P_0, P_1, P_2 = populações nos anos t_0, t_1, t_2 (as fórmulas para taxa decrescente e crescimento logístico exigem valores equidistantes, caso não sejam baseadas na análise da regressão) (hab);
- P_t = população estimada no ano t (hab); P_s = população de saturação (hab);
- $K_a, K_g, K_d, K_l, i, c, r, s$ = coeficientes (a obtenção dos coeficientes pela análise da regressão é preferível, já que se pode utilizar toda a série de dados existentes, e não apenas P_0, P_1 e P_2).

Fonte: Adaptado de Von Sperling (2005); Brito, Cavenaghi e Januzzi (2010).

As populações municipais foram projetadas para as cinco metodologias acima e comparadas com uma projeção do IBGE publicada em 2013 para o período 2015-2030. Definiu-se o Método Aritmético como o método de projeção populacional desta pesquisa, pois das cinco metodologias foi a que apresentou o menor erro quando comparada à projeção do IBGE, variando de 3% a 5% no período de 2015-2030.

As projeções populacionais no período 2016-2035 para os 78 municípios capixabas podem ser vistas no Apêndice E.

5.4.2. Taxa de Cobertura de Coleta

Foram considerados os valores das taxas de cobertura de coleta de resíduos domiciliares em relação à população total e em relação à população urbana conforme apresentados pelos indicadores IN15 e IN16, respectivamente, no SNIS 2014. A partir deles, calculou-se a taxa de cobertura de coleta de resíduos domiciliares em relação à população rural, considerando neste caso, a população estimada pelo IBGE em 2014, como mostra a Equação 3.

$$T_{rural} = \frac{(P_{total} \cdot T_{total}) - (P_{urb} \cdot T_{urb})}{P_{rural}} \quad (22)$$

T_{rural} = taxa de cobertura de coleta de resíduos domiciliares na área rural do município;

T_{urb} = taxa de cobertura de coleta de resíduos domiciliares na área urbana do município;

T_{total} = taxa de cobertura de coleta de resíduos domiciliares no município;

P_{rural} = população estimada em 2014 pelo IBGE na área rural do município;

P_{urb} = população estimada em 2014 pelo IBGE na área urbana do município;

P_{total} = população estimada em 2014 pelo IBGE no município.

Dos 78 municípios capixabas, 59 declararam informações no SNIS 2014. Todos os municípios foram agrupados por faixa populacional e utilizou-se a média destes grupos para preencher os dados faltantes dos municípios não declarantes. Utilizou-se o Box Plot como ferramenta de análise destes dados.

A Tabela 17 apresenta os valores calculados das médias de taxas de coleta por faixa populacional.

Tabela 17. Médias de taxas de cobertura de coleta de resíduos domiciliares para os municípios não declarantes do SNIS 2014.

Faixa populacional*		Médias de taxa de cobertura de coleta de RDO		
		Em relação à população total	Em relação à população urbana	Em relação à população rural
Faixa 1	Até 30 mil habitantes	78,7%	97,3%	49,0%
Faixa 2	De 30.001 a 100.000 habitantes	92,3%	98,3%	86,6%
Faixa 3	De 100.001 a 250.000 habitantes	92,5%	97,2%	94,6%
Faixa 4	De 250.001 a 1.000.000 de habitantes	100,0%	100,0%	98,1%

*Não há municípios no Espírito Santo nas faixas 5 e 6.

Fonte: Elaborado pelo autor.

A partir disso, construiu-se um plano de metas de cobertura de coleta de resíduos domiciliares por zoneamento municipal. As áreas urbanas são as que contam com maior taxa de cobertura de coleta. Partindo do princípio de universalização da PNSB (2007) considerou-se que até 2035, todo o território de todos os municípios estarão cobertos com tal serviço. A Tabela 18 apresenta uma sugestão de evolução dos serviços de coleta para o período de 2016-2035 para que se alcance a universalização dos serviços.

Tabela 18. Plano de metas de cobertura de coleta de resíduos sólidos domiciliares nas áreas urbanas e rurais dos municípios capixabas.

Áreas Urbanas		Meta para o Período				
Faixa de cobertura de coleta	Nº Municípios em 2014	2016-2019	2020-2023	2024-2027	2028-2031	2032-2035
De 90 a 100%	75	100%	100%	100%	100%	100%
Abaixo de 90%	3	90%	100%	100%	100%	100%
Áreas Rurais		Meta para o Período				
Faixa de cobertura de coleta	Nº Municípios em 2014*	2016-2019	2020-2023	2024-2027	2028-2031	2032-2035
De 90 a 100%	22	100%	100%	100%	100%	100%
De 80 a 90%	8	90%	100%	100%	100%	100%
De 70 a 80%	5	80%	90%	100%	100%	100%
De 60 a 70%	3	70%	80%	90%	100%	100%
De 50 a 60%	1	60%	70%	80%	90%	100%
De 40 a 50%	17	55%	65%	75%	90%	100%
De 30 a 40%	2	45%	60%	75%	90%	100%
De 20 a 30%	3	30%	45%	60%	80%	100%
De 10 a 20%	4	25%	45%	65%	85%	100%
De 0 a 10%	12	20%	40%	60%	80%	100%

* O município de Vitória não possui população rural.

Fonte: Elaborado pelo autor.

5.4.3. Geração Per Capita de Resíduos Recicláveis

A Tabela 19 apresenta um comparativo de geração per capita de resíduos domiciliares de acordo com a abrangência territorial e segundo sistemas de informações público ou privado.

Tabela 19. Comparativo de geração per capita de resíduos domiciliares.

Local	Fonte	Geração per capita de resíduos domiciliares (kg.hab ⁻¹ .dia ⁻¹)					
Espírito Santo	ABRELPE (2014)	0,78					
Espírito Santo	SNIS 2014	0,91					
Municípios do Brasil por faixa populacional	SNIS 2014	0,87	0,94	0,91	1,00	1,30	1,30
Municípios do ES por faixa populacional	Esta Pesquisa	0,67	0,85	0,71	0,96	-	-

Fonte: Elaborado pelo autor.

Semelhante à metodologia de cálculo da taxa de cobertura de coleta, a taxa de geração per capita para os municípios não declarantes do SNIS 2014 também foi calculado pela média do indicador IN28 por agrupamento populacional dos que declararam, após análise do Box Plot.

Este método foi utilizado numa tentativa de vencer influências externas do território capixaba, considerando a semelhança dos municípios por faixa quanto ao nível de urbanização e população absoluta. Assumir um mesmo indicador de geração per capita para todos os municípios do Espírito Santo desconsiderando tais

peculiaridades não seria representativo, ou ainda, atribuir um indicador sintetizado pelo agrupamento populacional de municípios de todo o Brasil que é influenciado por aspectos climáticos e culturais de um território continental, também não seria representativo para este Estado.

5.4.4. Composição Gravimétrica

Consideraram-se duas composições gravimétricas como apresentado na Tabela 20, sendo a primeira apresentada pelo IPEA (2012) numa elaboração dos autores ao combinar os dados da Pesquisa Nacional de Saneamento Básico realizada pelo IBGE (2010) e 93 trabalhos realizados em municípios brasileiros entre 1995 e 2008, cujo teor de cada resíduo pode ser visto na Figura 17. A segunda composição gravimétrica foi calculada pela média dos percentuais de papel/papelão, plástico, metal e vidro recuperados pelos municípios agrupados por faixa populacional segundo o SNIS 2014 retirando os *outliers* do Box Plot. O teor de cada reciclável pode ser visto na Figura 18.

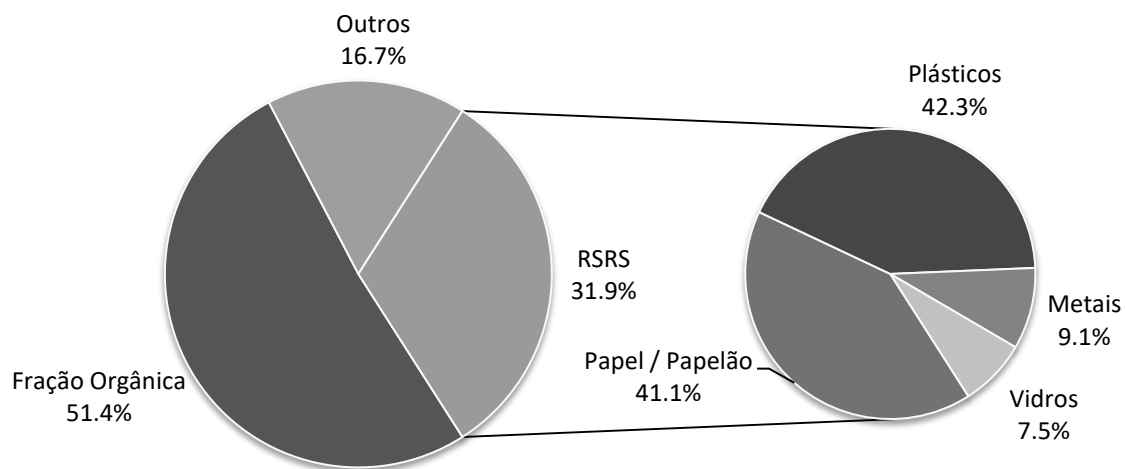
Tabela 20. Composição gravimétrica dos RSRS pela participação dos municípios no SNIS 2014.

Fonte	Número de Municípios	Resíduos Recicláveis				Outros RSRS	
		Papel/Papelão/Tetrapak	Plástico	Metal	Vidro		
IPEA (2012)	93	41,1%	42,3%	9,1%	7,5%	-	
SNIS (2014)	Faixa 1	13	58,7%	26,7%	7,5%	2,4%	4,8%
	Faixa 2	4	58,3%	18,3%	15,4%	8,0%	0%
	Faixa 3	5	76,1%	15,8%	5,0%	2,1%	0,9%
	Faixa 4	2	67,7%	19,3%	10,1%	0,5%	2,4%
	Média ES	24	65,9%	20,0%	9,3%	2,6%	2,2%

*Não há municípios no Espírito Santo nas faixas 5 e 6.

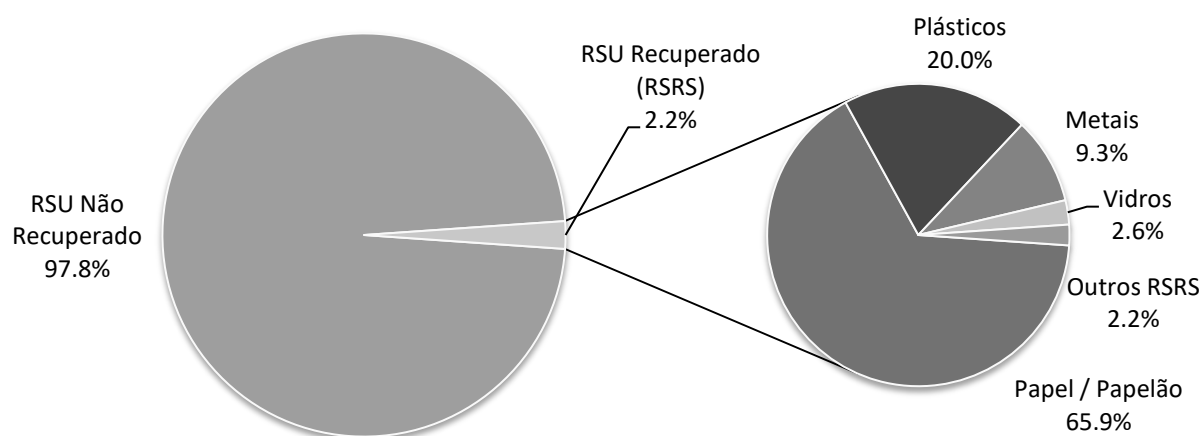
Fonte: Elaborado pelo autor.

Figura 17. Composição gravimétrica dos RSRS em relação ao total de RSU.



Fonte: IPEA (2012).

Figura 18. Composição gravimétrica dos RSRS recuperados dos RSU no Espírito Santo.



Fonte: SNIS (2016).

5.4.5. Teor de Rejeitos

Por meio da *Survey A* foi possível calcular o teor médio de 20,7% de rejeitos dos resíduos recicláveis nas organizações de catadores com a utilização da ferramenta Box Plot. Este valor foi atribuído aos municípios cujas organizações de catadores não responderam ao *Survey A* e àqueles cujos valores de rejeitos eram *outliers* do Box Plot.

Considerou-se, ainda, a classificação do teor de rejeitos da FUNASA (2013), conforme mostra a Tabela 23. A partir do teor de rejeitos por município, estabeleceu-se um plano de metas de redução gradativa implementado nos municípios/OC no período 2016-2035, de forma que seus teores sejam reduzidos até a classificação *Baixa* (<10% de rejeitos), como mostra a Tabela 21.

Tabela 21. Classificação do teor de rejeitos de resíduos recicláveis em organizações de catadores.

Teor de rejeitos	Classificação
Até 5%	Muito baixo
De 5 a 10%	Baixo
De 10 a 20%	Médio
De 20 a 30%	Alto
Acima de 30%	Muito alto

Fonte: FUNASA (2013)

Tabela 22. Metas de redução do teor de rejeitos no período 2016-2035.

Teor de rejeitos nas OC	Período				
	2016-2019	2020-2023	2024-2027	2028-2031	2032-2035
Até 15%	10%	10%	10%	10%	10%
20%	15%	10%	10%	10%	10%
30%	25%	20%	15%	10%	10%
40%	30%	25%	20%	15%	10%
Acima de 40%	35%	30%	20%	15%	10%

Fonte: Elaborado pelo autor.

5.4.6. Desvio de Recicláveis

Dos termos que compõem a Equação 21, este é o que se mostra mais preponderante no aumento ou diminuição da quantidade de resíduos recicláveis disponíveis para o mercado, quando comparado aos demais isoladamente, pois varia as porcentagens de recuperação com diferenças significativas para todo o território municipal.

A taxa de recuperação de recicláveis atual foi calculada utilizando os dados do SNIS 2014, por meio de agrupamento populacional dos municípios. Utilizou-se a média com Blox Plot para encontrar o percentual de desvios de RSRS em relação aos RSU gerados e preencher as lacunas para os municípios sem informações. A Tabela 23 apresenta a taxa média de recuperação de RSRS em 2014.

Tabela 23. Taxa média de recuperação de RSRS em relação aos RSU.

Fonte		Número de Municípios Participantes SNIS 2014	Taxa de Recuperação de RSRS
SNIS 2014	Faixa 1	20	4,2%
	Faixa 2	6	1,3%
	Faixa 3	5	0,8%
	Faixa 4	3	3,2%
	Média ES	34	2,2%

*Não há municípios no Espírito Santo nas faixas 5 e 6.

Fonte: Elaborado pelo autor.

Os Cenários A e B consideraram a geração de recicláveis em função da taxa de recuperação atual de recicláveis por município, conforme os valores indicados pelo SNIS 2014. O Cenário A considerou a composição gravimétrica pela Minuta do Plano Nacional de Resíduos Sólidos (2012) e o Cenário B a composição gravimétrica pelo SNIS 2014. Semelhantemente, os Cenários C e D utilizaram respectivamente as mesmas composições gravimétricas, porém para uma estimativa de geração para uma projeção populacional nos 20 anos. Estes cenários permitem observar a influência que diferentes composições gravimétricas têm sobre a viabilidade de uma rede de resíduos recicláveis, uma vez que a variação das parcelas componentes dos recicláveis possuem grande variabilidade em massa e preço.

Consideraram-se ainda as Metas da Minuta do Plano Nacional de Resíduos Sólidos (BRASIL, 2012) para a Região Sudeste, ajustadas para os quadriênios no período 2016-2035 deste estudo (Meta 4). Outras metas foram consideradas para que diferentes cenários pudessem ser construídos, com menor ou maior redução de recicláveis enviados para aterros, conforme mostra a Tabela 24.

Tabela 24. Metas de redução dos resíduos recicláveis secos dispostos em aterros.

Metas	Desvio de recicláveis (%)				
	2016-2019	2020-2023	2024-2027	2028-2031	2032-2035
Meta 1	10	15	20	25	30
Meta 2	15	20	25	32	40
Meta 3	15	25	32	40	50
Meta 4 (PNRS)	30	37	42	45	50
Meta 5	20	32	45	60	75

Fonte: Elaborado pelo autor.

Os diversos cenários associados às metas de redução de recicláveis dispostos em aterros variam observando dois aspectos fundamentais: a taxa de recuperação no último quadriênio (2032-2035), como também a taxa no primeiro período. Segundo o SNIS 2014, a recuperação de recicláveis no Espírito Santo tem

média de 6,8%, ainda bastante distante do proposto pela Minuta do PNRS. Desta forma, metas mais ou menos ousadas podem ser sugeridas diante do momento atual que se encontra o Espírito Santo e a qual patamar de reciclagem se deseja levá-lo.

Como dado de entrada para o modelo matemático proposto neste estudo, utilizou-se a média aritmética dos valores anuais estimados de geração de RSRS no período 2016-2035 por município, conforme Equação 21. Estes dados podem ser vistos no Apêndice F.

5.5. Matrizes de Distâncias e Custos de Transporte

Definidos os nós da rede logística reversa (Organizações de Catadores, Locais de Centrais de Transbordo e Armazenamento e Empresas Recicladoras) foram construídas duas matrizes de distâncias. A primeira delas para o primeiro nível de fluxo de materiais da rede (Das Organizações para as Centrais) e a segunda para o segundo nível de fluxo de materiais (Das Centrais para as Empresas).

Estas matrizes foram construídas utilizando um software aberto de sistema de informações geográficas *QGis*, na versão 2.2 *Valmiera*. Foram consideradas as distâncias Euclidianas entre os nós da rede, isto é, o afastamento em linha reta entre os pontos a partir de suas coordenadas projetadas.

Em seguida, as distâncias Euclidianas foram corrigidas para obter a distância real aproximada utilizando o fator de correlação $\alpha = 1,35$, conforme os resultados de Novaes (2008) e Gonçalves *et al.* (2014), por meio da Equação 4 proposta por Gonçalves *et al.* (2014):

$$Dr = \alpha.De \quad (23)$$

Onde:

Dr = Distância real (km)

De = Distância Euclidiana (km)

α = fator de correlação entre as distâncias (adimensional)

Considerou-se que o transporte no Nível 2 (das Centrais para as Empresas) será realizado pelas próprias empresas compradoras dos resíduos recicláveis, ou seja, os custos de transporte neste nível seriam nulos para a rede logística de organizações de catadores.

Entretanto, os custos de transporte no Nível 1 (das Organizações de Catadores para as Centrais) ficariam por conta da própria rede, levando em consideração a faixa de distância entre os nós de origem e destino, conforme calculado nas matrizes de distâncias, e por massa de recicláveis transportada segundo o tipo de caminhão utilizado com retorno vazio, conforme apresentado pela Tabela 25.

As diferentes capacidades dos caminhões foram consideradas na intenção de atender três segmentos de caminhões: um semipesado (toco de 10,0 toneladas), um pesado (truck de 16,0 toneladas) e um extrapesado (bitruck de 21,0 toneladas). Desta forma, buscou-se entender melhor qual o comportamento do modelo e os ganhos obtidos por meio da variação do tamanho da frota. Não foram considerados veículos compactadores, pois estes podem promover a contaminação ou umidificação de materiais passíveis de serem reciclados, podendo inviabilizar sua recuperação (FERRI *et al.*, 2015a).

Tabela 25. Custo de transporte de carga com retorno vazio por faixa de quilometragem.

Distância (km)		Tipo de Caminhão		
		Semipesado (PBT 16 ton) Capacidade = 10 ton	Pesado (PBT 23 ton) Capacidade = 16 ton	Extrapesado (PBT 32 ton) Capacidade = 21 ton
0 -	50	R\$ 390,14	R\$ 496,00	R\$ 885,42
51 -	100	R\$ 570,30	R\$ 727,56	R\$ 1.166,10
101 -	150	R\$ 750,44	R\$ 959,12	R\$ 1.446,78
151 -	200	R\$ 930,60	R\$ 1.190,68	R\$ 1.727,46
201 -	250	R\$ 1.110,74	R\$ 1.422,26	R\$ 2.008,14
251 -	300	R\$ 1.290,90	R\$ 1.653,82	R\$ 2.288,82
301 -	350	R\$ 1.471,06	R\$ 1.885,38	R\$ 2.569,50
351 -	400	R\$ 1.651,20	R\$ 2.116,94	R\$ 2.850,18
401 -	450	R\$ 1.831,36	R\$ 2.348,50	R\$ 3.130,86
451 -	500	R\$ 2.011,50	R\$ 2.580,06	R\$ 3.411,56

Fonte: RLV (2016).

A Tabela 27 foi ajustada pela inflação de 14,27% no período de Janeiro/2015 (data original da tabela) à Abril de 2016. Considerou-se ainda valores de impostos como PIS, COFINS e ICMS. Desconsiderou-se taxas de generalidades ou serviços adicionais como pedágio ou cubagem.

6. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Este capítulo dedica-se à apresentação dos resultados obtidos pela execução de cada um dos cenários propostos no Capítulo 4 - Métodos de Pesquisa - no solver CPLEX, além de análises e discussões sobre os grupos de cenários.

O modelo matemático proposto foi implementado e testado com o solver CPLEX 12.6 em um computador equipado com um processador Intel i7 com 8GB de memória RAM. Foi estabelecido um tempo limite de execução do CPLEX de 3,0 horas (10.800 segundos). Para cada cenário analisado, determinados parâmetros foram modificados, conforme apresentado na Seção 4.5, a fim de possibilitar a análise de sensibilidade dos resultados em função das alterações.

Resumidamente, os cenários agrupados e as respectivas análises a serem feitas são revisitados pela Tabela 26.

Tabela 26. Resumo dos grupos de cenários e respectivas análises.

Grupo	Análise	Cenário	População	Coleta	Composição Gravimétrica	Desvio RSRS	Carga Caminhão
I	Efeito das estimativas de composição gravimétrica na geração de RSRS	A	Atual	Atual (SNIS 2014)	Minuta do PNRS	SNIS 2014	16 t
		B				SNIS 2014	
		C	Projeção 2016-2035	Metas de universalização urbana e rural (PNSB)	Minuta do PNRS	Meta 3	
		D				SNIS 2014	
II	Efeito das metas de recuperação de RSRS no resultado financeiro da rede de catadores proposta	E	Projeção 2016-2035	Metas de universalização urbana e rural (PNSB)	Minuta do PNRS	Meta 1	16 t
		F				Meta 2	
		C				Meta 3	
		G				Meta 4	
		H				Meta 5	
III	Influência da capacidade de carga dos caminhões de 10 t, 16 t ou 20 t	I	Projeção 2016-2035	Metas de universalização urbana e rural (PNSB)	Minuta do PNRS	Meta 3	10 t
		C					16 t
		J					21 t

Fonte: Elaborado pelo autor.

6.1. Resultados dos Cenários

As seções a seguir descrevem os resultados obtidos pelo modelo matemático em cada um dos dez cenários.

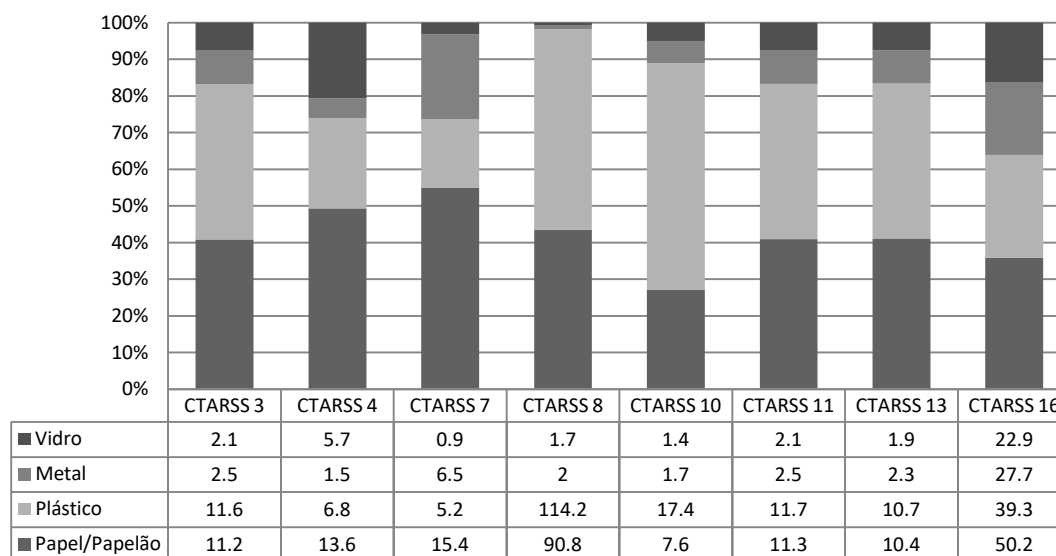
6.1.1. CENÁRIO A

O Cenário A retrata a situação atual de desvio de resíduos recicláveis no Espírito Santo, com base nos dados secundários obtidos pelo Sistema Nacional de Informações Sobre Saneamento do ano base 2014, dados mais recentes, de taxa de coleta de resíduos em áreas urbanas e rurais e percentual de resíduos recicláveis recuperados. Já a composição gravimétrica considerada foi a da Minuta do Plano Nacional de Resíduos Sólidos. Este Cenário totalizou uma estimativa estadual de 512,5 toneladas semanais de RSRS, das quais 210,5 toneladas eram de papel/papelão (41,1%), 216,9 toneladas de plásticos (42,3), 46,6 toneladas de metais (9,1%) e 38,6 (7,5%) toneladas de vidros.

Após o processamento do Cenário, foram abertas oito Centrais: CTARRS 3, 4, 7, 8, 10, 11, 13 e 16. A Capacidade foi de 28 t/semana para as CTARRS 3, 4, 7, 10, 11 e 13; 210 t/semana para a CTARRS 8; e 140 t/semana para a CTARRS 16, totalizando uma capacidade de armazenamento de 518 t/semana, mantendo um nível de ocupação de 98,94% em relação à estimativa de geração de 512,5 t/semana.

A Figura 19 apresenta a proporção dos quatro tipos de resíduos por Central aberta no Cenário A.

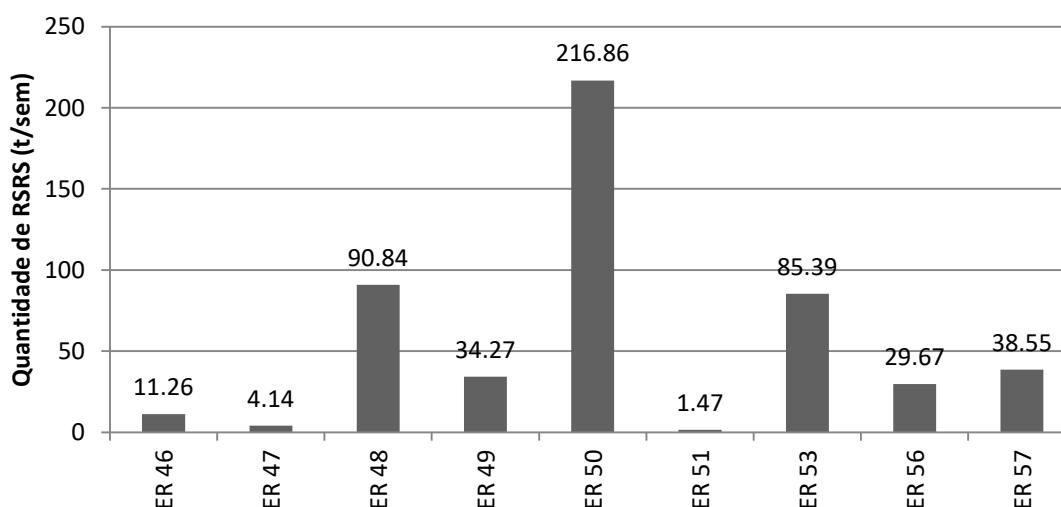
Figura 19. Proporção de RSRS por Central - Cenário A.



Fonte: Elaborado pelo autor.

Foram selecionadas nove Empresas Recicladoras para a venda de RSRS: ER 46, 47, 48, 49, 50, 51, 53, 56 e 57, todas de médio ou grande porte, representando apenas 15,8% do total de empresas. Destacam-se as ER 48 e 53 que comercializam papel/papelão movimentando 90,8 t/semana e 85,4 t/semana, respectivamente, e a ER 50 que comercializa 216,9 t/semana de plásticos, como mostrado na Figura 20. Enquanto a ER 48 obtém RSRS apenas da Central 8, as outras duas adquirem RSRS de inúmeras Centrais: ER 50 adquire de todas e a ER53 adquire das CTARRS 3, 4, 13 e 16.

Figura 20. Quantidade de RSRS por Empresa - Cenário A.



Fonte: Elaborado pelo autor.

Quanto ao número de viagens realizadas por caminhões, foram contabilizadas 98 viagens, das quais Cariacica correspondeu sozinho a 10,2% (10 viagens) e Vila Velha com 5,1% (5 viagens). Se tomarmos 98 viagens realizadas por caminhões com capacidade máxima de 16 t, temos um valor máximo de transporte de 1.568 t. A carga gerada e transportada foi de 512,5 t, apenas 32,7% da capacidade potencial de transporte.

Os custos de transporte totalizaram R\$ 59.954,44. Já os custos de instalação e operação foram, respectivamente, R\$ 19.169,70 e R\$ 101.586,24, totalizando R\$ 180.710,39. O Cenário H apresentou uma Receita de R\$ 331.886,52 e um Resultado Financeiro positivo com superávit de R\$151.176,14.

6.1.2. CENÁRIO B

O Cenário B retrata a situação atual de desvio de resíduos recicláveis no Espírito Santo, com base nos mesmos dados secundários SNIS 2014 do Cenário A, inclusive a composição gravimétrica informada pelos municípios. Este Cenário totalizou uma estimativa estadual de 498,6 toneladas semanais de RSRS, das quais 331,1 toneladas eram de papel/papelão (67,8%), 99,3 toneladas de plásticos (19,9%), 50,0 toneladas de metais (10,0%) e 11,2 toneladas de vidros (2,3%).

Pode-se observar que em relação ao Cenário A, este cenário possui uma estimativa atual de geração de resíduos apenas 2,2% menor, já que no preenchimento do SNIS os municípios podem recuperar outros resíduos que não papel/papelão, plástico, metal e vidro. Entretanto a diferença entre as parcelas é considerável: o Cenário B estimou uma geração maior de papel/papelão em 60,6% e de metais em 7,4%, e estimou uma geração menor de plásticos em 54,2% e de vidros em 70,9%.

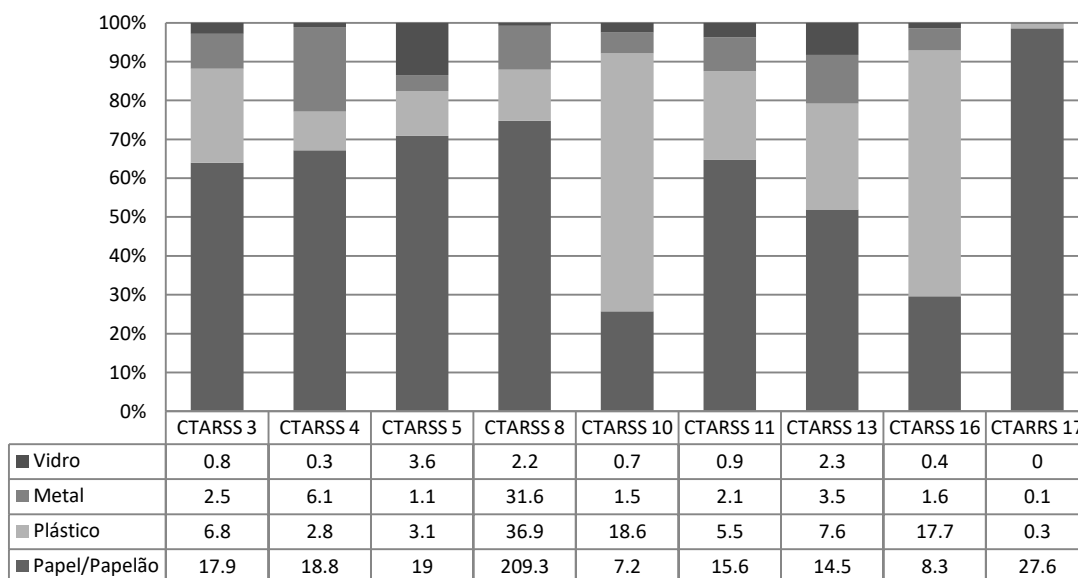
Após o processamento do Cenário B, foram abertas nove Centrais: CTARRS 3, 4, 5, 8, 10, 11, 13, 16 e 17. A Capacidade foi de 28 t/semana para todas, exceto a CTARRS 8 que ficou com 280 t/semana, totalizando uma capacidade de armazenamento de 504 t/semana, mantendo um nível de ocupação de 98,95% em relação à estimativa de geração de 498,6 t/semana.

Pela Figura 58, pode-se observar mais uma vez a formação regional de municípios que encaminham seus RSRS às CTARRS mais próximas, tal qual nos Cenários anteriores. Vê-se que foi preferível abrir várias pequenas Centrais atendendo regionalmente, como uma forma de reduzir os custos de transporte, com apenas uma CTARRS de maior porte (CTARRS 8), justamente a que recebe cargas dos maiores geradores: 92,6% dos RSRS de Cariacica, 48,7% de Linhares, 43% de Vila Velha e 100% de Vitória.

O município de Laranja da Terra preencheu dados no SNIS 2014, mas foi o único que não apresentou dados de recuperação de papel/papelão, plástico, metal e vidro.

A Figura 21 apresenta a proporção dos quatro tipos de resíduos por Central aberta no Cenário B. A proporção de papel/papelão significativamente maior comparada ao Cenário A, fez com que o armazenamento deste resíduo predominasse nas Centrais, chegando a corresponder a 98,6% na CTARRS 17 e 74,8% na CTARRS 8.

Figura 21. Proporção de RSRS por Central - Cenário B.

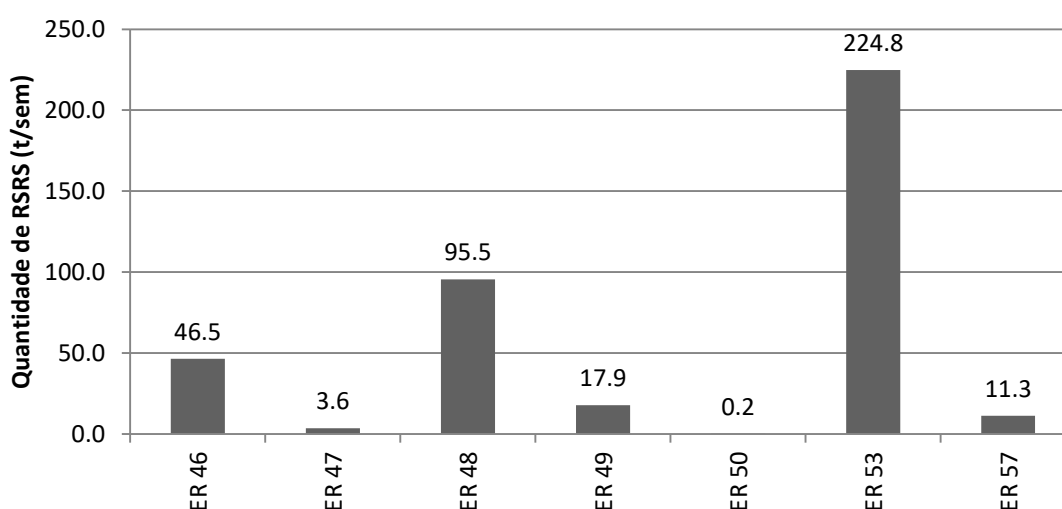


Fonte: Elaborado pelo autor.

As Empresas selecionadas para a venda de RSRS foram as ER 46, 47, 48, 49, 50, 53 e 57, duas a menos que no Cenário A, todas de médio ou grande porte, justamente as que pagam melhor para cada tipo de resíduo.

Destacam-se as ER 48 e 53 que comercializam papel/papelão movimentando 19,1% (95,5 t/semana) e 45,1% (224,8 t/semana) do total de RSRS gerados, respectivamente, e a ER 50 que comercializa 19,1% (99,3 t/semana de plásticos) do total de RSRS gerados, como mostrado na Figura 22. Enquanto a ER 50 obtém RSRS de todas as Centrais abertas, as ER 48 e 53 obtém das CTARRS 4,5,11,13 e 17, e CTARRS 8,10 e 16, respectivamente.

Figura 22. Quantidade de RSRS por Empresa - Cenário B.



Fonte: Elaborado pelo autor.

Quanto ao número de viagens realizadas por caminhões, foram contabilizadas 96 viagens, das quais Cariacica correspondeu sozinho a 13,5% (13 viagens) e Vila Velha com 5,2% (5 viagens). O valor máximo de transporte para 96 caminhões é de 1.536 t. A carga gerada e transportada foi de 498,7 t, apenas 32,5% da capacidade potencial de transporte.

Os custos de transporte totalizaram R\$ 58.730,88. Já os custos de instalação e operação foram, respectivamente, R\$ 18.651,60 e R\$ 99.010,38, totalizando R\$ 176.392,87. O Cenário B apresentou uma Receita de R\$ 269.938,73 e um Resultado Financeiro positivo com superávit de R\$ 93.545,86.

6.1.3. CENÁRIO C

O Cenário C (Meta de desvio: 15% - 50%) foi considerado o Cenário Referência para comparação de outros cenários dentro dos Grupos formado

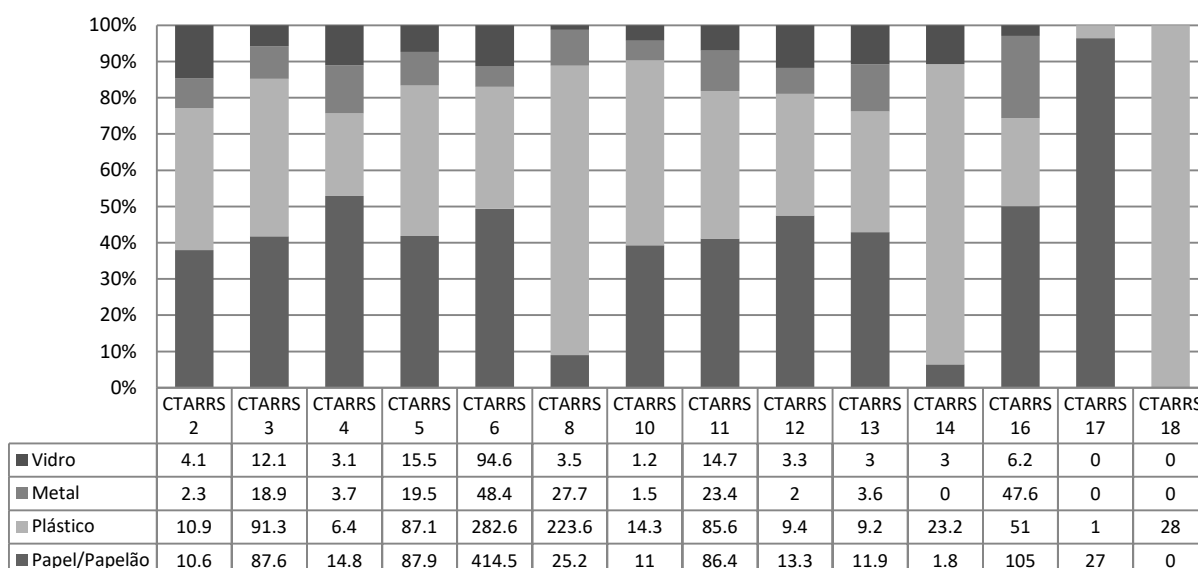
objetivando uma análise específica, uma vez que sua meta final de desvios de RSRS é igual à da Minuta do PNRS, porém se dá de forma mais gradativa ao longo de 20 anos. Este Cenário totalizou uma estimativa estadual de 2.183,4 toneladas semanais de RSRS, das quais 897,0 toneladas eram de papel/papelão, 923,5 toneladas de plásticos, 198,6 toneladas de metais e 164,3 toneladas de vidros.

Após o processamento deste Cenário, foram abertas catorze Centrais: CTARRS 2, 3, 4, 5, 6, 8, 10, 11, 12, 13, 14, 16, 17 e 18. As CTARRS 2, 4, 10, 12, 13, 14, 17 e 18 possuíam a capacidade de armazenamento de 28 t/semana. As CTARRS 3, 5, 11 e 16 tinham 210 t/semana de capacidade. Finalmente, as maiores Centrais foram as CTARRS 6 e 8 com 840 e 280 t/semana, respectivamente. A soma da capacidade de todas elas foi igual a 2.184 t/semana, mantendo um nível de ocupação de 99,97% em relação à estimativa de geração de 2.183,4 t/semana.

Das 18 Áreas Candidatas, 77,8% receberam Centrais. Das abertas, 57,1% tinham capacidade de 28 t/semana.

A Figura 23 apresenta a proporção dos quatro tipos de resíduos por Central aberta no Cenário C. Destacam-se as CTARRS 17 e 18 com grande predominância de papel/papelão e plásticos, respectivamente.

Figura 23. Proporção de RSRS por Central - Cenário C.

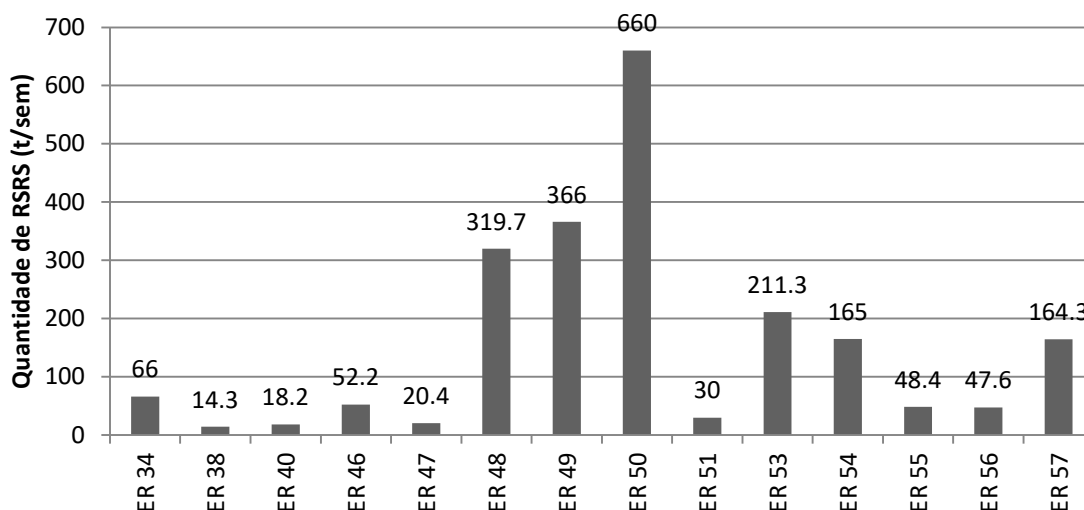


Fonte: Elaborado pelo autor.

Foram selecionadas catorze Empresas Recicladoras para a venda de RSRS: ER 34, 38, 40, 46, 47, 48, 49, 50, 51, 53, 54, 55, 56 e 57, representando apenas

24,6% do total de empresas. A quantidade de RSRS enviados para cada ER pode ser visto na Figura 24.

Figura 24. Quantidade de RSRS por Empresa - Cenário C.



Fonte: Elaborado pelo autor.

Quanto ao número de viagens realizadas por caminhões, foram contabilizadas 181 viagens, das quais Cariacica e Vila Velha corresponderam a 11,0% (20 viagens cada) e, Serra e Vitória com 9,4% (17 viagens cada). As 181 viagens realizadas por caminhões com capacidade máxima de 16 t resulta num valor máximo de transporte de 2.896 t. A carga gerada e transportada foi de 2.183,4 t correspondendo a 75,4% da capacidade máxima de transporte. Na Região Metropolitana, foram realizadas 82 viagens com caminhões de 16 t para transportar 1.251,4 t, o que corresponde a uma ocupação de 95,4% da capacidade máxima de transporte.

Os custos de transporte totalizaram R\$124.973,12. Já os custos de instalação e operação foram, respectivamente, R\$ 80.823,61 e R\$ 406.974,20, totalizando R\$612.770,93. O Cenário C apresentou uma Receita de R\$ 1.343.776,47 e um Resultado Financeiro positivo com superávit de R\$ 731.005,53.

6.1.4. CENÁRIO D

O Cenário D assemelha-se ao Cenário C, cuja meta final de desvios de RSRS é gradativa e igual à da Minuta do PNRS, entretanto a composição gravimétrica utilizada é a informada pelo SNIS 2014, a fim de comparar quão significativo seria a

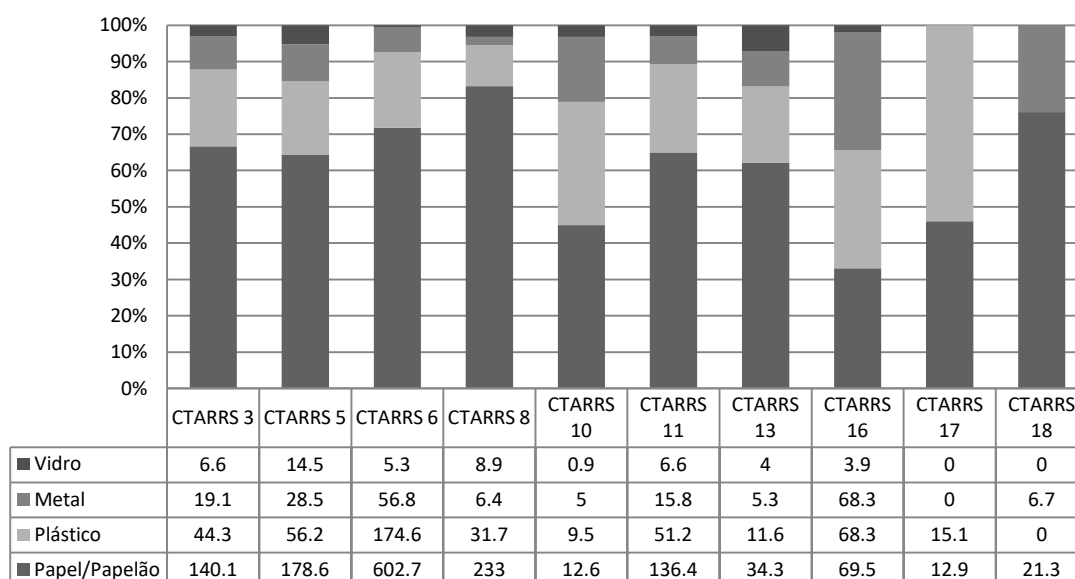
diferença no montante de RSRS gerados e o impacto na Rede de OC com a adoção de estimativas de composição gravimétrica diferenciadas. Este Cenário totalizou uma estimativa estadual de 2.166,4 toneladas semanais de RSRS, das quais 1.441,3 toneladas eram de papel/papelão (66,5%), 462,3 toneladas de plásticos (21,3%), 211,9 toneladas de metais (9,8%) e 50,8 toneladas de vidros (2,3%).

Para este Cenário foram abertas dez Centrais: CTARRS 3, 5, 6, 8, 10, 11, 13, 16, 17 e 18. Somente as CTARRS 10, 17 e 18 possuíam a capacidade de armazenamento de 28 t/semana, enquanto que a CTARRS 13 possuía 56 t/semana. As CTARRS 3, 11 e 16 tinham 210 t/semana de capacidade. As CTARRS 5 e 8 possuíam 280 t/semana e, finalmente, a CTARRS 6 com 840 t/semana de capacidade. A soma da capacidade de todas elas foi igual a 2.170 t/semana, mantendo um nível de ocupação de 99,80%.

Das 18 Áreas Candidatas, 55,5% receberam Centrais. Das abertas, 30% tinham capacidade de 28 t/semana.

A Figura 25 apresenta a proporção dos quatro tipos de resíduos por Central aberta no Cenário D. Pode-se observar o efeito da composição gravimétrica de maior proporção de papel/papelão e metais sobre o Cenário D.

Figura 25. Proporção de RSRS por Central - Cenário D.

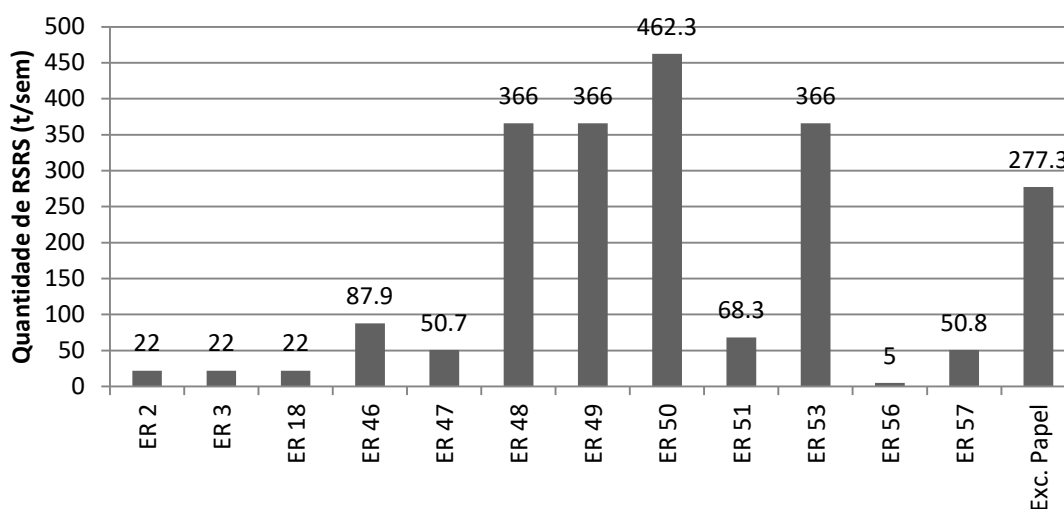


Fonte: Elaborado pelo autor.

Foram selecionadas doze Empresas Recicladoras para a venda de RSRS: ER 2, 3, 18, 46, 47, 48, 49, 50, 51, 53, 56 e 57, representando apenas 21,1% do total de empresas.

A quantidade de RSRS enviados para cada ER pode ser visto na Figura 26.

Figura 26. Quantidade de RSRS por Empresa - Cenário D.



Fonte: Elaborado pelo autor.

Quanto ao número de viagens realizadas por caminhões, foram contabilizadas 179 viagens, duas a menos que no Cenário C, das quais Cariacica, Vila Velha, Serra e Vitória corresponderam a 11,2%, 11,2%, 8,9% e 9,5% (20, 20, 16 e 17 viagens cada), respectivamente. A carga gerada e transportada foi de 2.166,4 t correspondendo a 75,6% da capacidade máxima de transporte. Na Região Metropolitana, foram realizadas 81 viagens de caminhões de 16 t para transportar 1.243,8 t, o que corresponde a uma ocupação de 96,0% da capacidade máxima de transporte, bem próximo do Cenário C.

Os custos de transporte totalizaram R\$ 125.602,04. Os custos de instalação e operação foram, respectivamente, R\$ 80.305,51 e R\$ 402.204,00. Neste Cenário D, o Resultado Financeiro foi de R\$ 509.938,71, com Receita de R\$ 1.118.050,26.

6.1.5. CENÁRIO E

O Cenário E (Meta de desvio: 10% - 30%) retrata uma situação inicial de desenvolvimento da Rede de Catadores no Espírito Santo. Este Cenário totalizou

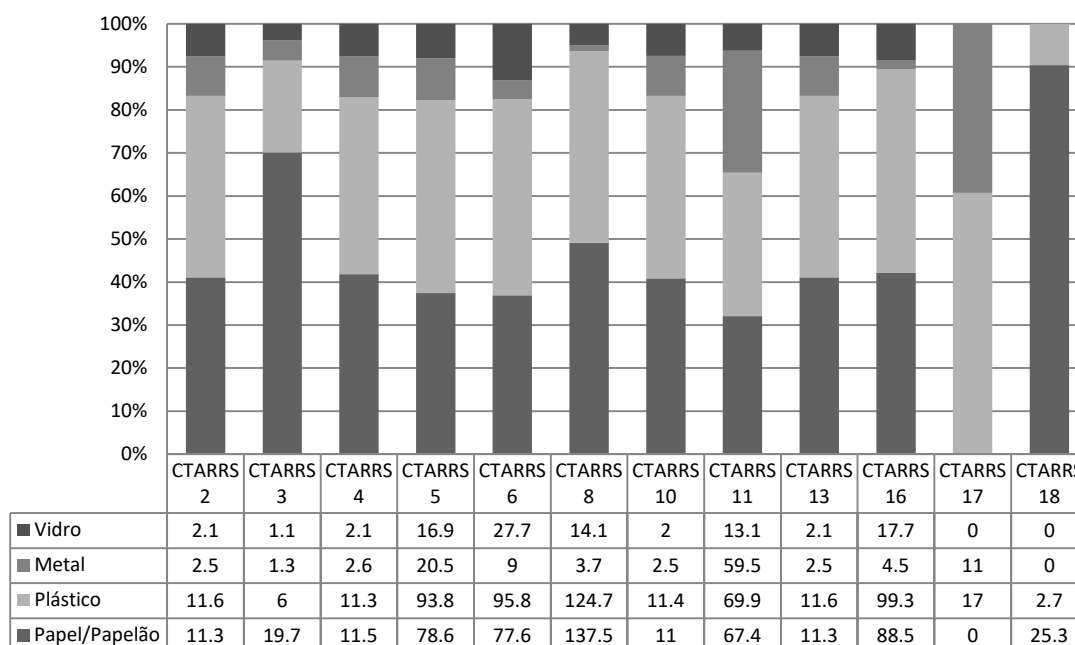
uma estimativa estadual de 1.313,4 toneladas semanais de RSRS, das quais 539,6 toneladas eram de papel/papelão, 555,5 toneladas de plásticos, 119,4 toneladas de metais e 98,8 toneladas de vidros.

Após o processamento deste Cenário, foram abertas doze Centrais: CTARRS 2, 3, 4, 5, 6, 8, 10, 11, 13, 16, 17 e 18. As CTARRS 2, 3, 4, 10, 13, 17 e 18 possuíam a capacidade de armazenamento de 28 t/semana. As CTARRS 5, 6, 11 e 16 tinham 210 t/semana de capacidade. Finalmente, a maior Central foi a CTARRS 8 com 280 t/semana. A soma da capacidade de todas elas foi igual a 1.316 t/semana, mantendo um nível de ocupação de 98,94% em relação à estimativa de geração de 1.313,4 t/semana.

Das 18 Áreas Candidatas, 2/3 receberam Centrais. Destas, 66,7% tinham capacidade de 28 t/semana, segunda menor faixa de armazenamento.

A Figura 27 apresenta a proporção dos quatro tipos de resíduos por Central aberta no Cenário E.

Figura 27. Proporção de RSRS por Central - Cenário E.

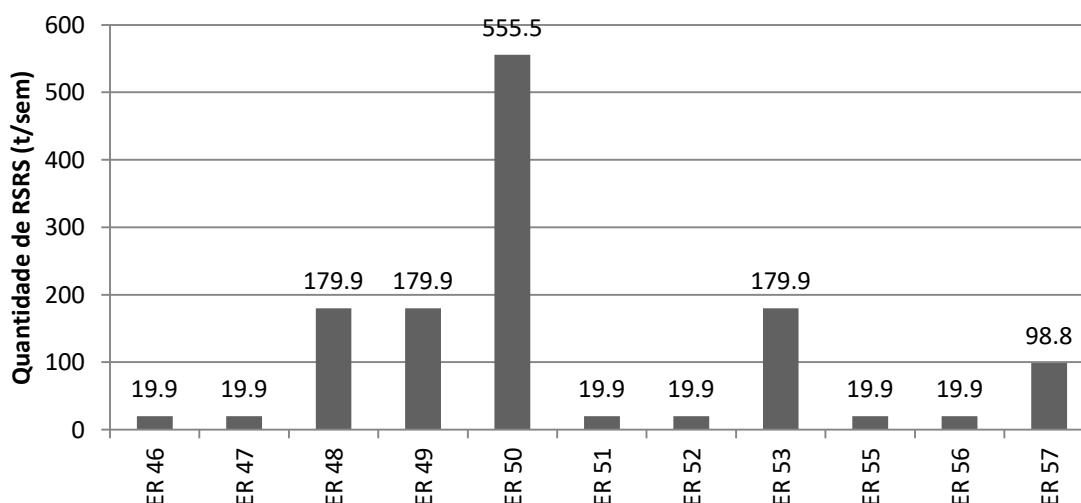


Fonte: Elaborado pelo autor.

Neste cenário foram selecionadas onze Empresas Recicladoras para a venda de RSRS: ER 46, 47, 48, 49, 50, 51, 52, 53, 55, 56 e 57, todas de médio ou grande porte, representando apenas 19,3% do total de empresas. Observa-se que se existem duas ou mais empresas que comercializam o mesmo tipo de RSRS e

pagam o mesmo preço, a quantidade de RSRS é dividida igualmente, limitada pela capacidade de recebimento das Empresas. Este é o caso das ER 46, 47, 51, 52, 55 e 56, que comercializam metal, e das ER 48, 49 e 53, que comercializam papel/papelão. A quantidade de RSRS enviada para cada empresa é vista na Figura 28.

Figura 28. Quantidade de RSRS por Empresa - Cenário E.



Fonte: Elaborado pelo autor.

Quanto ao número de viagens realizadas por caminhões, foram contabilizadas 133 viagens, das quais Cariacica e Vila Velha corresponderam a 18,0% (12 viagens cada) e Serra e Vitória com 15,0% (10 viagens cada). Se tomarmos as 133 viagens realizadas por caminhões com capacidade máxima de 16 t, temos um valor máximo de transporte de 2.128 t. A carga gerada e transportada foi de 1.313,4 t correspondendo a 61,7% da capacidade máxima de transporte. Na Região Metropolitana, foram realizadas 50 viagens com caminhões de 16 t para transportar 753,6 t, o que corresponde a uma ocupação de 94,1% da capacidade máxima de transporte.

Os custos de transporte totalizaram R\$ 85.882,16. Já os custos de instalação e operação foram, respectivamente, R\$ 48.701,41 e R\$ 249.554,75, totalizando R\$ 348.138,31. O Cenário E apresentou ainda uma Receita de R\$ 850.916,89 e um Resultado Financeiro positivo com superávit de R\$ 466.778,58.

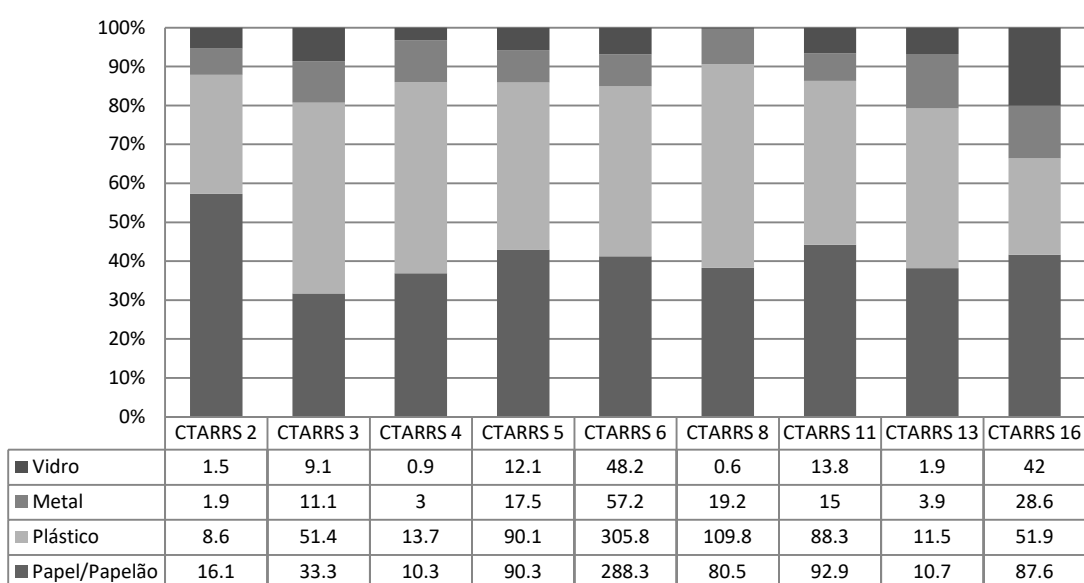
6.1.6. CENÁRIO F

O Cenário F (Meta de desvio: 15% - 40%) apresenta um quadro de evolução em relação à meta final de desvio de recicláveis para os próximos 20 anos, disponibilizando uma quantidade ainda maior de RSRS para o mercado de reciclagem via OC. Este Cenário totalizou uma estimativa estadual de 1.728,5 toneladas semanais de RSRS, das quais 710,1 toneladas eram de papel/papelão, 731,1 toneladas de plásticos, 157,2 toneladas de metais e 130,1 toneladas de vidros.

Após o processamento deste Cenário, foram abertas nove Centrais: CTARRS 2, 3, 4, 5, 6, 8, 11, 13 e 16. As CTARRS 2, 4 e 13 possuíam a capacidade de armazenamento de 28 t/semana. As CTARRS 3, 5, 8, 11 e 16 tinham 210 t/semana de capacidade. Finalmente, a maior Central foi a CTARRS 6 com 700 t/semana de capacidade. A soma da capacidade de todas elas foi igual a 1.729 t/semana, mantendo um nível de ocupação de 99,97% em relação à estimativa de geração de 1.728,5 t/semana.

Das 18 Áreas Candidatas, metade recebeu Central. Das abertas, 1/3 tinham capacidade de 28 t/semana. A Figura 29 apresenta a proporção dos quatro tipos de resíduos por Central aberta no Cenário F.

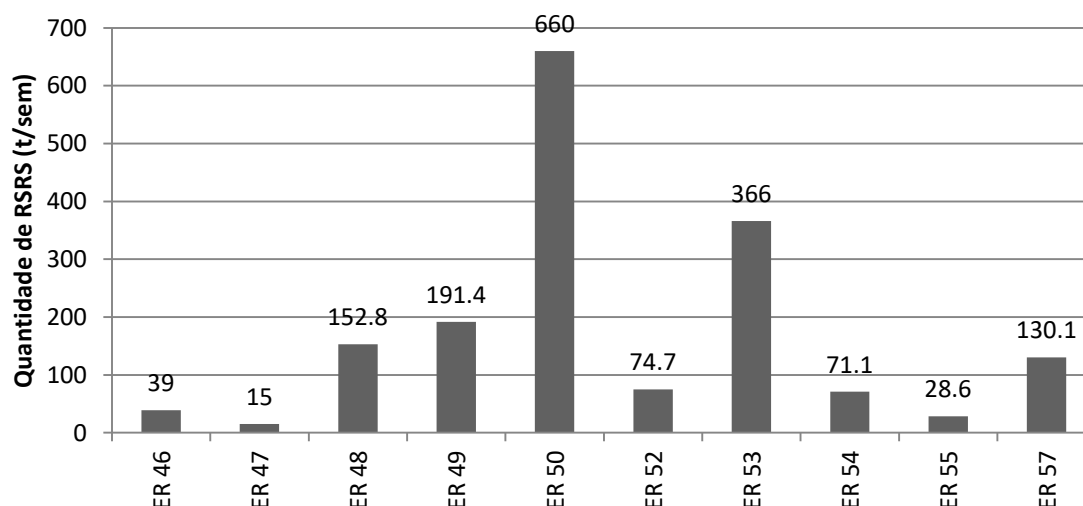
Figura 29. Proporção de RSRS por Central - Cenário F.



Fonte: Elaborado pelo autor.

Foram selecionadas dez Empresas Recicladoras para a venda de RSRS: ER 46, 47, 48, 49, 50, 52, 53, 54, 55 e 57, todas de médio ou grande porte, justamente as que pagam melhor para cada tipo de resíduo, representando apenas 17,5% do total de empresas. A quantidade de RSRS enviados para cada ER pode ser visto na Figura 30.

Figura 30. Quantidade de RSRS por Empresa - Cenário F.



Fonte: Elaborado pelo autor.

Quanto ao número de viagens realizadas por caminhões, foram contabilizadas 156 viagens, das quais Cariacica e Vila Velha corresponderam a 10,3% (16 viagens cada) e Serra e Vitória com 9,0% e 8,3%, respectivamente (14 e 13 viagens cada). As 156 viagens realizadas por caminhões com capacidade máxima de 16 t resulta num valor máximo de transporte de 2.496 t. A carga gerada e transportada foi de 1.728,5 t correspondendo a 69,3% da capacidade máxima de transporte. Na Região Metropolitana, foram realizadas 65 viagens com caminhões de 16 t para transportar 990,6 t, o que corresponde a uma ocupação de 95,3% da capacidade máxima de transporte.

Os custos de transporte totalizaram R\$109.562,84. Já os custos de instalação e operação foram, respectivamente, R\$63.985,36 e R\$322.157,55, totalizando R\$495.705,76. O Cenário F apresentou uma Receita de R\$1.108.598,53 e um Resultado Financeiro positivo com superávit de R\$ 612.892,77.

6.1.7. CENÁRIO G

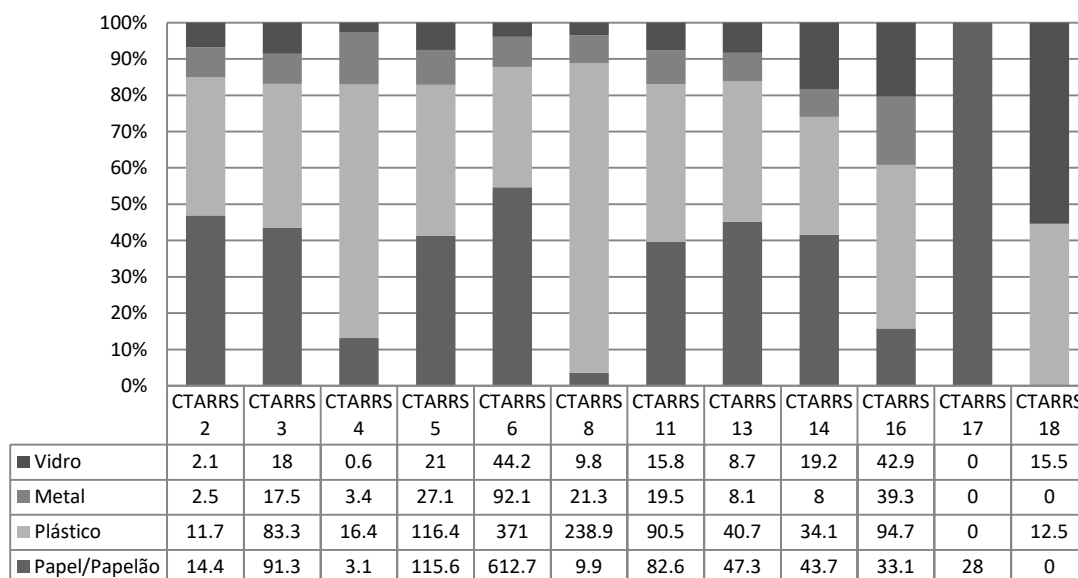
O Cenário G (Meta de desvio: 30% - 50%) se destaca neste estudo por se tratar de um quadro no qual a evolução da disponibilidade de RSRS obedece à taxa de desvio de recicláveis proposta pela Minuta do PNRS para os próximos 20 anos. Difere-se do Cenário C por ter uma taxa mais elevada no curto prazo, embora ambas tenham a mesma meta final. Este Cenário estimou uma oferta estadual de 2.625,2 toneladas semanais de RSRS, das quais 1.078,6 toneladas eram de papel/papelão, 1.110,2 toneladas de plásticos, 238,8 toneladas de metais e 197,7 toneladas de vidros.

Após o processamento deste Cenário, foram abertas doze Centrais: CTARRS 2, 3, 4, 5, 6, 8, 11, 13, 14, 16, 17 e 18. As CTARRS 2, 4, 17 e 18 possuíam a capacidade de armazenamento de 28 t/semana. As CTARRS 13 e 14 tinham 105 t/semana de capacidade. As CTARRS 3, 11 e 16 possuíam 210 t/semana. As CTARRS 5 e 8 tinham 280 t/semana de capacidade e, finalmente, a maior Central foi a CTARRS 6 com 1.120 t/semana de capacidade. A soma da capacidade de todas elas foi igual a 2.632 t/semana, mantendo um nível de ocupação de 99,74% em relação à estimativa de geração de 2.625,2 t/semana.

Das 18 Áreas Candidatas, 2/3 receberam Centrais. Das abertas, 1/3 tinham capacidade de 28 t/semana.

A Figura 31 apresenta a proporção dos quatro tipos de resíduos por Central aberta no Cenário G. Destacam-se as CTARRS 4, 8 e 17 com grande predominância de plástico, nos dois primeiros, e papel/papelão, no terceiro.

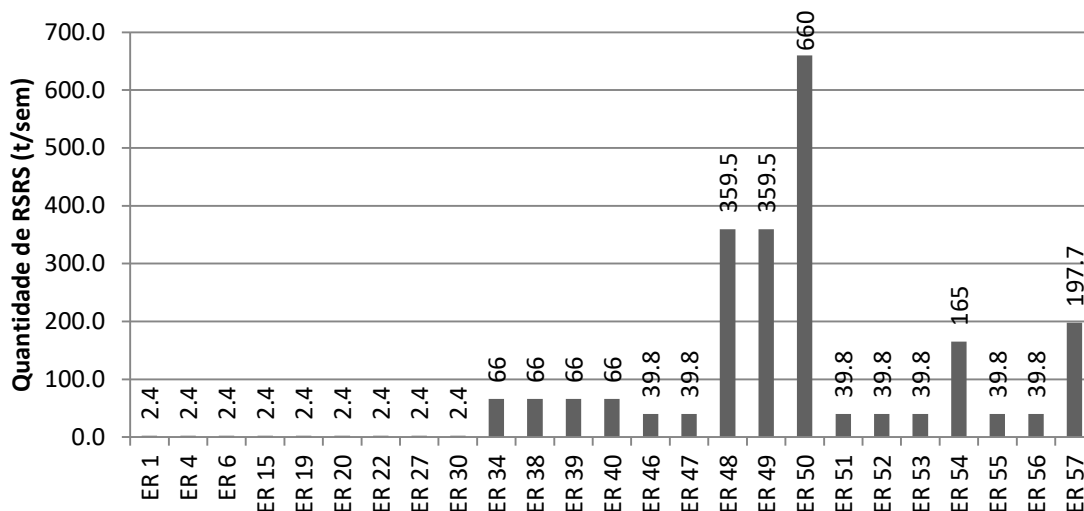
Figura 31. Proporção de RSRS por Central - Cenário G.



Fonte: Elaborado pelo autor.

Foram selecionadas vinte e cinco Empresas Recicladoras para a venda de RSRS: ER 1, 4, 6, 15, 19, 20, 22, 27, 30, 34, 38, 39, 40, 46, 47, 48, 49, 50, 51, 52, 53, 54, 55, 56 e 57, ou seja, representam 43,9% do total de empresas. A quantidade de RSRS enviados para cada ER pode ser visto na Figura 32.

Figura 32. Quantidade de RSRS por Empresa - Cenário G.



Fonte: Elaborado pelo autor.

Quanto ao número de viagens realizadas por caminhões, foram contabilizadas 205 viagens, das quais Cariacica e Vila Velha corresponderam a 11,7% (24 viagens cada) e, Serra e Vitória com 9,8% (20 viagens cada). As 205 viagens realizadas por caminhões com capacidade máxima de 16 t resulta num valor máximo de transporte de 3.280 t. A carga gerada e transportada foi de 2.625,2 t

correspondendo a 80,0% da capacidade máxima de transporte. Na Região Metropolitana, foram realizadas 98 viagens com caminhões de 16 t para transportar 1.505,6 t, o que corresponde a uma ocupação de 96,0% da capacidade máxima de transporte, superior aos Cenários anteriores.

Os custos de transporte totalizaram R\$ 144.518,60. Já os custos de instalação e operação foram, respectivamente, R\$ 97.402,82 e R\$ 486.817,53, totalizando R\$728.738,95. O Cenário G apresentou uma Receita de R\$ 1.552.610,68 e um Resultado Financeiro positivo com superávit de R\$ 823.871,73.

6.1.8. CENÁRIO H

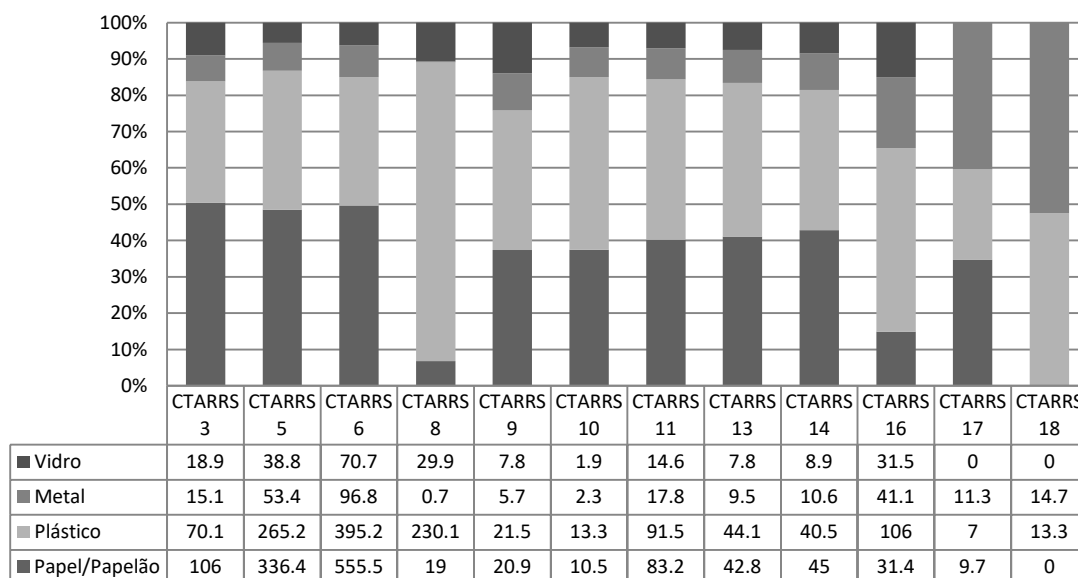
O Cenário (Meta de desvio: 20% - 75%) é caracterizado neste estudo por ter uma meta final de desvio de recicláveis superior em 25% à da Minuta do PNRS. Este Cenário estimou uma oferta estadual de 3.068,2 toneladas semanais de RSRS, das quais 1.260,5 toneladas eram de papel/papelão, 1.297,8 toneladas de plásticos, 279,0 toneladas de metais e 230,9 toneladas de vidros.

Após o processamento deste Cenário, foram abertas doze Centrais: CTARRS 3, 5, 6, 8, 9, 10, 11, 13, 14, 16, 17 e 18. Somente as CTARRS 10, 17 e 18 possuíam a capacidade de armazenamento de 28 t/semana. A CTARRS 9 foi aberta com 56 t/semana de capacidade. As CTARRS 13 e 14 tinham 105 t/semana de capacidade. As CTARRS 3, 11 e 16 possuíam 210 t/semana. As CTARRS 5, 6 e 8 tinham 700, 1.120 e 280 t/semana de capacidade, respectivamente. A soma da capacidade de todas elas foi igual a 3.080 t/semana, mantendo um nível de ocupação de 99,62%.

Das 18 Áreas Candidatas, 2/3 receberam Centrais. Das abertas, 1/4 tinham capacidade de 28 t/semana.

A Figura 33 apresenta a proporção dos quatro tipos de resíduos por Central aberta no Cenário H. Destaca-se a predominância de plásticos na CTARRS 8.

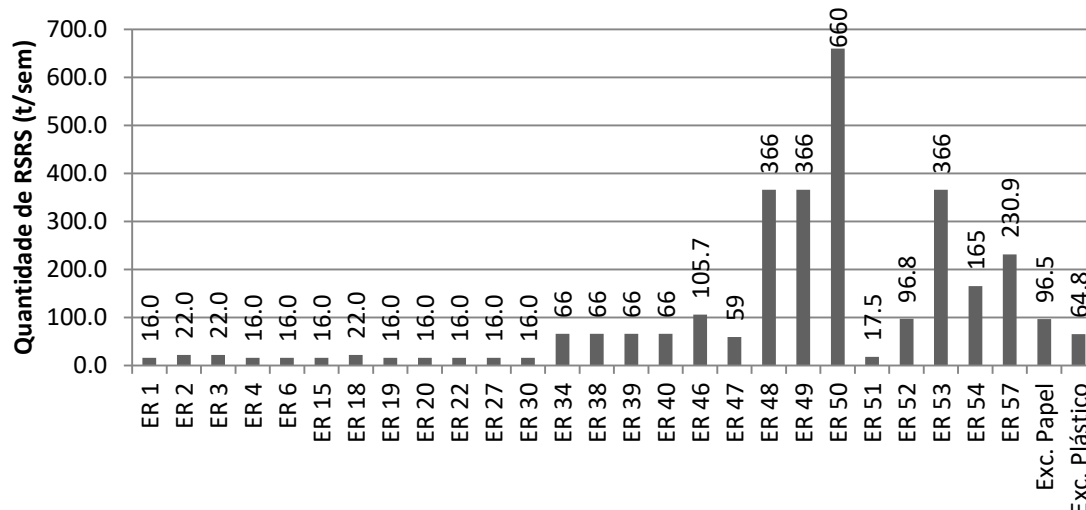
Figura 33. Proporção de RSRS por Central - Cenário H.



Fonte: Elaborado pelo autor.

Foram selecionadas vinte e seis Empresas Recicladoras para a venda de RSRS: ER 1, 2, 3, 4, 6, 15, 18, 19, 20, 22, 27, 30, 34, 38, 39, 40, 46, 47, 48, 49, 50, 51, 52, 53, 54 e 57, ou seja, representam 45,6% do total de empresas. A quantidade de RSRS enviados para cada ER pode ser visto na Figura 34.

Figura 34. Quantidade de RSRS por Empresa - Cenário H.



Fonte: Elaborado pelo autor.

Foram contabilizadas 234 viagens, das quais Cariacica, Vila Velha, Serra e Vitória corresponderam a 12,0%, 11,5%, 10,3% e 9,8% (28, 27, 24 e 23 viagens), respectivamente. As 234 viagens realizadas por caminhões com capacidade máxima de 16 t resulta num valor máximo de transporte de 3.744 t. A carga gerada e

transportada foi de 3.068,2 t correspondendo a 82,0% da capacidade máxima de transporte. Na Região Metropolitana, foram realizadas 113 viagens com caminhões de 16 t para transportar 1.757,6 t, o que corresponde a uma ocupação de 97,2% da capacidade máxima de transporte, superior aos Cenários anteriores.

Os custos de transporte totalizaram R\$ 170.943,72. Já os custos de instalação e operação foram, respectivamente, R\$ 113.982,02 e R\$ 567.898,90, totalizando R\$852.824,64. O Cenário H apresentou uma Receita de R\$ 1.702.236,10 e um Resultado Financeiro positivo com superávit de R\$ 849.411,50.

6.1.9. CENÁRIO I

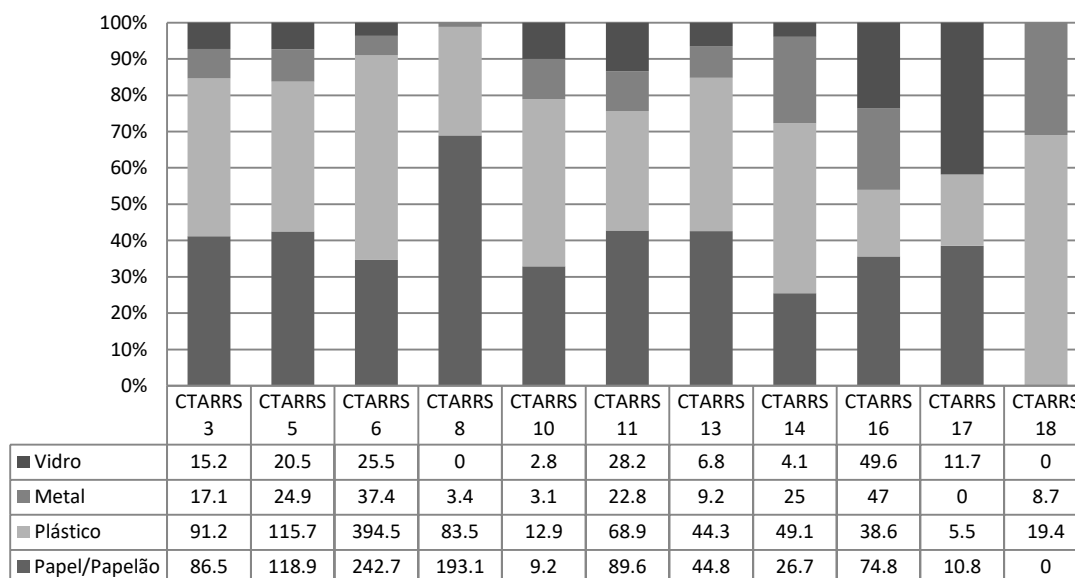
O Cenário I assemelha-se ao Cenário C, entretanto utiliza para o transporte de RSRS caminhões de 10 toneladas, permitindo observar a diferença de se transportar em veículos de menor porte, uma vez que muitos municípios têm baixa geração. Este Cenário totalizou uma estimativa estadual de 2.183,4 toneladas semanais de RSRS, das quais 897,0 toneladas eram de papel/papelão, 923,5 toneladas de plásticos, 198,6 toneladas de metais e 164,3 toneladas de vidros.

Após o processamento deste Cenário, foram abertas onze Centrais: CTARRS 3, 5, 6, 8, 10, 11, 13, 14, 16, 17 e 18. As CTARRS 10, 17 e 18 possuíam a capacidade de armazenamento de 28 t/semana. As CTARRS 13 e 14 possuíam 105 t/semana. As CTARRS 3, 11 e 16 tinham 210 t/semana de capacidade, enquanto as CTARRS 5 e 8 tinham 280 t/semana. Finalmente, a maior Central foi a CTARRS 6 com 700 t/semana. O nível de ocupação foi de 99,97% em relação à capacidade total das Centrais somadas.

Das 18 Áreas Candidatas, 61,1% receberam Centrais. Destas, 27,3% tinham capacidade de 28 t/semana, segunda menor faixa de armazenamento.

A Figura 35 apresenta a proporção dos quatro tipos de resíduos por Central aberta no Cenário I. Obviamente, a maior proporção de papel/papelão e plásticos na composição gravimétrica da Minuta do PNRS fez com que a quantidade destes dois tipos fosse maior.

Figura 35. Proporção de RSRS por Central - Cenário I.

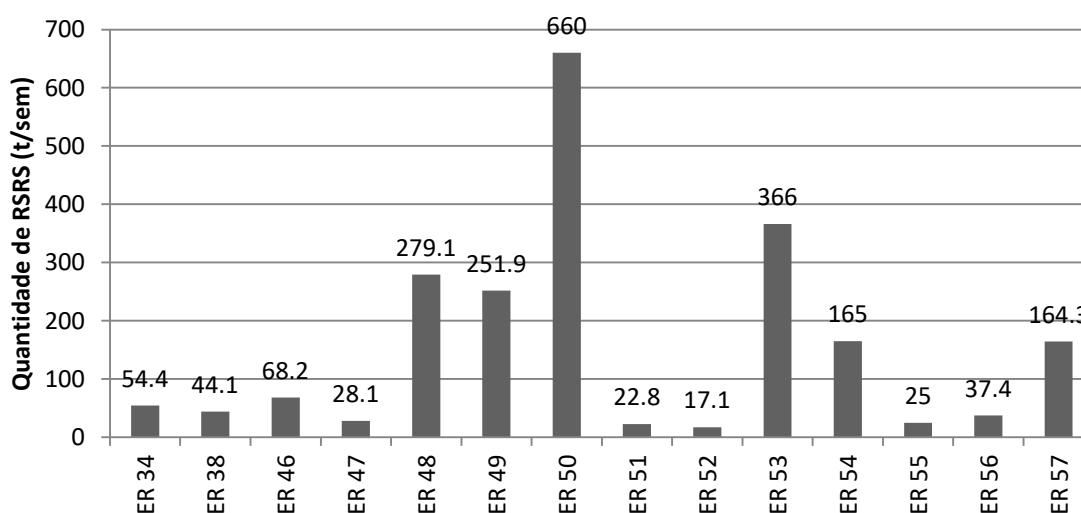


Fonte: Elaborado pelo autor.

A comercialização se deu com as Empresas que pagam melhor novamente: ER 34, 38, 46, 47, 48, 49, 50, 51, 52, 53, 54, 55, 56 e 57. Destas 14 Empresas, somente as duas primeiras eram de pequeno porte.

Observa-se que estas pequenas Empresas foram utilizadas, pois as de médio e grande porte tiveram suas capacidades saturadas, como mostra a Figura 36.

Figura 36. Quantidade de RSRS por Empresa - Cenário I.



Fonte: Elaborado pelo autor.

Quanto ao número de viagens realizadas por caminhões, foram contabilizadas 260 viagens, das quais Cariacica, Vila Velha, Serra e Vitória

corresponderam a 12,3%, 11,9%, 10,4% e 10,0% (32, 31, 27 e 26 viagens cada). A carga gerada e transportada foi de 2.183,4 t correspondendo a 84,0% da capacidade máxima de transporte. Na Região Metropolitana, foram realizadas 128 viagens de caminhões de 10 t para transportar 1.251,4 t, o que corresponde a uma ocupação de 97,8% da capacidade máxima de transporte.

Os custos de transporte totalizaram R\$ 143.232,20, cerca de 14,6% a mais que no Cenário C cujo transporte era realizado com caminhões de 16 t. Já os custos de instalação e operação foram, respectivamente, R\$ 80.823,61 e R\$ 407.919,18, diferença praticamente nula em relação ao Cenário C.

A Receita neste Cenário I foi de R\$ 1.303.124,64 e um Resultado Financeiro de R\$ 671.149,65.

6.1.10. CENÁRIO J

O Cenário J assemelha-se ao Cenário C e ao Cenário I, utilizando para o transporte de RSRS caminhões de 21 toneladas, o de maior capacidade neste estudo, permitindo observar a diferença de se transportar em veículos de maior porte diante de deste Cenário de geração.

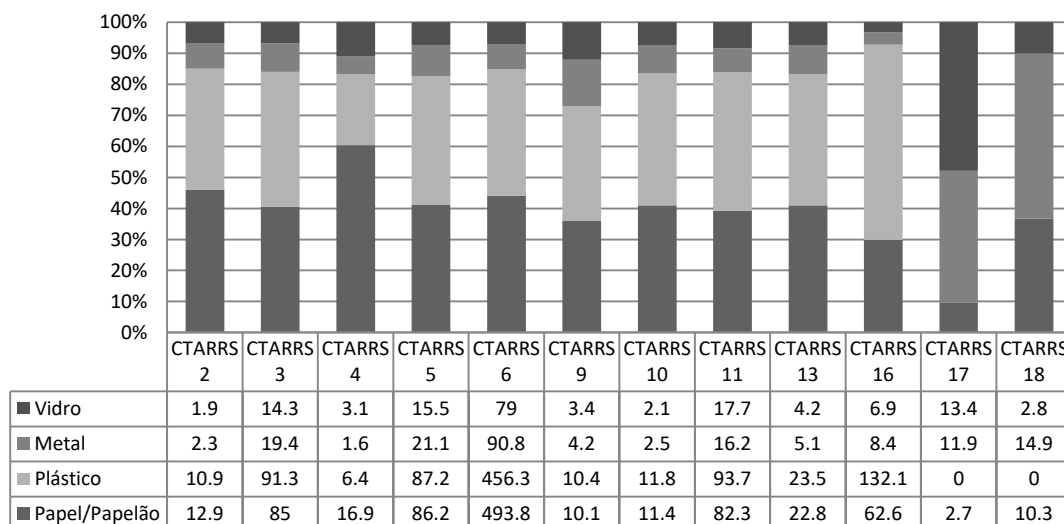
Este Cenário totalizou uma estimativa estadual de 2.183,4 toneladas semanais de RSRS, assim como seus pares neste Grupo III, das quais 897,0 toneladas eram de papel/papelão, 923,5 toneladas de plásticos, 198,6 toneladas de metais e 164,3 toneladas de vidros.

Após o processamento deste Cenário, foram abertas doze Centrais: CTARRS 2, 3, 4, 5, 6, 9, 10, 11, 13, 16, 17 e 18. As CTARRS 2, 4, 9, 10, 17 e 18 possuíam a capacidade de armazenamento de 28 t/semana. A CTARRS 13 possuía 56 t/semana, enquanto que as CTARRS 3, 5, 11 e 16 tinham 210 t/semana de capacidade. Finalmente, a maior Central foi a CTARRS 6 com 1.120 t/semana. O nível de ocupação foi de 99,97% em relação à capacidade total das Centrais somadas.

Das 18 Áreas Candidatas, 2/3 receberam Centrais. Destas, 50% tinham capacidade de 28 t/semana, segunda menor faixa de armazenamento.

A Figura 37 apresenta a proporção dos quatro tipos de resíduos por Central aberta no Cenário J. Papel/papelão e plástico representam a grande maioria dos RSRS gerados e transportados até as Centrais.

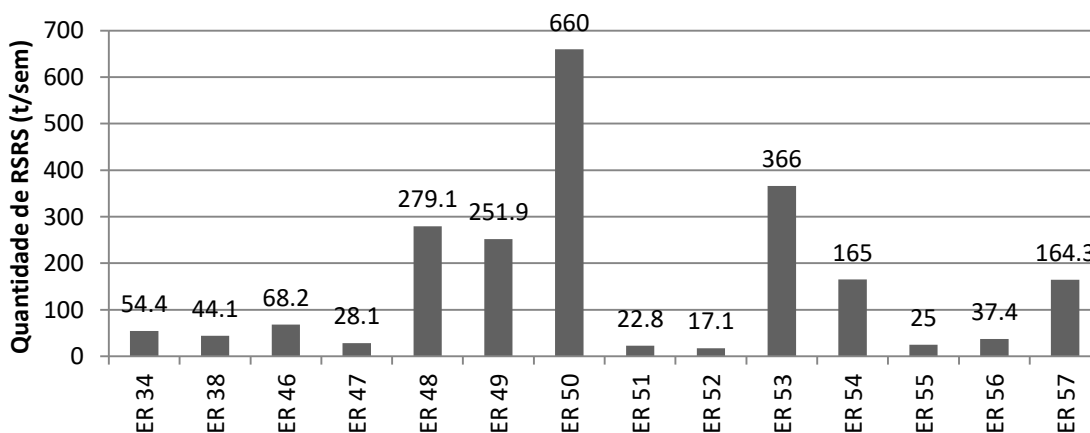
Figura 37. Proporção de RSRS por Central - Cenário J.



Fonte: Elaborado pelo autor.

A comercialização se deu com as Empresas que pagam melhor: ER 34, 38, 39, 46, 47, 48, 49, 50, 51, 53, 54 e 57. Destas 12 Empresas, somente as três primeiras eram de pequeno porte. Observa-se que estas pequenas Empresas foram utilizadas, pois as de médio e grande porte tiveram suas capacidades saturadas, como mostra a Figura 38.

Figura 38. Quantidade de RSRS por Empresa - Cenário J.



Fonte: Elaborado pelo autor.

Quanto ao número de viagens realizadas por caminhões, foram contabilizadas 153 viagens, das quais Cariacica e Vila Velha corresponderam a 9,8% (15 viagens cada) e, Serra e Vitória corresponderam a 8,5% (13 viagens cada). A carga gerada e transportada foi de 2.183,4 t correspondendo a 68,0% da capacidade máxima de transporte. Na Região Metropolitana, foram utilizados 62 caminhões de 21 t para transportar 1.251,4 t, o que corresponde a uma ocupação de 96,1% da capacidade máxima de transporte.

Os custos de transporte totalizaram R\$ 173.361,06. Já os custos de instalação e operação foram, respectivamente, R\$ 80.823,61 e R\$ 403.662,11. A Receita foi de R\$ 1.411.372,89 com Resultado Financeiro de R\$ 753.526,11.

6.2. Análises e Discussões Estratégicas dos Resultados

As Tabelas 27 e 28 apresentam os resultados relativos à execução dos diferentes cenários. Na Tabela 27 são apresentados os cenários em análise, o GAP obtido para o tempo de processamento limitado em 3h, a quantidade de RSRS e se há excedente, quantas centrais de transbordo foram abertas e o percentual de ocupação das centrais da rede proposta. Há ainda informações sobre a quantidade de empresa que comercializam com a rede e dados dos caminhões como capacidade de carga, quantidade e percentual de ocupação.

Na Tabela 28 são apresentadas informações referentes aos resultados financeiros obtidos, contemplando o valor da receita auferida pela venda dos resíduos subtraída dos custos associados à abertura das centrais e o transporte dos resíduos na rede logística reversa.

Tabela 27. Resultados dos Cenários do modelo.

Cenário	GAP (%) (3h)	Quantidade RSRS (t/sem)	Excedente RSRS	Capacidade Caminhões	Quantidade Caminhões	Ocupação de Carga (%)	Centrais Abertas (Nº x Capacidade (t/sem))	Ocupação Centrais (%)	Quantidade Empresas Receptoras
A	0,17	512,5	Não	16 t	98	32,7	8 = (6 x 28 ; 1 x 140 ; 1 x 210)	98,94%	9
B	0,67	498,6	Não	16 t	96	32,5	9 = (8 x 28 ; 1 x 280)	98,95%	7
C	0,79	2.183,3	Não	16 t	181	75,4	14 = (8 x 28 ; 4 x 210 ; 1 x 280 ; 1 x 840)	99,97%	14
D	0,56	2.166,4	Sim	16 t	179	75,6	10 = (3 x 28 ; 1 x 56 ; 3 x 210 ; 2 x 280 ; 1 x 840)	99,80%	12
E	0,11	1.313,4	Não	16 t	133	61,7	12 = (7 x 28 ; 4 x 210 ; 1 x 280)	99,80%	11
F	0,79	1.728,5	Não	16 t	156	69,3	9 = (3 x 28 ; 1 x 105 ; 4 x 210 ; 1 x 700)	99,97%	10
G	0,34	2.625,2	Não	16 t	205	80,0	12 = (4 x 28 ; 2 x 105 ; 3 x 210 ; 2 x 280 ; 1 x 1120)	99,74%	25
H	0,68	3.068,2	Sim	16 t	234	82,0	12 = (3 x 28 ; 1 x 56 ; 2 x 105 ; 3 x 210 ; 1 x 280 ; 1 x 700 ; 1 x 1120)	99,62%	26
I	0,33	2.183,4	Não	10 t	260	84,0	11 = (3 x 28 ; 2 x 105 ; 3 x 210 ; 2 x 280 ; 1 x 700)	99,97%	14
J	0,52	2.183,4	Não	21 t	153	68,0	12 = (6 x 28 ; 1 x 56 ; 4 x 210 ; 1 x 1120)	99,97%	12

Fonte: Elaborado pelo autor.

Tabela 28. Resultados dos Cenários do modelo.

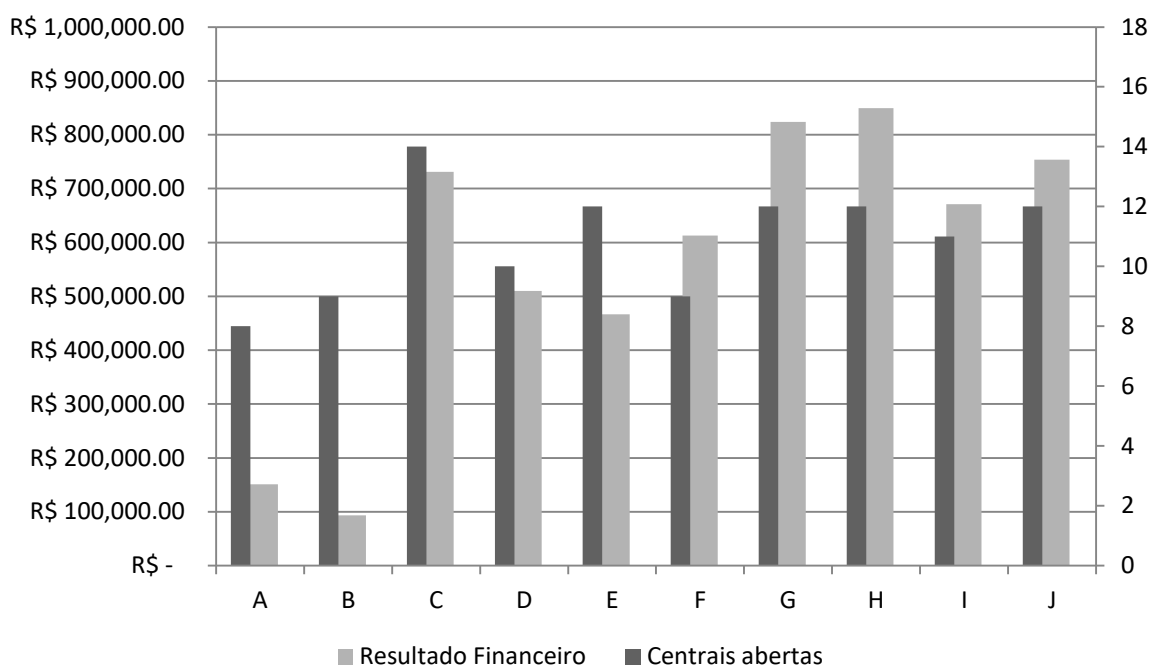
Cenário	Resultado Financeiro (Receita-Custo)	Receita	Custo Instalação	Custo Operação	Custo Transporte
	(R\$/semana)	(R\$/semana)	(R\$/semana)	(R\$/semana)	(R\$/ semana)
A	R\$ 151.176,14	R\$ 331,886.52	R\$ 19,169.70	R\$ 101,586.24	R\$ 59,954.44
B	R\$ 93.545,86	R\$ 269,938.73	R\$ 18,651.60	R\$ 99,010.38	R\$ 58,730.88
C	R\$ 731.005,53	R\$ 1,343,776.47	R\$ 80,823.61	R\$ 406,974.20	R\$ 124,973.12
D	R\$ 509.938,71	R\$ 1,118,050.26	R\$ 80,305.51	R\$ 402,204.00	R\$ 125,602.04
E	R\$ 466.778,58	R\$ 850,916.89	R\$ 48,701.41	R\$ 249,554.75	R\$ 85,882.16
F	R\$ 612.892,77	R\$ 1.108.598,53	R\$ 63.985,36	R\$ 322.157,55	R\$ 109.562,84
G	R\$ 823.871,73	R\$ 1,552,610.68	R\$ 97,402.82	R\$ 486,817.53	R\$ 144,518.60
H	R\$ 849.411,50	R\$ 1,702,236.14	R\$ 113,982.02	R\$ 567,898.90	R\$ 170,943.72
I	R\$ 671.149,65	R\$ 1,303,124.64	R\$ 80,823.61	R\$ 407,919.18	R\$ 143,232.20
J	R\$ 753.526,11	R\$ 1,411,372.89	R\$ 80,823.61	R\$ 403,662.11	R\$ 173,361.06

Fonte: Elaborado pelo autor.

Pela Tabela 27, pode-se observar que no tempo limite de 3,0 horas (10.800 segundos) obteve-se um GAP médio de 0,50%, sendo menor para o Cenário E, com 0,11% e o maior para os Cenários C e F, com 0,79%. Quando o GAP da solução é pequeno, pode-se dizer que o valor da Função Objetivo obtido pela solução está próximo do valor ótimo. Foi utilizado o *upper bound* encontrado pelo CPLEX como a solução de cada cenário.

Todos os Cenários tiveram pelo menos 8 Centrais abertas. O Cenário A abriu apenas 8 Centrais e o Cenário C foi o que teve mais Centrais abertas, total de 14. Para o modelo, a quantidade de Centrais abertas não foi diretamente proporcional à quantidade RSRS gerados, como mostrado na Figura 39. Ainda, em todos os cenários analisados, o modelo matemático, cuja função objetivo era minimizar custos, forneceu ao final do processamento um resultado financeiro positivo, isto é, as receitas pela venda de resíduos recicláveis superaram os custos de implantação e operação da rede logística e o custo de transporte associado entre OC e CTARRS.

Figura 39. Quantidade de Centrais abertas por Cenário.

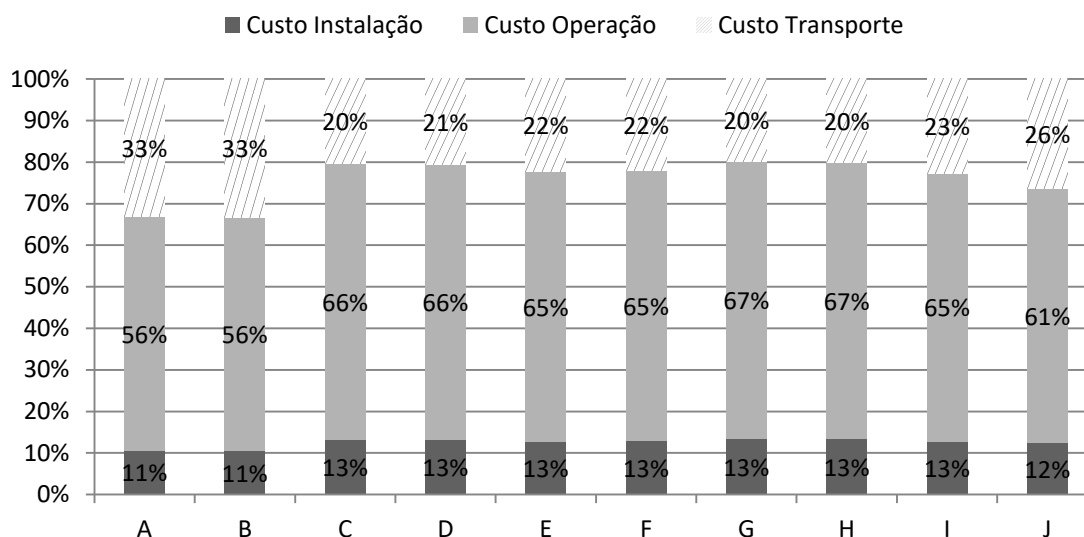


Fonte: Elaborado pelo autor.

Dentre os custos contabilizados neste modelo, os mais influentes foram os de operação, conforme pode ser visto na Figura 40. Nos seis primeiros Cenários, mesmo com o aumento da quantidade de RSRS e, em alguns casos, aumento do

número de Centrais, os custos de instalação foram proporcionalmente semelhantes, chegando a ser de 13% em 7 dos 10 Cenários.

Figura 40. Custos associados nos dez Cenários.



Fonte: Elaborado pelo autor.

Os custos de transporte foram mais significativos nos Cenários A e B, representando cerca de 1/3 dos custos totais, justamente os que consideraram uma Rede de OC nas condições atuais. Observa-se que os custos associados à variação dos caminhões definem que o caminhão de 16 t mostra-se como o mais adequado para a Rede de OC neste estudo, uma vez que otimizou o transporte com menores custos num contexto geral.

Os custos de transporte menores para caminhões de 16 t se devem ao melhor ajuste à baixa quantidade de RSRS enviados dos municípios com população menor para as OC nas considerações de projeção de geração e recuperação de RSRS, que deixam uma folga na capacidade dos caminhões de 21 t, mais caros, e exigem um maior número de viagens para os caminhões de 10 t, mais baratos. Ao final, observa-se que os caminhões de 16 t são os que conseguem equilibrar melhor os custos diante das considerações do modelo neste estudo.

Quanto aos custos de transporte, observa-se que caminhões de 16 t apresentam melhor ajuste à rede proposta, adequando-se à geração do ponto de vista global se comparado aos outros caminhões. O ponto de equilíbrio entre maior número de viagens e capacidade ociosa de carga justificam esta análise do modelo

em seus cenários. Para os cenários propostos neste estudo, a diminuição do porte da frota não se aplica.

Porém, os outros tipos de caminhões se mostraram adequados para situações específicas. O caminhão de 10 t mostrou-se mais adequado para municípios de menor geração, pois alivia os custos com viagens com carga ociosa, conforme afirmou ANAP (2015). O caminhão de 21 t, por outro lado, parece apropriado para locais de maior geração, reduzindo o número de viagens que seriam realizadas por caminhões de pequeno ou médio porte. Desta forma, pode-se potencializar o resultado financeiro do modelo ao adapta-lo para frotas heterogêneas, permitindo que cada um tenha um uso mais proveitoso.

Embora a justificativa deste estudo seja a necessidade de espaço físico que limita as atividades nas OC e conseqüente redução da eficiência de mercado traduzida na redução do volume de RSRS negociável, a análise financeira é extremamente relevante.

Diante de todos os cenários propostos neste estudo, pode-se destacar a significância dos custos de operação, representando de 56% a 67% dos custos totais. Estes valores concordam com Ferri *et al.* (2015a) ao concluir que mesmo com os custos associados à abertura das facilidades, as receitas que elas promovem com o aperfeiçoamento de comercialização legitimam sua necessidade, não apenas pelo valor obtido com a venda de RSRS, mas também pela redução de gastos em outras soluções assistencialistas.

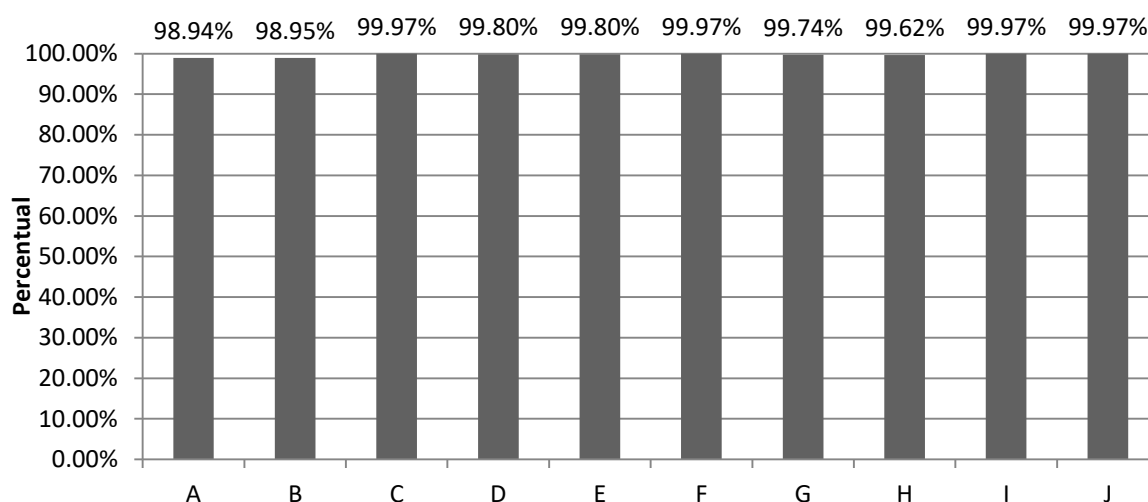
Desta forma, a abertura de centrais de armazenamento e transbordo com capacidade definida deve ser um ponto de atenção no momento de planejamento da rede, pois se mal planejada, o local pode passar a ser um local de maior prejuízo do que de ganho, como alertaram Owen e Daskin (1998).

Ressalta-se que em todos os cenários projetados, as centrais da rede operavam com uma ocupação próxima à sua capacidade máxima. Mesmo que suas capacidades estejam baseadas em quantidades de RSRS maiores que as atuais, não é aconselhável trabalhar com projetos de centrais com ocupação máxima ou muito próxima a isso, visto que a sazonalidade na recepção de resíduos ou outros fatores que aumentem a geração de resíduos ao longo dos anos podem afetar o fluxo de materiais, como apontou Cezana (2015).

Observa-se que já na atual conjuntura de mercado e organização das OC, existe viabilidade econômica capaz de ser sustentar uma rede de organizações de catadores, não mais apenas do ponto de vista legal, ambiental e social.

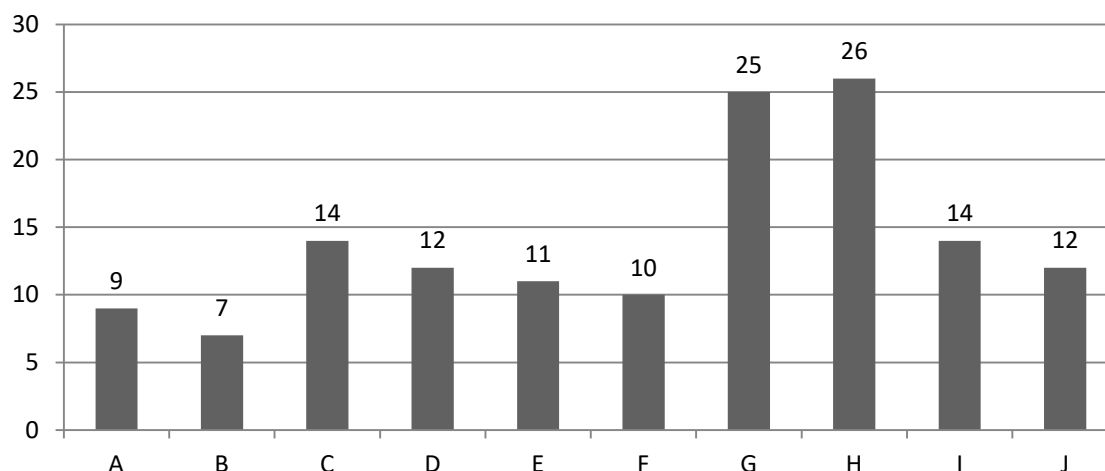
Quanto à ocupação das Centrais, os percentuais estiveram sempre acima de 98,9%, evidenciando que o modelo se ajusta de forma a explorar o máximo do potencial das Centrais evitando custos de manutenção de uma capacidade ociosa, como mostra a Figura 41. É interessante que, no dimensionamento das centrais de transbordo, exista uma determinada folga de maneira a garantir a sua conveniência para um longo período de tempo, levando em consideração, as projeções de crescimento de movimentação de carga e, conseqüentemente, de aumento de geração de resíduos, além de ajustes que porventura sejam necessários para a Rede pelo desenvolvimento da economia e dos mercados.

Figura 41. Percentuais de ocupação das Centrais abertas por Cenário.



Fonte: Elaborado pelo autor.

Outro ponto de discussão é o número de Empresas Recicladoras consideradas em cada cenário. A quantidade de Empresas compradoras de RSRS das OC variou de 7 a 28 de um total de 57 Empresas, conforme a Figura 42. Estes valores representam 12,3% a 49,1%, com média de 26,8%, em grande parte restrita às Empresas de maior porte, pois são as que pagam os maiores valores e que possuem maior capacidade de recebimento de carga. Assim, as empresas de menor porte só passam a receber após a comercialização com as primeiras, de forma a amplificar as receitas.

Figura 42. Quantidade empresas recicladoras por cenário.

Fonte: Elaborado pelo autor.

Quanto aos resultados financeiros dos cenários apresentados, a criação de uma rede de organizações de catadores mostrou-se viável do ponto de vista econômico já na atual conjuntura de mercado e organização das OC e na projeção para os próximos 20 anos, capaz de suprir a demanda do mercado de recicláveis para o Espírito Santo. Extrapolando-se os valores semanais, pode-se afirmar que a rede de catadores proposta neste trabalho arrecadaria valores entre R\$ 4,8 e 44,1 milhões anuais.

Embora o resultado financeiro acompanhe a evolução do crescimento de RSRS recuperados, a sua taxa de crescimento diminui à medida que a taxa de desvio de RSRS torna-se muito elevada, fato justificado pela falta de mercado comprador e quantidade excedente de RSRS.

Destacam-se os Cenário do Grupo II cuja variação de estimativa de composição gravimétrica influenciou significativamente no resultado financeiro.

Logicamente, o arranjo apresentado pelo modelo é uma sugestão para a tomada de decisão e estabelecimento de uma Rede de OC cujo objetivo é atuar em um segmento da cadeia de Logística Reversa.

Caso uma rede seja realmente implementada, é necessária uma análise aprimorada para definir uma operação mais simplificada, evitando-se o envio de cargas para Centrais mais distantes simplesmente por obediência ao resultado do modelo. Neste caso, adaptações construtivas das Centrais devem ser consideradas

de forma que suas capacidades não fiquem rigidamente restritas às proporções de área que o modelo seguiu

Obviamente, a formação de uma Rede de OC requer a superação de disfunções internas e comuns às Organizações e a conciliação entre si em torno de uma gestão democrática, eficácia econômica e excelência no processo de reciclagem, como afirma Gutberlet (2015). É preciso caminhar no sentido de criar uma iniciativa espontânea dos próprios catadores, mesmo que inicialmente dependa da ação de indutores externos interessados nas suas atividades, como afirma Tirado-Soto e Zamberlan (2013), de tal forma que ao passar dos anos haja uma autogestão que garanta condições de desenvolvimento econômico seguras e sustentáveis para os catadores e para os recicladores capixabas.

Por fim, pode-se afirmar que os resultados de cada um dos cenários juntamente com as análises realizadas permitiram avaliar e sugerir soluções para o problema proposto nesta dissertação. É notável que os resultados deste estudo possam ser utilizados para auxiliar na tomada de decisão para a formação de uma rede capixaba de organizações de catadores, com centrais de transbordo e armazenamento alocadas de forma otimizada, possibilitando assim, um melhor gerenciamento dos resíduos sólidos e uma estrutura mais robusta da rede logística reversa.

6.2.1. Avaliação do Efeito da Composição Gravimétrica

O Grupo I de Cenários se propôs a avaliar o efeito das estimativas de composição gravimétrica na geração de RSRS do Espírito Santo e no resultado financeiro da rede de catadores proposta, tanto no cenário atual quanto no futuro.

Os Cenários A e B ilustraram um quadro atual de geração de resíduos. Já os Cenários C e D, estimam a geração média no período 2016-2035.

Pela Figura 43, observa-se que há a formação regional de municípios que encaminham seus RSRS às Centrais mais próximas nos Cenários A e B. Tal fato demonstra a tendência do modelo em abrir Centrais, comuns aos municípios mais próximos entre si. Isso representa um menor custo de transporte para a rede logística durante a movimentação de resíduos das OC para as Centrais.

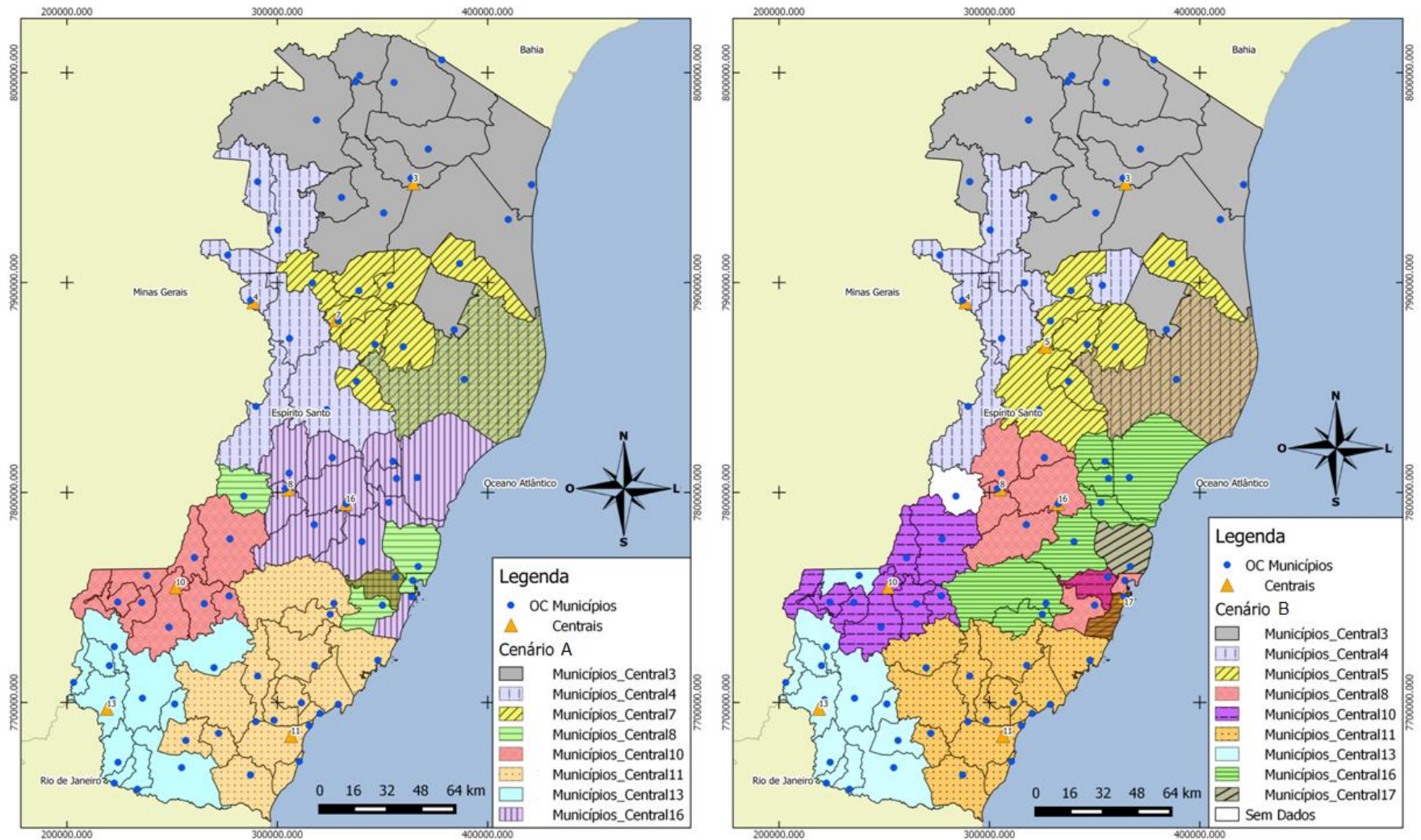
A Figura 44 mostra que o aumento dos RSRS nos municípios, nos Cenários C e D, faz com que um número maior de municípios enviem para mais de uma Central, de forma que seja mais econômico para a Rede. Além disso, exige que o modelo aumente a capacidade de algumas delas. O município de Laranja da Terra preencheu dados no SNIS 2014, mas foi o único que não apresentou dados de recuperação de papel/papelão, plástico, metal e vidro.

Como a solução é obtida ponderando todos os geradores, com o fim de minimizar a Função Objetivo, observa-se que alguns municípios enviam seus RSRS para mais de uma Central.

O modelo permite o transporte de cargas com tipologias diferentes, ou seja, o deslocamento desassociado de papel, plástico, metal e vidro. Isto permite elevar o nível de ocupação das Centrais abertas, sendo mais econômico deslocar apenas um caminhão com alta carga de um município com grande geração do que deslocar vários caminhões com baixa carga de pequenos municípios geradores.

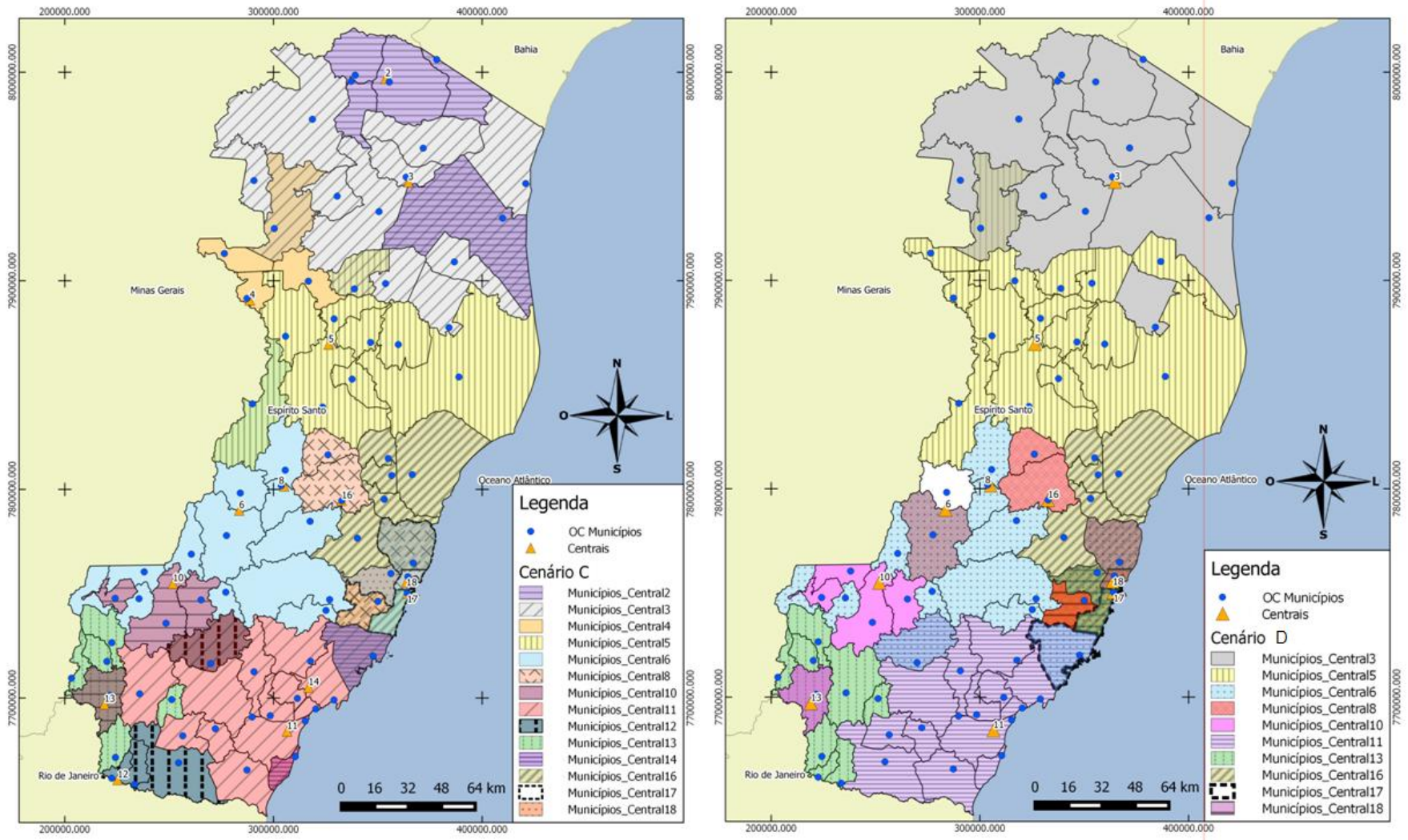
Frações de um ou mais tipos de resíduos de municípios com grande geração são suficientes para complementar a capacidade máxima das Centrais abertas que recebem de pequenos municípios. Em todos os quatros Cenários deste Grupo I se percebe que alguns municípios não enviam para Centrais geograficamente mais próximas, especialmente os da Região Metropolitana. Grande parte dos RSRS destes municípios são enviados para Centrais em níveis inferiores de proximidade, pois a maior geração devido à aglomeração populacional faz com que haja uma demanda maior de capacidade, muitas vezes limitada para as Centrais mais próximas. Destaca-se, por exemplo, o caso de Cariacica, no Cenário B, que envia boa parte dos RSRS para Centrais no interior do Estado, por ser o município mais a oeste dos grandes geradores da Região Metropolitana, facilitando o transporte dos caminhões.

Figura 43. CTARRS abertas: regionalização de municípios nos Cenários A e B.



Fonte: Elaborado pelo autor.

Figura 44. CTARRS abertas: regionalização de municípios nos Cenários C e D.



Fonte: Elaborado pelo autor.

A venda de RSRS, de forma geral, foi priorizada para as empresas que pagam melhor de forma a aumentar a Receita da Rede, sendo estas as de médio e grande porte. No entanto, nos Cenários C e D, os de maior geração, micro e pequenas Empresas foram incluídas, uma vez que a alta geração excedeu a capacidade das de médio e grande porte. Outro ponto em destaque é que a composição gravimétrica do SNIS associada à projeção de geração no Cenário D levou a um excedente de papel/papelão, superando a capacidade de absorção por parte das empresas. Em virtude disso, a média geral de desvio de recicláveis foi 12,8% menor, uma vez que este montante torna-se rejeito por não encontrar um mercado consumidor.

Todos os cenários mostraram um resultado otimista quanto ao estabelecimento de uma RL reversa de OC economicamente sustentável, necessária para a oferta de RSRS para o mercado. Embora os parâmetros de entrada do modelo no Cenário B sejam iguais aos do Cenário A, diferenciando-se apenas pela composição gravimétrica, o Resultado Financeiro foi 62% maior no Cenário A.

O Cenário D, por sua vez, possui uma estimativa de geração de resíduos apenas 0,8% menor em relação ao Cenário C. No entanto, a diferença entre as parcelas de RSRS é considerável: o Cenário D estimou uma geração maior de papel/papelão em 60,7% e de metais em 6,7%, e estimou uma geração menor de plásticos em 49,9% e de vidros em 69,1%. Como consequência desta diferença de composição gravimétrica, a Receita foi 16,8% menor implicando em um Resultado Financeiro cerca de 30,2% inferior, mesmo com custos de transporte 0,5% superiores e custos de instalação e operação 0,6% e 1,2% inferiores, respectivamente, em relação ao Cenário C.

Esta diferença ocorreu porque a quantidade de plásticos estimada, material de maior valor agregado principalmente em empresas de grande porte, foi bem inferior nos Cenários B e D que utilizaram a composição gravimétrica do SNIS em 2014.

Para Rezende *et al.* (2013), o planejamento da Gestão dos RSU deve começar por uma classificação e quantificação dos resíduos gerados, sendo necessário estimar a quantidade total e por habitante, realizar a análise da composição gravimétrica e composição física (percentual de cada componente em

relação ao peso total dos resíduos), e calcular o peso específico. Esta avaliação permite escolher a melhor destinação para cada tipo ou grupo de resíduos, possibilitando, desta forma, a segregação dos resíduos e rejeitos na fonte geradora, definindo-se um sistema de logística reversa posteriormente.

A estimativa de RSRS a partir de uma composição gravimétrica que não representa os RSU de uma população pode ser suficiente para inviabilizar economicamente programas ou projetos de logística reversa, ou ainda induzir a erros estratégicos de mercado para empreendimentos de reciclagem, uma vez que pouca quantidade disponível de determinado RSRS reduz sua capacidade de ser reutilizado e reintroduzido como parte de um processo de recuperação, podendo passar a ser visto como rejeito e ser enviado para aterros sanitários, como afirmaram Veolia (2006), AIDIS (2010) e Bezerra (2014).

De maneira geral, a análise dos resultados do modelo requerem cuidado para a tomada de decisão no planejamento da RL. O modelo utiliza uma distância Euclidiana corrigida como variável, diferente da distância real sobretudo para regiões de relevo acentuado. A condição das estradas também pesaria na escolha de envio de cargas para uma ou outra Central, entretanto esta variável não é considerada no modelo. Adaptações do modelo e adaptações construtivas das Centrais de forma que suas capacidades não fiquem restritas às limitações de área devem ser estudadas para um arranjo ainda mais aperfeiçoado da rede logística.

6.2.2. Avaliação do Efeito das Metas de Desvios de RSRS

O Grupo II de Cenários se propôs a avaliar o efeito das metas de recuperação de RSRS no resultado financeiro da rede de catadores proposta diante do mercado no Espírito Santo.

O Cenário E (10% - 30%) e o Cenário F (15% - 40%) retratam uma situação inicial de desenvolvimento da Rede de Catadores no Espírito Santo, partindo de um quadro atual de inércia e disfunções, tanto nas OC e nos municípios quanto no mercado, que dificulta o suprimento de materiais recicláveis para a indústria de transformação. No entanto, o estabelecimento de metas por quadriênio pode alavancar o setor de reciclagem e mudar o panorama de ineficiência de mercado

das Organizações, mesmo com uma evolução acanhada de desvios de recicláveis nos próximos 20 anos.

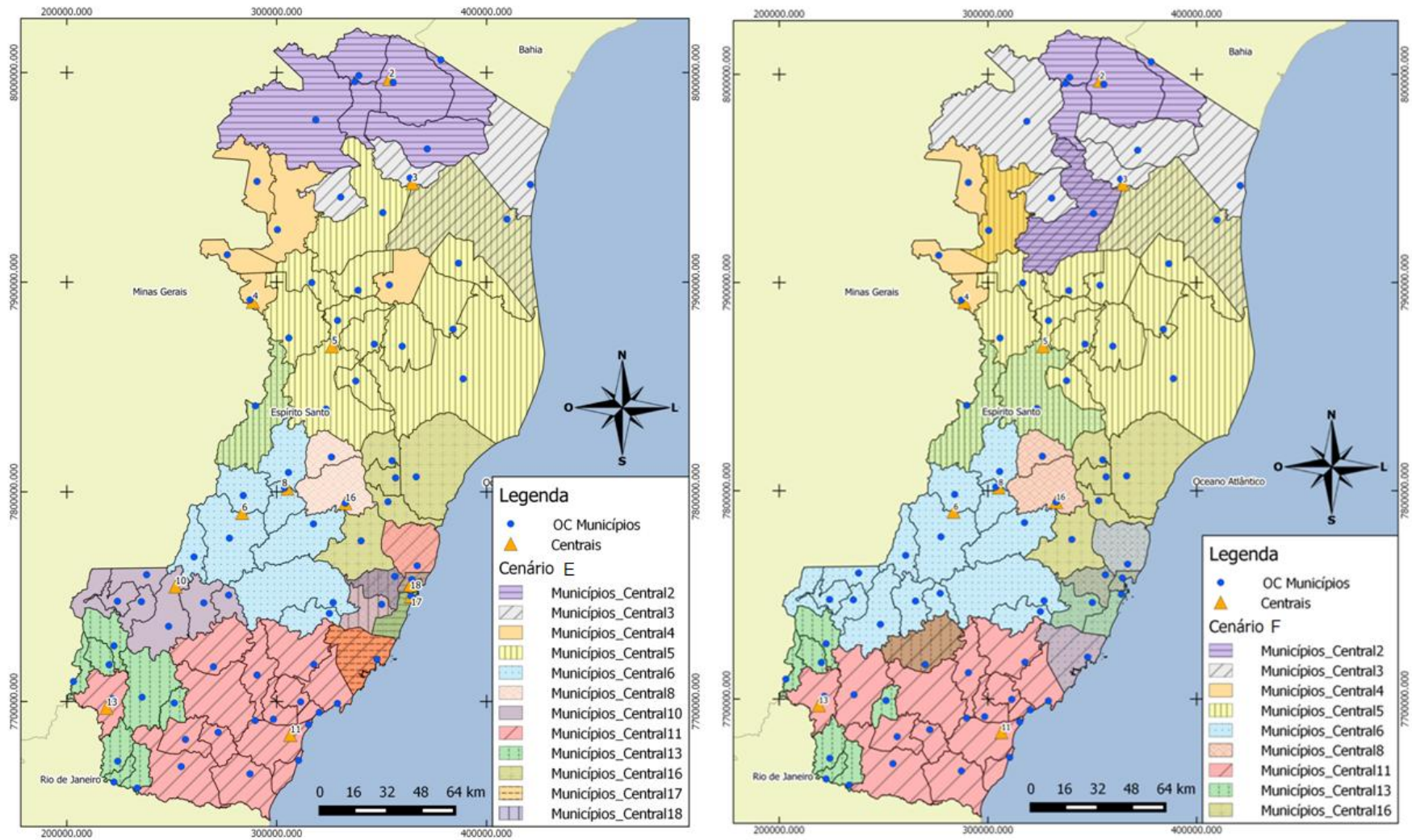
O Cenários C (15% - 50%) e o Cenário G (30% - 50%) apresentam propostas semelhantes de metas do ponto de vista de valor final. Porém, o primeiro permite que os municípios evoluam gradativamente, com uma taxa de crescimento quase que constante, enquanto que o segundo exige ações intensas imediatamente para depois reduzir o nível de imposição de recuperação de RSRS.

O Cenário H (20% - 75%) propõe uma meta ousada para o Brasil por se tratar de um quadro de rápida evolução da disponibilidade de RSRS em 20 anos. Entretanto, justifica-se por suscitar a necessidade do Brasil de elevar os padrões de gestão dos RSRS, tal qual os países desenvolvidos, fazendo com que o setor de reciclagem assuma um papel ainda mais importante na indústria de transformação no cenário industrial brasileiro.

Pode-se observar pelas Figuras 45 e 46 o agrupamento regional de municípios próximos a uma dada Central aberta para encaminhar seus RSRS, muito bem definidos. No entanto, alguns municípios, mesmo mais próximos de uma dada Central, acabam enviando para outra um pouco mais distante. À medida que aumenta a geração de resíduos, o número de municípios também cresce.

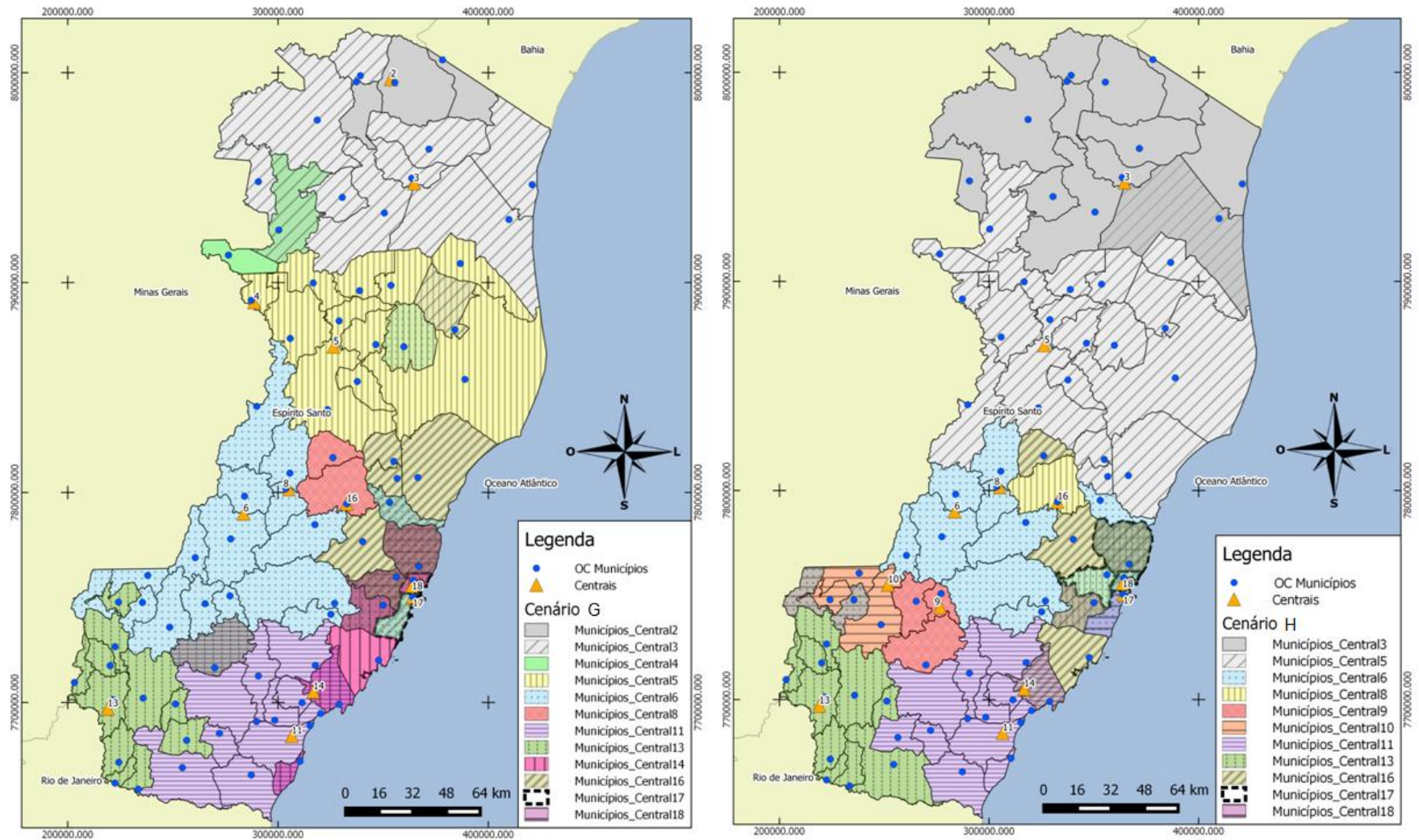
Observa-se que foi preferível abrir várias pequenas Centrais atendendo regionalmente os municípios e suas OC correspondentes como uma forma de reduzir os custos de transporte, a fim de reduzir os custos totais e maximizar o Resultado Financeiro. No Cenário E, fica evidente a prioridade do modelo de se evitar a construção de Centrais de maior porte: os custos de transporte para caminhões de 16 t com distância de até 200 km, por exemplo, representam apenas 17,2% dos custos de uma Central de 28 t/semana de capacidade. Desta forma, disponibilizar Centrais de pequeno porte para alguns municípios próximos de baixa geração e Centrais de maior porte para vários municípios pequenos e/ou municípios de grande geração um pouco mais afastados têm maior impacto na Função Objetivo do modelo.

Figura 45. CTARRS abertas: regionalização de municípios nos Cenários E e F.



Fonte: Elaborado pelo autor.

Figura 46. CTARRS abertas: regionalização de municípios nos Cenários G e H.



Fonte: Elaborado pelo autor.

Entretanto, à medida que a quantidade de RSRS aumenta na rede, exige-se uma maior capacidade das Centrais, caso dos Cenários F, G e H. No Cenário F não houve aumento no número de Centrais. Há uma compensação: economizar em instalações de muitas Centrais de pequeno porte para custear o transporte para Centrais um pouco mais distantes.

Pode-se afirmar que os municípios da Região Metropolitana possuem papel cada vez significativo na oferta de RSRS e nos custos da Rede de OC devido ao montante gerado por sua população. Mais uma vez, observa-se que os municípios da Região Metropolitana enviam RSRS para Centrais em níveis inferiores de proximidade, já que as mais próximas possuem uma limitação de Capacidade atribuída à limitação de área. Assim, a grande geração obriga que algumas Centrais, um pouco mais afastadas, tenham grande Capacidade.

O envio de cargas desassociadas para diferentes Centrais está relacionada com o objetivo de reduzir custos elevando o nível de ocupação das unidades abertas, sendo mais econômico deslocar apenas um caminhão com alta carga de um município com grande geração do que deslocar vários caminhões com baixa carga de pequenos municípios geradores.

A venda de RSRS foi priorizada para as empresas que pagam melhor de forma a aumentar a Receita da rede, isto é, as de médio e grande porte. Uma Empresa com melhor preço receberá todo o montante de RSRS até exceder sua capacidade. Se duas ou mais pagarem o mesmo preço pelo material, o montante é dividido entre as Empresas, até que suas capacidades sejam superadas, e assim por diante.

No Cenário G, a elevada geração de RSRS levou à venda para Empresas de menor porte, já que a capacidade das de maior porte foi superado. Estas representaram 36,0% das Empresas receptoras no Cenário. As pequenas Empresas representam 16,0% com quatro Empresas. Juntas, entretanto, absorvem apenas 10,9%, já que são as que possuem menor capacidade de processamento e que menos pagam pelo resíduo reciclável.

Semelhantemente, no Cenário H, as microempresas já representavam 46,2% das Empresas receptoras, enquanto que as pequenas Empresas representam 15,4%, e juntas somavam 474,0 t/semana de absorção de RSRS, equivalente a

15,5% de participação no mercado. Observa-se que à medida que RSRS são desviados de aterros e inseridos na RL de OC, as micro e pequenas Empresas passam a desempenhar um papel fundamental na absorção e reinserção destes materiais na indústria da reciclagem, chegando a somar mais da metade de Empresas em negociação.

Um ponto a destacar no Cenário H é o excedente de papel/papelão e plástico devido à capacidade limite das Empresas que absorvem estes tipos no Espírito Santo. Mesmo com o crescimento de ambos os setores ao longo dos 20 anos (assim como o de metal e vidro), cerca de 96,5 t de papel/papelão e 64,8 t de plásticos ficaram sem mercado semanalmente. Isto significa dizer que, se não houver mercado absorvedor de quaisquer tipos de resíduos, os mesmos se tornarão rejeitos e seu destino será o menos nobre dentro da hierarquia de Política Nacional: os aterros sanitários (BRASIL, 2010).

As Empresas que comercializam papel/papelão e plástico atingiram seu limite de absorção no mercado, dispondo um excedente com potencial a ser explorado. É preciso desenvolver o setor de reciclagem no Espírito Santo de forma que, aplicadas as Políticas e metas de gestão de RSU e RSRS, a indústria de reciclagem não entre em contradição à sua proposta desperdiçando potencial econômico, social e ambiental.

Este quadro reflete substancialmente no Resultado Financeiro da Rede. O excedente de RSRS que não pôde ser comercializado no Cenário H foi relevante para reduzir significativamente o crescimento da Receita e o Resultado Financeiro, uma vez que os tipos de papel/papelão e plásticos são, ao mesmo tempo, os de maior proporção da composição gravimétrica e os de maior valor de mercado.

O Cenário H apresentou uma Receita cerca de 9,6% maior e um Resultado Financeiro positivo com superávit apenas 3,1% maior, em relação ao Cenário G.

O Cenário E mostrou que, mesmo com uma taxa de desvio de recicláveis modesta, fortalecida pela universalização da coleta de RSU e uma redução do teor de rejeitos, a RL das OC é economicamente sustentável, mesmo que sua necessidade, num primeiro momento, seja de fornecer condições mínimas de fortalecimento das atividades desempenhadas pelos catadores contornando as disfunções internas e as existentes no mercado da reciclagem.

O Cenário C apresentou um Resultado Financeiro positivo com superávit 19,3% maior que no Cenário F. Já o Cenário G apresentou um Resultado Financeiro positivo com superávit 12,7% maior que no Cenário C.

Observou-se que a taxa de crescimento do resultado financeiro não se traduzia num crescimento, em mesma medida, que a das metas de desvio de recicláveis, fazendo com que mais resíduos chegassem às organizações e dessas para as centrais, sem, no entanto, terem mercado consumidor. Desta forma, ampliaram-se os custos de instalação e transporte para acomodar RSRS que não tinham mercado, não podendo gerar receitas para a rede.

Em outras palavras, mesmo que políticas públicas sejam implementadas para fomentar o desvio de recicláveis e redirecioná-los ao mercado, a falta de interesse ou capacidade de absorção dessa oferta se tornaria contraproducente, pois recicláveis se tornariam rejeitos pela falta de agente comprador no mercado, as centrais perderiam parte do seu potencial de desvio e custos de envio para aterros, outrora diminuídos, voltariam a crescer, como apontaram Sanches (2014), Ferri *et al.* (2015a) e Marelló e Helwege (2014).

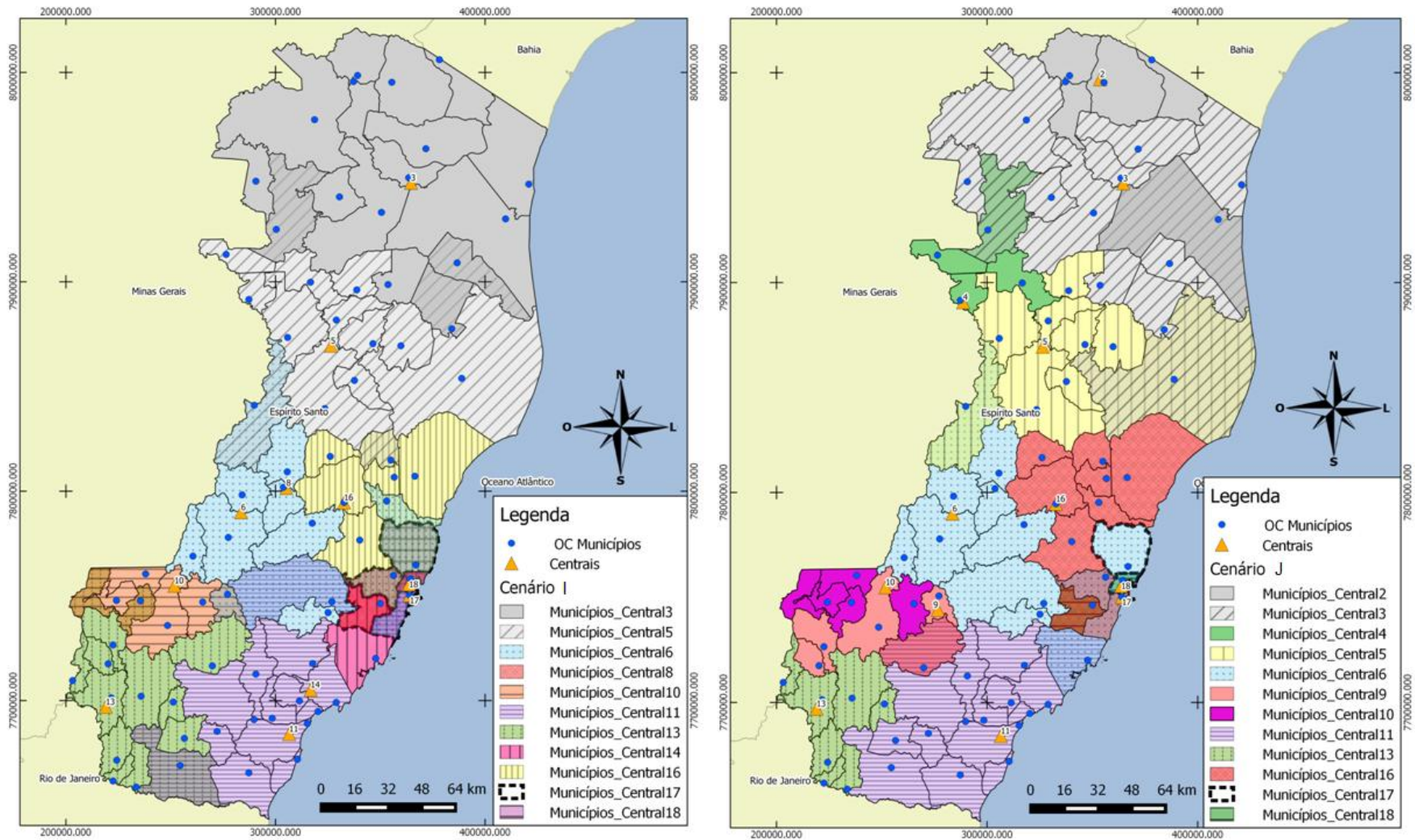
6.2.3. Avaliação da Influência da Capacidade de Carga dos Caminhões

Os Cenários do Grupo III foram construídos para avaliar a influência da capacidade de carga dos caminhões no transporte entre organizações de catadores e centrais de transbordo e armazenamento da rede proposta.

Os Cenários I, C e J utilizaram caminhões com capacidades de carga de 10 t, 16 t e 20 t, respectivamente.

No Cenário I, observa-se que o modelo abriu menos Centrais que no Cenário C, porém com algumas delas ampliando a capacidade para manter o somatório igual, como mostra a Figura 47. Ou seja, percebe-se que há compensação do modelo, uma vez que caminhões menores requerem mais viagens para transportar a mesma massa de RSRS, sendo necessário, assim, diminuir os custos de instalação de Centrais.

Figura 47. CTARRS abertas: regionalização de municípios nos Cenários I e J.



Fonte: Elaborado pelo autor.

A análise de resultado do modelo para a Região Metropolitana permaneceu semelhante em todos os Cenários, inclusive com a alteração do porte dos caminhões: a grande geração obriga que algumas Centrais, um pouco mais afastadas, tenham grande capacidade.

No Cenário C, municípios de baixa geração enviam quantias muito abaixo de 16 toneladas semanais, deixando uma folga considerável no caminhão que tem um custo definido por viagem. Já no Cenário J, percebe-se que há compensação do modelo, uma vez que caminhões maiores têm custos mais elevados, favorecendo o transporte para municípios de grande geração, isto é, os da Região Metropolitana. Municípios de menor geração, que deixam ociosa parte da capacidade de cada caminhão, acabam enviando para distâncias mais curtas, exigindo mais Centrais.

Assim sendo, poder-se-ia sugerir que municípios de baixa geração transportem os RSRS por caminhões de menor capacidade, como os de 10 toneladas, por exemplo, o que reduziria ainda mais os custos de transporte. Ainda, ao longo de 20 anos a frota poderia ir se tornando heterogênea, isto é, com caminhões de capacidades diferentes, ou ser substituída por caminhões do mesmo tipo com capacidade maior à medida que sua geração for crescendo.

A Receita no Cenário I foi 3,0% inferior em relação ao Cenário C, e o Resultado Financeiro foi 8,2% menor.

No Cenário J, a Receita foi 5,0% superior em relação ao Cenário C e 8,3% maior em relação ao Cenário I. O Resultado Financeiro foi 3,1% superior ao do Cenário C e 12,3% maior que no Cenário I.

Observa-se que mesmo ampliando o porte dos caminhões, a taxa de ocupação permanece elevada para a Região Metropolitana. Entretanto, para os demais municípios esta capacidade de transporte implica num aumento da capacidade ociosa dos caminhões, reforçando que caminhões menores são mais adequados para municípios com geração menor.

Portanto, a modalidade de transporte utilizada na Rede de OC pode ser preponderante para amplificar as receitas, obter o máximo de arrecadação na venda de RSRS, e reduzir ao máximo os custos, mesmo com um saldo já bastante positivo.

7. CONCLUSÃO

Este estudo apresentou a descrição da rede logística reversa de resíduos sólidos recicláveis secos (RSRS) estruturada em unidades de transbordo e armazenamento para valorização dos resíduos utilizando modelo matemático de Programação Linear Inteira Mista (PLIM) em Duas Camadas, baseado no utilizado por Pishvaei *et al.* (2010). A estrutura da rede logística reversa proposta apresentou um modelo abrangente, que incluiu as organizações de catadores, as centrais de transbordo e armazenamento de resíduos recicláveis e as empresas receptoras.

O primeiro elo, as OC, apresentam-se como as maiores beneficiadas pela venda em grande volume de recicláveis, vencendo disfunções internas e externas para atingir eficiências de mercado mais elevadas. As centrais de transbordo projetadas contribuem para o funcionamento eficaz e eficiente da logística reversa na rede, permitindo a comercialização dos grandes volumes de resíduos. Já as empresas receptoras, representando o mercado consumidor de materiais, promovem a participação das organizações ao prover novas necessidades de materiais para produção industrial, ampliando o desvio de recicláveis e elevando os índices de reciclagem.

Diferentes fatores interferem na geração de resíduos em uma população, desde o perfil demográfico de consumo até a obediência a políticas públicas de incentivo à cobertura de coleta e reciclagem. Aliados à isso, dependendo do modelo de projeção populacional adotado, pode-se considerar aumento populacional que exporá com maior ou menor intensidade falhas de gestão e gerenciamento locais de RSU e RSRS. No entanto, este trabalho apresentou resultados obtidos por meio dos diferentes cenários modelados que avaliaram as influências da estimativa de composição gravimétrica, do efeito das metas de desvios de recicláveis e das capacidade de carga de diferentes caminhões.

As diferentes estimativas de composições gravimétricas adotadas apontam para o cuidado que se deve ter ao adotar uma ou outra para projetos em que o valor econômico dos resíduos é parâmetro fundamental. Embora o somatório global de resíduos estimados seja muito próximo entre as duas projeções, as frações dos resíduos, cujos preços são bem diferentes entre si, podem conferir maior ou menor cifra aos resíduos e, conseqüentemente, viabilizar ou não um projeto de

recuperação de resíduos. No caso deste estudo, observou-se que, tanto para um cenário atual quanto um de geração futura, a diferença de estimativa de 0,8% e 2,2% foi suficiente para reduzir em 43% e 61%, respectivamente.

Percebe-se que manter infraestruturas de instalações, pessoal, insumos e transporte baseado em metas muito além do quadro real de absorção do mercado, torna-se um esforço não recompensado financeiramente para sustentar a manutenção da própria meta estabelecida. O excedente de materiais recicláveis se torna rejeito pela falta de mercado e acabam sendo enviados para aterros sanitários.

Os custos de operação foram os mais significativos na implantação da rede via modelo proposto, chegando a representar 67% nos Cenários G e H. No entanto, os custos de transporte se destacam correspondendo a 33% nos Cenários A e B. Estes custos de transporte estão associados à capacidade de transporte dos caminhões que, de maneira global para os Cenários, comportou-se melhor com caminhões de 16 t. Caminhões menores se adéquam melhor para pequenas geração e os de maior capacidade para municípios de maior geração, no caso para os da Região Metropolitana.

Deve-se sempre levar em consideração as possibilidades de ajustes práticos nos arranjos da rede logística e nas centrais, como aumento da mecanização das atividades, ampliação da capacidade de armazenamento sem aumento, à mesma proporção, da área da central, abertura de outras áreas candidatas, dentre outras.

Este estudo apontou para um quadro de necessidade de desenvolvimento da indústria de reciclagem no Espírito Santo com mais empresas receptoras de forma que se possa consumir todos os RSRS desviados. O fomento a micro e pequenas empresas deve ser promovido, pois desempenham papel importante no comércio de recicláveis mesmo com menores preços pagos. A promoção de empreendimentos para sustentar a necessidade das centrais beneficia toda a cadeia produtiva, uma vez que o aporte de resíduos recicláveis traz vantagens para produção com materiais com quantidade, qualidade, preço competitivo e frequência.

A contribuição do presente trabalho está na aplicação da modelagem matemática para um problema real, fortalecendo tanto os aspectos legais, sociais e ambientais, quanto aspectos econômicos do mercado de reciclagem.

Não há uma quantidade exata de centrais que podem ou não ser abertas, nem suas respectivas capacidades, porém salienta-se a flexibilidade do modelo e sua utilidade a outros pesquisadores, à instituições de fomento às organizações de catadores, aos próprios catadores e aos órgãos governamentais por fornecer informações estratégicas para a tomada de decisão quanto à localização de centrais de transbordo e armazenamento para o gerenciamento de RSRS das organizações de catadores, de forma a fortalecer as atividades deste grupo e impulsionar a indústria de reciclagem no Espírito Santo.

7.1. Recomendações para Trabalhos Futuros

Este método de pesquisa pode ser aplicado a outros estados ou micro e mesorregiões. Diferentes cenários, ainda, podem ser sugeridos ao modelo com novos parâmetros, novas variáveis, novos dados de entrada de forma a fornecer resultados mais específicos para cada gestor.

Das limitações encontradas na elaboração deste estudo, destacam-se as lacunas no SNIS com informações municipais; obscuridade dos dados de empresas e seus respectivos preços de compra e quantidades comercializadas, além de suas capacidades de processamento; falta de um banco de dados público para consulta das empresas no setor por atividades realizadas; fragilidade no registro de dados e informações nas organizações de catadores. Para contornar tal panorama foram necessárias consultas à bibliografia disponível e uso de ferramentas estatísticas.

Sugere-se que sejam realizadas e mantidas bases de dados para consulta pública dos elos que compõem a rede logística reversa, por exemplo, as empresas recicladoras de fato, que comprem de empresas que só acumulam ou que pré beneficiam. Propõe-se também um modelo que aloque centrais e efetue a roteirização dos RSRS na rede, contemplando uma frota heterogênea. E, por fim, a elaboração de uma heurística cuja resolução se torne mais rápida com a incorporação de mais nós à rede logística.

REFERÊNCIAS

1. ABAL - Associação Brasileira de Alumínio. Relação entre Sucata Recuperada e Consumo Doméstico – 2013. Disponível em: <<http://www.abal.org.br/estatisticas/nacionais/reciclagem/latas-de-aluminio/>>. Acesso em 18 de abril de 2016.
2. ABIPLAST - Associação Brasileira da Indústria do Plástico. Perfil 2015. São Paulo, 2015. Disponível em: <http://file.abiplast.org.br/download/2016/perfil_2015_ok.pdf>. Acesso em 16 de março de 2016.
3. ABIVIDRO - ASSOCIAÇÃO TÉCNICA BRASILEIRA DAS INDÚSTRIAS AUTOMÁTICAS DE VIDRO. Anuário 2009. São Paulo, 2009. Disponível em: <www.abividro.org.br>. Acesso em 22 de março de 2016.
4. ABM - Associação Brasileira de Metalurgia, Materiais e Mineração. Estudo Prospectivo do Setor Siderúrgico. 2008. Disponível em: http://www.abmbrasil.com.br/epss/arquivos/documentos/2011_4_18_16_42_43_32042.pdf. Acesso em 18 de abril de 2016.
5. ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. Norma Brasileira 10.004. Resíduos Sólidos - Classificação. Rio de Janeiro. 2004.
6. ABRELPE. **Panorama dos Resíduos Sólidos no Brasil 2014**. 120 p. Disponível em: <http://www.abrelpe.org.br/Panorama/panorama2014.pdf>. Acesso em 13 de dezembro de 2015.
7. AGRAWAL, S., SINGH, R K., MURTAZA, Q. A literature review and perspectives in reverse logistics. **Resources, Conservation and Recycling**, v. 97, p. 76-92, 2015.
8. AIDIS - Asociación Interamericana de Ingeniería Sanitaria y Ambiental. Directrices para la Gestion Integrada y Sostenible de Residuos Solidos Urbanos en America Latina y el Caribe/Asociación Interamericana de Ingeniería Sanitaria y Ambiental - AIDIS y Centro Internacional de Investigaciones para el Desarrollo - IDRC, texto de: Wanda Maria Risso Günther y Elisabeth Grimberg — São Paulo: AIDIS/IDRC, 2006. 118 p.
9. AIKENS, C.H. Facility location models for distribution planning. **European Journal Operational Research** 22, 263-279, 1985.
10. AL-SALEM, S. M., LETTIERI, P., BAEYENS, J. The valorization of plastic solid waste (PSW) by primary to quaternary routes: From re-use to energy and chemicals. **Progress in Energy and Combustion Science**, 2010. n. 36, pp. 103-129.
11. AMUNES. **Sistema de Acompanhamento dos TCAs**. Disponível em: www.amunes.com.br. Acesso em: 16 de fevereiro de 2016.
12. ANAP. Associação Nacional do Aparistas de Papel. A reciclagem de papel no Brasil 2014. II Encontro Nacional dos Aparistas de Papel. São Paulo, 2015. Disponível em: <http://www.anap.org.br>. Acesso em 13 de fevereiro de 2016.
13. ANDRADE, R. M., FERREIRA, J. A. A Gestão de Resíduos Sólidos Urbanos no Brasil Frente às Questões da Globalização. **REDE – Revista Eletrônica do Prodema**, Fortaleza. 2011. v. 6, n.1, p. 7-22. Disponível em:

<<http://www.prodema.ufc.br/revista/index.php/rede/article/view/118/36>>. Acesso em 27 de maio de 2015.

14. AQUINO, IF de; CASTILHO JR, AB de; PIRES, TS de L. A organização em rede dos catadores de materiais recicláveis na cadeia produtiva reversa de pós-consumo da região da grande Florianópolis: uma alternativa de agregação de valor. **Gestão e Produção**, v. 16, n. 1, p. 15-24, 2009.
15. BASSANI, P.D. Caracterização de resíduos sólidos de coleta seletiva em condomínios residenciais – Estudo de caso em Vitória-ES. 2011. 189 f. Dissertação de mestrado. Programa de Pós Graduação em Engenharia Ambiental. Universidade Federal do Espírito Santo. Vitória, ES. 2011.
16. BEZERRA, A. Reciclagem: o outro lado da moeda. Especialização em Gestão Ambiental Faculdade Frassinetti do Recife - Pernambuco (FAFIRE). In: Resíduos Sólidos: Perspectivas e desafios para a gestão integrada. Org.: Soraya Giovanetti EI-Deir. UFRPE. Recife, 2014. 135 p.
17. BOGDAN, R. S.; BIKLEN, S. **Investigação qualitativa em educação**: uma introdução à teoria e aos métodos. 1.ed. Porto: Porto Editora, 2010. 336 p. ISBN 9720341122.
18. BRACELPA – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE CELULOSE E PAPEL. Reciclagem de papel. 2012. Disponível em: <<http://www.bracelpa.org.br/bra2/?q=node/172>>. Acesso em: 19 dez. 2015.
19. BRASIL. Constituição (1988). Constituição da República Federativa do Brasil: promulgada em 5 de outubro de 1988. **Diário Oficial [da República Federativa do Brasil]**, Brasília, DF, n. 191A, 05 de Outubro de 1988, Seção I, p. 1-32.
20. _____. Decreto n. 8666, de 21 de junho de 1993. Regulamenta o art. 37, inciso XXI, da Constituição Federal, institui normas para licitações e contratos da Administração Pública e dá outras providências. **Diário Oficial [da República Federativa do Brasil]**, Brasília, DF, n. 116, 22 de junho de 1993, Seção I, p. 1-13. ISSN 1677-7042.
21. _____. Decreto n. 5940, de 26 de outubro de 2006. Institui a separação dos resíduos recicláveis descartados pelos órgãos e entidades da administração pública federal direta e indireta, na fonte geradora, e a sua destinação às associações e cooperativas dos catadores de materiais recicláveis, e dá outras providências. **Diário Oficial [da República Federativa do Brasil]**, Brasília, DF, n. 206, 26 de outubro de 2006, Seção I, p. 4. ISSN 1677-7042.
22. _____. Lei n. 11.445, de 5 de janeiro de 2007. Estabelece diretrizes nacionais para o saneamento básico; altera as Leis nos 6.766, de 19 de dezembro de 1979, 8.036, de 11 de maio de 1990, 8.666, de 21 de junho de 1993, 8.987, de 13 de fevereiro de 1995; revoga a Lei no 6.528, de 11 de maio de 1978; e dá outras providências. **Diário Oficial [da República Federativa do Brasil]**, Brasília, DF, n. 5, 08 de janeiro de 2007, Seção I, p. 3-7. ISSN 1677-7042.
23. _____. Ministério das Cidades. **Elementos para a organização da coleta seletiva e projeto dos galpões de triagem**. Coord. Tarcísio De Paula Pinto e Juan Luis Rodrigo González. Brasília, 2008. 57p.
24. _____. Ministério do Meio Ambiente. **Manual para implantação de**

compostagem e de coleta seletiva no âmbito de consórcios públicos. Melhoria da gestão ambiental urbana no Brasil – BRA/OEA/08/001. Brasília, 2010a. 75p.

25. _____. Lei n. 12.305, de 2 de Agosto de 2010. Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos; altera a Lei n. 9.605, de 12 de fevereiro de 1998; e dá outras providências. **Diário Oficial [da República Federativa do Brasil]**, Brasília, DF, n. 147, 03 de agosto de 2010b, Seção I, p. 3-7. ISSN 1677-7042.
26. _____. Ministério do Meio Ambiente. Plano Nacional de Resíduos Sólidos. Brasília, DF, 2012. 106 p.
27. _____. Ministério do Trabalho e Emprego. Política Nacional de Economia Solidária –SENAES/MTE. Fomento aos empreendimentos econômicos solidários e redes de cooperação constituídas por catadores e catadoras de materiais reutilizáveis e recicláveis. Brasília, DF, 2013a. v. 2. 16 p.
28. _____. Ministério da Saúde. Fundação Nacional de Saúde. **4º Caderno de pesquisa de engenharia de saúde pública.** Brasília: Funasa, 2013b. 228 p.
29. _____. Ministério das Cidades. Diagnóstico da gestão e manejo de resíduos sólidos urbanos – 2013. **Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento.** Programa de modernização do setor de saneamento. Brasília, DF, 2015.
30. _____. Ministério das Cidades. Diagnóstico da gestão e manejo de resíduos sólidos urbanos – 2014. **Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento.** Programa de modernização do setor de saneamento. Brasília, DF, 2016.
31. BRINGHENTI, J. Coleta Seletiva de resíduos sólidos urbanos: aspectos operacionais e da participação da população. 2004. 306 f. Tese de Doutorado. Faculdade de Saúde Pública. Universidade de São Paulo. 2004.
32. BRITO, L. P. G. D., CAVENAGHI, S., e JANNUZZI, P. D. M. Demographic estimates and projections for small domains: *an evaluation of the precision for the municipalities in the State of Rio de Janeiro in 2000 and 2007.* **Revista Brasileira de Estudos de População**, v. 27, n. 1, p. 35-57, 2010.
33. CAMPOS, H K T. Renda e evolução da geração per capita de resíduos sólidos no Brasil. **Engenharia Sanitária e Ambiental**, v. 17, n. 2, p. 171-180, 2012.
34. CAMPOS, H K T. Recycling in Brazil: Challenges and prospects. **Resources, Conservation and Recycling**, v. 85, p. 130-138, 2014.
35. CEMPRE – Compromisso Empresarial para Reciclagem. Lixo Municipal: Manual de Gerenciamento Integrado. Coordenação: André Vilhena - 3.ed. São Paulo: CEMPRE, 2010.
36. _____. A Lei na prática. 2015. Disponível em: <www.cempre.org.br>. Acesso em 02 de junho de 2015.
37. CEZANA, T. Modelo matemático para definição de centrais de transbordo para logística reversa de resíduos sólidos gerados em terminais marítimos do Rio de Janeiro. Ago/2015. 183 f. Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil. Universidade Federal do Espírito Santo. 2015.
38. CHANDLER, A.J., EIGHMY, T.T., HJELMAR, O., KOSSON, D.S., SAWELL,

- S.E., VEHLow, J., VAN DER SLOOT, H.A., HARTLÉN, J. Municipal Solid Waste Incinerator Residues. **Elsevier**, 1997. 973p. ISBN 044482563-0.
39. CHATURVEDI, A. E-Waste management for a sustainable future. In: ISWA. Beacon Conference on Waste Prevention and Recycling, Buenos Aires, Argentina, 2011.
 40. CLEAN UP AUSTRALIA. Glass Recycling Fact Sheet. 2009. Disponível em <https://www.cleanup.org.au>. Acesso em 23 de junho de 2016.
 41. CUNHA, V.; CAIXETA FILHO, J. V. C. Gerenciamento da coleta de resíduos sólidos urbanos: estruturação e aplicação do modelo não-linear de programação por metas. **Gestão e Produção**, v. 9, n. 2, 2002.
 42. CWG - Collaborative Working Group on Solid Waste Management in Low- and Middle-income Countries. GIZ - Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ) GmbH. The Economics of the Informal Sector in Solid Waste Management. Coord.: Sandra Spies, Ellen Gunsilius . Eschborn, Germany. **CWG Publication Series**. n. 5. 36 p.
 43. DAMÁSIO, J. Cadeia produtiva da reciclagem e organização de redes de cooperativas de catadores: oportunidades e elementos críticos para a construção de tecnologia social de combate à pobreza e inclusão social no estado da Bahia. Relatório final. PANGEA. 2008. 397 p.
 44. _____. Estudo da cadeia de comercialização de materiais recicláveis: uma pesquisa exploratória das estruturas de mercado das regiões metropolitanas de Salvador, São Paulo e Brasília. Centro de Referência de Catadores de Materiais Recicláveis. PANGEA. 2010. 309 p.
 45. DIAS, S. Lixo e Cidadania: os impactos da política de resíduos sólidos de Belo Horizonte no mundo do trabalho do catador da ASMARE. In: **XIII Encontro da Associação Brasileira de Estudos Populacionais**. Ouro Preto, MG, 2002. Disponível em: http://www.abep.nepo.unicamp.br/docs/anais/pdf/2002/GT_MA_ST37_Dias_texto.pdf.
 46. DIAS, G., CRUZ, T. Plano de Gerenciamento Integrado de Resíduos Vítreos - PGIRV. Belo Horizonte : Fundação Estadual do Meio Ambiente : Fundação Israel Pinheiro, 2009. 24 p.
 47. DIAS, S. Overview of the legal framework for social inclusion in solid waste management in Brazil. **WIEGO**, Cambridge, Massachusetts, USA. 2010. Disponível em: www.inclusivocities.org. Acesso em 15 de março de 2015.
 48. DIAS, S. Repensando a articulação entre catadores, gestão integrada e sustentável de resíduos sólidos e desenvolvimento. Tessituras: **Revista de Antropologia e Arqueologia**. 2015. v. 3, n. 1, p. 294.
 49. DOUGLAS, R., LEIFSO, B. Reclaiming the World's Waste: Waste Pickers Organizing for Inclusion. **Women and Environments International Magazine**, v. 94/95, p. 35-37, 2015.
 50. DUBKE, A. F. Modelo de localização de terminais especializados: um estudo de caso em corredores de exportação da soja. Tese de Doutorado. Programa de Pós-graduação em Engenharia Industrial. Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro, 2006.

51. DUTRA, R M. Avaliação do cenário de compra e venda de resíduos sólidos recicláveis nos municípios do CONDOESTE/ES. Abr/2016. 204 f. Dissertação de Mestrado. CT/Programa de Pós Graduação em Engenharia e Desenvolvimento Sustentável. Universidade Federal do Espírito Santo. Vitória. 2016.
52. EIGENHEER, E. M.; FERREIRA, J. A.; ADLER, R. R. Reciclagem: mito e realidade. Rio de Janeiro: In-fólio, 2005.
53. EKMEKÇIOĞLU, M., KAYA, T., KAHRAMAN, C. Fuzzy multi-criteria disposal method and site selection for municipal solid waste. **Waste Management**. 2010. vol. 30, pp. 1729–1736.
54. ESPÍRITO SANTO. Lei n. 9264, de 15 de julho de 2009. Institui a Política Estadual de Resíduos Sólidos e dá outras providências correlatas. **Diário Oficial [do Espírito Santo]**. Vitória, ES, 16 de julho de 2009. p. 9-15.
55. _____. CONSEMA - Conselho Estadual de Meio Ambiente do Espírito Santo. **Resolução nº 05, de 17 de agosto de 2012: Define a tipologia das atividades ou empreendimentos considerados de impacto ambiental local e dá outras providências**. Diário Oficial dos Poderes do Estado, Espírito Santo, 24 ago. 2012. p. 57 – 60.
56. _____. Portal do Governo do Estado do Espírito Santo. Disponível em: < http://www.es.gov.br/EspiritoSanto/paginas/petroleo_gas.aspx. Acesso em 06 de agosto de 2015.
57. _____. Dados sobre Infraestrutura de Transporte, Portos, Energia e Saneamento. Disponível em: <http://www.es.gov.br/EspiritoSanto/Paginas/infraestrutura.aspx>. Acesso em 12 de fevereiro de 2016.
58. EUROPEAN RECOVERED PAPER COUNCIL - ERPC. European declaration on Paper Recycling 2011-2015. Monitoring Report. 2014. Disponível em: < http://www.paperrecovery.org/uploads/Modules/Publications/Final_MonitoringReport2014.pdf>. Acesso em 12 de julho de 2016.
59. EZEAH, C., FAZAKERLEY, J., ROBERTS, C. Emerging trends in informal sector recycling in developing and transition countries. **Waste management**, v. 33, n. 11, p. 2509-2519, 2013.
60. FARAHANI, R. Z.; REZAPOUR, S.; KARDAR, L. Logistics Operations and Management: concepts and models. New York: Elsevier, 2011.
61. FERGUTZ, O., DIAS, S., MITLIN, D. Developing Urban Waste Management in Brazil with Waste Picker Organizations. **Environment and Urbanization**. 2011. 23(2). pp. 597-608.
62. FERRI, G., CHAVES, G., RIBEIRO, G. Analysis and location of urban solid waste collection/inspection centers for a reverse logistics network: a case study in São Mateus-ES. **Produção**. 2015a. v. 25, n. 1, p. 27-42.
63. _____. Reverse logistics network for municipal solid waste management: The inclusion of waste pickers as a Brazilian legal requirement. **Waste Management**, v. 40, p. 173-191, 2015b.
64. FERVER - Fédération Européenne des Recycleurs de Verre. Glass recycling: years of improvement. 2015. Disponível em <http://www.glassmanevents.com/>.

Acesso em 25 de maio de 2016.

65. FIGUEIREDO, F. O desenvolvimento da indústria da reciclagem dos materiais no Brasil: Motivação econômica ou benefício ambiental conseguido com a atividade? **Revista Electrónica de Geografía y Ciencias Sociales**. Barcelona, España. v. 16, n. 387. 2012.
66. FINDES. Federação das Indústrias do Espírito Santo. Análise de Competitividade Metalmeccânica. Fevereiro/2016. Disponível em: <http://www.sindiferes.com.br>. Acesso em 12 de fevereiro de 2016.
67. FLEISCHMANN, M.; BLOEMHOF-RUWAARD, J. M.; DEKKER, R.; VAN DER LAAN, E.; VAN NUNEN, J. A.; VAN WASSENHOVE, L. N. Quantitative models for reverse logistics: a review. **European Journal of Operational Research**, 103(1), 1-17, 1997.
68. FONSECA, J. J. S. **Metodologia da pesquisa científica**. Fortaleza: UEC, 2002. Apostila.
69. FOROUHAR, A., HRISTOVSKI, K D. Characterization of the municipal solid waste stream in Kabul, Afghanistan. **Habitat International**, v. 36, n. 3, p. 406-413, 2012.
70. FREITAS, LFS., FONSECA, IF. Caderno de Diagnóstico Número 4 - Catadores. Brasília: IPEA, Ministério do Meio Ambiente. Agosto, 2011.
71. GEOFFRION, A. M., GRAVES, G. W. Multicommodity distribution system design by benders decomposition. *Management Science*, 1974. 20, 822-844. <http://dx.doi.org/10.1287/mnsc.20.5.822>
72. GERHARDT, T.E., SILVEIRA, D.T. **Métodos de pesquisa**. Universidade Aberta do Brasil – UAB/UFRGS. Porto Alegre: Editora da UFRGS, 2009. 120 p. ISBN 978-85-386-0071-8.
73. GHIANI, G.; LAPORTE, G.; MUSMANNO, R. Introduction to logistics systems planning and control. John Wiley e Sons, 2004.
74. GIL, A. C. **Métodos e técnicas de pesquisa social**. 6.ed. São Paulo: Atlas, 2008. 200 p. ISBN 978-85-224-5142-5 1.
75. GIZ - Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ) GmbH. Operators Models. Respecting Diversity. Concepts for Sustainable Waste Management. **CWG Publication Series**. 2013. 192 p.
76. GÓES, H. C. Coleta seletiva, planejamento municipal e a gestão de resíduos sólidos urbanos em Macapá/AP. Planeta Amazônia: **Revista Internacional de Direito Ambiental e Políticas Públicas**. Macapá, n. 3, p. 45-60, 2011.
77. GOETSCHALCKX, M. Supply chain engineering. Vol. 161. New York: Springer, 2011.
78. GONÇALVES, P. A reciclagem integradora dos aspectos ambientais, sociais e econômicos. Rio de Janeiro: DPeA; FASE, 2003. 182 p. (Série Economia Solidária).
79. GONÇALVES, D. N. S., de MORAIS GONÇALVES, C., de ASSIS, T. F., e da SILVA, M. A. Analysis of the Difference between the Euclidean Distance and the Actual Road Distance in Brazil. **Transportation Research Procedia**, v. 3,

- p. 876-885, 2014.
80. GUERRA, A. Cooperativas de crédito mútuo no contexto do sistema financeiro. Dissertação de mestrado - Programa de Pós-graduação de Administração, Universidade Municipal de São Caetano do Sul. 2013.
 81. GUERRERO, L.A., MAAS, G., HOGLAND, W. Solid waste management challenges for cities in developing countries. **Waste Management**. 2013. n.33, 220-232.
 82. GUNSILIUS, E. Role of the informal sector in solid waste management and enabling conditions for its integration: Experiences from GTZ. **German Technical Cooperation Agency (GTZ)**, Eschborn, 2010.
 83. GUTBERLET, J. Cooperative urban mining in Brazil: Collective practices in selective household waste collection and recycling. **Waste Management**, v. 45, p. 22-31, 2015.
 84. HINOJOSA, Y.; PUERTO, J.; FERNÁNDEZ, F. R. A multiperiod two-echelon multicommodity capacitated plant location problem. **European Journal of Operational Research**, v. 123, n. 2, p. 271-291, 2000.
 85. HOORNWEG, D., BHADA-TATA, P. What a waste: a global review of solid waste management. **Urban development series knowledge papers**. 2012. v. 15, p. 1-98.
 86. IBAM – Instituto Brasileiro de Administração Municipal. Manual de Gerenciamento Integrado de resíduos sólidos / José Henrique Penido Monteiro [et al.]; Coord.: Victor Zular Zveibil. Rio de Janeiro: IBAM, 2001.
 87. IBGE - INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. Pesquisa Nacional de Saneamento Básico. Brasília, DF. 2008.
 88. _____. **Contas Regionais do Brasil 2013: Produto Interno Bruto - PIB e participação das Grandes Regiões e Unidades da Federação**. 2013. Disponível em: www.ibge.gov.br. Acesso em 19 de novembro de 2015.
 89. _____. Estimativas da população residente no Brasil e Unidades da federação com data de referência em 1º de julho de 2015. Disponível em: www.ibge.gov.br. Acesso em 28 de janeiro de 2016.
 90. IEMA - Instituto Estadual de Meio Ambiente e Recursos Hídricos (Espírito Santo). Instrução Normativa nº. 10, de 28 de dezembro de 2010. Dispõe sobre o enquadramento das atividades potencialmente poluidoras e/ou degradadoras do meio ambiente com obrigatoriedade de licenciamento ambiental junto ao IEMA e sua classificação quanto a potencial poluidor e porte. Disponível em: < <http://www.meioambiente.es.gov.br/>>. Acesso em: 12 de setembro de 2015.
 91. INESFA - INSTITUTO NACIONAL DAS EMPRESAS DE SUCATA DE FERRO E AÇO. Estudo sobre o setor de sucata de ferro e o impacto da adoção de impostos sobre a exportação de sucata ferrosa no Brasil. GO Associados. 2013.
 92. IPEA - INSTITUTO DE PESQUISA ECONÔMICA APLICADA. Pesquisa sobre pagamento por serviços ambientais urbanos para gestão de resíduos sólidos. **Relatório de Pesquisa**. Brasília, DF. 2010. 66 p.
 93. _____. Diagnóstico sobre Catadores de Resíduos Sólidos. **Relatório de**

Pesquisa. Brasília, DF. 2012. 70 p.

94. ISWA - INTERNATIONAL SOLID WASTE ASSOCIATION. Globalization and Waste Management. Concepts and Facts. Coord.: Antonis Mavropoulos. Leeds, UK. 2012.
95. JACOBI, Pedro Roberto; BESEN, Gina Rizpah. Gestão de resíduos sólidos em São Paulo: desafios da sustentabilidade. **Estudos Avançados**, v. 25, n. 71, p. 135-158, 2011.
96. JAYARAMAN, V.; PATTERSON, R. A.; ROLLAND, E. The design of reverse distribution networks: models and solution procedures. **European Journal of Operational Research**. 2003. n. 150, pg.128-149.
97. KHADIVI, M. R.; GHOMI, SMTF. Solid waste facilities location using of analytical network process and data envelopment analysis approaches. **Waste management**, v. 32, n. 6, p. 1258-1265, 2012.
98. KHAN, D.; KUMAR, A.; SAMADDER, S. R. Impact of socioeconomic status on municipal solid waste generation rate. **Waste Management**, v. 49, p. 15-25, 2016.
99. KIRAMA, A., MAYO, A.W. Challenges and prospects of private sector participation in solid waste management in Dar es Salaam City, Tanzania. **Habitat International**, v. 53, p. 195-205, 2016.
100. KLOSE, A., DREXL, A. Facility location models for distribution system design. **European Journal of Operational Research**, v. 162, n. 1, p. 4-29, 2005.
101. LAVILLE, C., DIONNE, J. **A construção do saber: manual de metodologia da pesquisa em ciências humanas**. Belo Horizonte: UFMG, 1999. 340 p. ISBN 9788573074895.
102. LIMA, A. Principais pontos da política nacional de resíduos sólidos para a gestão de resíduos municipais. Faculdade Damas da Instrução Cristã (Fadic). In: Resíduos Sólidos: Perspectivas e desafios para a gestão integrada. Org.: Soraya Giovanetti El-Deir. UFRPE. Recife, 2014. 135 p.
103. LOVE, R, MORRIS, J., WESOLOWSKY, G. Facility location: models and methods. Amsterdam: North-Holland, 1988.
104. MADEIRA, J., SIMÕES, C. Estimativas preliminares da população urbana e rural segundo as unidades da federação, de 1960/1980 por uma nova metodologia. **Revista Brasileira de Estatística**, v.33, n.129, p.3-11, jan./mar. 1972.
105. MALHOTRA, N. **Pesquisa de marketing: uma orientação aplicada**. 6.ed. Porto Alegre: Bookman, 2011. 719 p. ISBN 9788577809752.
106. MANSIKKASALO, A., LUNDMARK, R., SÖDERHOLM, P., Market behavior and policy in the recycled paper industry: A critical survey of price elasticity research. **Forest Policy and Economics**, v. 38, p. 17-29, 2014.
107. MARELLO, Marta; HELWEGE, Ann. Solid waste management and social inclusion of waste pickers: opportunities and challenges. Social-Inclusion-Working-Paper. **Global Economic Governance Initiative**, Paper, v. 7, 2014.
108. MATTAR, F. N. **Pesquisa de marketing: metodologia, planejamento, execução e análise**. 7.ed. Rio de Janeiro: Elsevier Campus, 2014. 482 p. ISBN

9788535259643 1.

109. MELO, M. T., NICKEL, S., SALDANHA-DA-GAMA, F. Facility location and supply chain management: A review. **European Journal of Operational Research**, 2009. 196(2), 401-412. <http://dx.doi.org/10.1016/j.ejor.2008.05.007>
110. NOVAES, A.G. (2008). **Fleet and Transport Management**. 2ª Ed. Cengage Learning Publishing House. São Paulo.
111. OLIVEIRA, M. Gestão de resíduos plásticos pós-consumo: perspectivas para a reciclagem no Brasil. 2012. 104 f. Dissertação de Mestrado em Planejamento Energético. COPPE - Universidade Federal do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro, 2012.
112. OLIVEIRA, M F., DA COSTA, S. L. M., DOS SANTOS PEREIRA, F., DA COSTA, M. A. A indústria de transformação de plásticos e seu desempenho recente. BNDES Setorial. 2013. v.38. p.131-172.
113. OWEN, S H., DASKIN, M S. Strategic facility location: A review. **European Journal of Operational Research**, v. 111, n. 3, p. 423-447, 1998.
114. PAUL, J. G., ARCE-JAQUE, J., RAVENA, N., VILLAMOR, S. P. Integration of the informal sector into municipal solid waste management in the Philippines—What does it need?. **Waste Management**, v. 32, n. 11, p. 2018-2028, 2012.
115. PEREIRA, A. L.; BOECHAT, C. B.; TADEU, H. F. B.; SILVA, J. T. M.; CAMPOS, P. M. S. Logística reversa e sustentabilidade. São Paulo: Cengage Learning, 2012.
116. PÉREZ-SALAZAR, M R., MATEO-DÍAZ, N F., RODRÍGUEZ, R G., CRISTÓBAL-VÁZQUEZ, I M A., AGUILAR-LASSERRE, A A. A three echelon, multiple-source, capacitated facility location problem for solid waste management at the northern region of Veracruz, Mexico. **IIE Annual Conference**. Proceedings. (2014): 2049-2059.
117. PHILIPPI JR., A., BRUNA, G C. Política e gestão ambiental. In: PHILIPPI JR., A., ROMÉRO, M A, BRUNA, G C (Editores). Curso de Gestão Ambiental. Barueri, SP: Manole, 2004. pp. 657-711.
118. PIRKUL, H.; JAYARAMAN, V. A multi-commodity, multi-plant, capacitated facility location problem: formulation and efficient heuristic solution. **Computers e Operations Research**, v. 25, n. 10, p. 869-878, 1998.
119. PISHVAEE, M. S.; KIANFAR, K.; KARIMI, B. Reverse logistics network design using simulated annealing. **The International Journal of Advanced Manufacturing Technology**. 2010. v. 47, n. 1-4, p. 269-281.
120. POLETTO, M., DE MORI, P. R., SCHNEIDER, V. E., ZATTERA, A. J. Urban solid waste management in Caxias do Sul/Brazil: practices and challenges. **Journal of Urban and Environmental Engineering**, v. 10, n. 1, p. 50-56, 2016.
121. REVELLE, C S., EISELT, H A., DASKIN, M S. A bibliography for some fundamental problem categories in discrete location science. **European Journal of Operational Research**, v. 184, n. 3, p. 817-848, 2008.
122. REZENDE, J. H., CARBONI, M., MURGEL, M. A. D. T., CAPPS, A. L. D. A. P., TEIXEIRA, H. L., SIMÕES, G. T. C., ... e OLIVEIRA, C. D. A. Gravimetric

composition and specific weight of urban solid waste in Jaú (SP). **Engenharia Sanitaria e Ambiental**, v. 18, n. 1, p. 1-8, 2013.

123. RIBEIRO, L., FREITAS, L., CARVALHO, J., OLIVEIRA FILHO, J. Aspectos econômicos e ambientais da reciclagem: um estudo exploratório nas cooperativas de catadores de material reciclável do Estado do Rio de Janeiro. **Nova Economia**. Belo Horizonte, MG, Brasil. v. 24, n. 1, p. 191-214, 2014.
124. RIMAITYTE, I., RUZGAS, T., DENAFAS, G., RACYS, V., MARTUZEVICIUS, D. Application and Evaluation of Forecasting Methods for Municipal Solid Waste Generation in an Eastern-European City. **Waste Management e Research : The Journal of the International Solid Wastes and Public Cleansing Association**, ISWA 30, no. 1. 2012. pp.89-98.
125. RLV. Planilhas de preços de fretes-viagem. Transporte e Economia Soluções Empresariais. 2016. Disponível em: <<http://www.rlvsolucoes.com.br/mapa.html>>. Acesso em 11 de abril de 2016.
126. RODRIGUEZ, C. À procura de alternativas econômicas em tempos de globalização: o caso das cooperativas de recicladores de lixo na Colômbia. In: SANTOS, S. B. *et al.* **Produzir para viver: os caminhos da produção não capitalista**. Rio de Janeiro: Civilização Brasileira, 2002.
127. RUTKOWSKI, J E.; RUTKOWSKI, E W. Expanding worldwide urban solid waste recycling: The Brazilian social technology in waste pickers inclusion. **Waste Management e Research**, p. 0734242X15607424, 2015.
128. RUTKOWSKI, J., VARELLA, C., CAMPOS, L. A reciclagem de resíduos sólidos urbanos no Brasil: Desafios e oportunidades para ampliação. In: **XI Seminário Nacional de Resíduos Sólidos**. ABES. Brasília, 2014. 15p.
129. SANCHES, V. M. L. Apresentação do Modelo Centralizado de Gerenciamento de Resíduos Sólidos para os Portos Marítimos Brasileiros. Rio de Janeiro: IVIG/COPPE, 2014.
130. SANTOLIN, R. C. **Proposta de Ferramenta de Gestão de Bolsas de Resíduos Sólidos Brasileiras com Uso do Balanced Scorecard e Boston Consulting Group**. 2014. 98 f. *Dissertação de Mestrado em Engenharia Ambiental - Programa de Pós-Graduação em Engenharia Ambiental*, Universidade Federal do Espírito Santo, Vitória, 2014.
131. SARKIS, J.; DARNALL, N.; NEHMAN, G.; PRIEST, J. The role of supply chain management within the industrial ecosystem. Orlando, FL: **Proceedings of the 1995 IEEE International Symposium on Electronics and the Environment**, 1995.
132. SCHEINBERG, A. Modes of Sustainable Recycling in the Modernization of Waste Management Systems. 2011. 136 f. Thesis. Wageningen University. Wageningen, Netherlands. 2011.
133. SCHEINBERG, A. Informal sector integration and high performance recycling: Evidence from 20 cities. **WIEGO Working Paper (Urban Policies)**. Manchester, UK, 2012. n. 23. 36 p.
134. SCHEINBERG, A., WILSON, D., RODIC, L. Solid Waste Management in the World's Cities. UN-Habitat's Third Global Report on the State of Water and Sanitation in the World's Cities. Earthscan Publications, Newcastle-on-Tyne,

UK. 2010.



135. SCHEINBERG, A., SPIES, S., SIMPSON, M. H., MOL, A. P. Assessing urban recycling in low-and middle-income countries: Building on modernised mixtures. **Habitat International**, v. 35, n. 2, p. 188-198, 2011.
136. SCHEINBERG, A., SIMPSON, M., GUPT, Y. Economic Aspects of the Informal Sector in Solid Waste, Final Report and Annexes. GIZ (German International Co-operation), the CWG (Collaborative Working Group on Solid Waste Management in Low- and Middle-income Countries, and the German Ministry of Foreign Affairs. Eschborn, Germany. 2012.
137. SCHWARTZ FILHO, A. J. Localização de Indústrias de Reciclagem na Cadeia Logística Reversa do Coco Verde. Dissertação de Mestrado, Programa de Mestrado em Engenharia Civil, Universidade Federal do Espírito Santo, Vitória, 2006.
138. SUSTAINABILITY VICTORIA. Market summary – recycled glass. 2014. Disponível em <http://www.sustainability.vic.gov.au/>. Acesso em 23 de junho de 2016.
139. TACKLA, J.P. Organizações legais de catadores de materiais recicláveis: governança corporativa e disfunções das atividades operacionais. 2016. 136f. Dissertação de Mestrado - Programa de Pós-Graduação em Engenharia e Desenvolvimento Sustentável. Universidade Federal do Espírito Santo. Vitória. 2016.
140. TENÓRIO, Jorge Alberto Soares, ESPINOSA, Denise Croce, Romano. Controle Ambiental de Resíduos. In: PHILIPPI JR., A., ROMÉRO, M. A., BRUNA, G. C. (Editores). Curso de Gestão Ambiental. Barueri, SP: Manole, 2004. pp.155-211.
141. TIRADO-SOTO, M. M. Análise e formação de redes de cooperativas de catadores de materiais recicláveis no âmbito da economia solidária. Out/2011. 228 f. Tese de Doutorado. COPPE/ Programa de Engenharia de Produção. Universidade Federal do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro. 2011.
142. TIRADO-SOTO, M. M.; ZAMBERLAN, F. L. Networks of recyclable material waste-picker's cooperatives: An alternative for the solid waste management in the city of Rio de Janeiro. **Waste Management**. Elsevier: 2013, p. 1004-1012.
143. VELIS, C. A., WILSON, D. C., ROCCA, O., SMITH, S. R., MAVROPOULOS, A., CHEESEMAN, C. R. An analytical framework and tool ('InteRa') for integrating the informal recycling sector in waste and resource management systems in developing countries. **Waste Management e Research**, v. 30, n. 9 suppl, p. 43-66, 2012.
144. VELIS, C.A. Global recycling markets - plastic waste: A story for one player – China. Report prepared by FUELogy and formatted by D-waste on behalf of International Solid Waste Association - Globalisation and Waste Management Task Force. **ISWA**, Vienna, September 2014.
145. VEOLIA. From waste to resource: An abstract of "2006 World Waste Survey". **Economica Editions**. Paris, France. 2006. 44 p. ISBN: 2-7178-5310-3.
146. VITAL, J. P. **Apuramento de custos de refeições industriais**. Revista Especialize Online IPOG. Goiânia, julho/2013. vol.01. 5ed. nº 5. ISSN 2179-

5568.

147. VON SPERLING, M. **Introdução à qualidade das águas e ao tratamento dos esgotos**. Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental. Belo Horizonte: UFMG, 2005. 3ed.
148. WIEGO. **Refusing to Be Cast Aside: Waste Pickers Organising Around the World**. Cambridge, MA, USA: Women in Informal Employment: Globalizing and Organizing, 2009.
149. _____. **First Global Strategic Workshop of Waste Pickers: Inclusive Solid Waste Management**. Cambridge, MA, USA: Women in Informal Employment: Globalizing and Organizing, 2012.
150. WILSON, DC., VELIS, C, CHEESEMAN, C. Role of informal sector recycling in waste management in developing countries. **Habitat international**, v. 30, n. 4, p. 797-808, 2006.
151. WILSON, D., RODIC, L., SCHEINBERG, A., VELIS, C., ALABASTER, G. Comparative analysis of solid waste management in 20 cities. **Waste Management e Research**. 2012. vol. 30. p.237.
152. XIARCHOS, I M., FLETCHER, J J. Price and volatility transmission between primary and scrap metal markets. **Resources, Conservation and Recycling**, v. 53, n. 12, p. 664-673, 2009.
153. YADAV, V., KARMAKAR, S., DIKSHIT, A. K., VANJARI, S. A Facility Location Model for MSW Management Systems Under Uncertainty: A Case Study of Nashik City, India. **Procedia Environmental Sciences**, v. 35, p. 90-100, 2016.
154. YIN, R. K. **Estudo de caso: planejamento e métodos**. 5.ed. Porto Alegre: Bookman, 2015. 290 p. ISBN 9781452242569.

APÊNDICE A

Questionário das Organizações de Catadores de Resíduos

  <div style="display: inline-block; vertical-align: middle;"> <p style="font-size: 1.2em; margin: 0;">INSTITUTO SINDIMICRO</p> <p style="font-size: 0.8em; margin: 0;">INSTITUTO PARA O DESENVOLVIMENTO DAS MICRO E PEQUENAS EMPRESAS E EMPREENDEDORES INDIVIDUAIS DO ESPÍRITO SANTO</p> </div>
INFORMAÇÕES GERAIS
Mês/Ano da entrevista:
Modo da entrevista:
Cooperativa ou Associação
Nome:
SIGLA:
CNPJ:
Município:
Endereço Completo:
Telefone:
E-mail:
Coordenada UTM (latitude):
Coordenada UTM (longitude):
Nome do responsável:
Cargo do responsável:
Telefone do responsável:
E-mail do responsável:
Está formalizada?
Em operação?
Possui contrato com a prefeitura para algum serviço?
Se possui contrato, para que serviço?
a) Coleta
b) Triagem
c) Educação Ambiental
d) Serviços Ambientais
e) Compostagem
Possui convênio com a prefeitura para ajuda nas despesas?
Possui licenciamento ambiental? (Pedir cópia)
Possui regimento interno?
Renda Mensal Média dos trabalhadores (pela associação):
INFRAESTRUTURA
Nº de associados/cooperados:
Nº de associados/cooperados do sexo masculino?
Nº de associados/cooperados do sexo feminino?
a) Administrador
b) Coletores de rua
c) Triadores
d) Retriador
e) Deslocadores de Tambor
f) Enfardador
g) Outras atividades (Descrever)
Possui revezamento de atividades?
Equipamentos Existentes (Quantidade, modelo, capacidade):
a) Esteira Manual
b) Esteira mecanizada
c) Mesa de triagem

d) Carrinho plataforma
e) Carrinho manual p/ deslocar tambores?
f) Empilhadeira
g) Picotadeira
h) Prensa?
i) Balança?
j) Elevador de carga?
l) Veículos?
m) Outros?
Galpão:
a) Qual a área do Galpão (m²)?
b) De quem é o galpão?
c) O galpão é coberto?
d) Qual a altura da cobertura? (m)
Armazenamento:
Etapa de Recepção
Etapa de Pós Triagem
Etapa de Pós Prensagem
CUSTOS
Custo médio mensal:
a) Aluguel
Quem paga?
b) Água
Quem paga?
c) Energia
Quem paga?
d) Telefone
Quem paga?
e) Internet
Quem paga?
l) Manutenção de equipamentos
Quem paga?
g) Alimentação
Quem paga?
h) Combustível (Gasolina/Diesel)
Quem paga?
i) Insumos de produção (cordas, grampos, sacos)
Quem paga?
j) Aterramento de rejeitos
Quem paga?
k) Equipamentos de Segurança
Quem paga?
l) Contador
Quem paga?
m) assistente social
Quem paga?
n) auxiliar de escritório
Quem paga?
o) INSS
Quem paga?
p) Outros
Quem paga?
RECEPÇÃO
O município possui Coleta Seletiva?
Qual a representatividade da coleta seletiva?
Qual o percentual de resíduos provenientes:
a) De Empresas?
b) Da Prefeitura?

	c) Da Catação de rua?
	d) De Moradores?
	e) De Doações?
Recebem resíduos de outros municípios?	
Qual a qualidade dos resíduos recebidos?	
Por quê?	
PROCESSO PRODUTIVO	
Tipo de Beneficiamento / Armazenamento:	
a) Papel	
	Papelão
	Papel Branco
	Jornal
	Tetrapack
	Papel Misturado (revistas, papel liso, seda)
b) Plástico	
	EPS (Isopor)
	PEAD Colorido (garrafas de produtos de limpeza, garrafas de iorgute, potes de sorvete)
	PEAD Cristal (garrafas de produtos de limpeza transparentes)
	PEAD Leitoso (garrafas de produtos de limpeza leitosos)
	PEBD Plástico Filme colorido (sacolas de supermercado, de lixo)
	PEBD Plástico Filme cristal (saquinhos de hortifruti)
	PET cristal (garrafas de refrigerante Coca Cola)
	PET colorido (garrafas de refrigerante Guaraná, etc)
	PP Caixaria (engradados, baldes, bombonas quebradas)
	PP Misto (manteigueira, copo de iorgute, tampa de copo de requeijão, paracheque)
	PS (Copo descartável, pratinhos)
	PVC (bandeijinha ovos)
	PVC (Garrafão de água mineral, copo de requeijão)
	PVC (tubo, forro)
c) Vidro	
	Longneck
	Caco
	Embalagens inteiras
d) Metal	
	Ferro
	Aço
	Alumínio
	Chumbo
	Cobre
	Estanho
	Níquel
	Zinco
e) Componentes eletrônicos	
	Placa de computador
	Computador desmontado
	Computador Inteiro
	Toneer de impressão
	Cartucho de impressão
	Fios
Segregam outros resíduos? Quais?	
Qual o percentual de rejeito?	
MERCADO	
Possui planilha com histórico de venda?	
Quantidade vendida (kg/mês):	
a) Papel	
	Papelão
	Papel Branco
	Jornal

	Tetrapack
	Papel Misturado (revistas, papel liso, seda)
b) Plástico	
	EPS (Isopor)
PEAD Colorido (garrafas de produtos de limpeza transparentes, garrafas de iorgute, potes de sorvete)	
	PEAD Cristal (garrafas de produtos de limpeza transparentes)
	PEAD Leitoso (garrafas de produtos de limpeza leitosos)
	PEBD Plástico Filme colorido (sacolas de supermercado, de lixo)
	PEBD Plástico Filme cristal (saquinhos de supermercado)
	PET cristal (garrafas de refrigerante Coca Cola)
	PET colorido (garrafas de refrigerante Guaraná, etc)
	PP Caixaria (engradados, baldes, bombonas quebradas)
PP Misto (manteigueira, copo de iorgute, tampa de copo de requeijão, paracheque)	
	PS (Copo descartável, pratinhos)
	PVC (bandeijinha ovos)
	PVC (Garrafão de água mineral, copo de requeijão)
	PVC (tubo, forro)
c) Vidro	
	Longneck
	Caco
	Embalagens inteiras
d) Metal	
	Ferro
	Aço
	Alumínio
	Chumbo
	Cobre
	Estanho
	Níquel
	Zinco
e) Componentes eletrônicos	
	Placa de computador
	Computador desmontado
	Computador Inteiro
	Toneer de impressão
	Cartucho de impressão
	Fios
Preço médio de venda (R\$/kg):	
a) Papel	
	Papelão
	Papel Branco
	Jornal
	Tetrapack
	Papel Misturado (revistas, papel liso, seda)
b) Plástico	
	EPS (Isopor)
PEAD Colorido (garrafas de produtos de limpeza transparentes, garrafas de iorgute, potes de sorvete)	
	PEAD Cristal (garrafas de produtos de limpeza transparentes)
	PEAD Leitoso (garrafas de produtos de limpeza leitosos)
	PEBD Plástico Filme colorido (sacolas de supermercado, de lixo)
	PEBD Plástico Filme cristal (saquinhos de supermercado)
	PET cristal (garrafas de refrigerante Coca Cola)
	PET colorido (garrafas de refrigerante Guaraná, etc)
	PP Caxaria (engradados, baldes, bombonas quebradas)
PP Misto (manteigueira, copo de iorgute, tampa de copo de requeijão, paracheque)	
	PS (Copo descartável, pratinhos)

	PVC (bandeijinha ovos)
	PVC (Garrafão de água mineral, copo de requeijão)
	PVC (tubo, forro)
c) Vidro	
	Longneck
	Caco
	Embalagens inteiras
d) Metal	
	Ferro
	Aço
	Alumínio
	Chumbo
	Cobre
	Estanho
	Níquel
	Zinco
e) Componentes eletrônicos	
	Placa de computador
	Computador desmontado
	Computador Inteiro
	Toneer de impressão
	Cartucho de impressão
	Fios
Entrega ou Comprador busca?	
	a) Papel
	b) Plástico
	c) Vidro
	d) Metal
Para quem vende?	
	a) Papel
	b) Plástico
	c) Vidro
	d) Metal
SEGURANÇA DO TRABALHO	
Possui PPRA?	
Quantas horas trabalham por dia?	
Quantos dias trabalham por semana?	
Existe revezamento nas atividades da associação?	
Esforço físico no trabalho?	
Esforço causa algum efeito?	
Efeito do esforço?	
	a) Dor nos braços e Costas
	b) Problema na Coluna
	c) Dificuldade de respirar
	d) Dor de Cabeça
	e) Pneumonia\Bronquite
	f) Stress
	g) Tontura
	h) Outros
Encontra objetos cortantes ou perfurantes (agulhas, pregos, cacos de vidro, facas, etc...) no lixo que separa?	
Já houveram acidentes no manuseio do lixo?	
Frequencia de lesões leves por mês?	
	a) Pequenos cortes
	b) Tropeções
	c) Dores nos pulsos
Frequencia de lesões graves por mês?	
	a) Cortes profundos?

	b) Esmagamento de membros?
	c) Infecções?
	d) Fraturas?
Ergonomia:	
	a) Sente dores na coluna?
	b) A mesa de triagem está na altura adequada?
	c) Dores nas mãos?
Quais são as causas dos acidentes ocorridos no seu trabalho?	
Na sua opinião, o seu trabalho pode provocar alguma doença em você?	
Existem reuniões/conversas sobre a importância da segurança no trabalho?	
Equipamento de Proteção Individual (EPI)	
Os associados possuem EPI?	
Se possuem, os associados utilizam os EPIs?	
Tipos de EPIs utilizados:	
	a) Luvas?
	a.1) Qual a periodicidade de troca?
	b) Bota?
	b.1) Qual a periodicidade de troca?
	c) Avental?
	c.1) Qual a periodicidade de troca?
	d) Óculos de proteção?
	d.1) Qual a periodicidade de troca?
	e) Protetor auricular
	d.1) Qual a periodicidade de troca?
	e) Mascara
	e.1) Qual a periodicidade de troca?
Riscos físicos:	
	a) Grau de ruído no ambiente?
	b) Temperatura do ambiente?
	c) Existem equipamentos que produzem vibração no local?
Riscos químicos:	
	a) A associação coleta/trabalha algum resíduo perigoso? (latas de óleo lubrificante, graxa, solventes, asbesto, etc)
	a.1) Se sim, qual?
	b) Qual o grau de poeira no local?
Riscos biológicos:	
	a) Existem mosquitos (pernilongos)?
	b) Há presença de baratas, ratos ou outros animais na associação?
	d) O material que chega na associação apresenta Fungos?
	e) Outros?
Iluminação: Adequada ou Inadequada?	
Ventilação: Adequada ou Inadequada?	
Observações:	
Tempo:	

APÊNDICE B

Lista de atividades passíveis de licenciamento segundo Instrução Normativa nº. 10/10 do IEMA selecionadas para o estudo (IEMA, 2010).

Código da atividade	Descrição da Atividade
6.01	Indústria Siderúrgica.
6.03	Produção de chapas lisas ou corrugadas, bobinas, tiras e fitas, perfis, barras redondas, chatas ou quadradas, vergalhões, tubos e fios, de metais e ligas ferrosas e não ferrosas, a quente ou a frio, com ou sem fusão, desde que sem tratamento químico superficial e/ou galvanotécnico.
6.04	Fundição de metais e ligas ferrosas e não ferrosas em fornos tipo cubilot, ou forno elétrico ou fornos que utilizam óleos combustíveis.
6.05	Produção de alumínio, cobre, zinco, manganês, cromo, vanádio, cádmio, metais preciosos e/ou suas ligas.
6.06	Relaminação de metais e ligas não-ferrosos.
6.09	Fabricação de estruturas metálicas, sem tratamento superficial químico ou termoquímico.
6.10	Produção de artefatos de metais ou ligas ferrosas ou não-ferrosas laminados, extrudados, trefilados, inclusive móveis, sem tratamento superficial químico ou termoquímico.
6.11	Estamparia, funilaria e latoaria, inclusive com pintura por aspersão e/ou aplicação de verniz e/ou esmaltação, sem tratamento químico superficial e/ou galvanotécnico.
6.12	Fabricação de tanques, reservatórios e outros recipientes metálicos de caldeiraria, inclusive com pintura por aspersão e/ou aplicação de verniz e/ou esmaltação, sem tratamento químico superficial e/ou galvanotécnico.
10.03	Fabricação de embalagens e/ou artefatos de papel ou papelão, inclusive com impressão e/ou plastificação.
10.04	Corte de papel para produção de rolos de papel higiênico, lenços e outros.
12.02	Fabricação de resinas, fibras e fios artificiais e sintéticos e de borracha e látex sintéticos.
12.10	Fracionamento e embalagem de produtos químicos de limpeza (sabões, detergentes, ceras, desinfetantes e afins), inseticidas, germicidas e fungicidas.
12.16	Fabricação/Industrialização de isopor.
13.01	Fabricação de laminados plásticos.
13.02	Fabricação de artigos de material plástico para usos industriais.
13.03	Fabricação de artigos de material plástico para uso doméstico pessoal – exceto calçados, artigos do vestuário e de viagem.
13.04	Fabricação de embalagens plásticas, inclusive com impressão.
13.05	Fabricação de manilhas, canos, tubos e conexões de material plástico para todos os fins, desde que não associada diretamente à atividade portuária.
13.06	Fabricação de móveis moldados de material plástico.
13.07	Fabricação de artigos diversos de material plástico, incluindo fitas, flâmulas, discos, brindes, objetos de adornos, artigos de escritório.
13.08	Fabricação de outros artigos de material plástico não especificados em enquadramento próprio.
14.03	Fabricação de cordas, cordões e cabos de fibras têxteis e sintéticas.
14.04	Fabricação de estopa e de materiais para estofos e recuperação de resíduos têxteis.
14.06	Fabricação de artefatos têxteis não especificados, com estamparia e/ou tintura.
18.03	Fabricação e elaboração de vidros e cristais.
18.04	Corte e acabamento de vidros, sem fabricação e/ou elaboração.
18.05	Fabricação e elaboração de produtos diversos de minerais não metálicos (abrasivos, lixas, esmeril e outros).
18.06	Fabricação de peças, artefatos e estruturas utilizando fibra de vidro e resina.
18.13	Fabricação de artigos de joalheria, bijuteria, ourivesaria e lapidação.
18.14	Fabricação de pincéis, vassouras, escovas e semelhantes, inclusive com reaproveitamento de materiais.
18.15	Fabricação de produtos descartáveis de higiene pessoal.
18.18	Fabricação, montagem e serviços de reparação de tubos/tubulações, flexíveis ou não, para atividade de exploração de petróleo, associado diretamente à estrutura portuária.
22.01	Triagem e armazenamento temporário de materiais sólidos reaproveitáveis não contaminados com produto ou resíduo perigoso.
22.02	Triagem e armazenamento temporário de materiais sólidos reaproveitáveis contaminados com produto ou resíduo perigoso, inclusive ferro-velho.
22.03	Unidades de reciclagem de papel.
22.08	Unidades de mistura e pré-condicionamento de resíduos ("blendagem") para co-processamento.

Lista de atividades passíveis de licenciamento segundo Resolução nº 05/ 12 do CONSEMA com destaque às atividades selecionadas para o estudo.

Código das atividades	Descrição da Atividade
5.01	Produção de chapas lisas ou corrugadas, bobinas, tiras e fitas, perfis, barras redondas, chatas ou quadradas, vergalhões, tubos e fios, de metais e ligas ferrosas e não ferrosas, a quente ou a frio, com ou sem fusão, desde que sem tratamento químico superficial e/ou galvanotécnico.
5.02	Relaminação de metais e ligas não-ferrosos.
5.05	Fabricação de estruturas metálicas, sem tratamento superficial químico ou termoquímico.
5.06	Produção de artefatos de metais ou ligas ferrosas ou não-ferrosas laminados, extrudados, trefilados, inclusive móveis, sem tratamento superficial químico ou termoquímico.
5.07	Estamparia, funilaria e latoaria, inclusive com pintura por aspersão e/ou aplicação de verniz e/ou esmaltação, sem tratamento químico superficial e/ou galvanotécnico.
5.08	Fabricação de tanques, reservatórios e outros recipientes metálicos de caldeiraria, inclusive com pintura por aspersão e/ou aplicação de verniz e/ou esmaltação, sem tratamento químico superficial e/ou galvanotécnico.
9.01	Fabricação de embalagens e/ou artefatos de papel ou papelão, inclusive com impressão e/ou plastificação
9.02	Corte de papel para produção de rolos de papel higiênico, lenços e outros.
11.01	Fabricação de resinas, fibras e fios artificiais e sintéticos e de borracha e látex sintéticos.
11.08	Fabricação / Industrialização de isopor.
12.01	Fabricação de laminados plásticos.
12.02	Fabricação de artigos de material plástico para usos industriais.
12.03	Fabricação de artigos de material plástico para uso doméstico pessoal – exceto calçados, artigos do vestuário e de viagem.
12.04	Fabricação de embalagens plásticas, inclusive com impressão.
12.05	Fabricação de manilhas, canos, tubos e conexões de material plástico para todos os fins, desde que não associada diretamente à atividade portuária.
12.06	Fabricação de móveis moldados de material plástico.
12.07	Fabricação de artigos diversos de material plástico, incluindo fitas, flâmulas, discos, brindes, objetos de adornos, artigos de escritório.
12.08	Fabricação de outros artigos de material plástico não especificados em enquadramento próprio.
13.03	Fabricação de cordas, cordões e cabos de fibras têxteis e sintéticas.
13.04	Fabricação de estopa e de materiais para estofos e recuperação de resíduos têxteis.
13.06	Fabricação de artefatos têxteis não especificados, com estamparia e/ou tintura.
17.02	Fabricação e elaboração de vidros e cristais.
17.04	Fabricação e elaboração de produtos diversos de minerais não metálicos (abrasivos, lixas, esmeril e outros).
17.05	Fabricação de peças, artefatos e estruturas utilizando fibra de vidro e resina.
17.13	Fabricação de pincéis, vassouras, escovas e semelhantes, inclusive com reaproveitamento de materiais.
17.14	Fabricação de produtos descartáveis de higiene pessoal.
20.01	Triagem e armazenamento temporário de materiais sólidos reaproveitáveis não contaminados com produto ou resíduo perigoso.
20.02	Triagem e armazenamento temporário de materiais sólidos reaproveitáveis contaminados com produto ou resíduo perigoso, inclusive ferro-velho.
20.03	Unidades de reciclagem de papel.

APÊNDICE C



Questionário da Indústria da Reciclagem no Espírito Santo

Apresentação

O Questionário apresentado a seguir faz parte de um Projeto de Pesquisa elaborado pelo Laboratório de Gestão em Saneamento Ambiental (LAGESA) da Universidade Federal do Espírito Santo (UFES) que busca levantar dados e informações sobre a demanda da indústria por materiais recicláveis no Espírito Santo e os gargalos deste setor produtivo diante da infraestrutura disponível e oferta de materiais, servindo de base para a elaboração de duas dissertações de mestrado na área de Gestão e Gerenciamento de Resíduos Sólidos.

As informações e os dados repassados por este formulário estarão sob total sigilo, interessando apenas como fonte para elaboração de estudos acadêmicos. A divulgação de nomes de empresas ou responsáveis técnicos, caso ocorra, se dará apenas com a permissão dos mesmos.

INFORMAÇÕES GERAIS			
Data do Preenchimento do Questionário:			
Razão Social:			
CNPJ:			
Nome do Responsável pelo Preenchimento:			
Telefone:			
E-mail:			
Endereço Completo da Unidade que Recebe Resíduos:			
Coordenada UTM (latitude):			
Coordenada UTM (longitude):			
ATIVIDADES			
A empresa utiliza resíduos recicláveis externos no seu processo produtivo?			
Se SIM:			
Quem é o fornecedor dos resíduos recicláveis?			
a) Cooperativas/Associações de catadores			

b) Sucateiros			
c) Indústrias			
d) Outros. (Descrever)			
Se NÃO:			
Por que a empresa não utiliza resíduos sólidos no seu processo produtivo?			
Existe alguma barreira para a compra direta de resíduos sólidos das cooperativas/associações?	SIM/Não		
Se SIM:			
Descreva estas barreiras.			
TIPOS DE RESÍDUOS	Processada	Capacidade	Valor médio de compra (média dos últimos 3 meses)
Qual a quantidade de resíduos processada pela empresa (Tonelada/mês) e valor médio de compra? Preencher as células correspondentes aos resíduos processados.			
a) Papel			
Papelão			
Papel Branco			
Jornal			
Tetrapack			
Papel Misturado (revistas, papel liso, seda)			
b) Plástico			
EPS (Isopor)			
PEAD Colorido (garrafas de produtos de limpeza transparentes, garrafas de iogurte, potes de sorvete)			
PEAD Cristal (garrafas de produtos de limpeza transparentes)			
PEAD Leitoso (garrafas de produtos de limpeza leitosos)			
PEBD Plástico Filme colorido (sacolas de supermercado, de lixo)			
PEBD Plástico Filme cristal (saquinhos de supermercado)			
PET (garrafas de refrigerante)			
PP Caxaria (engradados, baldes, bombonas quebradas)			
PP Misto (manteigueira, copo de iogurte, tampa de copo de requeijão, parachoque)			
PS (Copo descartável, pratinhos)			
PVC (bandeijinha)			
PVC (Garrafão de água mineral, copo de requeijão)			
PVC (tubo, forro)			
c) Vidro			
Longneck			
Caco			
Embalagens inteiras			
d) Metal			
Ferro			
Aço			

	Alumínio			
	Chumbo			
	Cobre			
	Estanho			
	Níquel			
	Zinco			
e) Componentes eletrônicos				
	Placa de computador			
	Computador desmontado			
	Computador Inteiro			
	Toneer de impressão			
	Cartucho de impressão			
	Fios			
PROCESSO PRODUTIVO				
Quais as atividades relacionadas aos resíduos? Ex.: Prensagem, enfiamento, picotagem, fundição, etc. (Detalhar as atividades para cada tipo de resíduo)				
a) Papel				
	Papelão			
	Papel Branco			
	Jornal			
	Tetrapack			
	Papel Misturado (revistas, papel liso, seda)			
b) Plástico				
	EPS (Isopor)			
	PEAD Colorido (garrafas de produtos de limpeza transparentes, garrafas de iorgute, potes de sorvete)			
	PEAD Cristal (garrafas de produtos de limpeza transparentes)			
	PEAD Leitoso (garrafas de produtos de limpeza leitosos)			
	PEBD Plástico Filme colorido (sacolas de supermercado, de lixo)			
	PEBD Plástico Filme cristal (saquinhos de supermercado)			
	PET (garrfas de refrigerante)			
	PP Caxaria (engradados, baldes, bombonas quebradas)			
	PP Misto (manteigueira, copo de iorgute, tampa de copo de requeijão, parachoque)			
	PS (Copo descartável, pratinhos)			
	PVC (bandeiijinha)			
	PVC (Garrafão de água mineral, copo de requeijao)			
	PVC (tubo, forro)			
c) Vidro				
	Longneck			
	Caco			
	Embalagens inteiras			
d) Metal				
	Ferro			

	Aço			
	Alumínio			
	Chumbo			
	Cobre			
	Estanho			
	Níquel			
	Zinco			
e) Componentes eletrônicos				
	Placa de computador			
	Computador desmontado			
	Computador Inteiro			
	Toner de impressão			
	Cartucho de impressão			
	Fios			
EXPANSÃO DAS ATIVIDADES				
A empresa tem interesse em aumentar a utilização de resíduos em seu processo produtivo?		SIM/Não		
Se SIM:				
Qual a capacidade máxima de processamento estimada para cada tipo de resíduo para os próximos anos (tonelada/mês)? (Meta de expansão das atividades da empresa a curto, médio e longo prazo) OBS: Se não houver metas de expansão diferentes manter o mesmo valor.		05 anos	10 anos	20 anos
a) Papel				
	Papelão			
	Papel Branco			
	Jornal			
	Tetrapack			
	Papel Misturado (revistas, papel liso, seda)			
b) Plástico				
	EPS (Isopor)			
	PEAD Colorido (garrafas de produtos de limpeza transparentes, garrafas de iorgute, potes de sorvete)			
	PEAD Cristal (garrafas de produtos de limpeza transparentes)			
	PEAD Leitoso (garrafas de produtos de limpeza leitosos)			
	PEBD Plástico Filme colorido (sacolas de supermercado, de lixo)			
	PEBD Plástico Filme cristal (saquinhos de supermercado)			
	PET (garrfas de refrigerante)			
	PP Caxaria (engradados, baldes, bombonas quebradas)			
	PP Misto (mantegueira, copo de iorgute, tampa de copo de requeijão, paracheque)			
	PS (Copo descartável, pratinhos)			
	PVC (bandeijinha)			
	PVC (Garrafão de água mineral, copo de requeijao)			
	PVC (tubo, forro)			
c) Vidro				

	Longneck			
	Caco			
	Embalagens inteiras			
d) Metal				
	Ferro			
	Aço			
	Alumínio			
	Chumbo			
	Cobre			
	Estanho			
	Níquel			
	Zinco			
e) Componentes eletrônicos				
	Placa de computador			
	Computador desmontado			
	Computador Inteiro			
	Toner de impressão			
	Cartucho de impressão			
	Fios			
	Caso a empresa não utilize resíduos sólidos em seu processo produtivo atualmente, há o interesse de iniciar a utilização de algum resíduo futuramente? Quais as perspectivas de quantidade (tonelada/mês)?			
a) Papel				
	Papelão			
	Papel Branco			
	Jornal			
	Tetrapack			
	Papel Misturado (revistas, papel liso, seda)			
b) Plástico				
	EPS (Isopor)			
	PEAD Colorido (garrafas de produtos de limpeza transparentes, garrafas de iorgute, potes de sorvete)			
	PEAD Cristal (garrafas de produtos de limpeza transparentes)			
	PEAD Leitoso (garrafas de produtos de limpeza leitosos)			
	PEBD Plástico Filme colorido (sacolas de supermercado, de lixo)			
	PEBD Plástico Filme cristal (saquinhos de supermercado)			
	PET (garrfas de refrigerante)			
	PP Caxaria (engradados, baldes, bombonas quebradas)			
	PP Misto (mantegueira, copo de iorgute, tampa de copo de requeijão, parachoque)			
	PS (Copo descartável, pratinhos)			
	PVC (bandeijinha)			
	PVC (Garrafão de água mineral, copo de requeijao)			
	PVC (tubo, forro)			

c) Vidro			
	Longneck		
	Caco		
	Embalagens inteiras		
d) Metal			
	Ferro		
	Aço		
	Alumínio		
	Chumbo		
	Cobre		
	Estanho		
	Níquel		
	Zinco		
e) Componentes eletrônicos			
	Placa de computador		
	Computador desmontado		
	Computador Inteiro		
	Toneer de impressão		
	Cartucho de impressão		
	Fios		

Fonte: Elaborado pelo autor.

APÊNDICE D

Script de ligações nos Questionários

Bom dia!/Boa tarde!

Com quem eu falo?

(Anotar)

Meu nome é _____ e eu sou pesquisador(a) do Laboratório de Gestão do Saneamento Ambiental da Universidade Federal do Espírito Santo e estamos elaborando um levantamento sobre reciclagem no Estado.

Nossa intenção é mapear o mercado de compra e venda de resíduos recicláveis oriundos da coleta seletiva e para isso temos entrado em contato com as empresas para saber se estas utilizam ou têm intenção de utilizar resíduos recicláveis provenientes na coleta municipal no seu processo produtivo.

Com quem eu posso falar a respeito da compra de materiais recicláveis?

(Anotar)

(Se for outra pessoa repetir o script)

Eu posso lhe enviar um e-mail para que você nos responda algumas perguntas sobre a entrada de resíduos sólidos recicláveis na sua empresa?

(Anotar e-mail)

Obrigado(a)!

(Enviar e-mail com a pesquisa)

APÊNDICE E

Projeções populacionais dos municípios do Espírito Santo no período 2016-2035 - Método Aritmético

Município	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033	2034	2035
Afonso Cláudio	30,406	30,292	30,178	30,064	29,950	29,836	29,722	29,608	29,494	29,380	29,265	29,151	29,037	28,923	28,809	28,695	28,581	28,467	28,353	28,239
Água Doce do Norte	9,471	9,463	9,455	9,447	9,439	9,431	9,423	9,415	9,407	9,399	9,391	9,383	9,375	9,367	9,359	9,351	9,343	9,335	9,327	9,319
Águia Branca	11,183	11,085	10,987	10,889	10,791	10,693	10,595	10,497	10,399	10,301	10,203	10,105	10,007	9,909	9,811	9,713	9,615	9,517	9,419	9,321
Alegre	30,200	30,106	30,011	29,917	29,822	29,727	29,633	29,538	29,444	29,349	29,254	29,160	29,065	28,971	28,876	28,781	28,687	28,592	28,498	28,403
Alfredo Chaves	14,158	14,192	14,226	14,260	14,294	14,328	14,362	14,396	14,430	14,464	14,497	14,531	14,565	14,599	14,633	14,667	14,701	14,735	14,769	14,803
Alto Rio Novo	7,529	7,564	7,599	7,635	7,670	7,705	7,741	7,776	7,811	7,847	7,882	7,917	7,952	7,988	8,023	8,058	8,094	8,129	8,164	8,200
Anchieta	26,738	27,210	27,683	28,155	28,628	29,101	29,573	30,046	30,518	30,991	31,464	31,936	32,409	32,881	33,354	33,827	34,299	34,772	35,244	35,717
Apiacá	7,450	7,440	7,430	7,419	7,409	7,399	7,388	7,378	7,368	7,358	7,347	7,337	7,327	7,316	7,306	7,296	7,285	7,275	7,265	7,255
Aracruz	92,149	93,869	95,588	97,308	99,027	100,747	102,466	104,186	105,905	107,625	109,344	111,064	112,783	114,503	116,222	117,942	119,661	121,381	123,100	124,820
Atilio Vivacqua	10,764	10,916	11,068	11,221	11,373	11,525	11,678	11,830	11,982	12,135	12,287	12,439	12,591	12,744	12,896	13,048	13,201	13,353	13,505	13,658
Baixo Guandu	29,838	29,964	30,091	30,217	30,343	30,469	30,595	30,722	30,848	30,974	31,100	31,226	31,353	31,479	31,605	31,731	31,857	31,984	32,110	32,236
Barra de São Francisco	42,480	42,785	43,091	43,396	43,701	44,006	44,311	44,617	44,922	45,227	45,532	45,837	46,143	46,448	46,753	47,058	47,363	47,668	47,974	48,279
Boa Esperança	14,511	14,563	14,615	14,667	14,719	14,771	14,823	14,875	14,927	14,979	15,031	15,083	15,135	15,187	15,239	15,291	15,343	15,395	15,447	15,499
Bom Jesus do Norte	9,626	9,651	9,676	9,701	9,726	9,751	9,776	9,801	9,826	9,851	9,876	9,901	9,926	9,951	9,976	10,001	10,026	10,051	10,076	10,101
Brejetuba	12,052	12,075	12,097	12,120	12,143	12,166	12,189	12,211	12,234	12,257	12,280	12,303	12,325	12,348	12,371	12,394	12,417	12,439	12,462	12,485
Cachoeiro de Itapemirim	198,895	200,396	201,897	203,398	204,899	206,400	207,901	209,402	210,903	212,404	213,905	215,406	216,907	218,408	219,909	221,410	222,911	224,412	225,913	227,414
Cariacica	363,410	365,855	368,300	370,746	373,191	375,636	378,082	380,527	382,972	385,418	387,863	390,308	392,753	395,199	397,644	400,089	402,535	404,980	407,425	409,871
Castelo	35,942	36,141	36,340	36,539	36,738	36,937	37,136	37,335	37,534	37,733	37,933	38,132	38,331	38,530	38,729	38,928	39,127	39,326	39,525	39,725
Colatina	111,234	111,142	111,050	110,957	110,865	110,773	110,680	110,588	110,496	110,404	110,311	110,219	110,127	110,034	109,942	109,850	109,757	109,665	109,573	109,481
Conceição da Barra	29,622	29,818	30,013	30,209	30,404	30,600	30,795	30,991	31,186	31,382	31,577	31,773	31,968	32,164	32,359	32,555	32,750	32,946	33,141	33,337
Conceição do Castelo	12,144	12,221	12,298	12,375	12,452	12,529	12,606	12,683	12,760	12,838	12,915	12,992	13,069	13,146	13,223	13,300	13,377	13,454	13,531	13,609
Divino de São Lourenço	4,335	4,305	4,275	4,245	4,215	4,185	4,155	4,125	4,095	4,065	4,034	4,004	3,974	3,944	3,914	3,884	3,854	3,824	3,794	3,764
Domingos Martins	32,620	32,749	32,877	33,006	33,135	33,264	33,393	33,521	33,650	33,779	33,908	34,037	34,165	34,294	34,423	34,552	34,681	34,809	34,938	35,067
Dores do Rio Preto	6,522	6,543	6,564	6,585	6,606	6,627	6,648	6,669	6,690	6,711	6,731	6,752	6,773	6,794	6,815	6,836	6,857	6,878	6,899	6,920
Ecoporanga	22,752	22,675	22,598	22,522	22,445	22,368	22,292	22,215	22,138	22,062	21,985	21,908	21,831	21,755	21,678	21,601	21,525	21,448	21,371	21,295
Fundão	19,435	19,836	20,238	20,639	21,041	21,443	21,844	22,246	22,647	23,049	23,451	23,852	24,254	24,655	25,057	25,459	25,860	26,262	26,663	27,065
Governador Lindenberg	11,836	11,997	12,158	12,319	12,480	12,641	12,802	12,963	13,125	13,286	13,447	13,608	13,769	13,930	14,091	14,252	14,413	14,575	14,736	14,897
Guaçuí	29,266	29,502	29,738	29,974	30,210	30,446	30,682	30,918	31,154	31,390	31,625	31,861	32,097	32,333	32,569	32,805	33,041	33,277	33,513	33,749
Guarapari	115,418	117,106	118,795	120,483	122,172	123,861	125,549	127,238	128,926	130,615	132,304	133,992	135,681	137,369	139,058	140,747	142,435	144,124	145,812	147,501
Ibatiba	24,260	24,575	24,891	25,206	25,522	25,838	26,153	26,469	26,784	27,100	27,416	27,731	28,047	28,362	28,678	28,994	29,309	29,625	29,940	30,256
Ibiraçu	11,799	11,903	12,006	12,110	12,213	12,317	12,420	12,524	12,627	12,731	12,834	12,938	13,041	13,145	13,248	13,352	13,455	13,559	13,662	13,766
Ibitirama	8,805	8,779	8,754	8,728	8,703	8,678	8,652	8,627	8,601	8,576	8,551	8,525	8,500	8,474	8,449	8,424	8,398	8,373	8,347	8,322
Iconha	13,148	13,252	13,357	13,461	13,565	13,669	13,773	13,878	13,982	14,086	14,190	14,294	14,399	14,503	14,607	14,711	14,815	14,920	15,024	15,128
Irupi	12,544	12,681	12,818	12,955	13,092	13,229	13,366	13,503	13,640	13,777	13,913	14,050	14,187	14,324	14,461	14,598	14,735	14,872	15,009	15,146
Itaguaçu	13,917	13,881	13,845	13,809	13,773	13,737	13,701	13,665	13,629	13,593	13,557	13,520	13,484	13,448	13,412	13,376	13,340	13,304	13,268	13,232
Itapemirim	32,708	32,995	33,282	33,568	33,855	34,142	34,428	34,715	35,002	35,289	35,575	35,862	36,149	36,435	36,722	37,009	37,295	37,582	37,869	38,156
Itarana	10,555	10,500	10,446	10,391	10,337	10,283	10,228	10,174	10,119	10,065	10,011	9,956	9,902	9,847	9,793	9,739	9,684	9,630	9,575	9,521
Itáuna	28,058	28,179	28,301	28,422	28,544	28,666	28,787	28,909	29,030	29,152	29,274	29,395	29,517	29,638	29,760	29,882	30,003	30,125	30,246	30,368

Município	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033	2034	2035
Jaguaré	27,761	28,275	28,789	29,303	29,817	30,331	30,845	31,359	31,873	32,387	32,900	33,414	33,928	34,442	34,956	35,470	35,984	36,498	37,012	37,526
Jerônimo Monteiro	11,293	11,362	11,431	11,500	11,569	11,638	11,707	11,776	11,845	11,914	11,983	12,052	12,121	12,190	12,259	12,328	12,397	12,466	12,535	12,604
João Neiva	16,114	16,165	16,215	16,266	16,317	16,368	16,419	16,469	16,520	16,571	16,622	16,673	16,723	16,774	16,825	16,876	16,927	16,977	17,028	17,079
Laranja da Terra	10,761	10,750	10,740	10,729	10,718	10,707	10,696	10,686	10,675	10,664	10,653	10,642	10,632	10,621	10,610	10,599	10,588	10,578	10,567	10,556
Linhares	158,519	161,388	164,257	167,126	169,995	172,864	175,733	178,602	181,471	184,340	187,208	190,077	192,946	195,815	198,684	201,553	204,422	207,291	210,160	213,029
Mantenópolis	14,459	14,600	14,741	14,882	15,023	15,164	15,305	15,446	15,587	15,729	15,870	16,011	16,152	16,293	16,434	16,575	16,716	16,857	16,998	17,140
Marataízes	36,262	36,616	36,970	37,323	37,677	38,031	38,384	38,738	39,092	39,446	39,799	40,153	40,507	40,860	41,214	41,568	41,921	42,275	42,629	42,983
Marechal Floriano	15,506	15,714	15,921	16,129	16,336	16,543	16,751	16,958	17,166	17,373	17,580	17,788	17,995	18,203	18,410	18,617	18,825	19,032	19,240	19,447
Marilândia	11,817	11,935	12,053	12,172	12,290	12,408	12,527	12,645	12,763	12,882	13,000	13,118	13,236	13,355	13,473	13,591	13,710	13,828	13,946	14,065
Mimoso do Sul	25,724	25,694	25,664	25,635	25,605	25,575	25,546	25,516	25,486	25,457	25,427	25,397	25,367	25,338	25,308	25,278	25,249	25,219	25,189	25,160
Montanha	18,201	18,259	18,318	18,376	18,435	18,494	18,552	18,611	18,669	18,728	18,787	18,845	18,904	18,962	19,021	19,080	19,138	19,197	19,255	19,314
Mucurici	5,508	5,484	5,459	5,435	5,410	5,386	5,361	5,337	5,312	5,288	5,263	5,239	5,214	5,190	5,165	5,141	5,116	5,092	5,067	5,043
Muniz Freire	17,622	17,493	17,363	17,234	17,105	16,976	16,847	16,717	16,588	16,459	16,330	16,201	16,071	15,942	15,813	15,684	15,555	15,425	15,296	15,167
Muqui	14,832	14,904	14,977	15,049	15,122	15,195	15,267	15,340	15,412	15,485	15,558	15,630	15,703	15,775	15,848	15,921	15,993	16,066	16,138	16,211
Nova Venécia	47,841	48,142	48,444	48,745	49,047	49,349	49,650	49,952	50,253	50,555	50,857	51,158	51,460	51,761	52,063	52,365	52,666	52,968	53,269	53,571
Pancas	22,236	22,350	22,465	22,579	22,694	22,809	22,923	23,038	23,152	23,267	23,382	23,496	23,611	23,725	23,840	23,955	24,069	24,184	24,298	24,413
Pedro Canário	24,894	25,077	25,260	25,444	25,627	25,810	25,994	26,177	26,360	26,544	26,727	26,910	27,093	27,277	27,460	27,643	27,827	28,010	28,193	28,377
Pinheiros	25,440	25,698	25,955	26,213	26,470	26,728	26,985	27,243	27,500	27,758	28,015	28,273	28,530	28,788	29,045	29,303	29,560	29,818	30,075	30,333
Piúma	20,005	20,318	20,632	20,945	21,259	21,573	21,886	22,200	22,513	22,827	23,141	23,454	23,768	24,081	24,395	24,709	25,022	25,336	25,649	25,963
Ponto Belo	7,409	7,480	7,552	7,623	7,695	7,767	7,838	7,910	7,981	8,053	8,125	8,196	8,268	8,339	8,411	8,483	8,554	8,626	8,697	8,769
Presidente Kennedy	10,769	10,845	10,921	10,997	11,073	11,149	11,225	11,301	11,377	11,453	11,528	11,604	11,680	11,756	11,832	11,908	11,984	12,060	12,136	12,212
Rio Bananal	18,254	18,374	18,495	18,615	18,736	18,857	18,977	19,098	19,218	19,339	19,460	19,580	19,701	19,821	19,942	20,063	20,183	20,304	20,424	20,545
Rio Novo do Sul	11,357	11,363	11,368	11,374	11,379	11,384	11,390	11,395	11,401	11,406	11,411	11,417	11,422	11,428	11,433	11,438	11,444	11,449	11,455	11,460
Santa Leopoldina	12,106	12,084	12,062	12,039	12,017	11,995	11,972	11,950	11,928	11,906	11,883	11,861	11,839	11,816	11,794	11,772	11,749	11,727	11,705	11,683
Santa Maria de Jetibá	37,417	37,957	38,498	39,038	39,578	40,118	40,658	41,199	41,739	42,279	42,819	43,359	43,900	44,440	44,980	45,520	46,060	46,601	47,141	47,681
Santa Teresa	22,544	22,664	22,784	22,904	23,024	23,144	23,264	23,384	23,504	23,625	23,745	23,865	23,985	24,105	24,225	24,345	24,465	24,585	24,705	24,826
São Domingos do Norte	8,273	8,319	8,364	8,410	8,455	8,500	8,546	8,591	8,637	8,682	8,727	8,773	8,818	8,864	8,909	8,954	9,000	9,045	9,091	9,136
São Gabriel da Palha	35,022	35,549	36,076	36,603	37,130	37,657	38,184	38,711	39,238	39,766	40,293	40,820	41,347	41,874	42,401	42,928	43,455	43,982	44,509	45,037
São José do Calçado	10,364	10,357	10,350	10,342	10,335	10,328	10,320	10,313	10,306	10,299	10,291	10,284	10,277	10,269	10,262	10,255	10,247	10,240	10,233	10,226
São Mateus	120,169	122,026	123,882	125,739	127,596	129,453	131,310	133,166	135,023	136,880	138,737	140,594	142,450	144,307	146,164	148,021	149,878	151,734	153,591	155,448
São Roque do Canaã	11,800	11,888	11,975	12,063	12,151	12,239	12,327	12,414	12,502	12,590	12,678	12,766	12,853	12,941	13,029	13,117	13,205	13,292	13,380	13,468
Serra	462,119	470,927	479,736	488,544	497,353	506,162	514,970	523,779	532,587	541,396	550,205	559,013	567,822	576,630	585,439	594,248	603,056	611,865	620,673	629,482
Sooretama	27,187	27,745	28,302	28,860	29,417	29,974	30,532	31,089	31,647	32,204	32,761	33,319	33,876	34,434	34,991	35,548	36,106	36,663	37,221	37,778
Vargem Alta	20,182	20,358	20,533	20,709	20,884	21,059	21,235	21,410	21,586	21,761	21,936	22,112	22,287	22,463	22,638	22,813	22,989	23,164	23,340	23,515
Venda Nova do Imigrante	23,016	23,444	23,873	24,301	24,729	25,157	25,585	26,014	26,442	26,870	27,298	27,726	28,155	28,583	29,011	29,439	29,867	30,296	30,724	31,152
Viana	71,930	73,085	74,240	75,395	76,550	77,705	78,860	80,015	81,170	82,325	83,479	84,634	85,789	86,944	88,099	89,254	90,409	91,564	92,719	93,874
Vila Pavão	8,877	8,911	8,946	8,980	9,014	9,048	9,082	9,117	9,151	9,185	9,219	9,253	9,288	9,322	9,356	9,390	9,424	9,459	9,493	9,527
Vila Valério	13,803	13,799	13,794	13,790	13,785	13,781	13,776	13,772	13,767	13,763	13,758	13,754	13,749	13,745	13,740	13,736	13,731	13,727	13,722	13,718
Vila Velha	455,759	462,621	469,483	476,345	483,207	490,069	496,931	503,793	510,655	517,518	524,380	531,242	538,104	544,966	551,828	558,690	565,552	572,414	579,276	586,139
Vitória	349,099	352,649	356,199	359,748	363,298	366,848	370,397	373,947	377,497	381,047	384,596	388,146	391,696	395,245	398,795	402,345	405,894	409,444	412,994	416,544

APÊNDICE F

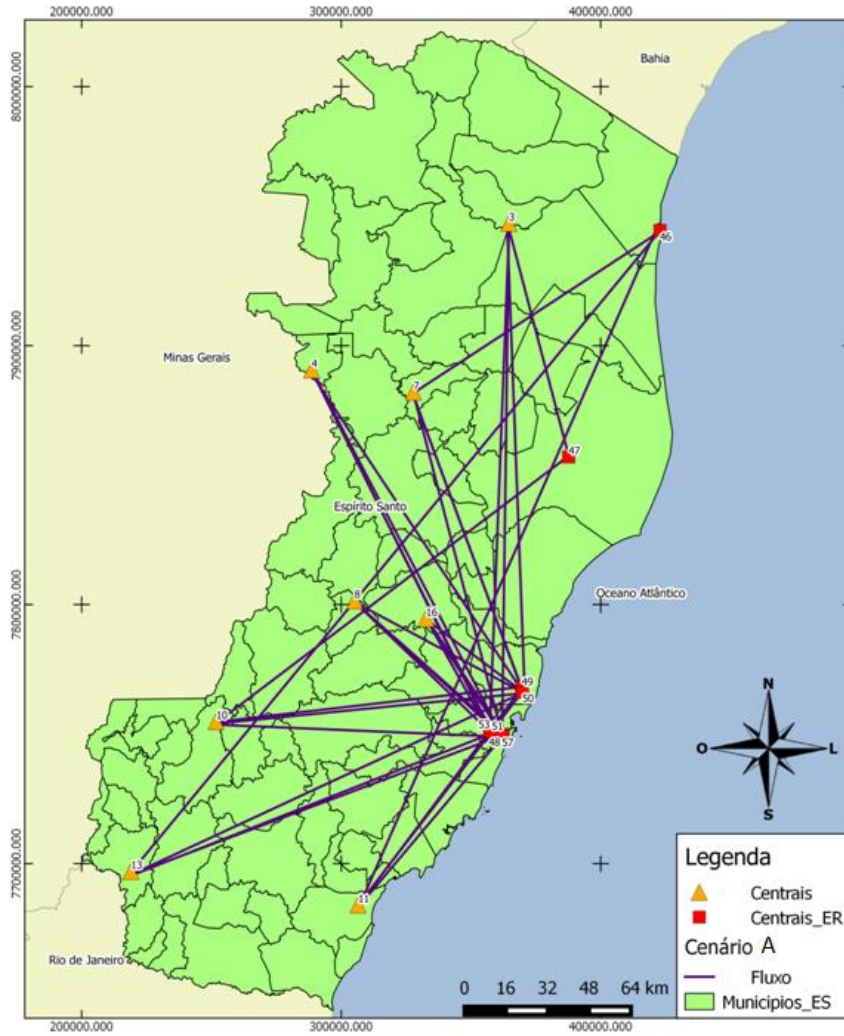
Estimativas médias de geração semanal de RSRS no período 2016-2035.

Município	A				B			
	Papel / Papelão (t/sem)	Plásticos (t/sem)	Metais (t/sem)	Vidros (t/sem)	Papel / Papelão (t/sem)	Plásticos (t/sem)	Metais (t/sem)	Vidros (t/sem)
Afonso Cláudio	1.49	1.53	0.33	0.27	1.74	0.67	0.67	0.54
Água Doce do Norte	0.59	0.61	0.13	0.11	0.84	0.38	0.11	0.03
Água Branca	0.41	0.43	0.09	0.08	0.59	0.27	0.08	0.02
Alegre	0.75	0.77	0.17	0.14	1.07	0.33	0.28	0.15
Alfredo Chaves	0.61	0.63	0.13	0.11	0.87	0.39	0.11	0.04
Alto Rio Novo	0.48	0.49	0.11	0.09	0.68	0.31	0.09	0.03
Anchieta	1.49	1.53	0.33	0.27	2.12	0.97	0.27	0.09
Apiacá	0.42	0.43	0.09	0.08	0.60	0.27	0.08	0.02
Aracruz	0.84	0.87	0.19	0.15	1.59	0.30	0.08	0.08
Atilio Vivacqua	0.19	0.19	0.04	0.03	0.27	0.12	0.03	0.01
Baixo Guandu	0.45	0.46	0.10	0.08	0.45	0.24	0.25	0.15
Barra de São Francisco	2.19	2.25	0.48	0.40	3.52	0.95	0.85	0.00
Boa Esperança	0.94	0.97	0.21	0.17	1.35	0.61	0.17	0.05
Bom Jesus do Norte	3.62	3.73	0.80	0.66	2.13	2.35	1.60	1.60
Brejetuba	0.28	0.29	0.06	0.05	0.40	0.18	0.05	0.02
Cachoeiro de Itapemirim	1.12	1.15	0.25	0.20	2.01	0.58	0.08	0.02
Cariacica	86.88	89.53	19.23	15.92	143.18	40.82	21.38	1.10
Castelo	0.88	0.91	0.19	0.16	1.25	0.39	0.33	0.17
Colatina	2.00	2.06	0.44	0.37	3.54	0.75	0.22	0.21
Conceição da Barra	0.09	0.09	0.02	0.02	0.13	0.04	0.03	0.02
Conceição do Castelo	0.40	0.41	0.09	0.07	0.45	0.23	0.23	0.01
Divino de São Lourenço	0.20	0.21	0.04	0.04	0.29	0.13	0.04	0.01
Domingos Martins	0.43	0.44	0.09	0.08	0.60	0.19	0.16	0.08
Dores do Rio Preto	0.38	0.39	0.08	0.07	0.54	0.25	0.07	0.02
Ecoporanga	1.24	1.28	0.27	0.23	1.77	0.81	0.23	0.07
Fundão	1.73	1.78	0.38	0.32	2.47	1.12	0.31	0.10
Governador Lindenberg	0.11	0.11	0.02	0.02	0.18	0.03	0.03	0.02
Guaçuí	0.81	0.84	0.18	0.15	1.15	0.36	0.30	0.16
Guarapari	0.97	1.00	0.21	0.18	2.09	0.22	0.05	0.00
Ibatiba	2.22	2.29	0.49	0.41	3.17	1.44	0.40	0.13
Ibiraçu	0.67	0.69	0.15	0.12	0.96	0.44	0.12	0.04
Ibitirama	0.44	0.45	0.10	0.08	0.63	0.28	0.08	0.03
Iconha	0.01	0.01	0.00	0.00	0.01	0.01	0.00	0.00
Irupi	0.56	0.57	0.12	0.10	0.80	0.36	0.10	0.03
Itaguaçu	0.05	0.05	0.01	0.01	0.10	0.02	0.00	0.00
Itapemirim	0.75	0.77	0.17	0.14	1.07	0.33	0.28	0.15
Itarana	0.12	0.12	0.03	0.02	0.17	0.08	0.02	0.01
Iúna	1.44	1.48	0.32	0.26	2.06	0.94	0.26	0.08
Jaguaré	1.61	1.66	0.36	0.29	2.29	1.04	0.29	0.09
Jerônimo Monteiro	0.74	0.77	0.16	0.14	1.06	0.48	0.14	0.04
João Neiva	0.01	0.01	0.00	0.00	0.01	0.01	0.00	0.00
Laranja da Terra	0.60	0.61	0.13	0.11	0.00	0.00	0.00	0.00
Linhares	24.24	24.98	5.37	4.44	43.90	7.57	4.54	3.03
Mantenópolis	0.64	0.65	0.14	0.12	0.91	0.41	0.12	0.04
Marataízes	0.88	0.91	0.19	0.16	1.25	0.39	0.33	0.17
Marechal Floriano	1.09	1.12	0.24	0.20	1.56	0.71	0.20	0.06
Marilândia	0.22	0.23	0.05	0.04	0.27	0.12	0.06	0.02
Mimoso do Sul	1.37	1.41	0.30	0.25	1.96	0.89	0.25	0.08
Montanha	0.86	0.89	0.19	0.16	1.50	0.49	0.10	0.00
Mucurici	0.02	0.02	0.00	0.00	0.03	0.01	0.00	0.00
Muniz Freire	0.88	0.91	0.19	0.16	1.26	0.57	0.16	0.05
Muqui	0.51	0.53	0.11	0.09	0.73	0.33	0.09	0.03
Nova Venécia	1.87	1.93	0.41	0.34	2.66	0.83	0.70	0.36
Pancas	0.31	0.32	0.07	0.06	0.37	0.17	0.09	0.03
Pedro Canário	1.55	1.60	0.34	0.28	2.22	1.01	0.28	0.09
Pinheiros	0.56	0.58	0.12	0.10	0.76	0.30	0.15	0.09
Piúma	1.48	1.52	0.33	0.27	2.11	0.96	0.27	0.09
Ponto Belo	0.34	0.35	0.08	0.06	0.48	0.22	0.06	0.02
Presidente Kennedy	0.63	0.65	0.14	0.12	0.90	0.41	0.11	0.04
Rio Bananal	0.85	0.88	0.19	0.16	1.22	0.55	0.16	0.05

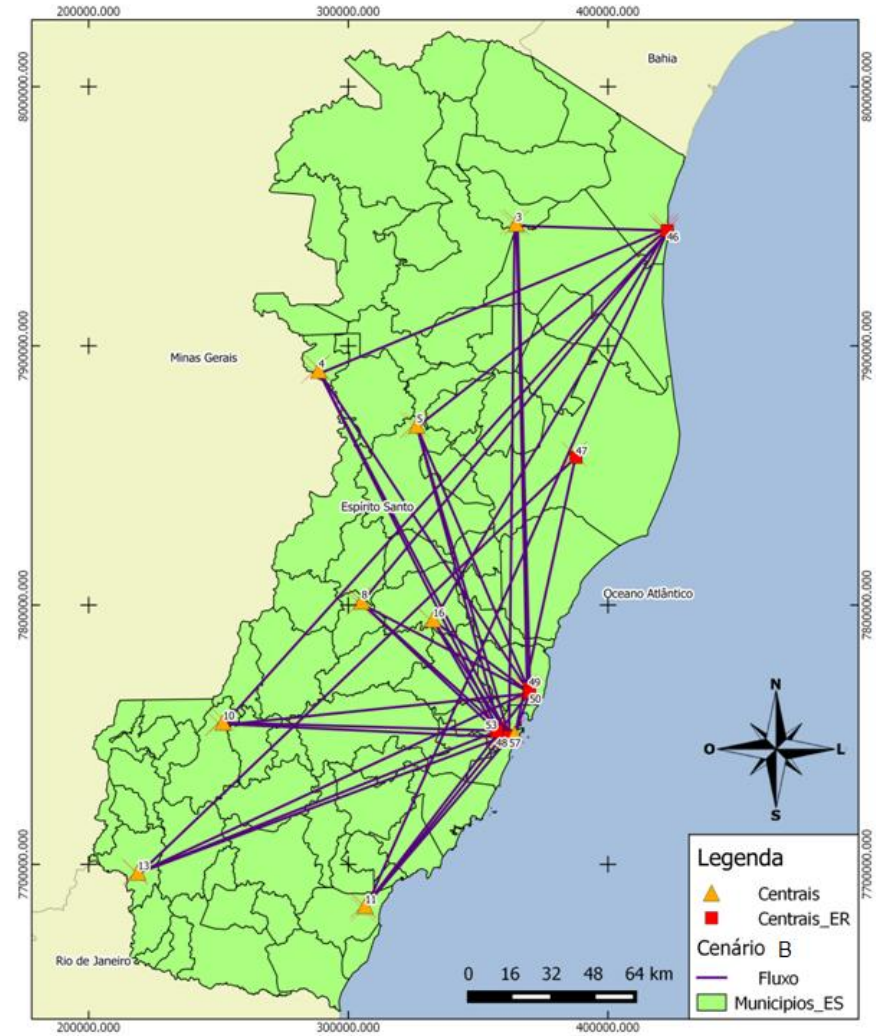
Ecoporanga	4.48	4.61	0.99	0.82	5.20	5.35	1.15	0.95
Fundão	7.78	8.01	1.72	1.43	9.23	9.51	2.04	1.69
Governador Lindenberg	2.96	3.05	0.66	0.54	3.62	3.73	0.80	0.66
Guaçuí	8.76	9.02	1.94	1.61	10.07	10.37	2.23	1.84
Guarapari	27.11	27.91	6.00	4.97	31.67	32.61	7.01	5.80
Ibatiba	2.99	3.08	0.66	0.55	3.48	3.59	0.77	0.64
Ibiraçu	2.71	2.79	0.60	0.50	3.18	3.27	0.70	0.58
Ibitirama	3.00	3.08	0.66	0.55	3.62	3.73	0.80	0.66
Iconha	1.90	1.96	0.42	0.35	2.19	2.26	0.49	0.40
Irupi	2.72	2.80	0.60	0.50	3.26	3.35	0.72	0.60
Itaguaçu	2.05	2.11	0.45	0.38	2.38	2.45	0.53	0.44
Itapemirim	7.75	7.98	1.72	1.42	9.05	9.32	2.00	1.66
Itarana	1.12	1.16	0.25	0.21	1.28	1.31	0.28	0.23
Iúna	5.93	6.10	1.31	1.09	6.97	7.18	1.54	1.28
Jaguaré	6.54	6.73	1.45	1.20	7.66	7.89	1.70	1.40
Jerônimo Monteiro	2.60	2.68	0.58	0.48	3.01	3.10	0.67	0.55
João Neiva	5.51	5.68	1.22	1.01	6.36	6.54	1.41	1.16
Laranja da Terra	1.63	1.68	0.36	0.30	1.93	1.99	0.43	0.35
Linhares	45.86	47.21	10.15	8.40	53.76	55.35	11.90	9.85
Mantenópolis	3.08	3.17	0.68	0.57	3.68	3.79	0.82	0.67
Marataízes	8.80	9.06	1.95	1.61	10.23	10.54	2.27	1.87
Marechal Floriano	4.18	4.30	0.93	0.77	4.88	5.02	1.08	0.89
Marilândia	2.00	2.06	0.44	0.37	2.34	2.41	0.52	0.43
Mimoso do Sul	5.50	5.66	1.22	1.01	6.43	6.62	1.42	1.18
Montanha	3.89	4.00	0.86	0.71	4.48	4.61	0.99	0.82
Mucurici	1.35	1.39	0.30	0.25	1.57	1.61	0.35	0.29
Muniz Freire	3.25	3.34	0.72	0.60	3.76	3.87	0.83	0.69
Muqui	2.24	2.31	0.50	0.41	2.66	2.74	0.59	0.49
Nova Venécia	21.74	22.38	4.81	3.98	26.00	26.78	5.76	4.76
Pancas	0.70	0.73	0.16	0.13	0.85	0.87	0.19	0.16
Pedro Canário	5.84	6.01	1.29	1.07	6.80	7.00	1.51	1.25
Pinheiros	5.40	5.56	1.20	0.99	6.30	6.49	1.39	1.15
Piúma	5.97	6.15	1.32	1.09	7.00	7.21	1.55	1.28
Ponto Belo	1.63	1.68	0.36	0.30	1.93	1.99	0.43	0.35
Presidente Kennedy	2.48	2.56	0.55	0.46	2.89	2.97	0.64	0.53
Rio Bananal	6.62	6.81	1.47	1.21	7.90	8.13	1.75	1.45
Rio Novo do Sul	1.56	1.61	0.35	0.29	1.78	1.84	0.40	0.33
Santa Leopoldina	1.79	1.84	0.40	0.33	2.19	2.25	0.48	0.40
Santa Maria de Jetibá	3.82	3.93	0.85	0.70	4.46	4.59	0.99	0.82
Santa Teresa	2.69	2.76	0.59	0.49	3.28	3.38	0.73	0.60
São Domingos do Norte	1.74	1.79	0.39	0.32	2.06	2.12	0.46	0.38
São Gabriel da Palha	9.08	9.34	2.01	1.66	10.56	10.87	2.34	1.94
São José do Calçado	2.92	3.01	0.65	0.54	3.38	3.48	0.75	0.62
São Mateus	31.91	32.85	7.06	5.85	37.91	39.03	8.39	6.94
São Roque do Canaã	1.81	1.86	0.40	0.33	2.14	2.21	0.47	0.39
Serra	129.85	133.67	28.75	23.79	153.70	158.27	34.03	28.16
Sooretama	6.91	7.11	1.53	1.27	8.21	8.45	1.82	1.50
Vargem Alta	2.53	2.60	0.56	0.46	2.94	3.02	0.65	0.54
Venda Nova do Imigrante	5.03	5.18	1.11	0.92	5.94	6.11	1.31	1.09
Viana	18.54	19.08	4.10	3.40	21.69	22.34	4.80	3.97
Vila Pavão	1.54	1.58	0.34	0.28	1.85	1.91	0.41	0.34
Vila Valério	2.65	2.73	0.59	0.49	3.13	3.22	0.69	0.57
Vila Velha	152.73	157.20	33.81	27.98	176.94	182.17	39.17	32.42
Vitória	126.82	130.54	28.08	23.23	148.46	152.86	32.87	27.20

APÊNDICE G

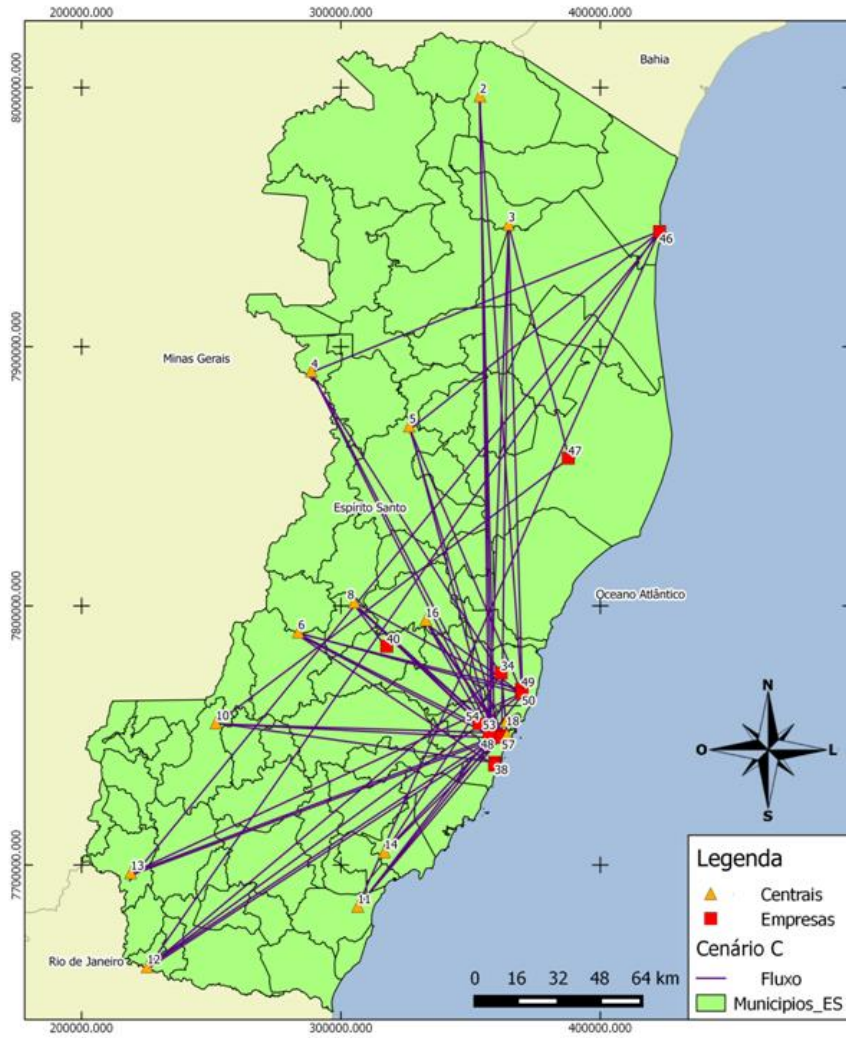
Fluxo de RSRs entre CTARRS e Empresas - Cenário A.



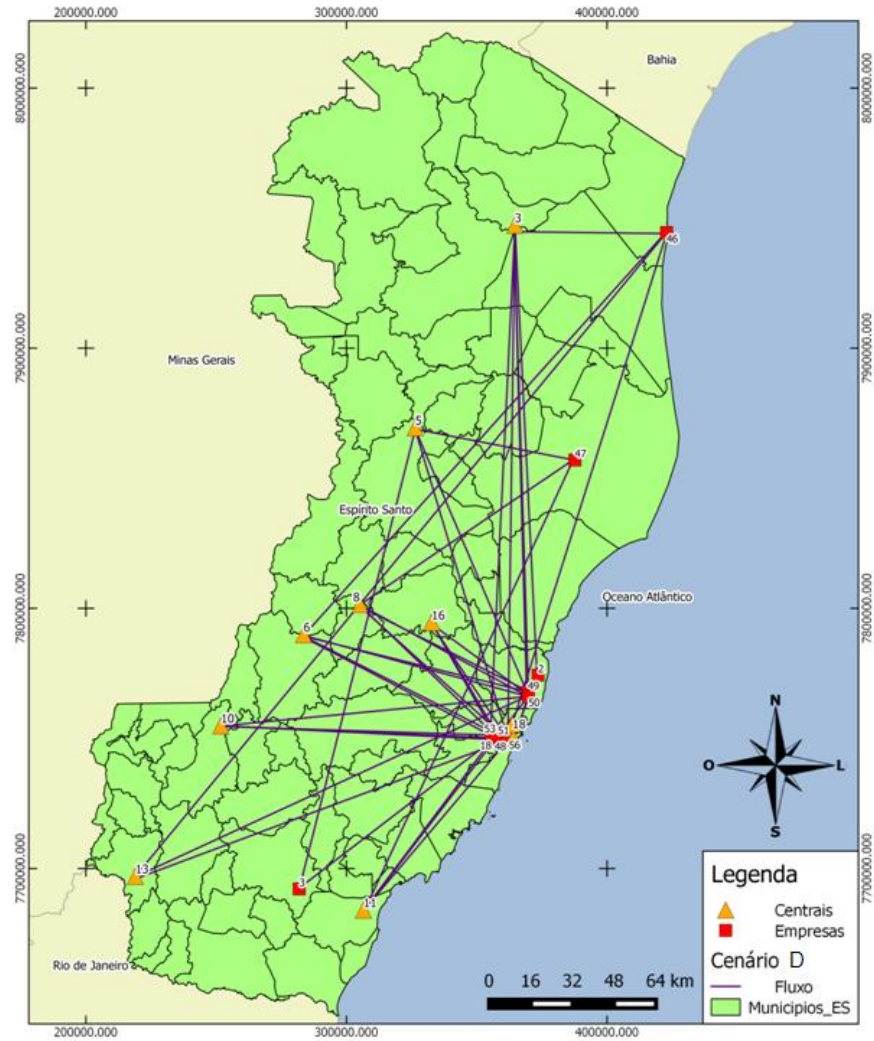
Fluxo de RSRs entre CTARRS e Empresas - Cenário B.



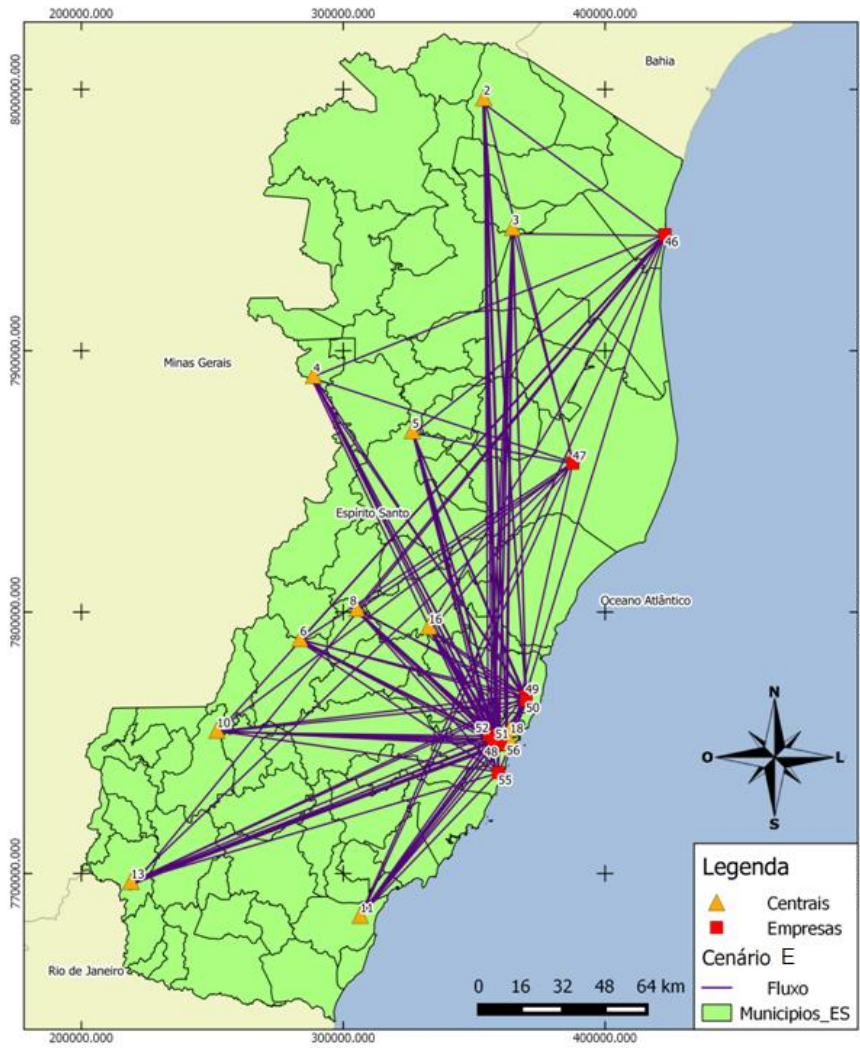
Fluxo de RSRS entre CTARRS e Empresas - Cenário C.



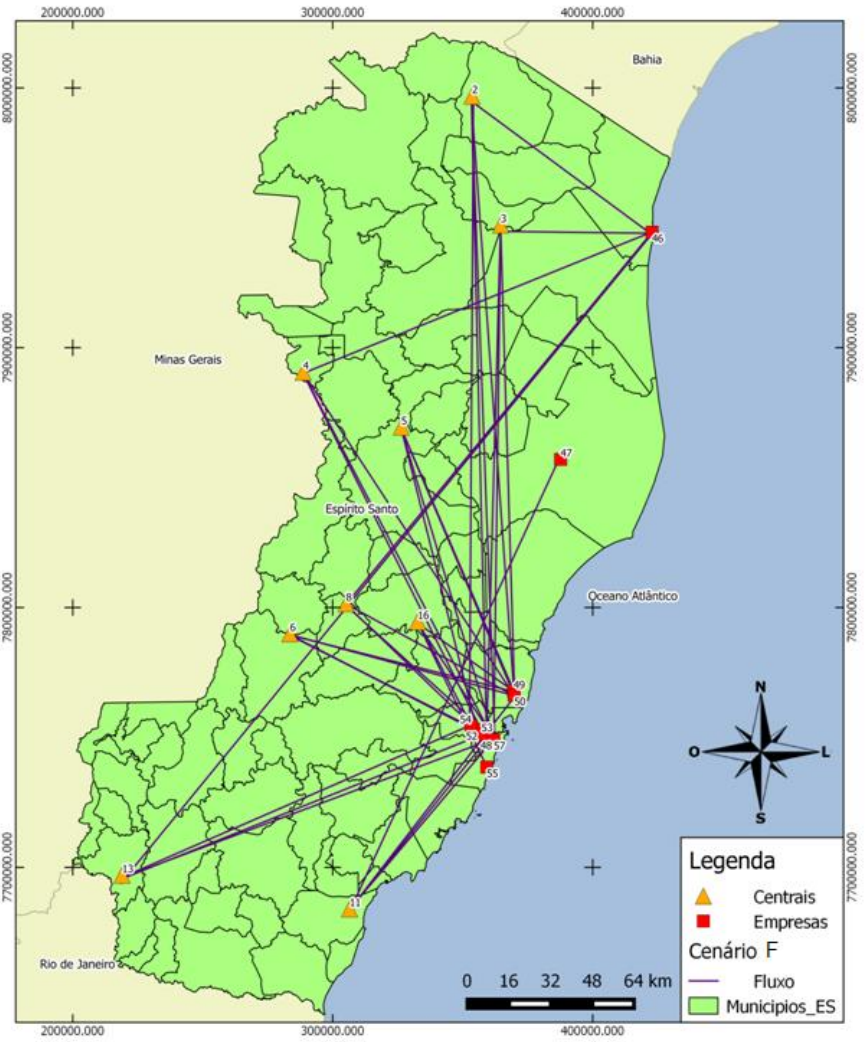
Fluxo de RSRS entre CTARRS e Empresas - Cenário D.



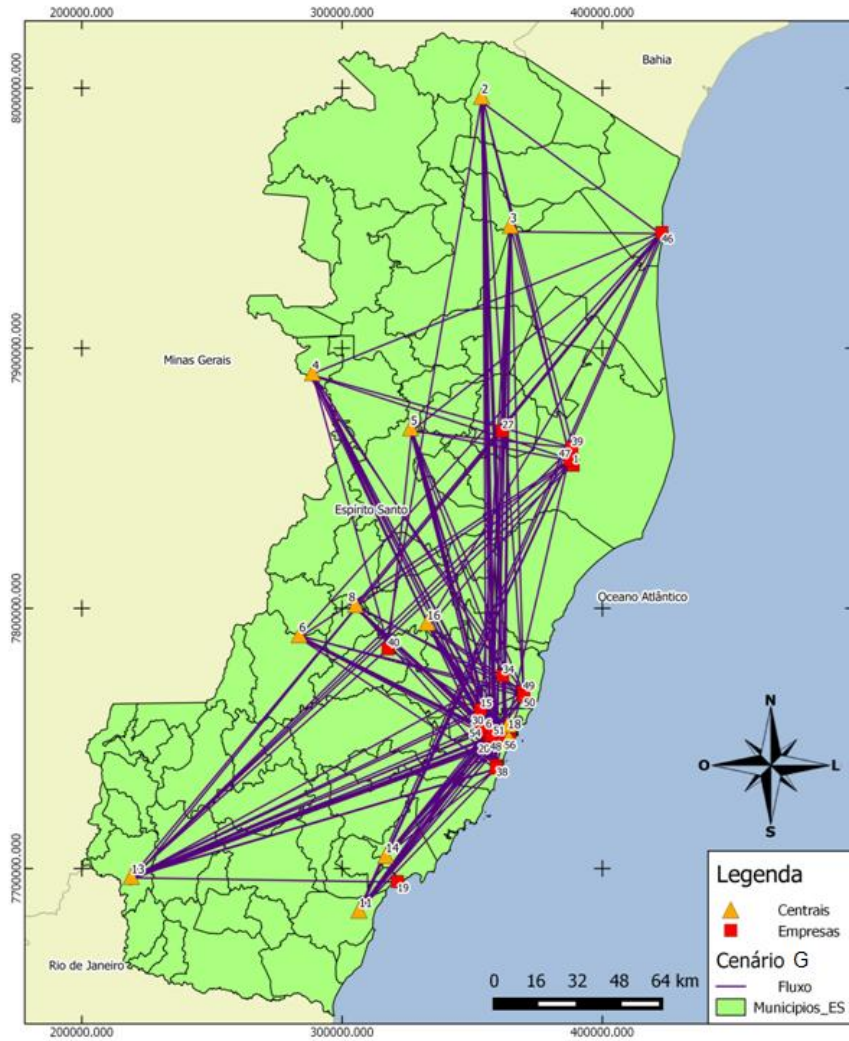
Fluxo de RSRS entre CTARRS e Empresas - Cenário E.



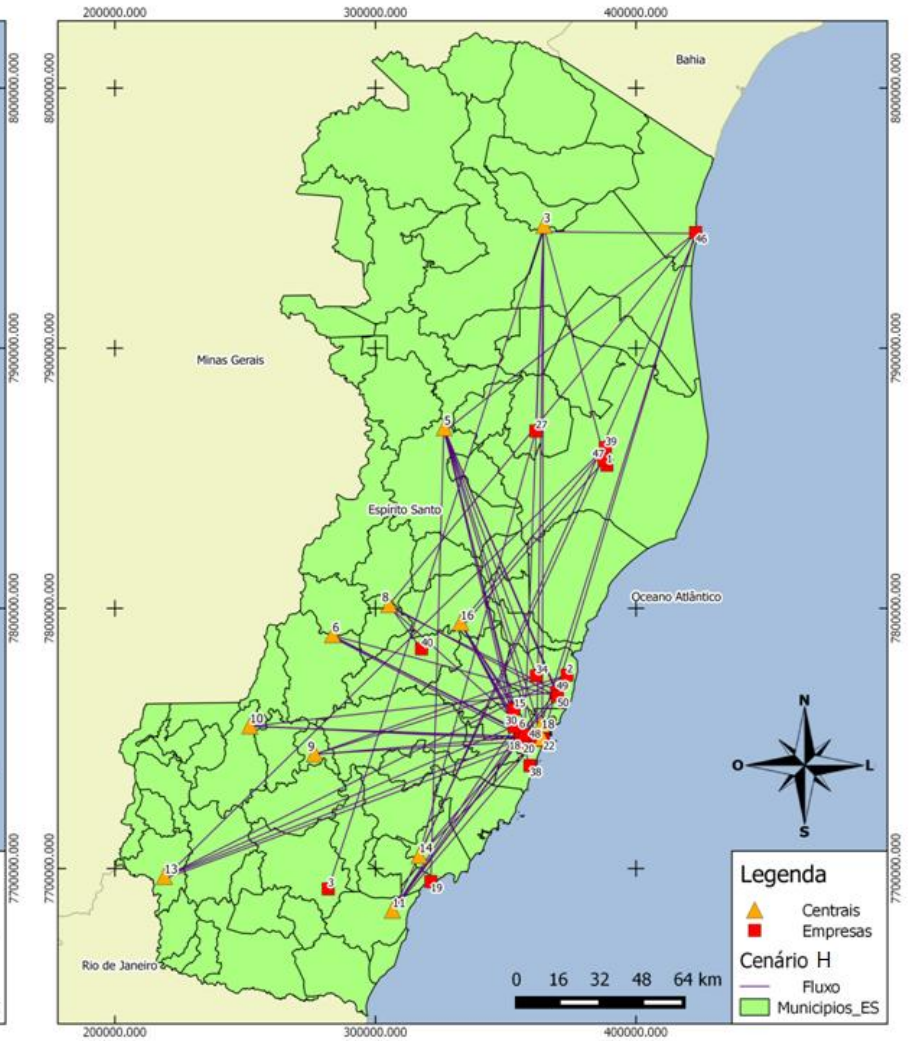
Fluxo de RSRS entre CTARRS e Empresas - Cenário F.



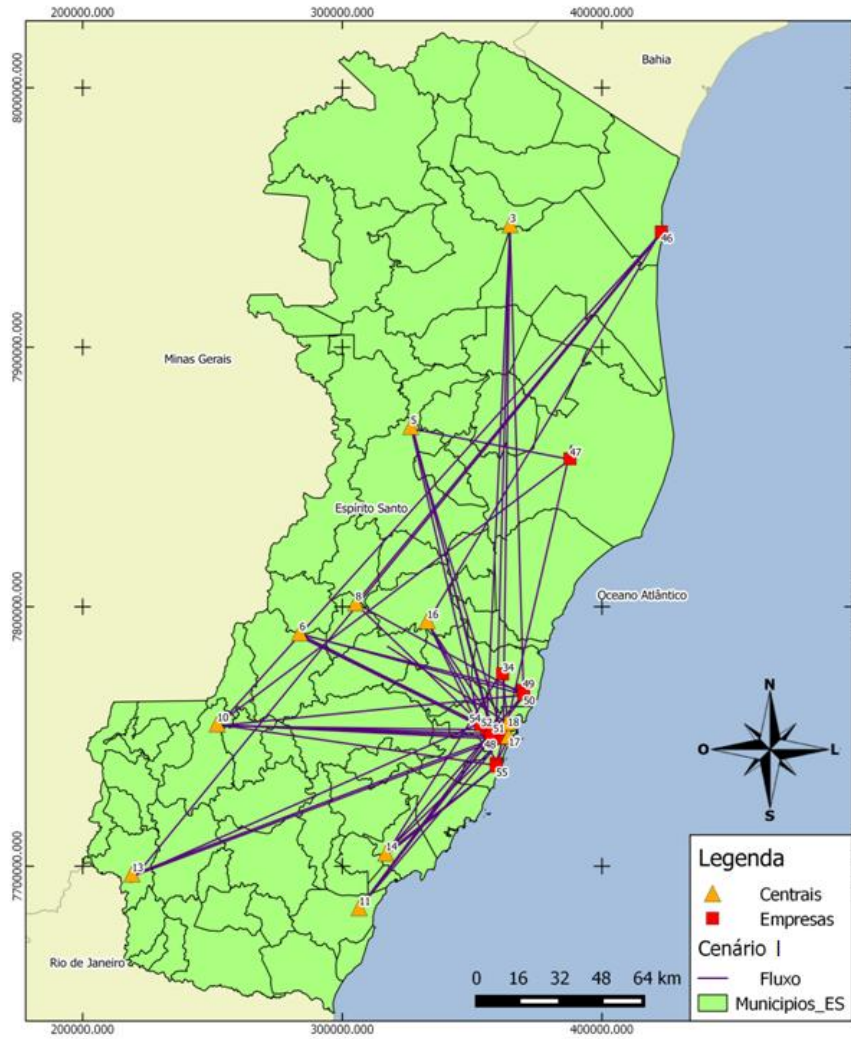
Fluxo de RSRS entre CTARRS e Empresas - Cenário G.



Fluxo de RSRS entre CTARRS e Empresas - Cenário H.



Fluxo de RSRS entre CTARRS e Empresas - Cenário I.



Fluxo de RSRS entre CTARRS e Empresas - Cenário J.

