

UNIVERSIDADE FEDERAL DE ITAJUBÁ
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO
EM ENGENHARIA DE PRODUÇÃO

IMPLANTAÇÃO DE UM PROGRAMA DE COLETA SELETIVA:
UMA PESQUISA-AÇÃO NA CIDADE DE SÃO LOURENÇO,
MINAS GERAIS

Marcella Bernardo Pinto

Itajubá, fevereiro de 2016

UNIVERSIDADE FEDERAL DE ITAJUBÁ
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO
EM ENGENHARIA DE PRODUÇÃO

Marcella Bernardo Pinto

IMPLANTAÇÃO DE UM PROGRAMA DE COLETA SELETIVA:
UMA PESQUISA-AÇÃO NA CIDADE DE SÃO LOURENÇO,
MINAS GERAIS

Dissertação submetida ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção como parte dos requisitos para obtenção do título de *Mestre em Engenharia de Produção*.

Área de Concentração:

Sistemas de Produção e Logística

Orientador:

Prof. Dr. Renato da Silva Lima

Fevereiro de 2016

Itajubá

UNIVERSIDADE FEDERAL DE ITAJUBÁ
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO
EM ENGENHARIA DE PRODUÇÃO

Marcella Bernardo Pinto

IMPLANTAÇÃO DE UM PROGRAMA DE COLETA SELETIVA:
UMA PESQUISA-AÇÃO NA CIDADE DE SÃO LOURENÇO,
MINAS GERAIS

Dissertação aprovada por banca examinadora
em 22 de fevereiro de 2016, conferindo a
autora o título de *Mestre em Engenharia de
Produção*.

Banca Examinadora:

Prof. Dr. Renato da Silva Lima – UNIFEI

Prof. Dr. Carlos Henrique Pereira Mello – UNIFEI

Prof. Dr. Marcelo Montañó– USP

Fevereiro de 2016

Itajubá

DEDICATÓRIA

*Dedico este trabalho ao meu companheiro de vida,
por todo carinho, compreensão e principalmente por
ser meu maior incentivador.*

AGRADECIMENTOS

À Deus, Nossa Senhora e Santa Rita de Cássia, por serem minha fonte de conforto e por me concederem forças para continuar.

Ao meu marido Bruno, meu melhor presente de Deus, por sempre segurar a minha mão, mesmos nos momentos mais difíceis.

À minha mãe, irmã, irmão e sobrinhos, que de algum modo me fizeram ser quem eu sou.

Às amigas Andressa, Débora, Fernanda, Gabriela, Laysa, Letícia e Michelline, por todo carinho e amor, e que mesmo longe sempre torcem por mim.

Às amigas Iara e Thaís que me incentivam e apoiam, e com quem eu tenho o prazer de compartilhar lutas e conquistas.

Às amigas Bruna, Portya e Vanessa, por todas as aulas e conversas leves durante esses últimos dois anos.

As minhas queridas Kívia e Camila, pelo privilégio de conhecê-las e por fazerem parte dos melhores momentos do mestrado.

Ao meu orientador, o Professor Renato da Silva Lima, pela sua parceria, paciência e dedicação, e por ter sempre me estimulado a fazer o melhor.

Aos amigos do grupo de pesquisa LogTranS, pelas trocas de experiências, aprendizado e parceria, em especial à Roberta, Harlenn e Rafael, por tornaram esta caminhada mais tranquila e descontraída.

Aos meus professores na Universidade Federal de Ouro Preto/MG que me inspiraram durante minha graduação e ainda continuam me incentivando.

Aos professores e funcionários da pós-graduação da UNIFEI, assim como aos colegas de mestrado que contribuíram e participaram ao longo desta dissertação.

À ONG “Todos por São Lourenço”, à cooperativa COOPRECI e ao SAAE de São Lourenço que possibilitaram o desenvolvimento deste trabalho.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), que financiou esta pesquisa por meio de uma bolsa de estudo, assim como a Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Minas Gerais (FAPEMIG) e ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) que permitiram a participação em congressos e subsidiaram projetos de pesquisa associados a esse trabalho.

“Seja como for, esse momento contém todos os momentos possíveis, de modo que você não precisa estar em lugar nenhum que não seja agora.”

William P. Young

Retirado do livro A Travessia

RESUMO

Em 2010 foi instituída a Lei nº 12.305, conhecida como Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS). Tal política reúne o conjunto de princípios, objetivos, instrumentos, metas e ações para a gestão adequada dos resíduos sólidos. Dentre essas metas está a de implantação de programas de coleta seletiva em todos os municípios brasileiros. Todavia, não existem modelos de implantação, pois faltam estudos que retratem experiências de implantação, que devem-se atentar sobre duas questões: qual o agente executor e qual a modalidade de coleta seletiva que será utilizada. Outro fator importante tanto na implantação quanto na melhoria de programas é o planejamento eficiente dos roteiros de coleta dos veículos coletores, pois os custos de coleta são os mais significativos em um programa de coleta seletiva. Uma forma de realizar a roteirização eficaz na coleta de Resíduos Sólidos Urbanos (RSU) é a utilização de Sistemas de Informação Geográfica (SIGs). Nesse contexto, é importante não só implantar programas de coleta seletiva, como também retratar e estudar a implantação, de maneira que ocorra a geração de conhecimento sobre como a implantação pode ou deve ocorrer. A pesquisa-ação é um método de pesquisa que tem como objetivo a resolução de um problema real, e que gera tanto uma ação como a conhecimento sobre o problema de pesquisa. Assim, o objetivo deste trabalho foi planejar e implementar um programa de coleta seletiva em um município brasileiro através de uma pesquisa-ação, utilizando-se de um SIG para a elaboração dos roteiros de coleta. Espera-se que o conhecimento gerado através da pesquisa-ação sirva como base de informações e referências que auxiliem na tomada de decisões de órgãos e autoridades públicas que necessitam se adequarem a PNRS. A utilização do SIG permitiu a elaboração de roteiros de coleta mais eficazes. A pesquisa-ação foi conduzida no município de São Lourenço, localizado no sul de Minas Gerais, escolhido por não ter até então um programa de coleta seletiva mas a implantação em vista. O projeto teve a participação da Cooperativa de Produção e Recicladores de Materiais de São Lourenço (COOPRECI), do Serviço Autônomo de Água e Esgoto (SAAE) de São Lourenço, da ONG “Todos por São Lourenço” e dos pesquisadores do Grupo de Pesquisa em Logística, Transporte e Sustentabilidade (LogTranS) da Universidade Federal de Itajubá (UNIFEI). A implantação do programa de coleta seletiva possibilitou a geração de benefícios ambientais, econômicos e sociais para todos os envolvidos no projeto, desde a população até a prefeitura da cidade: houve uma melhoria da quantidade coletada por mês pela cooperativa e do volume médio coletado por mês por catador; durante os 12 meses do projeto, evitou-se que cerca de 89 toneladas de materiais recicláveis fossem destinadas ao lixão; evitou-se que cerca de 2,3 toneladas de poluentes atmosféricos fossem liberadas; gerou-se uma economia de cerca de R\$ 14 mil e gerou-se uma renda melhor para cada catador da COOPRECI. Foi possível também a identificação das principais barreiras, bem como as melhores práticas para a implantação. Conclui-se que a principal barreira para a implantação é a conscientização e participação da sociedade no programa, e que uma maneira de garantir uma melhor implantação e de melhorar programas de coleta seletiva que já existem é a criação de parcerias efetivas entre as prefeituras, empresas particulares e cooperativas de catadores para a realização do serviço.

Palavras-chave: Resíduos Sólidos Urbanos, Gestão de Resíduos Sólidos Urbanos, Política Nacional de Resíduos Sólidos, Logística Reversa, Coleta Seletiva, Cooperativa de Catadores, Sistema de Informação Geográfica, Roteirização.

ABSTRACT

In 2010 it was introduced Law No. 12.305, known as the National Solid Waste Policy Waste (PNRS). This policy established the set of principles, objectives, instruments, goals and actions for the proper management of solid waste. Among these goals there is the implementation of selective collection programs in all municipalities. However, there are no deployment models, since there are few studies that portray implementation experiences, which should pay attention on two questions: what is the executing agent and what type of selective collection will be used. Another important factor in implementation and in improvement programs is the efficient planning of collection routes, because collection costs are the most significant in a selective collection program. One way to accomplish effective routing in the collection of Municipal Solid Waste (MSW) is the use of Geographic Information Systems (GIS). In this context, it is important not only implement selective collection programs, but also portray and study the implementation, in a way that occurs the generation of knowledge on how the implementation can or should occur. Action research is a research method that aims to solve a real problem, and generates action and knowledge about the research problem. Then, the objective of this study was to plan and implement a selective collection program in a municipality through an action research, using a GIS to elaborate the collections routes. It is expected that the knowledge generated through action research serves as background information and references to assist organization and public authorities in making decisions which need to fit the PNRS. The use of GIS has allowed the development of more effective collection routes. Action research was conducted in the municipality of São Lourenço, located in southern of Minas Gerais, chosen by not having a selective collection program until then and with the implementation in view. The project had the participation of Cooperativa de Produção de Recicladores de Materiais de São Lourenço (COOPRECI), the Serviço Autônomo de Água e Esgoto (SAAE) of São Lourenço, the NGO "Todos por São Lourenço" and researchers of the Grupo de Pesquisa em Logística, Transporte e Sustentabilidade (LogTranS) of the Federal University of Itajubá (UNIFEI). The implementation of the selective collection program enabled the generation of environmental, economic and social benefits for everyone involved in the project, from the people to the municipal government: there was an improvement in the amount collected each month by the cooperative and the average volume collected per month by collector; during the 12 months of the project, it was avoided that about 89 tons of recyclable materials were destined for the dump; it was avoided that about 2.3 tons of air pollutants were released; it was generated a savings of about R\$ 14 thousand and it was generated better income for each collector of COOPRECI. It was also possible to identify the main barriers and best practices for implementation. It is concluded that the main barrier to implementation is the awareness and participation of society in the program and one way to ensure better implementation and improve selective collection programs that already exist is to create effective partnerships between governments, businesses private and recycling cooperatives for the realization of the service.

Key-words: Urban Solid Waste, Urban Solid Waste Management, Brazilian National Solid Waste Policy, Reverse Logistic, Selective Collection, Cooperative of Waste Pickers, Geographic Information System, Routing.

LISTA DE FIGURAS

Figura 2.1 - Atividades da Gestão dos Resíduos Sólidos Urbanos.....	25
Figura 2.2 - Hierarquia na Gestão dos RSU	27
Figura 2.3 - Estimativa da geração anual de RSU em diferentes países com base no desenvolvimento econômico e na população urbana.....	31
Figura 2.4 - Comparação da logística reversa e a logística verde ou ecológica	36
Figura 2.5 - Fluxo direto e Fluxo reverso	37
Figura 2.6 - Tipologia dos canais de distribuição reversos.....	40
Figura 2.7 - Concentração dos programas municipais de coleta seletiva	42
Figura 2.8 - Exemplo de Ponto de Entrega Voluntária (PEV)/Ecoponto	45
Figura 2.9 - Relacionamento dos componentes de um Sistema de Informação Geográfica.....	53
Figura 2.10 - Exemplo de roteirização em pontos (nós).....	59
Figura 2.11 - Exemplo de roteirização em arcos	59
Figura 3.1 - Estrutura para a condução da pesquisa-ação.....	65
Figura 4.1 - Localização do município de São Lourenço	69
Figura 4.2 - Foto da entrada do galpão da cooperativa COOPRECI.....	71
Figura 4.3 - Caminhão utilizado pela cooperativa COOPRECI.....	71
Figura 4.4 - Prensa da cooperativa COOPRECI.....	72
Figura 4.5 - Rota de segunda, quarta e sexta-feira (Rota 01)	73
Figura 4.6 - Rota de terça e quinta-feira (Rota 02).....	73
Figura 4.7 - Ciclos de melhoria e aprendizagem de acordo com os grupos de bairros e dias de implantação	76
Figura 4.8 - Frente e verso do panfleto usado na divulgação da implantação no bairro piloto	77
Figura 4.9 - Notícia de jornal sobre o projeto.....	77
Figura 4.10 - Rota a ser seguida no bairro piloto.....	81
Figura 4.11 - Locais escolhidos para a instalação dos dois PEVs	82
Figura 4.12 - Luvas, botas e uniformes (EPIs) recebidos da Nestlé pela ONG através do CEMPRE	82
Figura 4.13 - Acompanhamento do trabalho dos catadores no bairro piloto.....	83
Figura 4.14 - Instalação dos PEVs.....	84
Figura 4.15 - Participação de um morador do bairro piloto no programa de coleta seletiva....	85
Figura 4.16 - Rotas a serem seguidas nos bairros do segundo ciclo.....	87
Figura 4.17 – Fotos do novo caminhão alugado pela ONG para a cooperativa	88
Figura 4.18 - <i>Kit</i> entregue para moradores de condomínios.....	90
Figura 4.19 - Participação dos moradores dos condomínios em que foram entregues os <i>kits</i> ..	90
Figura 4.20 - Rotas a serem seguidas nos bairros do terceiro ciclo	92
Figura 4.21 - Material coletado disposto em <i>bags</i> antes da triagem.....	93
Figura 4.22 - Mesa de triagem doada pela empresa Nestlé <i>Waters</i> e recebida na cooperativa	94
Figura 4.23 - Mesa de triagem sendo utilizada pelos cooperados	94
Figura 4.24 - Foto dos funcionários do SAAE mudando um dos PEVs de lugar.....	96
Figura 4.25 - Foto da nova localização de um dos PEVs	97
Figura 4.26 - Panfleto de divulgação dos PEVs	98

Figura 4.27 - Locais onde estão instalados os PEVs na cidade	98
Figura 4.28 - Rotas a serem seguidas nos bairros do quarto ciclo	100
Figura 4.29 - Reunião com o objetivo de atrair mais cooperados à cooperativa e capacitar catadores de diversas cooperativas	102
Figura 4.30 - Site da Rota da reciclagem sem a cooperativa COOPRECI	102
Figura 4.31 - Site da Rota da reciclagem com a cooperativa COOPRECI	103
Figura 4.32 - Rota a ser seguida nos bairros do quinto ciclo	105
Figura 4.33 - Número de catadores associados a cooperativa COOPRECI por mês	106
Figura 4.34 - Rota a ser seguida nos bairros do sexto ciclo	111
Figura 4.35 - Preço do quilo dos materiais recicláveis limpos e prensados nos meses de maio e junho	112
Figura 4.36 - Preço do quilo dos materiais recicláveis limpos e prensados nos meses de julho e agosto	112
Figura 4.37 - Preço do quilo dos materiais recicláveis limpos e prensados nos meses de setembro e outubro	113
Figura 4.38 - Rota a ser seguida nos bairros do sétimo ciclo	116
Figura 4.39 - Comparação entre os preços de venda dos materiais recicláveis	118
Figura 4.40 – PEV localizado na Calçada II com os novos adesivos	120
Figura 4.41 - PEV localizado na praça da prefeitura com os novos adesivos	120
Figura 4.42 - PEV queimado localizado na praça da prefeitura	121
Figura 4.43 - Fotos do que restou do PEV queimado	121
Figura 4.44 - Duas rotas finais	123

LISTA DE TABELAS

Tabela 2.1 - Destino dos RSU em alguns países	22
Tabela 2.2 - Destinação final dos RSU coletados, em toneladas e percentual para o Brasil em 2008.....	23
Tabela 2.3 - Estimativa da composição gravimétrica dos RSU coletados no Brasil em 2008	30
Tabela 2.4 - Estimativa da geração per capita dos RSU	31
Tabela 2.5 - Porcentagem de municípios com programa de coleta seletiva abrangendo todo o município	42
Tabela 2.6 - Organizações de catadores por grau de eficiência.....	51
Tabela 4.1 - Características das duas rotas	74
Tabela 4.2 - Resultados da rota do bairro piloto.....	81
Tabela 4.3 - Resultados das rotas do segundo grupo de bairros	87
Tabela 4.4 - Resultados da rota do terceiro grupo de bairros	92
Tabela 4.5 - Resultados das rotas do quarto grupo de bairros	100
Tabela 4.6 - Resultados da rota do quinto grupo de bairros	105
Tabela 4.7 - Dados relativos ao volume coletado e ao total vendido por mês da cooperativa COOPRECI.....	107
Tabela 4.8 - Resultados da rota do sexto grupo de bairros	111
Tabela 4.9 - Resultados da rota do sétimo grupo de bairros.....	116
Tabela 4.10 - Evolução da área total atendida pelo serviço de coleta seletiva.....	122
Tabela 4.11 - Resultados das duas rotas finais	123
Tabela 4.12 - Quantidade de material reciclável coletada pela cooperativa e volume médio coletado por catador.....	124
Tabela 4.13 - Quantidade de material reciclável coletada por tipo e por mês.....	126
Tabela 4.14 - Quantidade de poluente atmosférico em kg que foi evitada por tipo de material reciclável.....	127
Tabela 4.15 - Benefícios econômicos e ambientais gerados pela reciclagem de cada um dos cinco principais materiais recicláveis	128
Tabela 4.16 - Estimativa dos benefícios ganhos através da reciclagem de cada um dos cinco principais materiais recicláveis durante os sete ciclos.....	129
Tabela 4.17 – Renda em reais gerada para os catadores da COOPRECI durante os sete ciclos de melhoria aprendizagem	130
Tabela 4.18 - Despesas em reais com o projeto de acordo com cada mês e cada ciclo de melhoria e aprendizagem	131

LISTA DE QUADROS

Quadro 2.1- Fatores que influenciam a composição gravimétrica dos RSU	29
Quadro 2.2 - Principais motivos de retorno	39
Quadro 4.1 - Variáveis relacionadas com as ruas	79
Quadro 4.2 - Variáveis relacionadas com os pontos de parada	80

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABRELPE	Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais
CEMPRE	Compromisso Empresarial para a Reciclagem
Cl	Cloro
ClO ₂	Dióxido de cloro
CO	Monóxido de Carbono
CO ₂	Dióxido de Carbono (Gás carbônico)
CPF	Cadastro de Pessoa Física
COOPRECI	Cooperativa de Produção e Recicladores de Materiais de São Lourenço
LR	Logística Reversa
GEEs	Gases do Efeito Estufa
GPS	Sistema de Posicionamento Global
GRSU	Gestão de Resíduos Sólidos Urbanos
HF	Ácido fluorídrico
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
IPEA	Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada
NO _x	Óxidos de Nitrogênio
ONG	Organização não governamental
PET	Polietileno Tereftalato
PEAD	Polietileno de Alta Densidade
PFC	Perfluorcarboneto
PEVs	Pontos de Entrega Voluntária
PNMC	Política Nacional Sobre Mudança no Clima
PNRS	Política Nacional de Resíduos Sólidos
PRV	Problemas de Roteirização de Veículos
PRV	Problemas de Roteirização de Veículos
PLS	Projeto de Lei do Senado
RG	Registro Geral
RSM	Resíduos Sólidos Municipais
RSU	Resíduos Sólidos Urbanos
SAAE	Serviço Autônomo de Água e Esgoto
SIG	Sistema de Informação Geográfica
SIG-T	Sistema de Informações Geográficas para Transportes

SNIS	Sistema Nacional de Informações em Saneamento
SO ₂	Dióxido de Enxofre
TI	Tecnologia da Informação
UNIFEI	Universidade Federal de Itajubá

Sumário

1.	INTRODUÇÃO	15
1.1.	OBJETIVO	18
1.2.	JUSTIFICATIVA	19
1.3.	ESTRUTURA DO TRABALHO	19
2.	FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA.....	21
2.1.	RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS (RSU)	21
2.1.1.	Gestão de Resíduos Sólidos Urbanos	24
2.1.2.	Caracterização de Resíduos Sólidos Urbanos.....	27
2.2.	POLÍTICA NACIONAL DE RESÍDUOS SÓLIDOS.....	32
2.3.	LOGÍSTICA REVERSA	35
2.4.	COLETA SELETIVA.....	41
2.4.1.	Coleta seletiva e organizações de catadores	47
2.5.	SISTEMAS DE INFORMAÇÃO GEOGRÁFICA	52
2.5.1.	Sistema de informação geográfica em gestão de resíduos sólidos urbanos.....	56
2.5.1.1.	Roteirização em coleta de resíduos sólidos	58
3.	METODOLOGIA DE PESQUISA.....	64
4.	DESENVOLVIMENTO DA PESQUISA-AÇÃO	67
4.1.	PLANEJAMENTO DA PESQUISA-AÇÃO	67
4.2.	COLETA DE DADOS.....	70
4.3.	ANÁLISE DOS DADOS E PLANEJAMENTO DAS AÇÕES	74
4.4.	IMPLEMENTAÇÃO DAS AÇÕES.....	77
4.4.1.	Primeiro ciclo de melhoria e aprendizagem.....	78
4.4.1.1.	Planejamento das ações do 1º ciclo de melhoria e aprendizagem (P)	78
4.4.1.2.	Implantação das ações do 1º ciclo de melhoria e aprendizagem (I)	82
4.4.1.3.	Observação e avaliação do 1º ciclo de melhoria e aprendizagem (O&A).....	84
4.4.1.4.	Reflexão e ação do 1º ciclo de melhoria e aprendizagem (R&A)	85
4.4.2.	Segundo ciclo de melhoria e aprendizagem.....	86
4.4.2.1.	Planejamento das ações do 2º ciclo de melhoria e aprendizagem (P)	86
4.4.2.2.	Implantação das ações do 2º ciclo de melhoria e aprendizagem (I)	88
4.4.2.3.	Observação e avaliação do 2º ciclo de melhoria e aprendizagem (O&A).....	89
4.4.2.4.	Reflexão e ação do 2º ciclo de melhoria e aprendizagem (R&A)	89
4.4.3.	Terceiro ciclo de melhoria e aprendizagem.....	91

4.4.3.1.	Planejamento das ações do 3º ciclo de melhoria e aprendizagem (P)	91
4.4.3.4.	Reflexão e ação do 3º ciclo de melhoria e aprendizagem (R&A)	95
4.4.4.	Quarto ciclo de melhoria e aprendizagem	99
4.4.4.1.	Planejamento das ações do 4º ciclo de melhoria e aprendizagem (P)	99
4.4.4.2.	Implantação das ações do 4º ciclo de melhoria aprendizagem (I)	101
4.4.4.3.	Observação e avaliação do 4º ciclo de melhoria e aprendizagem (O&A).....	103
4.4.4.4.	Reflexão e ação do 4º ciclo de melhoria e aprendizagem (R&A)	104
4.4.5.	Quinto ciclo de melhoria e aprendizagem	104
4.4.5.1.	Planejamento das ações do 5º ciclo de melhoria e aprendizagem (P)	104
4.4.5.2.	Implantação das ações do 5º ciclo de melhoria aprendizagem (I)	107
4.4.5.3.	Observação e avaliação do 5º ciclo de melhoria e aprendizagem (O&A).....	108
4.4.5.4.	Reflexão e ação do 5º ciclo de melhoria e aprendizagem (R&A)	109
4.4.6.	Sexto ciclo de melhoria e aprendizagem	110
4.4.6.1.	Planejamento do 6º ciclo de melhoria e aprendizagem (P).....	110
4.4.6.2.	Implantação das ações do 6º ciclo de melhoria aprendizagem (I)	113
4.4.6.3.	Observação e avaliação do 6º ciclo de melhoria e aprendizagem (O&A).....	114
4.4.6.4.	Reflexão e ação do 6º ciclo de melhoria e aprendizagem (R&A)	115
4.4.7.	Sétimo ciclo de melhoria e aprendizagem	115
4.4.7.1.	Planejamento das ações do 7º ciclo de melhoria e aprendizagem (P)	115
4.4.7.2.	Implantação das ações do 7º ciclo de melhoria aprendizagem (I)	117
4.4.7.3.	Observação e avaliação do 7º ciclo de melhoria e aprendizagem (O&A).....	118
4.4.7.4.	Reflexão e ação do 7º ciclo de melhoria e aprendizagem (R&A)	119
4.5.	AVALIAR RESULTADOS.....	122
5.	CONCLUSÕES	139
5.1.	LIMITAÇÕES E SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS	142
	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	144

1. INTRODUÇÃO

A questão da geração de resíduos sólidos urbanos (RSU) no Brasil tem sido uma das principais preocupações da sociedade e um grande desafio para as autoridades públicas. Segundo pesquisa realizada pela Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais (ABRELPE), a produção de RSU no Brasil não para de crescer e cresce em um ritmo muito mais acelerado do que a própria população urbana. De 2008 a 2013 a geração aumentou 23%, passando de 169.659 toneladas/dia para 209.208 toneladas/dia (ABRELPE, 2013), enquanto que a população teve um crescimento de 4%, ou seja, cerca de seis vezes menor.

A crescente geração traz não só grandes impactos ambientais (enchentes, proliferação de transmissores de enfermidades, poluição das águas superficiais e subterrâneas e poluição do solo e ar) como também grandes impactos sociais e econômicos. Desta maneira, surge uma maior preocupação com a gestão adequada desses resíduos, considerando não somente a dimensão ambiental, mas também as dimensões econômica e social. Em 2010 foi aprovada a Lei nº 12.305, de 02 de Agosto de 2010, que instituiu a Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS) (BRASIL, 2010). A PNRS dispõe de princípios, objetivos, metas e instrumentos relativos à gestão de resíduos sólidos (BAPTISTA, 2014). Uma das metas dessa política é que todos os lixões a céu aberto existentes nos municípios brasileiros deveriam ser fechados até agosto de 2014, porém essa meta não foi atingida e encontra-se em discussão no Congresso Nacional para sua prorrogação. De acordo com Bufoni *et al.* (2014), além da proibição da existência de lixões a céu aberto, outros conceitos são incorporados à PNRS para a correta gestão dos resíduos sólidos: acordos setoriais; ciclo de vida e a responsabilidade compartilhada; minimização da destinação final (foco é a reutilização, reciclagem e recuperação); estímulos de soluções de geração de energia a partir dos resíduos; logística reversa (LR) e coleta seletiva (GODOY, 2013).

Segundo Chaves, Santos Jr. e Rocha (2014), a questão mais importante para se alcançar os objetivos da PNRS é a implantação de programas de coleta seletiva. De acordo com Besen *et al.* (2014), a PNRS apresentou novos desafios em termos de criação e melhoria de programas de coleta seletiva nos municípios brasileiros. Para se adequarem a nova lei, todos os municípios brasileiros precisarão possuir programas de coleta seletiva e, segundo o Compromisso Empresarial para Reciclagem – CEMPRE (2014a), apenas 927 dos 5.670 municípios brasileiros (17%) possuem programas de coleta seletiva. Além disso, de acordo

com Filho *et al.* (2014), nos municípios onde já existem programas de coleta seletiva, nota-se que tais programas são pouco maduros e com baixa eficiência, colaborando pouco na solução dos problemas de Gestão de Resíduos Sólidos Urbanos (GRSU).

Na implantação de programas de coleta seletiva em municípios deve-se atentar a duas questões: 1) quem será o agente executor da coleta seletiva, isto é, quem será o agente responsável pela execução do serviço e 2) qual modalidade de coleta seletiva será utilizada. Em relação ao agente executor têm-se três opções: prefeitura, empresa particular ou cooperativa/associação de catadores de materiais recicláveis. Com relação à modalidade de coleta seletiva têm-se duas opções: a modalidade porta a porta e a modalidade através de Pontos de Entrega Voluntária (PEVs), também chamados de Ecopontos. As modalidades não são excludentes, um município poderá ter ao mesmo tempo as duas modalidades de coleta seletiva, e cada uma das delas possui benefícios e dificuldades que devem ser levados em consideração na implantação. Além disso, outro ponto que deve ser levado em conta na implantação de programas de coleta seletiva ou na melhoria da eficiência de programas já existentes é o planejamento eficiente das rotas de coleta dos veículos, dado que os custos de coleta de resíduos sólidos urbanos, tanto da coleta convencional quanto da coleta seletiva, são os mais significativos em sua gestão (ZSIGRAIOVA, SEMIAO e BEIJOCO, 2013; MOUSTAFA *et al.*, 2013; TAVARES *et al.*, 2009; KARADIMAS, PAPATZELOU e LOUMOS, 2007; LASARIDI, ROVOLIS e ABELIOTIS, 2006).

Conforme argumenta Bastistella (2014), os roteiros de coleta de resíduos sólidos urbanos são feitos manualmente de acordo com a prática da equipe responsável em grande parte dos municípios brasileiros. Assim, não são elaborados da melhor maneira possível. O processo de determinação das rotas/roteiros do veículo coletor é chamado de roteirização ou roteamento (do inglês *routing*). Para Oliveira (2011), planejar e estruturar os roteiros de um programa de coleta seletiva é uma atividade complexa, pois é exigido o dimensionamento de muitas variáveis, o que torna o processo muitas vezes complicado para ser realizado sem o apoio computacional. Nessa mesma linha, Lima, Lima e Silva (2012) argumentam que uma maneira de melhorar a coleta de RSU é a utilização de ferramentas computacionais, por exemplo, o uso de um Sistema de Informação Geográfica (SIG) no planejamento da coleta.

De acordo com Tavares *et al.* (2009), a utilização de técnicas de roteirização de veículos utilizando a tecnologia SIG na elaboração eficaz dos roteiros de coleta de resíduos sólidos urbanos já é amplamente aceita na comunidade de GRSU. Existem diversos trabalhos que

utilizam SIGs na elaboração de roteiros de coleta convencional de RSU, cita-se como exemplo os trabalhos de Kinobe *et al.* (2015); Malakahmad *et al.* (2014); Moustafa *et al.* (2013); Lima, Lima e Silva (2012); Pascoal Junior e Oliveira Filho (2010); Beijoco, Semião e Zsigraiová (2009); Chalkias e Lasaridi (2009); Brasileiro e Lacerda (2008); Karadimas *et al.* (2007) e Ghose, Dikshit e Sharma (2006). Porém, ainda são poucos trabalhos encontrados na literatura que mostram a utilização de SIGs na elaboração das rotas de coleta seletiva de RSU. Foram encontrados na literatura os trabalhos de Roviriego (2005); Oliveira (2011); Rada, Ragazzi e Fredizzi (2013); e Oliveira, Lima e Lima (2014). Já em relação à utilização de SIGs como auxílio na implantação de programas de coleta seletiva de RSU, isto é, o uso de SIGs no planejamento dos roteiros de coleta a serem realizados com a implantação, não foi encontrado nenhum trabalho. Isto pode ter justificativa no fato de que quando se refere à implantação de programas de coleta seletiva a otimização não é um fator crítico. Mesmo que a elaboração eficaz dos roteiros de coleta que o caminhão da coleta seletiva deve percorrer traga grandes benefícios, por exemplo, a melhor utilização dos veículos de coleta, ela não é o principal desafio na implantação de programas de coleta seletiva.

De acordo com Rocha (2010), o principal fator crítico na implantação de um programa de coleta seletiva é a forma como a implantação deve ocorrer. Porém, faltam modelos a serem seguidos pelos agentes públicos na implantação de programas de coleta seletiva (LIMA, 2006), principalmente porque faltam análises de experiências de implantação. Assim, diversos autores afirmam que é importante que a implantação de programas de coleta seletiva seja retratada e estudada, para que possam contribuir para o aprimoramento e eficácia, bem como estimular a implantação de futuros programas de coleta seletiva, na medida em que mostrem quais os benefícios econômicos, sociais e ambientais que a implantação possibilita (LIMA e SILVA, 2013; CARVALHO, ROSA e FERREIRA, 2011; RIBEIRO e BESEN, 2006; ROVIRIEGO, 2005; GRIMBERG e BLAUGHT, 1998; KUHNEN, 1995).

Deste modo, neste cenário é importante que ocorra tanto a implantação de programas de coleta seletiva nos municípios brasileiros que precisam se adequar a PNRS como também que a implantação seja retratada e estudada, de maneira que ocorra a geração de conhecimento sobre como a implantação pode ou deve ocorrer, destacando quais as principais barreiras para a implantação e as melhores práticas. Tais fatores que podem ser explorados em uma pesquisa-ação.

A pesquisa-ação é um método de pesquisa que busca a resolução de um problema real, social e coletivo e que não se limita apenas a ação, mas procura também a geração de conhecimento (THIOLLENT, 2011). A implantação de um programa de coleta seletiva em um município brasileiro utilizando a pesquisa-ação como método de pesquisa pode promover tanto a mudança no município (ação) como a geração de conhecimento, que é então o objetivo principal do presente trabalho.

1.1.OBJETIVO

O objetivo do trabalho é o de retratar e estudar o planejamento e a implementação de um programa de coleta seletiva em um município brasileiro através de uma pesquisa-ação, utilizando-se de um SIG para a elaboração dos roteiros de coleta.

Têm-se, ainda, como objetivos específicos:

- Identificar quais são as principais barreiras para a implantação do programa de coleta seletiva;
- Identificar quais as melhores práticas para a implantação;
- Identificar quais são os benefícios econômicos, sociais e ambientais gerados através da implantação.

Espera-se que o conhecimento gerado com a implantação através da pesquisa-ação sirva como base de informações e referências que auxiliem na tomada de decisões de órgãos e autoridades públicas que necessitam implantar programas de coleta seletiva ou melhorar programas já existentes para se adequarem a Política Nacional de Resíduos Sólidos. Além disso, a utilização do SIG permitirá a elaboração de roteiros de coleta mais eficazes, no que diz respeito à utilização dos veículos de coleta, tempos em jornada trabalho e distâncias percorridas.

São Lourenço é um dos municípios brasileiros de pequeno porte que ainda não possui um programa de coleta seletiva e precisa implantar um novo programa para se adequar a PNRS. Desta forma, foi escolhido para a realização da pesquisa. Em dezembro de 2014 foi assinado um acordo entre o Serviço Autônomo de Água e Esgoto (SAAE) de São Lourenço, a ONG “Todos por São Lourenço” e a Cooperativa de Produção de Recicladores de Materiais de São Lourenço (COOPRECI) para implantar um novo programa de coleta seletiva na cidade. Com a assinatura a ONG recebeu uma verba e passou a contar com o auxílio dos pesquisadores do Grupo de Pesquisa em Logística, Transporte e Sustentabilidade (LogTranS)

da Universidade Federal de Itajubá (UNIFEI). Após a assinatura foi iniciada uma pesquisa-ação.

1.2. JUSTIFICATIVA

Segundo Campos (2014), o grande desafio para colocar em prática a Política Nacional de Resíduos Sólidos é o planejamento, implantação e operacionalização de programas de coleta seletiva. Deste modo, todos os municípios brasileiros precisarão possuir programas de coleta seletiva (CHAVES, SANTOS Jr. e ROCHA, 2014) eficientes para se adequarem a PNRS. Todavia, grande parte dos municípios brasileiros ainda não possui programas de coleta seletiva, e aqueles municípios que declaram possuir são programas pouco eficientes. Oliveira, Lima e Lima (2012) destacam que uma maneira de melhorar programas de coleta seletiva é a aplicação de ferramentas computacionais, como, o uso de um Sistema de Informação Geográfica (SIG) no planejamento dos roteiros de coleta.

Além disso, faltam estudos que retratem as experiências de implantação, e para diversos autores é importante que a implantação de novos programas de coleta seletiva seja retratada e estudada e que os programas de coleta seletiva existentes sejam estudados e avaliados levando-se em consideração as suas especificidades para que possam contribuir para o aprimoramento e eficácia, bem como estimular a implantação de futuros programas de coleta seletiva (LIMA e SILVA, 2013; CARVALHO, ROSA e FERREIRA, 2011; RIBEIRO e BESEN, 2006; ROVIRIEGO, 2005; GRIMBERG e BLAUGHT, 1998; KUHNEN, 1995).

Deste modo, pode-se afirmar que retratar e estudar a implantação de um programa de coleta seletiva em um município que ainda não se adequou a PNRS através de uma pesquisa-ação e utilizando um SIG para a elaboração dos roteiros de coleta é relevante. Já que com a pesquisa-ação ocorrerá tanto à resolução do problema quanto a geração de conhecimento sobre como a implantação pode ou deve ocorrer, e a utilização do SIG permitirá a elaboração de roteiros de coleta mais eficazes, no que diz respeito à utilização dos veículos de coleta, tempos em jornada trabalho e distâncias percorridas.

1.3. ESTRUTURA DO TRABALHO

Este trabalho está estruturado em cinco capítulos. Neste capítulo são apresentados os objetivos, a justificativa e a sua estrutura. O Capítulo 2 apresenta a base conceitual para o desenvolvimento deste trabalho. Nele são apresentados os temas Resíduos Sólidos Urbanos (RSU), Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS), Logística Reversa (LR), Coleta

Seletiva, Sistema de Informação Geográfica (SIG) e Roteirização. No Capítulo 3 é mostrada a metodologia adotada, apresentando a classificação da pesquisa como pesquisa-ação e contendo também as fases, etapas e procedimentos seguidos. O Capítulo 4 é dedicado ao desenvolvimento da pesquisa-ação, mostrando cada ciclo de melhoria e aprendizagem utilizado na fase de implementação das ações. O Capítulo 5 apresenta as conclusões referentes aos objetivos estabelecidos bem como as limitações do trabalho e as sugestões para trabalhos futuros. Por fim, apresenta-se a lista das referências bibliográficas utilizadas na dissertação.

2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Este capítulo apresenta os temas e autores que formam a base teórica deste trabalho: Resíduos Sólidos Urbanos (RSU); Gestão de RSU; e Caracterização de RSU; Política Nacional de Resíduos Sólidos; Logística Reversa; Coleta seletiva e organização de catadores; Sistemas de Informação Geográfica e Roteirização.

2.1. RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS (RSU)

O termo “resíduo” originado do latim *residuu* - aquilo que sobra de qualquer substância - passou a ser utilizado como termo técnico e a fazer parte da linguagem habitual da sociedade em substituição ao desgastado termo “lixo” (OLIVEIRA, 2011). Logarezzi (2006) diferencia os dois conceitos “lixo” e “resíduo” através da diferença entre os caminhos percorridos por ambos, desde o descarte no ponto de consumo até a disposição final. Segundo o autor, as pessoas não geram lixo e sim resíduos que são as sobras de uma atividade qualquer, natural ou cultural. Esses materiais, ao serem descartados, mantêm seu status de resíduo e neles estão embutidos os valores culturais, sociais, econômicos e ambientais. Porém, em função da falta de condições técnicas, econômicas e culturais de uma determinada comunidade eles podem não ser reciclados e, dessa forma, serem descartados como lixo. De acordo com Costa *et al.* (2012), os materiais que são aproveitados após o descarte, não são considerados mais como simples resíduos, passando a ser considerados como matérias-primas secundárias. Em contrapartida, os materiais que não apresentam condições de serem aproveitados economicamente são considerados pela sociedade como rejeitos.

Para Ribeiro *et al.* (2014), entre as possíveis classificações dos resíduos sólidos, a mais adequada é aquela que considera o momento em que o resíduo é gerado. Há duas categorias – a dos resíduos pós-industriais, gerados como rebarba dos processos produtivos, seja como sucatas de manutenção, seja como obsolescência de máquinas e equipamentos, e a categoria dos resíduos pós-consumo, fruto do descarte das sobras quando do consumo de bens ou serviços. Os Resíduos Sólidos Urbanos (RSU) ou também chamados de Resíduos Sólidos Municipais (RSM) são exemplos desta última categoria. De acordo com Vilhena (2010), os RSU são o conjunto de detritos gerados em decorrência das atividades humanas nos aglomerados urbanos. Para Badran e El-Haggag (2006), os RSU são um termo geral que abrange todos os resíduos, exceto os resíduos perigosos, resíduos líquidos e emissões

atmosféricas. Já Demirbas (2011) define os RSU como resíduos de bens duráveis, não duráveis, recipientes e embalagens, restos de comida, aparas de jardim, e diversos resíduos inorgânicos residenciais, comerciais, industriais e fontes. Costa *et al.* (2012) afirmam que dentre os RSU, destacam-se os seguintes: os de origem domiciliar; os de origem comercial; os decorrentes das atividades industriais e de prestações de serviços; os provenientes dos serviços de saúde e os restos da construção civil. Além disso, diversos autores defendem que os RSU englobam os resíduos da varrição, limpeza de logradouros e vias públicas, além de outros serviços de limpeza urbana (SINGH *et al.*, 2014; LOUREIRO, ROVERE e MAHLER, 2013; SANTIAGO e DIAS, 2012; BRASIL, 2010).

De acordo com Valencia-Vázquez *et al.* (2014), os RSU são uma preocupação crescente em qualquer local do mundo. Os RSU podem resultar em sérios danos à sociedade e ao meio ambiente, como: a proliferação de vetores de doenças; geração de maus odores; emissões atmosféricas e contaminação do solo, das águas superficiais e das águas subterrâneas (AL-KHATIB *et al.*, 2014; AGOSTINO *et al.*, 2013). Isto porque os RSU, gerados pelos indivíduos nas suas mais variadas atividades são, na maioria das vezes, descartados como inservíveis, nas formas mais usuais de disposição que compreendem os lixões, aterros controlados e aterros sanitários (SMMA, 2013). A Tabela 2.1 apresenta os principais destinos para os RSU de diferentes países.

Tabela 2.1 - Destino dos RSU em alguns países

País	Lixões ou aterros	Incineração	Compostagem e reciclagem
<i>República Tcheca</i>	76%	14%	10%
<i>Espanha</i>	62%	6%	32%
<i>Itália</i>	58%	8%	34%
<i>Portugal</i>	73%	20%	7%
<i>Reino Unido</i>	79%	7%	14%
<i>Hungria</i>	92%	6%	2%
<i>Suécia</i>	9%	47%	43%
<i>EUA</i>	54%	13%	32%
<i>Argentina</i>	95%	-	5%
<i>Colômbia</i>	95%	-	5%

Fonte: Ribeiro *et al.* (2014)

Costa *et al.* (2012) argumentam que é comum o descarte inadequado dos RSU na maioria das cidades brasileiras, sem tratamento adequado, formando aterros a céu aberto (lixões) e contaminando o meio ambiente. O último levantamento oficial sobre os RSU no Brasil, conhecido como Pesquisa Nacional de Saneamento Básico (PNSB), foi realizado pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) em 2008 em 5.507 municípios brasileiros. Segundo a pesquisa, do total de RSU coletados por dia (259.547 toneladas) em 2008 cerca de 17% ainda eram destinadas a vazadouros a céu aberto ou vazadouros alagados, conhecidos como lixões (IBGE, 2010). A Tabela 2.2 apresenta tais dados. Segundo Ribeiro *et al.* (2014), é válido destacar que os aterros controlados não atendem às exigências sanitárias e ambientais requeridas para a disposição final dos resíduos. Logo, até o ano de 2008, 33,3% do resíduo coletado no país tinha destinação final inadequada.

Tabela 2.2 - Destinação final dos RSU coletados, em toneladas e percentual para o Brasil em 2008

Destino final do RSU coletados	Toneladas/dia	%
Vazadouro a céu aberto (lixão)	45.710	17,6
Vazadouro em áreas alagadas	46	0,0
Aterro controlado	40.695	15,7
Aterro sanitário	167.636	64,6
Estação de compostagem	1.635	0,6
Estação de triagem	3.122	1,2
Incineração	67	0,0
Outra	636	0,2
<i>Total</i>	<i>259.547</i>	<i>100,00</i>

Fonte: IBGE (2010)

Grimberg (2005) sintetiza a problemática dos RSU em pelo menos três desafios principais: (1) a produção excessiva de resíduos; (2) altos gastos públicos com sistemas convencionais de gestão dos resíduos; e (3) ausência de políticas públicas que avancem na direção da recuperação plena dos resíduos, mediante a logística reversa para o reaproveitamento e a reciclagem, promovendo melhores condições de trabalho e renda para os catadores. Segundo Medeiros, Araújo e Pereira (2015), a problemática dos RSU está relacionada com diversas etapas, desde a sua geração até o destino final.

2.1.1. Gestão de Resíduos Sólidos Urbanos

Os termos gestão e gerenciamento, em geral, adquirem conotações distintas para grande parte dos técnicos que atuam na área de RSU (ZANTA e FERREIRA, 2003). Na Lei nº 12.305, de 02 de Agosto de 2010, que institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos (BRASIL, 2010) os conceitos de gestão e gerenciamento dos RSU são descritos da seguinte maneira:

- Gestão dos Resíduos Sólidos Urbanos (GRSU): conjunto de ações voltadas para a busca de soluções para os RSU, de forma a considerar as dimensões política, econômica, ambiental, cultural e social, com controle social e sob a premissa do desenvolvimento sustentável.
- Gerenciamento dos Resíduos Sólidos Urbanos: conjunto de ações exercidas, diretas ou indiretamente, nas etapas de coleta, transporte, transbordo, tratamento e destinação final ambientalmente adequada dos RSU e disposição final ambientalmente adequada dos rejeitos.

Assim, segundo Oliveira (2011), a GRSU compreende as estratégias e políticas de ações, no nível mais alto da Administração Municipal, enquanto que o conceito de gerenciamento refere-se aos aspectos técnicos e operacionais da questão. Porém, em muitos trabalhos publicados na língua inglesa encontra-se o termo “*Waste Management*” para abordar questões relativas tanto a gestão como ao gerenciamento. Conforme argumentam Zanta e Ferreira (2003), em vários casos esses termos são empregados como sinônimos, interpretação também adotada nesse trabalho.

Segundo Kadafa *et al.* (2014), o conceito de GRSU envolve a integração de diferentes aspectos: legais, planejamento, financeiros, administrativos, institucionais, engenharia e política. A GRSU é definida como um processo multidisciplinar que inclui as atividades de geração, separação, armazenamento, coleta, transporte, recuperação e disposição (RADA, RAGAZZI e FEDRIZZI, 2013). Essas atividades e as operações relacionadas com algumas delas são apresentadas na Figura 2.1. Para Fiore (2013) a gestão de RSU pode ser caracterizada como o conjunto de ações que visam à destinação ambientalmente adequada e segura dos RSU. Porém, a GRSU adequada considera não somente a dimensão ambiental, mas também as dimensões política, econômica, cultural e social nas ações voltadas para a busca de soluções para os RSU. Assim, a gestão inadequada dos RSU gera diretamente vários impactos, não só ambientais, mas também na qualidade de vida da população (GOUVEIA,

2012). Abdul, Tavakolli e Azari (2013) argumentam que a gestão inadequada dos resíduos sólidos urbanos no que diz respeito à reciclagem dos RSU, tecnologia de tratamento e estratégia de gestão leva também a grandes perdas econômicas.

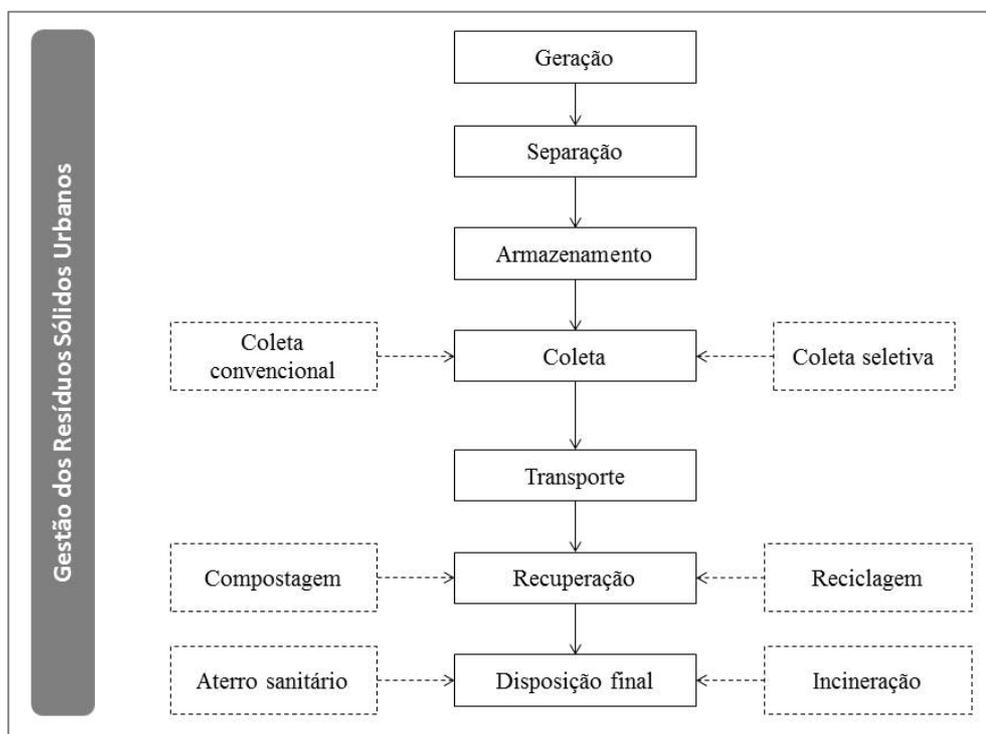


Figura 2.1 - Atividades da Gestão dos Resíduos Sólidos Urbanos

Para Coelho, Lange e Coelho (2012) a gestão de resíduos sólidos urbanos é uma atividade estratégica para as autoridades públicas. Segundo Gallardo *et al.* (2015), a GRSU é uma tarefa importante que tanto os governos locais como as empresas privadas devem ter em conta para a proteção da saúde humana, do meio ambiente e para a preservação dos recursos naturais. Neste sentido, pode-se afirmar que os principais objetivos da gestão dos resíduos sólidos urbanos são proteger a saúde humana e o meio ambiente e a preservação dos recursos naturais. De acordo com Allesch e Brunner (2014), outros objetivos da GRSU incluem a prevenção de problemas futuros com a geração de lixo. Por exemplo, conforme argumenta Brunner (2013), com o passar do tempo, os aterros sanitários também precisarão de cuidados especiais.

A GRSU geralmente é responsável por 20-50% dos orçamentos municipais disponíveis para prestação de serviços (LOHRI, CAMENZIND e ZURBRÜGG, 2014). Assim, a coleta, o transporte e a eliminação de RSU representam uma grande despesa para as cidades (ZURBRÜGG *et al.*, 2004; MBULIGWE, 2004; SUPRIYADI e KRIWOKEN 2000). Segundo Kadafa *et al.* (2014), a gestão adequada dos RSU tem sido um grande problema

principalmente para os países em desenvolvimento. Isto porque, tem sido difícil implementar ações adequadas na GRSU nesses países. De acordo com Guerrero, Maas e Hogland (2013), as cidades de tais países enfrentam restrições orçamentárias, falta de conhecimento, infraestrutura deficiente, falta de equipamentos, ou seja, apresentam desafios que dificultam seus trabalhos para a correta gestão dos RSU (OLLEY *et al.*, 2014). Al-Khatib *et al.* (2014) argumentam que as práticas aplicadas em tais países são insuficientes para diminuir a geração dos RSU ou minimizar os impactos da disposição de RSU no meio ambiente.

As estratégias e ações que as cidades devem adotar no âmbito da GRSU devem estar contidas no plano de gestão de RSU da localidade. Um plano de gestão de resíduos sólidos pode ser entendido como um conjunto de referências político-estratégicas, institucionais, legais e financeiras capaz de orientar a organização do setor (LACERDA, 2003). De forma geral, os planos de gestão de RSU devem atender às seguintes exigências:

- Coleta de todos os RSU gerados no município;
- Destinação final adequada, a fim de evitar a degradação ambiental;
- Busca de formas de tratamento para os RSU. O objetivo principal é a redução do volume de RSU gerado, aumentando a vida útil dos aterros sanitários;
- Implantação de programas educacionais voltados à conscientização pela limpeza da cidade. O cidadão deve saber sobre o seu papel como gerador de RSU;
- Incentivar a participação da população em programas de coleta seletiva, com o intuito de recuperar materiais possíveis de reutilização.

Ribeiro *et al.* (2014) argumentam que um plano de gestão de RSU deve considerar: 1) a redução da geração de lixo na fonte, 2) a reutilização do material produzido, 3) a reciclagem, 4) a recuperação de energia, e 5) o aterro sanitário. Nesse mesmo sentido, Demirbas (2011) apresenta a hierarquia das atividades empregadas na GRSU (Figura 2.2). A opção prevenção é colocada no topo dessa hierarquia, seguida da minimização, sendo consideradas precursoras para uma gestão sustentável dos RSU. Na sequência, o reuso é indicado após a geração dos resíduos com o intuito de prolongar o ciclo de vida dos produtos (OLIVEIRA, 2011). A ordenação de opções como reciclagem e incineração é muitas vezes discutida, como por exemplo, o transporte de resíduos para um aterro quando comparado à necessidade de transportes para outros tipos de tratamentos que podem ter um menor impacto no meio ambiente (MOBERG *et al.*, 2005; FINNVEDEN *et al.*, 2005, MCDUGALL *et al.*, 2001). A disposição final em aterros aconteceria em último caso (AHLUWALIA e NEMA, 2007).

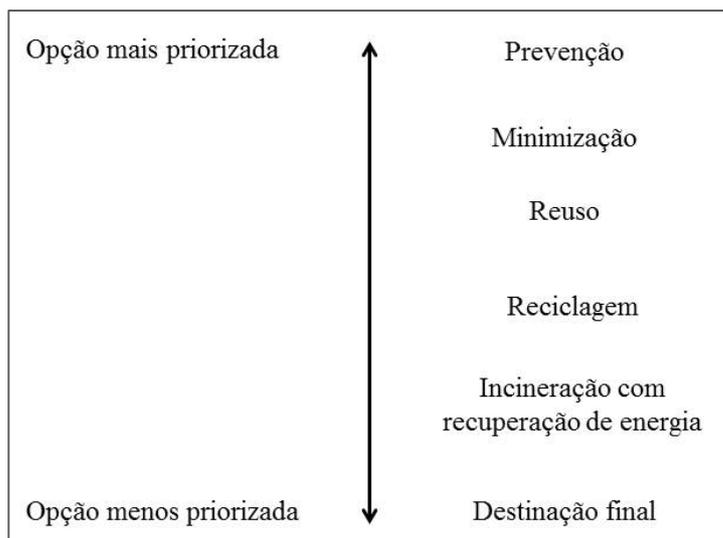


Figura 2.2 - Hierarquia na Gestão dos RSU

Fonte: Demirbas (2011)

2.1.2. Caracterização de Resíduos Sólidos Urbanos

Os principais aspectos que devem ser abordados em um plano de gestão de RSU incluem o diagnóstico da situação dos RSU gerados no respectivo território e a sua caracterização (MMA, 2011). De acordo Patel, Jain e Saxena (2010), é de grande importância conhecer a quantidade e a composição dos RSU de qualquer local, para se conseguir uma gestão adequada dos RSU. Costa *et al.* (2012) corrobora com essa afirmação na medida em que afirma que um aspecto complementar no estudo dos RSU além da sua classificação é a composição gravimétrica, pois ela é uma das premissas básicas para se iniciar qualquer estudo da implantação de qualquer sistema de tratamento de RSU, assim como da proposição da forma de disposição final dos resíduos gerados.

A composição gravimétrica dos RSU, ou também chamada de caracterização física apresenta as porcentagens das várias frações dos materiais constituintes dos RSU (DEUS, 2015; IBAM, 2013; PEREIRA NETO 2007; MONTEIRO *et al.*, 2001). Ela é obtida pela triagem, separando os materiais por classes, como vidro, papel/papelão, plástico, metal, matéria orgânica e outros (GONÇALVES, 2007).

De acordo com Costa *et al.* (2012) o estudo das características físicas dos RSU é uma atividade importante para o município, uma vez que, através das informações coletadas, o órgão responsável pelo serviço de limpeza pública poderá verificar as alterações ocorridas nos aspectos referentes à qualidade dos materiais e do volume de rejeitos gerados na região. Isto é, conhecer a composição dos RSU, tanto do ponto de vista qualitativo quanto do quantitativo, é

um dos principais fatores que possibilita um adequado equacionamento da coleta, transporte, tratamento e destinação final, além de permitir equacionar o potencial de reciclagem (SHARHOLY *et al.*, 2008; LACERDA, 2003). Conhecer a composição dos RSU possibilita uma melhor gestão desses resíduos. Deve-se considerar ainda que, mesmo que o principal objetivo dessa categorização seja a minimização dos impactos ambientais decorrentes da disposição final dos resíduos, a viabilidade de beneficiamento dos materiais deve ser avaliada por critérios que vão além da viabilidade tecnológica de recuperação dos materiais, contemplando também os custos ambientais envolvidos em cada processo (FIORE, 2013).

Diversos fatores interferem na caracterização dos RSU, desde as preferências dos consumidores, seus hábitos e costumes, às variações sazonais, climáticas, densidade demográfica, leis e regulamentações específicas (RIBEIRO *et al.*, 2014). De acordo com Rezende *et al.* (2013) e Costa *et al.* (2012), a composição dos RSU está intrinsecamente ligada ao grau de desenvolvimento, às condições climáticas, ao nível socioeconômico e cultural de um país. Singh *et al.* (2014) corroboram essa afirmação na medida em que argumentam que as composições dos RSU mostram uma relação "forte" com o desenvolvimento econômico. Na verdade, as composições de resíduos variam não só entre países, mas também entre as cidades e comunidades individuais dentro de uma cidade, dependendo da situação econômica da comunidade particular (WORLD BANK, 2012). O Quadro 2.1 mostra os fatores que influenciam na composição gravimétrica dos RSU segundo IBAM (2001).

Fatores		Influência
Climáticos	<i>Outono</i>	Aumento da quantidade de folhas
	<i>Verão</i>	Aumento da quantidade de embalagens de bebidas (latas, vidros e plásticos rígidos)
Épocas especiais	<i>Feriados</i>	Aumento da quantidade de embalagens
	<i>Férias</i>	Aumento ou redução populacional, dependendo se o local for turístico ou não
Sócio econômicos	<i>Nível cultural</i>	Quanto maior o nível cultural, maior a incidência de resíduos recicláveis e menor a incidência de matéria orgânica
	<i>Poder aquisitivo</i>	Maior consumo de supérfluos perto do recebimento do salário (fim e início do mês)
	<i>Desenvolvimento tecnológico</i>	Introdução de materiais cada vez mais leves, reduzindo o valor do peso específico aparente dos resíduos
	<i>Promoções de lojas comerciais</i>	Aumento de embalagens
	<i>Campanhas ambientais</i>	Redução de materiais não bio degradáveis (plásticos) e aumento de materiais recicláveis e/ou biodegradáveis (papéis, metais e vidros)

Quadro 2.1- Fatores que influenciam a composição gravimétrica dos RSU
Fonte: IBAM (2001)

No Brasil, atualmente, não existem dados primários sobre a composição e quantidade dos RSU que são gerados diariamente. Existe somente uma estimativa calculada pelo Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada (IPEA) baseada em dados secundários provenientes da média de 93 estudos de caracterização física que foram realizados entre 1995 e 2008. Essa estimativa é apresentada na Tabela 2.3.

Tabela 2.3 - Estimativa da composição gravimétrica dos RSU coletados no Brasil em 2008

Resíduos	Participação (%)	Quantidade (t/dia)
Material reciclável	31,9	58.527,40
<i>Metais</i>	2,9	5.293,50
<i>Aço</i>	2,3	4.213,70
<i>Alumínio</i>	0,6	1.079,90
<i>Papel, papelão e tetrapak</i>	13,1	23.997,40
<i>Plástico total</i>	13,5	24.847,90
<i>Plástico filme</i>	8,9	16.399,60
<i>Plástico rígido</i>	4,6	8.448,30
<i>Vidro</i>	2,4	4.388,60
Matéria orgânica	51,4	94.335,10
Outros	16,7	30.618,90
Total	100,0	183.481,50

Fonte: IPEA (2012b)

Para Deus (2015), é importante não só conhecer a composição gravimétrica dos RSU como também a sua taxa de geração para desenvolver melhor as fases de planejamento, coleta, controle e disposição final. De modo geral, há uma grande tendência no aumento da geração dos resíduos concomitante ao aumento populacional. Porém, assim como a composição física dos RSU, a taxa de geração também é influenciada pelo fator econômico. A Figura 2.3 mostra o total de RSU gerados em países de baixa, média e alta renda, classificados segundo o World Bank (2012). O rápido crescimento dos RSU em países de média renda pode ser atribuído ao rápido desenvolvimento econômico, aumento da população e da urbanização nesses países. Em países de alta renda, as quantidades de resíduos continuam a aumentar, mas em um ritmo mais baixo. No entanto, como mostra a Tabela 2.4, nota-se que nos países de alta renda a geração per capita de RSU (kg/pessoa/dia) é muita elevada em comparação com os países de baixa e média renda (SINGH *et al.*, 2014).

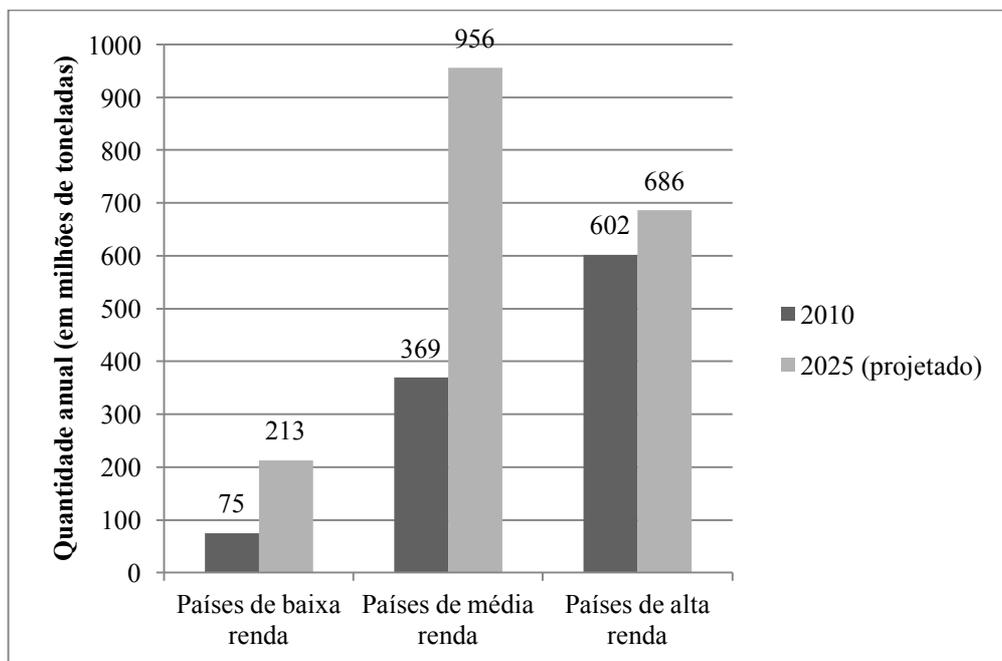


Figura 2.3 - Estimação da geração anual de RSU em diferentes países com base no desenvolvimento econômico e na população urbana

Fonte: Singh *et al.* (2014)

Tabela 2.4 - Estimação da geração per capita dos RSU

Ano	Países de baixa renda		Países de média renda		Países de alta renda	
	2010	2025	2010	2025	2010	2025
População urbana (milhões)	343	676	1296	2080	774	912
Geração per capita de RSU	0,60	0,86	0,78	1,30	2,13	2,10

Fonte: Singh *et al.* (2014)

Mesmo com o rápido crescimento dos RSU nos países em desenvolvimento (média renda), eles ainda sofrem com problemas de gestão de RSU, incluindo um sistema de controle fraco, falta de interesse e preocupações para a situação ambiental e sua relação com a saúde em geral (OLLEY *et al.*, 2014; BROOMFIELD *et al.*, 2006; TINMAZ e DEMIR 2006; JOHANNESSEN e BOYER 2000). Nesse cenário, visando melhorar a gestão dos resíduos sólidos levando em consideração não só a dimensão ambiental, mas também a social e política (AGOSTINO *et al.*, 2013), foi instituída no Brasil em 2010 a Política Nacional de Resíduos Sólidos (BRASIL, 2010).

2.2. POLÍTICA NACIONAL DE RESÍDUOS SÓLIDOS

Segundo Neto (2011), as discussões para elaboração da Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS) tiveram origem no Senado Federal, com o protocolo do Projeto de Lei do Senado (PLS) nº 354, de 1989. Por um longo período, discutiu-se a redação proposta no PLS nº 354/1989 com a participação de órgãos públicos, representantes dos setores privados, tais como Confederações, Federação, Sindicatos e Associações de indústrias e comércio de produtos, além de representantes da sociedade. Após 21 anos de tramitação, o Presidente da República sancionou a Lei Federal nº 12.305, de 02 de agosto de 2010, que institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos, depois de a matéria ser aprovada na Câmara dos Deputados em 11 de março de 2010, e no senado federal em 07 de julho de 2010,

A PNRS reúne o conjunto de princípios, objetivos, instrumentos, diretrizes, metas e ações adotadas pelo Governo Federal, isoladamente ou em cooperação com Estados, Distrito Federal, Municípios ou particulares, objetivando a gestão adequada dos resíduos sólidos (BRASIL, 2010). Algumas metas propostas pela política são (ABDI, 2012):

- Deve haver a adoção de planos municipais para o descarte de resíduos sólidos. Os planos municipais serão elaborados para ajudar prefeitos e cidadãos a descartar seu lixo da maneira correta;
- Todos os lixões a céu aberto deveriam ser fechados até o final de 2014. Essa meta está em discussão no Congresso Nacional para ser adiada para 2018. No lugar deles só poderão existir aterros sanitários. Os aterros são impermeabilizados e seu solo é preparado para evitar a contaminação do lençol freático. Captam o chorume que resulta da degradação do lixo e podem contar com a queima do metano para gerar energia;
- Somente rejeitos poderão ser encaminhados aos aterros sanitários. Os rejeitos são o material restante depois de esgotadas todas as possibilidades de reuso e reciclagem do resíduo sólido. Apenas 10% dos resíduos sólidos são rejeitos. A maior parte do restante é de matéria orgânica, que pode ser reaproveitada em compostagem e transformada em adubo.

De acordo com Xavier *et al.* (2014), outras metas consideradas pela PNRS são a inclusão social e emancipação econômica dos catadores de materiais recicláveis. A PNRS não só reconheceu os resíduos sólidos como bens com valor social e econômico como também enfatizou a importância das atividades dos catadores de materiais recicláveis para todo o

sistema de gestão de resíduos sólidos (RUTKOWSKI e RUTKOWSKI, 2015). Segundo Jabbour *et al.* (2014), os objetivos específicos da Lei incluem:

- Incentivar e promover uma hierarquia de prioridades com relação aos resíduos sólidos, que são a não geração, a redução, a reutilização, a reciclagem, o tratamento dos resíduos sólidos e disposição final ambientalmente adequada dos rejeitos;
- Adotar, desenvolver e melhorar tecnologias limpas como forma de minimizar o impacto ambiental;
- Oferecer incentivos para a indústria de reciclagem ajudando a promover o uso de matéria-prima reciclada;
- Priorizar os contratos públicos ecológicos, incluindo a compra de produtos reciclados e bens recicláveis, serviços e obras que considerem critérios compatíveis com o desenvolvimento sustentável;
- Integrar os catadores de materiais recicláveis nas ações que envolvam a responsabilidade compartilhada nos ciclos de vida dos produtos.

Neste sentido, a PNRS incorpora conceitos modernos na gestão dos resíduos sólidos, como acordos setoriais, ciclo de vida, responsabilidade compartilhada, logística reversa (LR), coleta seletiva, minimização da disposição final (reuso, reciclagem e recuperação) e estímulo a soluções para geração de energia através dos resíduos sólidos (BUFONI *et al.*, 2014). Para Neto (2011), a PNRS tem como principal ponto de inovação a inserção do conceito de responsabilidade compartilhada, reconhecendo a necessidade de participação de todos os elos da cadeia. Segundo Godoy (2013), pode-se salientar também a introdução de outros princípios inovadores que dirigiram a Lei:

- Contaminador-pagador e protetor-recebedor, penalizando quem agride o meio ambiente e recompensando os que o protegem;
- Visão sistêmica, combinando as variáveis: meio ambiente, sociedade, cultura, economia, tecnologia e saúde pública;
- Desenvolvimento sustentável, relativo à satisfação de necessidades presentes sem comprometer as demandas das gerações futuras;
- Eco eficiência, por meio da qual as comunidades desenvolverão os métodos necessários para obter boa qualidade de vida sem impactar ambiente;
- Cooperação compartilhada entre os três segmentos: o poder público, o setor empresarial e as comunidades;

- Respeito às diversidades locais e regionais;
- Direito das comunidades à informação e aos mecanismos de controle;
- Proporcionalidade na aplicação de taxas e tributos relativos aos resíduos.

Fiore (2013) argumenta que PNRS reflete as mudanças nas demandas sociais e a evolução das técnicas e tecnologias aplicáveis ao tratamento dos resíduos, bem como a mudança de suas características. Para Thode Filho *et al.* (2015) a PNRS cria o apoio legal e a participação do governo brasileiro nos procedimentos operacionais de segregação, acondicionamento, coleta, triagem, armazenamento, transbordo, tratamento de resíduos sólidos e disposição final adequada dos rejeitos. De acordo com Jacobi e Besen (2011), a PNRS fortalece os princípios da gestão integrada e sustentável de resíduos, propondo medidas de incentivo à formação de consórcios públicos para a gestão regionalizada com vistas a ampliar a capacidade de gestão das administrações municipais, por meio de ganhos de escala e redução de custos no caso de compartilhamento de sistemas de coleta, tratamento e destinação de resíduos sólidos.

São inúmeros os avanços da PNRS, em especial na sistematização e consolidação de princípios e instrumentos esparsos na legislação ambiental brasileira. Contudo, é preciso apontar os aspectos que requerem ainda esforços para uma ampla eficácia da norma reguladora dos resíduos sólidos (THODE FILHO *et al.*, 2015). Segundo Jabbour *et al.* (2014), a PNRS pode resultar em oportunidades sociais e econômicas. Porém, analisando e avaliando criticamente as disposições e metas contidas na PNRS, é possível concluir que sua implantação significa um grande desafio tendo em mente as contradições e as disparidades regionais e urbanas da realidade brasileira. Ela pode se tornar inviável principalmente para os municípios pequenos, pobres e distantes (GODOY, 2013). A fase de implementação da Lei Federal encontrou diversos desafios, principalmente nos níveis locais, devido à baixa capacidade administrativa associada a um complexo instrumento legal (JABBOUR *et al.*, 2014; CHAVES *et al.*, 2014; GODOY, 2013; JACOBI e BESEN, 2011).

De acordo com Besen *et al.* (2014) a PNRS lançou novos desafios para a implantação e aprimoramento da coleta seletiva nos municípios brasileiros. Nessa mesma linha, Campos (2014) afirma que um desafio para colocar em prática a PNRS é o planejamento, implementação e operacionalização de programas de coleta seletiva nos municípios. Isto porque para se adequarem a nova política todos os municípios brasileiros precisarão implantar programas de coleta seletiva, já que os aterros sanitários só poderão receber materiais não

recicláveis, e é por meio da coleta seletiva que os materiais recicláveis são separados do lixo para serem reciclados ou reaproveitados. Bringhenti e Günter (2011) corroboram com essa afirmação, na medida em que afirmam que a PNRS contribuirá para o aumento do número de municípios com programas de coleta seletiva.

Além da implantação de programas de coleta seletiva, a Lei também institui a obrigatoriedade de estruturação e implementação de sistemas de Logística Reversa (LR). A PNRS institui a LR na atribuição das responsabilidades sobre alguns tipos de resíduos, como: pilhas, baterias, agrotóxicos, pneus, óleos lubrificantes e suas embalagens, lâmpadas fluorescentes e equipamentos eletrônicos, e, mediante acordos setoriais ou regulamentação posterior, embalagens plásticas, de vidro ou metálicas e outras embalagens conforme seu impacto ambiental (RIBEIRO *et al.*, 2014). Segundo Nardi (2013), a PNRS traz pontos necessários para a adequada implantação e operacionalização da LR, como estabelecer procedimentos de compra e produtos ou embalagens usados e atuar em parceria com cooperativas ou associações de catadores de materiais recicláveis. Segundo Thode Filho *et al.* (2015) a principal ferramenta da PNRS é a LR, já que com a sua implementação será possível o retorno de produtos de pós-consumo para o ponto de origem na cadeia (JABBOUR *et al.*, 2014). Para Leite (2011), as exigências da PNRS trouxeram velocidade e mudança nos processos logísticos e de produção das empresas no Brasil. Elas estão buscando novas tecnologias de reaproveitamento de produtos e especialização em atividades ligadas à logística reversa.

2.3. LOGÍSTICA REVERSA

Segundo o *Council of Supply Chain Management Professionals – CSCMP* (2010) a Logística Reversa (LR) é definida como:

[...] um segmento especializado da logística que foca no movimento e no gerenciamento do fluxo reverso de produtos e materiais após a venda e entrega ao consumidor. Inclui os processos de produtos retornados para reparo e/ou reembolso financeiro [...].

De acordo com Tibben-Lembke e Rogers (2002) a LR é o movimento de produtos ou materiais na direção oposta à da logística tradicional (direta) com o propósito de criar e recapturar valor, ou para que seja feita a sua disposição final adequada. Em outras palavras, a logística reversa está relacionada com o manuseio do fluxo de materiais do ponto de consumo até o ponto de origem (FLEISCHAMN *et al.*, 1997). De acordo com Niknejad e Petrovic

(2014), ela engloba as atividades de recuperação dos produtos que são cruciais para a sustentabilidade, tais como, reparação, remanufatura e reciclagem. A LR é a atividade de gestão do fim de vida dos produtos usados (NUKALA e GUPT, 2007). Para Gonçalves e Marins (2006), o conceito de logística reversa deve ser atrelado a três aspectos: logístico, financeiro e ambiental. O aspecto logístico se preocupa com o retorno dos produtos e materiais. O aspecto financeiro se preocupa com o custo do gerenciamento de logística reversa, por exemplo, transporte, armazenagem e estocagem. Já o aspecto ambiental se preocupa com a avaliação do impacto do produto sobre o meio ambiente durante toda a sua vida.

Na literatura também são encontrados conceitos como Logística Verde ou Logística Ecológica, que às vezes geram dúvidas em relação ao seu escopo quando defrontados com o termo logística reversa. As atividades motivadas pelas considerações ecológicas devem ser rotuladas de Logística Verde ou Logística Ecológica, as quais consistem nos esforços para medir e minimizar os impactos ecológicos das atividades logísticas. Os dois termos abordam questões relativas à busca por redução do impacto ambiental e preservação do meio ambiente, tanto no fluxo direto quando no reverso. Isto é, englobam estudos sobre a sustentabilidade em toda a cadeia de suprimentos (OLIVEIRA, 2011). A Figura 2.4 apresenta uma comparação entre a logística reversa e a logística verde ou logística ecológica.

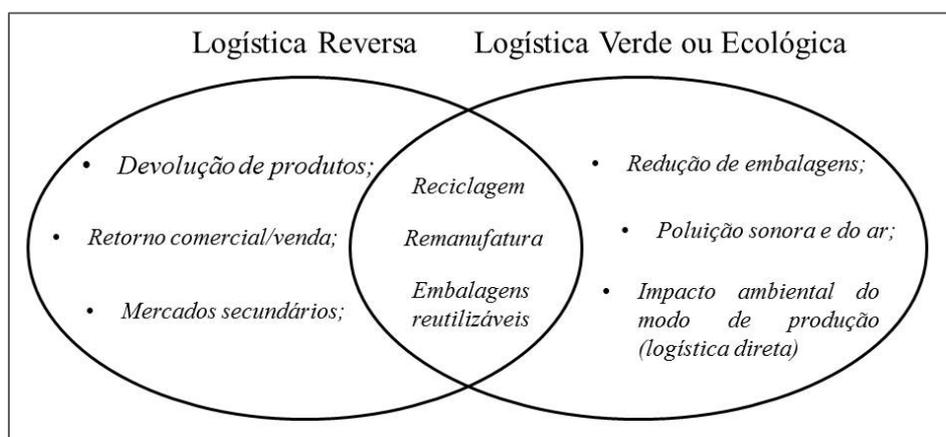


Figura 2.4 - Comparação da logística reversa e a logística verde ou ecológica
Fonte: Adaptada de Rogers e Tibben-Lembke (2001)

O fluxo da LR, em geral, se inicia no consumidor final, onde os produtos usados são coletados para que seja feita a gestão do fim de vida desses produtos através de diferentes possibilidades, tais como: reciclagem, para se conseguir matérias primas; remanufatura, para venda no mercado de segunda mão ou se possível para os primeiros consumidores; reuso e

reparação, para vender no mercado de segunda mão; e descarte final (GOVINDAN, SOLEIMANI e KANNAN, 2015). A Figura 2.5 apresenta o fluxo da logística reversa e o fluxo da logística direta.

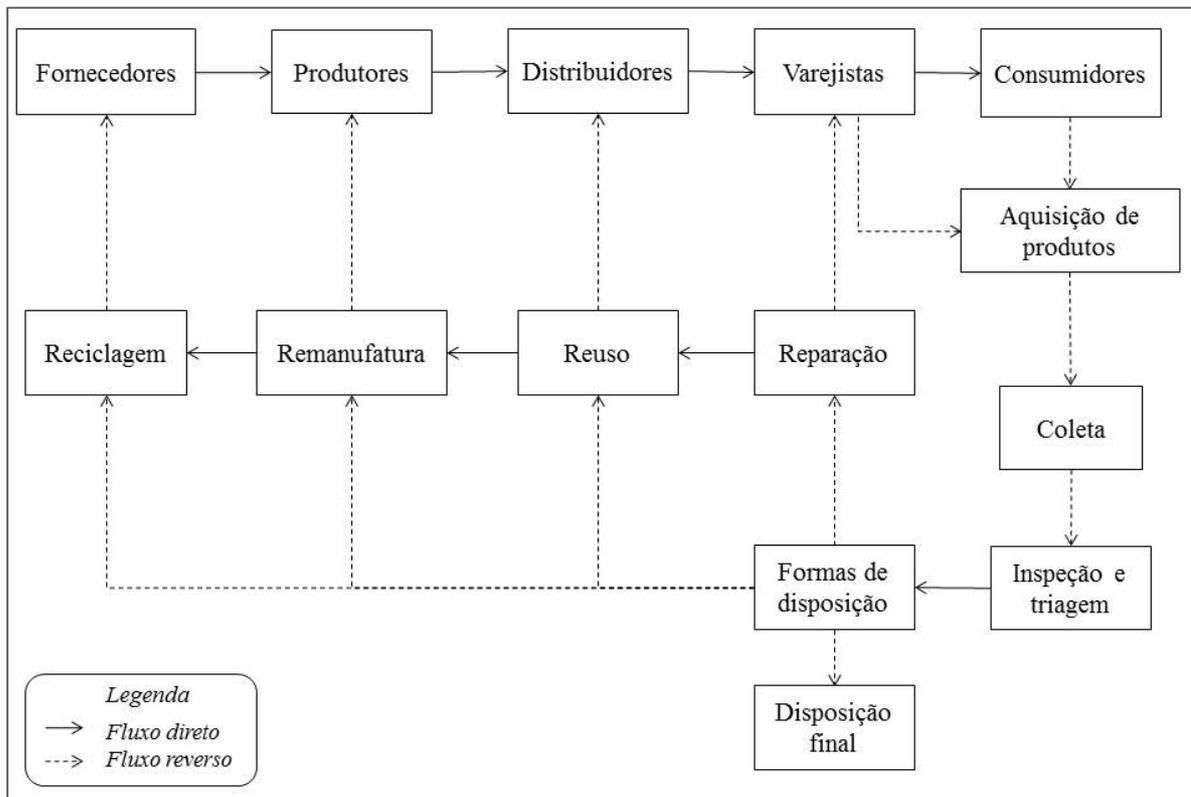


Figura 2.5 - Fluxo direto e Fluxo reverso
 Fonte: Agrawal, Singh e Murtaza (2015)

De acordo com Chaves, Alcântara e Assumpção (2008), embora as atividades de LR tenham iniciado na década de 1980, a evolução de seu conceito ocorre na década de 1990, juntamente com a pressão exercida pela legislação e órgãos fiscalizadores. No passado, o retorno dos produtos ocorria através de depósitos em aterros sanitários e incineração, mas com o crescimento do consumo e consequente diminuição da capacidade dos aterros e incineradores, começou-se a considerar a necessidade de reintegrar os resíduos nos processos produtivos, ocasionando a evolução do conceito de logística reversa (SOUZA, 2008).

Em relação às atividades práticas da logística reversa, Rogers e Tibbern-Lembke (2001) as dividem em dois grupos. O primeiro grupo relaciona-se aos produtos: retornar ao fornecedor, revender, vender via *outlet*, recondicionar, renovar, remanufaturar, recuperar materiais, reciclar, doar e depositar em aterro. O segundo grupo relaciona-se às embalagens: reutilizar, renovar recuperar materiais e reciclar. Já Shibao, Moori e Santos (2010) argumentam que são cinco as atividades relacionadas com a LR: planejamento, implantação e

controle dos fluxos de materiais e de informações do ponto de consumo até a origem; movimentação de produtos na cadeia produtiva do consumidor para o produtor; busca de melhor uso de recursos por meio de economia no consumo de energia, redução da quantidade de materiais empregados, reaproveitando ou reciclando resíduos; recuperação de valor; segurança na destinação. Além dessas atividades, Campos (2006) considera o retorno de mercadorias e devoluções; retorno de embalagens como paletes e engradados; retorno de estoque por erro de quantidade ou modelo ou outro; recall; substituição de componentes; recolhimento de materiais perigosos ao ambiente e às pessoas, como pilhas e lixo hospitalar; recuperação de ativos e fim da vida útil com encaminhamento para desmanche ou disposição final. Deste modo, percebe-se que a LR afeta diversas funções dentro de uma organização, incluindo a logística, marketing, produção e outras (HAZEN *et al*, 2015).

Segundo Carvalho e Miguez (2006), a possibilidade de ganhos sobre produtos que anteriormente não eram reaproveitados, mas, diretamente descartados implica em uma tendência de o próprio mercado exigir das empresas uma maior aproximação dos processos de LR. Tibben-lemcke e Rogers (2002) afirmam que as organizações usualmente não desenvolvem iniciativas de logística reversa como o resultado de um planejamento de tomada de decisão, mas sim em resposta a ações dos consumidores ou de outras empresas no canal de distribuição. Isto porque em indústrias específicas a atividade de logística reversa pode ser crítica para a empresa; em companhias onde os produtos possuem um valor alto ou onde as taxas de retornos são maiores, muito mais esforço deve ser feito na melhoria de processos de retorno (ROGERS e TIBBEN-LEMBKE, 1999).

A implantação de novas leis, a preocupação com a imagem da corporação e com questão ambientais e os benefícios econômicos têm sido os principais fatores não só da adoção de práticas de LR como também da busca de eficácia e eficiência na LR (AGRAWAL, SINGH e MURTAZA, 2015; KAYNAK, KOÇOĞLU e AKGÜN, 2014; KANNAN *et al.*, 2012). Porém, saber se a LR é eficaz e/ou eficiente pode não ser simples, uma vez que cada organização dentro do sistema fechado (formado pela logística direta e pela logística reversa) tem duas funções: são “remetentes” no processo de logística direta e se tornam receptoras no processo de logística reversa, e vice-versa (HAZEN *et al.*, 2015).

Para Ye *et al.* (2013) uma logística reversa efetiva pode ajudar a solucionar a crescente preocupação em relação aos problemas ambientais. Conforme argumentam González-Torre, Adenso-Díaz e Ruiz-Torres (2003), os benefícios ambientais obtidos com um processo de

logística reversa são: a redução da poluição por RSU, menor saturação nos aterros sanitários e preservação de matéria-prima virgem. Nessa mesma linha, Fleischmann *et al.* (1997) afirmam que um dos aspectos motivacionais para a prática de logística reversa é o fato de que vários países industrializados estão sofrendo com uma diminuição da capacidade dos aterros e de incineração.

Chaves, Alcântara e Assunção (2008) destacam a existência de duas áreas de atuação da logística reversa: a LR de pós-venda e a LR de pós-consumo. Elas se diferenciam pelo estágio ou fase do ciclo de vida útil do produto retornado. Essa distinção entre os dois tipos é necessária, pois o produto logístico, os canais de distribuição reversos pelos quais fluem, os objetivos estratégicos e as técnicas operacionais utilizadas em cada uma são distintos (LEITE, 2009). A LR pós-venda se caracteriza pelo retorno de produtos que apresentam pouco ou nenhum uso, que retornam por algum motivo à cadeia de distribuição. O Quadro 2.2 apresenta os principais motivos de retorno dos produtos de pós-venda.

Categorias	Motivo de Retorno
Comerciais	
<i>Retornos não contratuais</i>	Erros de expedição do pedido, erros na recepção
<i>Retornos comerciais contratuais</i>	Retorno de produtos em consignação
<i>Retorno de ajuste de estoques de canal</i>	Excesso de estoque no canal, baixa rotação do estoque, introdução de novos produtos, moda ou sazonalidade
Garantia	
<i>Qualidade</i>	Garantia, defeituosos, danificados
<i>Validade de produto</i>	Expiração da validade
<i>Fim de vida</i>	Expiração da utilidade
<i>Recall</i>	Manutenção, recolhimento de produto do mercado

Quadro 2.2 - Principais motivos de retorno
Fonte: Rogers e Tibben-Lembke (1999)

Já a LR de pós-consumo é formada pela parcela de produtos que, ao perderem sua utilidade original, são descartados e retornam ao ciclo produtivo. Dentro do canal de pós-consumo, Leite (2009) argumenta que existem dois subsistemas: a reciclagem onde os materiais constituintes dos produtos descartados são extraídos industrialmente, transformando-se em matérias-primas que serão reincorporadas à fabricação de novos produtos (por exemplo, a reciclagem do alumínio); e o reuso, onde os produtos ou materiais têm sua vida útil estendida por vários anos (por exemplo, venda de carros usados). A LR de pós-venda e a LR de pós-consumo e os diferentes destinos que os produtos retornados podem ter em função das possibilidades de aproveitamento aparecem na Figura 2.6.

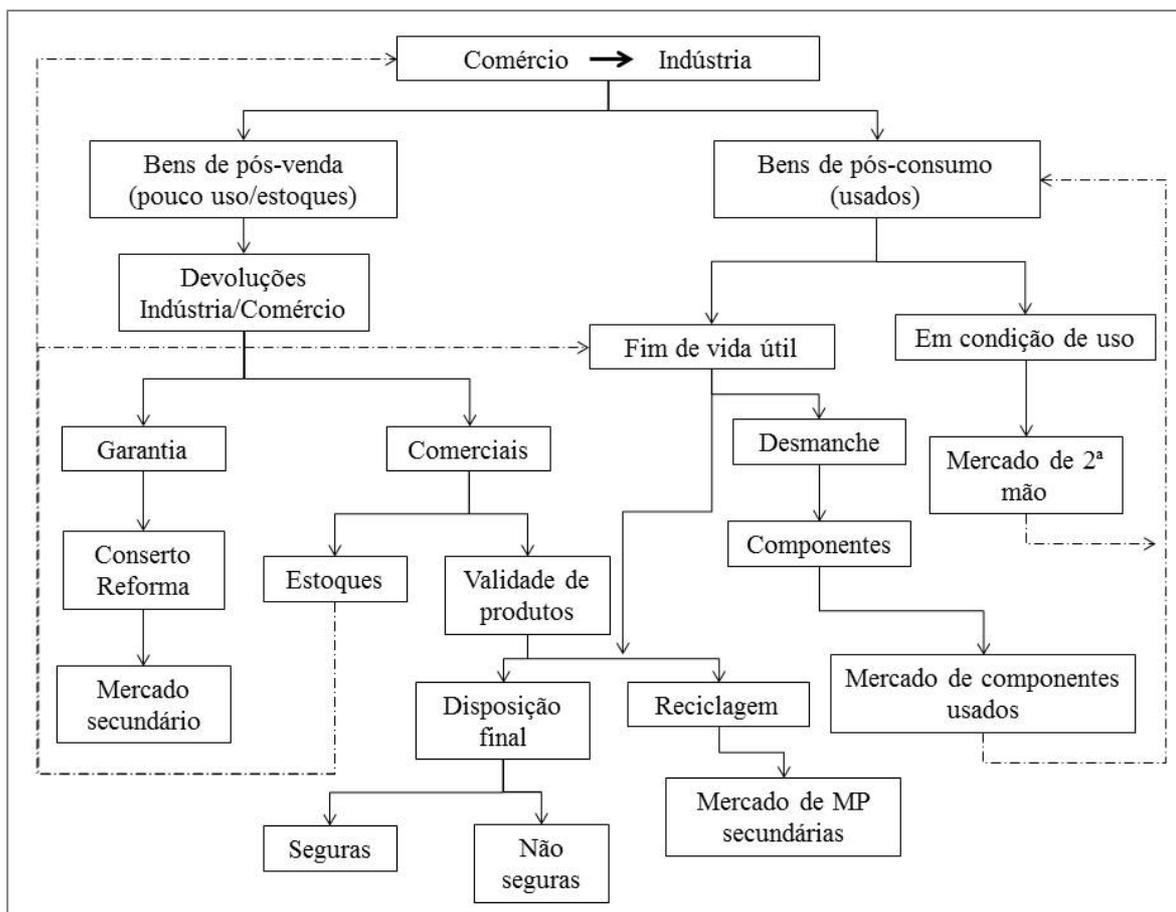


Figura 2.6 - Tipologia dos canais de distribuição reversos
Fonte: Leite e Brito (2003)

Conhecer as possibilidades de canais de distribuições reversos é importante. Porém, ressalta-se que os estudos em LR tem um foco maior no canal de pós-consumo, uma vez que os produtos que retornam após a venda ocorrem por erros em pedidos ou devido a algum defeito detectado pelo cliente, mas que pode ser reparado e colocado à venda novamente. Ademais, o retorno de produtos pós-consumo e sua destinação causam questionamentos sobre os benefícios econômicos, sociais e ambientais envolvendo todos os agentes atuantes deste processo, como empresas, sociedade, governo, entre outros (NARDI, 2013).

Motta (2011) ressalta que a LR de pós-consumo chama a atenção por estar relacionada diretamente com a preservação do meio ambiente, isso porque ela tem papel essencial contra a degradação do meio ambiente. Uma das bases da LR de pós-consumo é a coleta seletiva. Segundo Neto (2011) é importante levar em conta que hoje a coleta seletiva já contribui para o funcionamento da logística reversa, sendo uma alternativa de renda para as cooperativas de triagem e reciclagem de resíduos.

2.4. COLETA SELETIVA

De acordo com Barros *et al.* (2013), a coleta seletiva é uma das etapas de um programa de gestão de RSU. Ela consiste na separação dos materiais tidos como recicláveis (papéis, vidros, plásticos e metais) do restante considerado lixo (CARVALHO, 2013).

Um programa de coleta seletiva é visto como uma alternativa para diminuir os impactos ambientais causados pela geração de RSU, pois diminui o volume de entrada desses resíduos nos aterros, aumentando sua vida útil e retirando das ruas e lixões o lixo que degrada o meio ambiente (LIMA e SILVA, 2013; ROCHA, 2012). Segundo Rada, Ragazzi e Fedrizzi (2014), um dos objetivos da coleta seletiva é o de melhorar as condições ambientais com a reutilização e com a reciclagem, reduzindo a extração de recursos necessários para a obtenção de novos materiais. Além disso, conforme argumentam Menikpura, Sang-Arun e Bengtsson (2013), a recuperação de materiais também reduz as emissões de gases de efeito estufa.

A PNRS apresentou novos desafios em termos de criação e melhoria de programas de coleta seletiva nos municípios brasileiros (BESEN *et al.*, 2014). Isto porque, para se adequarem a nova lei, todos os municípios brasileiros precisarão possuir programas de coleta seletiva. E segundo o Compromisso Empresarial para Reciclagem (CEMPRE, 2014a), apenas 927, dos 5670 municípios brasileiros, ou seja, 17% declaram que possuem programas de coleta seletiva. Além do que, nos municípios onde já existem programas de coleta seletiva nota-se que além dos programas não abrangerem todo o município, de acordo com Filho *et al.* (2014) eles ainda são pouco maduros e com baixa eficiência, colaborando pouco na solução dos problemas de GRSU. A Figura 2.7 mostra que a concentração dos programas municipais de coleta seletiva está nos municípios das regiões sul e sudeste. Do total de municípios que realizam esse serviço, 81% estão situados nessas regiões. Com relação à área de abrangência dos programas de coleta seletiva nos municípios, a Tabela 2.5 mostra as porcentagens de municípios que declaram que a coleta seletiva abrange todo o município por região.



Figura 2.7 - Concentração dos programas municipais de coleta seletiva
Fonte: CEMPRE (2014a)

Tabela 2.5 - Porcentagem de municípios com programa de coleta setiva abrangendo todo o município

Região	Total de municípios que possuem programas de coleta seletiva	Porcentagem que declara que abrange todo o município
Nordeste	97	38%
Norte	15	5%
Centro-oeste	62	16%
Sul	337	46%
Sudeste	416	32%
<i>Brasil</i>	<i>927</i>	<i>38%</i>

Fonte: Adaptado de IBGE (2008) e CEMPRE (2014a)

Para o IPT e CEMPRE (2010), os pilares de um programa de coleta seletiva são: tecnologia, para efetuar a coleta, separação e reciclagem; mercado, para absorção do material recuperado e conscientização, para motivar o público alvo. Afirmam ainda que em cidades onde a coleta seletiva não obteve sucesso a causa tenha sido, provavelmente, a deficiência ou falta de um ou mais destes requisitos. Bringhenti e Günter (2011) corroboram com essa afirmação na medida em que argumentam que a comunidade deve ser sensibilizada, motivada e os conceitos e práticas precisam ser assimilados e incorporados no cotidiano da população envolvida, para assegurar a operacionalização, viabilidade e continuidade da coleta seletiva. Para Bringhenti, Zandonade e Günther (2011), a falta de divulgação dos resultados, a acomodação e o desinteresse da população, o descrédito relativo às ações oriundas do poder público e a falta de espaço nas residências para armazenar os resíduos recicláveis, dentre outros, são fatores que dificultam a participação na coleta seletiva. Ribeiro e Lima (2000)

citam que os obstáculos mais comuns para a eficiência dos programas de coleta seletiva dos casos analisados em seu trabalho foram:

- Inexistência de infraestrutura para estocagem;
- Falta de caminhão reserva, interferindo no cumprimento do roteiro da coleta, provocando descontentamento da população e alterando volume de materiais coletados;
- Falta de prensa, devido ao volume ainda pequeno de material;
- Armazenamento inadequado dos materiais recicláveis;
- Dificuldade de capitalização da cooperativa para comprar equipamentos.

Na implantação de um programa de coleta seletiva é necessário levar em conta um número importante de fatores técnicos, econômicos, ambientais e jurídicos relacionados com o lugar onde a atividade será realizada (TOSO e ALEM, 2014; RADA, 2013; BALTES *et al.*, 2009). De acordo com Philippi Jr. e Aguiar (2005), o planejamento da implantação da coleta envolvem algumas considerações importantes, como a frequência, o ponto de coleta, o horário e a forma da coleta, para que causem menos transtornos possíveis para a população e seja sanitária e economicamente adequada.

Há mais de cinco anos, algumas cidades têm implementado programas de coleta seletiva com diferentes tipos de funcionamento (LIMA e SILVA, 2013). Em relação à forma como a coleta seletiva é realizada, existem duas modalidades de coleta seletiva: a modalidade porta a porta e a modalidade através de PEVs ou também chamados de Ecopontos.

Coleta seletiva porta a porta

A modalidade porta a porta ocorre quando a população separa previamente em seus domicílios os materiais recicláveis existentes nos resíduos domésticos para que depois os mesmos sejam coletados por um veículo especializado. As vantagens relacionadas com a modalidade porta a porta são:

- Comodidade para a população, dispensando o deslocamento do cidadão até um Ponto de Entrega Voluntária/Ecoponto, podendo resultar em uma maior adesão da comunidade quanto à participação na coleta seletiva (FUZARO e RIBEIRO, 2007; LIMA, 2006; BRINGHENTI, 2004; GRIMBERG e BLAUTH, 1998);
- Permitir mensurar através de controle realizado pelo órgão responsável pela execução da coleta seletiva porta a porta a participação da população no programa devido à

facilidade de se identificar os domicílios e estabelecimentos participantes (LIMA, 2006; BRINGHENTI, 2004; GRIMBERG e BLAUTH, 1998).

Já as desvantagens dessa modalidade são:

- Possibilidade de ação dos catadores que não estão associados à cooperativa da cidade, que percorrem os trechos de coleta antes dos veículos, apossando-se dos materiais de maior valor comercial (FUZARO e RIBEIRO, 2007). Esta ação prejudica o funcionamento da cooperativa de catadores responsável pela coleta seletiva que pode existir na cidade. É interessante sobre o ponto de vista social que haja uma cooperativa de catadores na cidade que funcione bem, pois uma cooperativa gera desenvolvimento social, com geração de emprego e renda através da comercialização dos materiais recicláveis;
- Exige maior infraestrutura de coleta, por exemplo, a necessidade de um maior número de caminhões (LIMA, 2006; BRINGHENTI, 2004; MONTEIRO *et al.*, 2001; GRIMBERG e BLAUTH, 1998);
- Custos mais altos de coleta e transporte comparado com a modalidade através de PEVs/Ecopontos, já que o caminhão terá que percorrer um maior número de ruas (LIMA, 2006; BRINGHENTI, 2004; MONTEIRO *et al.*, 2001; GRIMBERG e BLAUTH, 1998);
- Maior presença de catadores na região onde está implantada (LIMA, 2006; BRINGHENTI, 2004; GRIMBERG e BLAUTH, 1998). Desvantagem pelo aspecto social, na hipótese desses catadores não estiverem associados ou cooperados, o que pode levar à marginalização dos mesmos.

Quando a modalidade porta a porta for utilizada, é importante que a coleta seletiva ocorra em dias alternados à coleta de lixo, para que não ocorra mistura de materiais ou confusão por parte da população. Ademais, essa modalidade apresenta alto custo inicial, dado o baixo rendimento proporcionado aos veículos. Isto é, alta quilometragem desenvolvida com baixa recepção de carga, considerando o início da implantação do programa de coleta seletiva e quando não se tem uma grande participação da população. Segundo Massukado (2004), isso pode ser um desestímulo à expansão deste sistema. Segundo pesquisa realizada pelo CEMPRE (2014a), cerca de 80% dos municípios brasileiros que possuem programas de coleta seletiva utilizam a modalidade porta a porta, ou seja, é a forma mais utilizada pelos municípios.

Coleta seletiva através de PEVs/Ecopontos

A modalidade através de PEVs/Ecopontos ocorre quando a população realiza o descarte dos materiais separados em suas residências nesses PEVs/Ecopontos. Os PEVs/Ecopontos são locais definidos estrategicamente, de fácil acesso e com grande fluxo de pessoas (escolas, centros esportivos, bibliotecas, praças, supermercados, bancas de jornal, condomínios etc.) (CAMPOS, 2014). Neles são instaladas caçambas, containers ou um conjunto de lixeiras que, diferenciados por cores, indicam os diferentes tipos de materiais a serem recebidos (OLIVEIRA, 2011). A Figura 2.8 ilustra um tipo de PEV/Ecoponto utilizado pelo município de Ponta Grossa, Paraná.



Figura 2.8 - Exemplo de Ponto de Entrega Voluntária (PEV)/Ecoponto
Fonte: PONTA GROSSA (2015)

Os principais aspectos positivos relacionados com a modalidade de coleta seletiva através de Pontos de Entrega Voluntária (PEVs)/Ecopontos são:

- Maior facilidade e menor custo de coleta se comparado com a coleta seletiva porta a porta (FUZARO e RIBEIRO, 2007; LIMA, 2006; ROVIRIEGO, 2005; BRINGHENTI, 2004; GRIMBERG e BLAETH, 1998);
- Facilita a triagem posterior (LIMA, 2006; ROVIRIEGO, 2005; BRINGHENTI, 2004; GRIMBERG e BLAETH, 1998).

Já os principais aspectos negativos da coleta seletiva através de PEVs/Ecopontos são:

- Dificuldade para definir o correto dimensionamento da capacidade volumétrica dos contêineres. Quando a adesão da população ao programa de coleta seletiva for maior do que a prevista na etapa de planejamento dessa capacidade volumétrica, a frequência

de coleta nesses contêineres deverá ser maior ou novos contêineres deverão ser instalados, para que não haja a disposição de resíduos sólidos ao redor dos PEVs/Ecopontos e o programa perca credibilidade;

- Possibilidade de depredação dos PEVs/Ecopontos por vandalismo, o que pode implicar em localizá-los em locais que sejam seguros mas que não sejam os mais adequados às operações de coleta (FUZARO e RIBEIRO, 2007; LIMA, 2006; ROVIRIEGO, 2005; BRINGHENTI, 2004; GRIMBERG e BLAETH, 1998);
- Necessidade de empenho da população em conduzir seus materiais recicláveis até os pontos predeterminados, podendo resultar num percentual de participação menor que o da coleta porta a porta (FUZARO e RIBEIRO, 2007; LIMA, 2006; BRINGHENTI, 2004; GRIMBERG e BLAETH, 1998);
- Exige manutenção e limpeza periódica (LIMA, 2006; BRINGHENTI, 2004; GRIMBERG e BLAETH, 1998);
- Necessidade, em alguns casos, de equipamento especial para coleta, dependendo do tipo de PEV utilizado (LIMA, 2006; BRINGHENTI, 2004; GRIMBERG e BLAETH, 1998);
- Não possibilita a identificação dos domicílios e estabelecimentos participantes e, assim, dificulta a avaliação da adesão da comunidade ao programa (LIMA, 2006; BRINGHENTI, 2004; GRIMBERG e BLAETH, 1998).

De acordo com Massukado (2004) a coleta seletiva através de PEVs/Ecopontos é adotada em locais onde há grande produção de resíduos, fluxo intenso de pessoas ou quando se deseja aliviar o armazenamento doméstico semanal. Além do mais, certa atenção deve ser despendida com os PEVs/Ecopontos quanto ao grau de confiança que se pode assumir na eficiência de separação dos resíduos pelos cidadãos, pela hipótese de se depositar resíduos que não podem ser reciclados ou que sejam perigosos (MASSUKADO, 2004). Em relação aos custos de se comprar e instalar PEVs/Ecopontos, os mesmos podem ser evitados através de parcerias com empresas privadas que podem, por exemplo, financiar a instalação dos contêineres e explorar o espaço publicitário no local (LIMA, 2006; BRINGHENTI, 2004; MONTEIRO *et al.*, 2001; GRIMBERG e BLAETH, 1998). Segundo pesquisa realizada pelo CEMPRE (2014a), cerca de 45% dos municípios brasileiros que possuem programas de coleta seletiva utilizam esse tipo de modalidade.

Ressalta-se que as modalidades de coleta seletiva não são excludentes, isto é, um município poderá ter ao mesmo tempo as duas modalidades de coleta seletiva. Na verdade, nota-se que os programas de coleta seletiva de maior êxito são aqueles em que há uma combinação das modalidades porta a porta e PEVs/Ecopontos, visto que há uma maior participação da população em relação ao programa de coleta seletiva. A cidade de Porto Alegre, por exemplo, município referência em relação à implantação do programa de coleta seletiva (CÂNDIDO *et al.*, 2008), utiliza as duas modalidades para realizar a coleta seletiva (BRINGHENTI, 2004), conseguindo que seu programa de coleta seletiva atenda 100% da área urbana (CEMPRE, 2014a).

Em relação ao agente executor da coleta seletiva, podem ser eles: a prefeitura, empresas particulares contratadas e cooperativas de catadores. A coleta seletiva dos resíduos sólidos municipais é feita pela própria prefeitura em 43% das cidades, por empresas particulares em 37% e praticamente metade (51%) dos municípios apoia ou mantém cooperativas de catadores como agentes executores da coleta seletiva municipal (CEMPRE, 2014a). Vale destacar que assim como as modalidades de coleta seletiva, pode existir mais de um agente executor da coleta seletiva em um mesmo município. Segundo Campos (2014), programas de coleta seletiva executados por catadores remontam ao início dos anos 90 no Brasil. Do Carmo e Oliveira (2010) afirmam que uma opção para implementar eficientemente programas de coleta seletiva seria a criação de cooperativas de catadores. Ainda segundo os autores, em um primeiro momento as cooperativas devem ser auxiliadas pelo poder público e, com o passar do tempo, as cooperativas devem buscar a autossustentabilidade financeira com a venda dos materiais recicláveis coletados no município.

2.4.1. Coleta seletiva e organizações de catadores

De acordo com Siqueira e Moraes (2009), os catadores de materiais recicláveis são indivíduos que vivem da coleta de materiais recicláveis, entendida como meio de sobrevivência e de obtenção de renda. Isto é, sobrevivem da renda de catar, separar e comercializar materiais recicláveis. Segundo IPEA (2012a), a atividade de catação costuma apresentar grande sazonalidade, conforme variações nos preços dos recicláveis e oferta de resíduos. Os catadores de materiais recicláveis realizam suas atividades nas ruas, no interior de galpões ou, ainda, em suas próprias casas. A organização da atividade de catação de materiais recicláveis iniciou-se com a formação de cooperativas de catadores na década de

1990 e ganhou visibilidade com a formação do Movimento Nacional de Catadores de Materiais Recicláveis (MNCR), surgido em 1999 (BORTOLI, 2013).

O catador participa como elemento base de um processo produtivo ou de uma cadeia produtiva bastante lucrativa – para os demais elos da cadeia – cuja principal atividade é o reaproveitamento de materiais já utilizados e descartados e que possam ser reindustrializados e realocados no mercado de consumo (SOUZA, 2013; PEREIRA e TEIXEIRA, 2011; GOLÇALVES-DIAS, 2009). Para Gouveia (2012), esse grupo de trabalhadores vem realizando um trabalho de grande importância ambiental; contribuindo significativamente para o retorno de diferentes materiais para o ciclo produtivo; gerando economia de energia e de matéria-prima, e evitando que diversos materiais sejam destinados a aterros. Na verdade, os catadores produzem tanto bens como serviços (CAMPOS, 2014). Isto é, participam da coleta seletiva, recuperando os materiais recicláveis que serão transformados em matéria prima para a indústria e prestam serviços de limpeza urbana, cuja responsabilidade é do poder público municipal. Deste modo, pode-se afirmar que os catadores de materiais recicláveis representam agentes importantes na gestão dos RSU.

De acordo com Ferraz, Gomes e Busato (2012), apesar da importância dos catadores de materiais recicláveis na gestão dos resíduos sólidos urbanos, eles são muitas vezes marginalizados pela sociedade, trabalham com risco de acidente e são expostos a variações climáticas. Essas condições podem causar flutuações nos seus ganhos e, assim, eles são considerados uma população com vulnerabilidade econômica e social. Segundo o Diagnóstico sobre Catadores de Resíduos Sólidos, realizado pelo Instituto de Pesquisa Aplicada - IPEA (2013), a média de idade dos catadores era de 39,4 anos, sendo que 31,1% eram mulheres e 68,9% eram homens. A participação de trabalhadores negros era de 66,1%. A renda média obtida pelos catadores chegava a R\$ 571,56, sendo que o salário mínimo vigente na época era de R\$ 510,00. As taxas de analfabetismo entre os catadores eram de 20,5%, enquanto que o Brasil apresentava taxas de 9,4%. Infelizmente, com maior presença de crianças e adolescentes no período de férias escolares (IPEA, 2012a).

Os catadores de materiais recicláveis constituem um segmento de trabalhadores em crescimento. Em 2010, a estimativa era de que existia entre 400 a 600 mil catadores de materiais recicláveis no país (BRASIL, 2011). Desse total, de 40 a 60 mil catadores estavam incorporados em cerca de 1.100 cooperativas ou associações em todo o território. O que representa apenas 10% da população de catadores atuando de forma organizada. As

cooperativas de catadores de materiais recicláveis representam uma organização social, onde a produção de mercadorias e a prestação de serviços ocorrem em um clima tanto de busca pela eficiência técnica e econômica, quanto de solidariedade entre os trabalhadores (SINGER, 2003). De acordo com Bortoli (2013), a situação dos catadores torna-se extremamente complicada quando a atividade é feita de modo individual e isolado, ou seja, longe de processos organizados, capazes de reunir os catadores em defesa de seus interesses e direitos. Segundo Rutkowski e Rutkowski (2015), uma das funções sociais que as organizações de catadores permite é a possibilidade de um número significativo de trabalhadores não qualificados conseguirem uma vaga no mercado de trabalho. A organização dos catadores propicia maior capacidade de mobilização para negociarem com o poder público e com outros setores da sociedade, na busca de parcerias e políticas governamentais para sua maior valorização enquanto categoria profissional e sujeitos detentores de direitos (IPEA, 2013). Nessa mesma linha, Rutkowski e Rutkowski (2015) afirmam que a organização profissional dos catadores de materiais recicláveis em cooperativas de catadores não só permite o acesso a recursos financeiros e humanos para o desenvolvimento de habilidades técnicas e gerenciais, como também facilita o diálogo e a cooperação com organizações do setor público. Assim, é de grande valia a existência de cooperativa de catadores, visto que, conforme argumenta Matos (2012), as principais vantagens da existência de cooperativas de catadores são a geração de emprego e renda; o reconhecimento da profissão dos catadores, que muitas vezes são marginalizados pela sociedade; a organização do trabalho dos catadores nas ruas e a promoção da autoestima e a cidadania. Uma maneira de estimular a formação de cooperativas de catadores de materiais recicláveis é através da contratação de cooperativa de catadores para a execução de diversos serviços dentro da GRSU (IPEA, 2010).

Cooperativas e associações de catadores de materiais recicláveis têm ganhado considerável visibilidade, e diversas políticas públicas para a sua integração tem sido implementadas nos diferentes níveis do governo nacional, estadual e local (DIAS, 2010). Por exemplo, a aprovação da PNRS, pois os seus principais mecanismos de operacionalidade, a coleta seletiva e a logística reversa, passaram a priorizar a participação e a atuação estratégica e incisiva dos catadores e suas cooperativas (BORTOLI, 2013; GOUVEIA, 2012; NETO, 2011; BRASIL, 2010).

A coleta seletiva com catadores no Brasil tem recebido várias denominações ao longo dos anos: coleta seletiva solidária, coleta seletiva com inclusão social; e ainda coleta seletiva

sustentável (BESEN *et al.*, 2014). Para Besen (2011) a organização dos catadores em cooperativas para a realização da coleta seletiva enfrenta o desafio de viabilizar empreendimentos solidários, em mercados capitalistas e globalizados. Segundo Rodriguez (2005), esta forma de coleta seletiva que inclui catadores organizados rompe com a lógica de privatização tradicional dos serviços, na medida em que incorpora gradativamente um perfil de inclusão social e geração de renda para os setores mais carentes e excluídos do acesso aos mercados formais de trabalho. Porém, para Campos (2014), Baptista (2014) e Campos (2013), a coleta seletiva realizada por catadores no Brasil está baseada na exploração do trabalho e na injustiça social, visto que a maioria dos catadores não tem vínculo empregatício; não tem direito a férias remuneradas e nem a outros benefícios (13º salário, licença maternidade, finais de semana remunerados e aposentadoria). As cooperativas de catadores, em sua maioria, também não são remuneradas pelos serviços prestados, e o valor que recebem pela comercialização dos materiais recuperados é muito baixo,.

A versão preliminar do Plano Nacional de Resíduos Sólidos (BRASIL, 2011), ainda não aprovada, propõe a meta de inclusão de 600 mil catadores até 2023 em programas de coleta seletiva, dos quais 280 mil deverão ser incluídos até 2015. Porém, cabe aos Planos Municipais ou Regionais de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos definirem como se dará esta inclusão em seus respectivos territórios. Conforme argumentam Besen *et al.* (2014), em âmbito internacional, as iniciativas de inserção de catadores no sistema de gestão de resíduos sólidos e em especial na coleta seletiva são escassas, sendo o Brasil o país com número mais expressivo, somando, em 2013, mais de mil experiências em um universo de 5.550 municípios existentes no país (BRASIL, 2011).

Segundo Neto (2011) para que boas práticas sejam adotadas pelas cooperativas de catadores nas etapas da gestão de resíduos sólidos, que passarão a ser, ou já são em alguns municípios, de sua responsabilidade, a capacitação dos catadores passa a ser uma necessidade. Capacitá-los para a realização de suas atividades é outra exigência evidente, inclusive para tratar de aspectos de saúde e de segurança de trabalho, que são, atualmente, um dos pontos frágeis na operação das cooperativas.

Diversos trabalhos (BAPTISTA, 2014; CAMPOS, 2013; JACOBI e BESEN, 2011; BESEN, 2011; RIBEIRO *et al.*, 2009; GONÇALVES-DIAS, 2009) destacam as dificuldades que os poderes públicos municipais e as organizações de catadores enfrentam para realizar o

serviço de coleta seletiva nos municípios com a correta remuneração pelos serviços prestados. Besen *et al.* (2014) destacam, dentre outras questões:

- A prevalência de relações informais entre o poder público e as organizações de catadores;
- Ausência de cobrança por parte dos municípios do serviço prestado aos munícipes;
- Ausência de remuneração das organizações de catadores pelos serviços de coleta seletiva;
- Ausência de cobrança do município do serviço de logística reversa prestado na coleta seletiva aos fabricantes e importadores de produtos e embalagens.

Damásio (2010) analisou, entre os anos de 2006 e 2009, uma série de variáveis socioeconômicas em um conjunto de 83 organizações de catadores em todas as grandes regiões brasileiras (exceto região Norte). As organizações foram diferenciadas em quatro grupos por graus de eficiência: alta, média, baixa e baixíssima eficiência. Com base na observação dos dados, o autor chegou aos resultados que aparecem na Tabela 2.2. Percebe-se que cerca de 60% das organizações de catadores estão em situação de baixa ou baixíssima eficiência. Nestes dois grupos de eficiência há carências de equipamentos, capacitação, administração e condições adequadas de trabalho e há a necessidade de apoio financeiro. Ademais, o autor destaca alguns desafios que as organizações de catadores possuem: a eficiência da coleta e triagem; o acondicionamento correto dos materiais, preservando-os de contaminantes e da umidade; a obediência aos padrões exigidos em cada indústria; e os custos logísticos.

Tabela 2.6 - Organizações de catadores por grau de eficiência

Graus de eficiência	Número de organizações	(%)
Alta eficiência	12	14
Média eficiência	22	27
Baixa eficiência	29	35
Baixíssima eficiência	20	24
Total	83	100

Fonte: Adaptado de Damásio (2010)

Em relação aos custos logísticos, Oliveira (2011) defende que planejar e estruturar o sistema logístico de um programa de coleta seletiva é uma atividade complexa, pois é exigido

o dimensionamento de muitas variáveis, o que torna o processo muitas vezes complicado para ser realizado sem o apoio computacional. Deste modo, constata-se a oportunidade para de utilização de ferramentas computacionais que apoiem o processo de planejamento e tomada de decisões da coleta seletiva, por exemplo, o uso de Sistemas de Informação Geográfica (SIGs) no planejamento das rotas da coleta seletiva.

2.5. SISTEMAS DE INFORMAÇÃO GEOGRÁFICA

Segundo Câmara *et al.* (1996), Sistemas de Informação Geográfica (SIGs) são sistemas automatizados usados para armazenar, analisar e manipular dados geográficos, ou seja, dados que representam objetos e fenômenos em que a localização geográfica é uma característica inerente à informação e indispensável para analisá-la. De acordo com Sátiro (2013), os SIGs são ferramentas que possibilitam a confecção de cenários para efeito de planejamento, modelagem de funções correlativas e interação de dados de monitoramento, para obtenção de controle, supervisão e diagnósticos. Conforme argumenta Miranda (2010), ao analisar as definições de SIG encontradas na literatura, observa-se que a definição destes sistemas foi modificada à medida que o seu uso evoluiu e incluiu diferentes campos de pesquisa. Porém, o objetivo dos SIG não mudou.

Oliveira, Lima e Lima (2014) argumentam que os Sistemas de Informação Geográfica destacam-se porque permitem a manipulação de dados a fim de realizar a análise espacial e apoiar a tomada de decisão. De acordo com Gallardo *et al.* (2015), os SIGs oferecem diversas vantagens tanto na coleta como no armazenamento, análise e apresentação dos dados. Para Abousaeidi, Fauzi e Muhamad (2015), as vantagens dos SIGs são que eles combinam mapas digitais com bases de dados tradicionais, fornecendo representações visuais de informações e ainda oferecem opções de modelagem espacial que explica a influência de vários fatores, produzindo diferentes tipos de mapas. O SIG é uma das tecnologias de informação que transforma o modo de conduzir uma pesquisa e pode oferecer contribuições à sociedade, permitindo coletar e analisar a informação mais rapidamente do que já foi possível com técnicas tradicionais de pesquisa. Como tecnologia inovadora, auxilia tanto em análises de sistemas naturais quanto em sistemas sociais (SÁTIRO, 2013).

De acordo Longley *et al.* (2011), os quatro componentes de um SIG são:

- Hardware: é o dispositivo sobre os quais os usuários interagem diretamente com as operações do SIG. Um SIG pode funcionar em diferentes tipos de hardware;

- Software: funciona dentro do hardware. O Software de SIG fornece funções e ferramentas necessárias para adicionar e armazenar dados;
- Base de dados: consiste na representação digital de aspectos específicos de alguma área;
- Pessoas: são responsáveis pelas operações do dia-a-dia do SIG. Podem ser técnicos, gerentes, administradores e usuários finais.

Já para Ribeiro e Câmara (2003), um SIG tem os seguintes componentes que se relacionam de forma hierárquica: interface com usuário; entrada e integração de dados; funções de consulta e análise espacial; visualização e plotagem; armazenamento e recuperação de dados (organizados sob a forma de um banco de dados geográficos). No nível mais próximo ao usuário, a interface homem-máquina define como o sistema é operado e controlado. No nível intermediário, um SIG deve ter mecanismos de processamento de dados espaciais (entrada, edição, análise, visualização e saída). No nível mais interno do sistema, um sistema de gerência de bancos de dados geográficos oferece armazenamento e recuperação dos dados espaciais e seus atributos. A Figura 2.8 indica o relacionamento desses componentes. Ainda segundo os autores, cada sistema, em função de seus objetivos e necessidades, implementa estes componentes de maneira diferente, mas todos os componentes citados devem estar presentes num SIG.

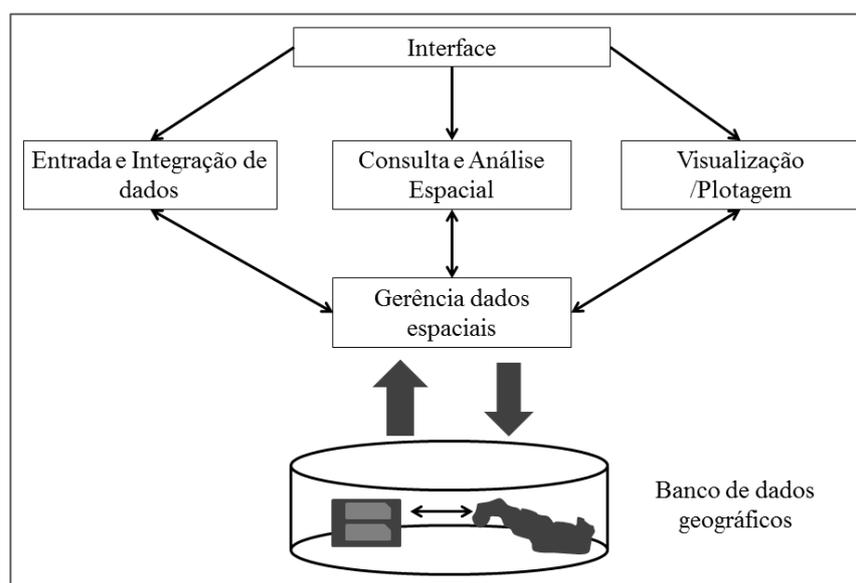


Figura 2.9 - Relacionamento dos componentes de um Sistema de Informação Geográfica
Fonte: Ribeiro e Câmara (2003)

O aspecto fundamental dos dados tratados em um ambiente de SIG é a natureza dupla da informação: um dado geográfico possui uma localização geográfica (expressa como

coordenadas em um mapa) e atributos descritivos (que podem ser representados num banco de dados convencional) (SECCHIN, 2012). Em outras palavras, em um SIG os dados geográficos contêm basicamente dois tipos de informações: a espacial, que descreve o formato do objeto geográfico e a alfanumérica, que contém as características não espaciais dos objetos (OLIVEIRA, 2011).

O primeiro SIG foi desenvolvido em 1960 no Canadá, conhecido como *Canada Geographic Information System* (CGIS). Ele foi criado mais como uma ferramenta de medição, produzindo informações tabulares, do que como uma ferramenta de mapeamento (LONGLLEY *et al.*, 2011). O CGIS tinha como objetivo o de disponibilizar informações georeferenciadas para apoiar a gestão pública na prestação de serviços à sociedade, como, por exemplo, a realização de inventários de terras que envolviam aspectos socioeconômicos e ambientais.

Segundo Carvalho *et al.* (2015), a origem dos Sistemas de Informação Geográfica abrange diferentes e distintas áreas científicas, daí a multidisciplinaridade ser uma das suas mais destacadas características. Lima (2003) afirma que a partir da década de 80 ocorreram mudanças significativas nos rumos da aplicação do SIG, buscando-se um melhor aproveitamento do potencial de análise do SIG. Em fases anteriores, o SIG foi utilizado para manipular/visualizar banco de dados e posteriormente para realizar operações analíticas com dados numéricos, sempre partindo de dados estatísticos obtidos através de pesquisas. Na fase atual, a capacidade de realização da análise espacial tem sido apontada como fundamental para distinção entre outros sistemas de informação e o SIG, caracterizando-os cada vez mais como Sistemas de Apoio à Decisão Espacial (SADE). De acordo com Berry e Mehta (2009) e Berry (2006), a evolução dos Sistemas de Informação Geográfica ocorre da seguinte maneira:

- Década de 1970 (anos iniciais): fase chamada de “*Computer Mapping*”. Neste período surgiram os principais conceitos e processos que formaram a base para os modernos SIG. Nesta época os SIG permitiam a entrada de dados sem definição prévia do esquema conceitual, assemelhando-se a ambientes CAD. Devido às suas limitações, os SIG não possuíam suporte adequado para construir grandes bases de dados espaciais. A principal mudança nesta época foi no formato dos dados mapeados, eles passaram de desenhos feitos no papel para formatos digitais, armazenados em disco, permitindo atualizar rapidamente mapas e redesenhar áreas, o que antes levava semanas.
- Década de 1980 (anos de adolescência): fase chamada de “*Spatial Data Management*”. Nesta fase o interesse pelo uso dos SIG levou ao aparecimento de gerenciadores de

dados geográficos, que armazenam tanto a geometria como os atributos dos objetos. Nestes sistemas é atribuída uma identificação a cada característica geográfica. Por exemplo, o usuário é capaz de apontar para qualquer localização em um mapa e recuperar informações sobre este local; ou pode especificar um conjunto de condições e direcionar os resultados da pesquisa geográfica para serem mostrados em um mapa.

- Década de 1990 (anos de maturação): fase chamada de “*Map Analysis and Modeling*”. Com a evolução da geotecnologia, foram adicionadas aos SIG novas capacidades de processamento, relacionadas com captura, codificação, armazenamento, análise e visualização de dados espaciais. Os softwares passaram a disponibilizar ferramentas analíticas que forneciam um quadro matemático/estatístico que permite representar o espaço geográfico numericamente. A Estatística Espacial possibilita mapear a variação de um conjunto de dados para mostrar onde ocorrem respostas incomuns e pode descobrir "relações numéricas espaciais" dentro e entre as camadas de um mapa, tais como: a criação de um mapa para identificar onde poderão estar localizados clientes potenciais, com base nas vendas existentes e nas informações demográficas.
- Século XXI (ciclo completo): fase chamada de “*Multimedia Mapping*”. O SIG foi considerado domínio de um número relativamente pequeno de pessoas durante seus primeiros anos de surgimento. No entanto, após a década de 2000 tornou-se uma tecnologia bem mais difundida, estando presente em telefones celulares, serviços *web* etc. A integração dos SIG com o sistema GPS e com as imagens de sensoriamento remoto é outra característica do novo ambiente de processamento. Ainda de acordo com os autores, a próxima fronteira de evolução dos SIGs é a visualização e análises em 4D (X,Y,Z, tempo), isto é, estruturas de dados dinâmicas para representar o “tempo” como uma dimensão.

Dentre os vários tipos de SIG disponíveis no mercado, o de particular interesse para o desenvolvimento desse trabalho é o denominado Sistema de Informações Geográficas para Transportes (SIG-T). Um SIG-T é um SIG desenvolvido especificamente para uso de profissionais de transportes para armazenar, mostrar, gerenciar e analisar dados de transportes. Um SIG-T pode combinar vantagens de um SIG comum com modelos aplicados aos transportes em uma mesma plataforma integrada, podendo proporcionar recursos não encontrados em outros pacotes (BRITO, 2006). De acordo com Roviriego (2005), eles representam uma poderosa ferramenta no planejamento, gerência, operação e análise de sistemas de transporte, integrando funções básicas de um SIG às rotinas específicas de

logística, pesquisa operacional e transportes em geral (ROVIRIEGO, 2005). Isto é, os SIG-T utilizam uma série de metodologias, modelos e análises que lhes são particulares e que geralmente não se encontram disponíveis num SIG convencional (BATATA, 2003). Como exemplo de um SIG-T tem-se o software TransCAD (BRASILEIRO e LACERDA, 2008), um dos mais conhecidos (BRITO, 2006) e mais utilizado no Brasil (GUABIROBA, D'AGOSTO e FRANCA, 2014). Além de possuir as funções básicas de um SIG, possibilita a definição de redes, viagens e matrizes (LIMA, LIMA e SILVA, 2012), englobando rotinas específicas para logística e transportes em geral, como os problemas de roteirização de veículos, cálculo de distâncias percorridas e localização de atividades (OLIVEIRA, 2011, BRASILEIRO e LACERDA, 2008).

Conforme argumentam Lwin e Murayama (2011), com a massificação do uso de dispositivos de comunicação móveis, como smartphones e a incorporação nestes da tecnologia GPS, houve um enorme aumento no uso de aplicações baseadas em SIG que fornecem serviços como o de rotas de trânsito e os que mostram facilidades que estejam por perto do usuário, como por exemplo, restaurantes, ponto de taxi, hospitais etc. Um SIG pode ser adequado a várias áreas com diferentes tipos de aplicações, as quais são adaptadas às necessidades de cada usuário, tais como: aplicações socioeconômicas, aplicações de carácter militar, aplicações de gerenciamento e aplicações ambientais (SILVA, 2011; CÂMARA *et al.*, 1996). A gestão de RSU é uma das áreas que vem ganhando enormes benefícios com a utilização de Sistemas de Informação Geográficas (KHAN e SAMADDER, 2014; BEZERRA, 2014; MOUSTAFA *et al.*, 2013; KARADIMAS e LOUMOS, 2008; RAHMAN e RAHMAN, 2011).

2.5.1. Sistema de informação geográfica em gestão de resíduos sólidos urbanos

Nos dias de hoje, a integração da tecnologia SIG na gestão dos RSU tem sido reconhecida como uma das abordagens mais promissoras para automatizar e melhorar a gestão dos RSU (KHAN e SAMADDER, 2014; KARADIMAS e LOUMOS, 2008; RAHMAN e RAHMAN, 2011). Isto porque a gestão dos RSU tem uma forte natureza espacial, quando se aborda, por exemplo: localizações das estações de tratamento; localização da disposição final; distribuição e localização de contêineres; roteamento dos veículos coletores (ZSIGRAIOVA, SEMIAO e BEIJOCO, 2013). Assim, um Sistema de Informação Geográfica pode ser usado para auxiliar a tomada de decisões relevantes na GRSU

(BUENROSTRO-DELGADO *et al.*, 2015; NITHYA, VELUMANI e SHENTIL, 2012), incluindo a escolha correta de localização de aterros sanitários (KHAN e SAMADDER, 2014) e a otimização da coleta e do transporte dos RSU (GHOSE, DIKSHIT e SHARMA, 2006).

Zamorano *et al.* (2009) concluíram em seu trabalho que a tecnologia SIG é uma ferramenta bastante útil para a escolha do local ideal de aterros sanitários. Segundo os autores, ela tem o potencial de ajudar os planejadores, tomadores de decisão e outros agentes envolvidos no processo de seleção de locais adequados para aterros sanitários municipais, uma vez que aumenta o conhecimento sobre o terreno físico, facilitando assim a análise e implementação de planos de ação. O conhecimento sobre o terreno físico envolve os fatores de sobreposição que são transformados em mapas temáticos no SIG, como o declive do terreno, o tipo de solo, a profundidade do leito rochoso, a profundidade da água subterrânea e as distâncias a locais históricos e as principais estradas e cidades (BILLA e PRADHAN, 2013). De acordo com Leao, Bishop e Evans (2001), um Sistema de Informação Geográfica ajuda a quantificar a relação entre a demanda e o fornecimento de terras para a disposição de RSU ao longo do tempo e desempenha um importante papel nas tomadas de decisões para o planejamento da gestão dos RSU. Para Sumathi, Natesan e Sarkar (2008), o potencial do uso da tecnologia SIG na escolha do local de aterros sanitários está relacionado com o fato de não somente reduzir o tempo e o custo associados a escolha, mas também no fato de criar um banco de dados digital de longo prazo para o monitoramento do local. Ainda segundo os autores, tal potencial pode ser expandido também para o serviço de coleta e transporte. Deste modo, o uso do SIG nas atividades de coleta e transporte de RSU também cria um banco de dados digital de longo prazo, permitindo o monitoramento não só dos locais das estações de transferência, como também das rotas de coleta.

A otimização da coleta e do transporte dos RSU é um aspecto muito importante na gestão dos RSU (TAVARES *et al.*, 2009). A coleta e o transporte de RSU são responsáveis por grande parte dos custos na gestão dos mesmos, em média cerca de 70-100% (TAVARES *et al.*, 2009; KARADIMAS, PAPATZELOU e LOUMOS, 2007; LASARIDI, ROVOLIS e ABELIOTIS, 2006). Nessa mesma linha, Oliveira (2011) argumenta que as atividades de coleta e transporte de RSU envolvem decisões que afetam diretamente o tempo de operação, custos (STARK, CANTÃO e CANTÃO, 2013), além de questões relacionadas à ergonomia e impactos ambientais, precisando então ser realizadas da melhor maneira possível. Neste sentido, de acordo com Nithya, Velumani e Shentil (2012), o planejamento e implementação

de um sistema de coleta e transporte eficaz e a escolha do número apropriado de contêineres pode ser feitos com a aplicação da tecnologia SIG.

De acordo com Billa e Pradhan (2013), as aplicações de SIG na coleta e transporte de RSU envolvem na maioria dos casos as funções de roteirização. O principal benefício dessas funções em sistemas de informação geográfica é a utilização de mapas digitais editados, simplificando o processo de tomada de decisão na seleção das melhores alternativas econômicas e logísticas. Essas funções permitem o cálculo das distâncias ou comprimentos de linhas que representam os percursos realizados pelos caminhões coletores, bem como identificar os trechos de linhas repetidos com bastante facilidade (PASCOAL JUNIOR e OLIVEIRA FILHO, 2010). Assim, é amplamente aceito na comunidade de gestão de RSU que a tomada de decisão eficaz em relação às rotas de coleta requer a implementação de técnicas de roteirização de veículos utilizando sistemas de informação geográfica (MALAKAHMAD *et al.*, 2014; TAVARES *et al.*, 2009).

2.5.1.1. Roteirização em coleta de resíduos sólidos

O termo roteirização é utilizado para designar o processo de determinação de um ou mais roteiros ou sequencias de paradas a serem cumpridos por veículos, objetivando visitar um conjunto de pontos geograficamente dispersos, em locais pré-determinados, que necessitam de atendimento (CUNHA, 2000). Esse tipo de problema é conhecido como Problema de Roteirização de Veículos (PRV) (GUABIROBA, D'AGOSTO e FRANCA, 2014). Os locais que necessitam de atendimento podem ser pontos específicos, caracterizados como nós de uma rede ou segmentos de vias. Assim, o PRV pode ser classificado em três tipos de problema: problema de cobertura de nós, problema de cobertura de arcos e problema geral de roteirização (BRASILEIRO e LACERDA, 2008). O problema de cobertura de nós (roteirização em nós) ocorre quando o veículo deverá passar em pontos específicos (nós); já o problema de cobertura de arcos (roteirização em arcos) ocorre quando o veículo deverá percorrer todos os segmentos de rua (arcos); e o problema geral de roteirização ocorre quando tanto pontos específicos (nós) quanto segmentos de ruas (arcos) precisam ser atendidos pelo veículo (BATTISTELLA, 2014). A Figura 2.9 e a Figura 2.10 apresentam exemplos de uma roteirização em nós e uma roteirização em arcos, respectivamente.

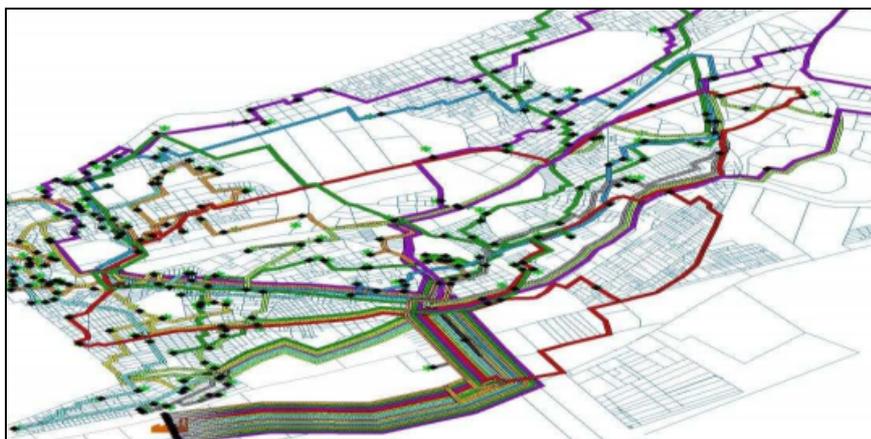


Figura 2.10 - Exemplo de roteirização em pontos (nós)
 Fonte: Moustafa *et al.* (2013)

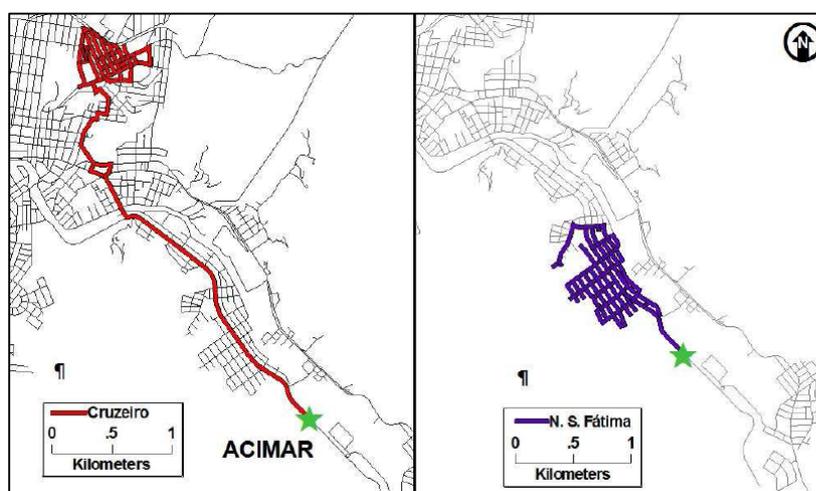


Figura 2.11 - Exemplo de roteirização em arcos
 Fonte: Oliveira *et al.* (2014)

Para Ballou (2006), o PRV permite, durante a sua resolução, a inclusão de restrições e características realistas, entre elas: (1) cada rota pode incluir tanto a coleta quanto a entrega de volumes; (2) múltiplos veículos com capacidade limitada tanto de peso quanto de volume podem ser considerados; (3) restrições quanto ao tempo máximo de tráfego em cada rota antes de um período de repouso ou a existência de escalas que permitem a coleta e entrega apenas em determinados períodos do dia. No entanto, o autor destaca que tais restrições e peculiaridades significam um acréscimo de complexidade ao problema que dificultam a busca pelas soluções ótimas.

Dentre as várias aplicações do PRV tem-se o sistema de coleta de RSU (BING *et al.*, 2014). De acordo com Cunha e Caixeta Filho (2002), a operação de coleta de RSU envolve desde a saída do veículo de sua garagem, incluindo todo o percurso da viagem para remoção

dos resíduos dos locais de acondicionamento aos locais de descarga, até o retorno deste veículo ao ponto de partida. Segundo Han e Ponce-Cueto (2015), o PRV em coleta de RSU consiste em uma frota de veículos, pontos de paradas, lixeiras/pontos de coleta, locais de disposição e um depósito. A complexidade deste problema depende de diferentes características, tais como: diferentes tipos de veículos, número de locais de disposição e tipos de restrições (BELIËN, BOECK e ACKERE, 2012). Tais restrições podem ser: intervalo de tempo ou capacidade do veículo coletor, dando origem ao Problema de Roteamento de Veículos com janelas de tempo (PRVJT) e o Problema de Roteamento de Veículos Capacitado (PRVC), respectivamente. Conforme Brasileiro e Lacerda (2008), o objetivo do PRV em coleta de RSU é realizar o percurso com o menor custo em termos de quilometragem e tempo total, atendendo às restrições de movimentação dos veículos nas ruas da cidade, capacidade dos caminhões e tempo de serviço máximo da frota. Em geral, três objetivos podem ser considerados para a roteirização da coleta de RSU: minimizar a distância total de coleta; minimizar o custo total de coleta; minimizar o tempo total de coleta (CHANG, 1997; OLIVEIRA, LIMA e LIMA, 2014).

Battistella (2014) argumenta que a roteirização da coleta de RSU é uma ferramenta que reduz as consequências da falta de planejamento urbano, e otimiza a utilização dos recursos materiais e humanos. A autora ainda continua afirmando que o PRV de coleta de RSU nos municípios é atualmente de grande relevância, já que o aumento da preocupação com a correta destinação destes implica na existência de um problema de logística no que tange a obtenção de rotas ótimas que viabilizem a coleta em todos os pontos de demanda. Portanto, faz-se necessária a definição de roteiros ótimos a serem seguidos pelos veículos coletores, representando o trajeto que o veículo irá percorrer dentro de um mesmo setor, num mesmo período, transportando o máximo de carga possível (IPT e CEMPRE, 2010).

A coleta convencional de RSU está associada à roteirização em arcos, onde as ruas são os arcos que devem ser percorridos pelo veículo coletor para que toda a população possa ser atendida pelo serviço de coleta de RSU (BING *et al.*, 2014; NUORTIO *et al.*, 2006). Isso nem sempre acontece na coleta seletiva de RSU. A modalidade de coleta seletiva porta a porta está associada à roteirização em arcos, pois o veículo coletor precisará passar em todos os segmentos de vias (arcos) para realizar a coleta seletiva. Porém, a modalidade de coleta seletiva através de PEVs/Ecopontos está associada à roteirização em nós, onde cada PEVs/Ecopontos é um nó que precisa ser atendido.

2.5.1.2. Aplicações em sistemas de coleta de resíduos sólidos urbanos

Estudos que apresentam a utilização de Sistemas de Informação Geográfica na roteirização tanto da atividade de coleta de RSU como na de coleta seletiva de RSU têm sido encontrados na literatura. Alguns são descritos a seguir.

Tavares *et al.* (2009) desenvolvem um Sistema de Informação Geográfica 3D para a coleta de RSU que permite que as rotas sejam otimizadas em relação a minimização do consumo de combustível. O SIG 3D proposto leva em consideração os efeitos da inclinação das ruas e do peso dos caminhões para calcular o consumo. Depois de desenvolvido, os autores aplicam o sistema em dois casos diferentes. No primeiro caso é calculada a rota dos caminhões que realizam a coleta de lixo na cidade de Praia, capital de Cabo Verde. No segundo caso são calculadas diferentes rotas para algumas municipalidades da Ilha de Santiago, Cabo Verde, até uma planta de incineração. Com a aplicação do sistema desenvolvido no primeiro caso os autores encontram uma rota que consegue uma diminuição de 8% no consumo de combustível quando comparada com a rota que simplesmente utiliza o menor caminho. Isto ocorreu mesmo com a rota calculada pelo sistema sendo 1,8% maior que a rota com a menor distância. Para o caso das cidades de Ilha de Santiago, ocorreu uma diminuição ainda maior no consumo de combustível, cerca de 12%.

Beijoco, Semião e Zsigraiová (2009) mostram no seu trabalho uma metodologia para melhorar a coleta e transporte dos resíduos de vidros da empresa Amarsul S.A, responsável pela coleta de resíduos de vidro na região de Barreiro, Portugal. Após analisaram a taxa de ocupação dos contêineres os autores perceberam que as frequências de coleta dos resíduos de vidro estavam inadequadas. Desta maneira, eles criam um novo sistema de coleta utilizando a metodologia proposta, criando novos locais para os contêineres e novas rotas de coleta. As rotas de coleta foram otimizadas tanto em relação ao tempo quanto em relação a distância e a emissão de poluentes (CO, CO₂, VOC, NO_x e PM) utilizando o SIG ESRI Arcgis® 9.3. Para o cálculo da emissão de poluentes foi levado em consideração o carregamento dinâmico dos veículos e o consumo de combustível. Com a aplicação da metodologia e consequente utilização do SIG foi possível obter uma diminuição de 57% nos custos semanais em comparação com o antigo sistema utilizado pela Amarsul. Além disso, as emissões diminuíram em 50% e o tempo total gasto para realizar a coleta em 62%.

Pascal Junior e Oliveira Filho (2010) avaliam em seu trabalho a rota de coleta do lixo realizada na região central da área urbana de Irati, Paraná. Para isso, os autores calcularam

quais as distâncias totais e os percursos improdutivos (sem coleta) atualmente percorridos pelos veículos coletores através da utilização de um SIG. Os autores perceberam que, em relação às distâncias excedentes, os veículos coletores ultrapassam os limites aceitáveis para percursos improdutivos, chegando a um total de 30,84%, quando o limite aceitável máximo é de 20%. Além disso, com as distâncias percorridas em percursos improdutivos, os autores calcularam estimativas de custos em vários aspectos da cadeia relacionada a rota de coleta de RSU.

Rada, Ragazzi e Fredizzi (2013) utilizam um Web-SIG e a tecnologia de identificação por radiofrequência (RFID - Radio-Frequency Identification) para melhoria e implantação da coleta seletiva de RSU em dois casos na Itália, e para melhoria da coleta de RSU em uma cidade na China e uma na Malásia. Um Web-SIG é um SIG que permite o acesso à internet para realização de diversas funções, tais como, captura, armazenamento, integração, análise e visualização dos dados relativos aos usuários/localização. No primeiro caso é analisada a aplicação do sistema em um conjunto de cidades italianas em que já existe a coleta seletiva desde 2000. Já no segundo caso é analisada a aplicação do sistema em uma cidade italiana onde ainda não existe a coleta seletiva. As outras duas cidades, uma na China e outra na Malásia, também não possuem coleta seletiva. O objetivo do trabalho é o de identificar quais as melhorias e dificuldades na aplicação do sistema em diferentes tipos de cidades (com ou sem coleta seletiva e em relação à economia do país). Desta maneira, cada passo da aplicação é discutido e analisado levando em consideração os custos, formação da equipe responsável pela aplicação e aspectos sociais. Os autores chegam à conclusão de que na cidade Italiana que já possui coleta seletiva a aplicação do sistema trás grandes melhorias na eficiência da separação; já na cidade italiana que não possui coleta seletiva, a aplicação trás benefícios para toda a GRSU.

Oliveira, Lima e Lima (2014) utilizam a rotina *Arc Routing* do SIG TransCAD para melhorar a rota do caminhão da coleta seletiva realizada pela cooperativa de catadores da cidade de Itajubá, Minas Gerais. No trabalho é mapeado o trajeto do caminhão com a utilização da tecnologia GPS e simulam-se três cenários para comparação com o trajeto real realizado pela cooperativa. Os cenários são simulados em relação ao aumento da participação da população, 20%, 40% e 80% de aumento da participação da população, respectivamente. Os autores percebem que a nova rota calculada através da utilização do SIG, quando comparada com a rota inicial, trás melhorias tanto na distância percorrida (redução de até 47% da distância total percorrida), como no tempo decorrido (redução de até 47% no tempo total

decorrido) para realizar a coleta e no volume de material reciclável coletado (aumento de até 766% no volume total coletado).

Malakahmad *et al.* (2014) usam o SIG ArcView para otimizar cinco rotas de coleta de lixo de diferentes locais da cidade de Ipoh, Malásia. A otimização é realizada tanto em relação ao tempo quanto em relação a distância percorrida, com o objetivo de aumentar a disponibilidade de equipamentos e de trabalho existente, para poder realizar a coleta seletiva com os mesmos equipamentos utilizados na coleta de lixo da cidade. Os resultados indicam uma diminuição de 22% da distância total percorrida e de 33% do tempo total decorrido para realizar a coleta.

Kinobe *et al.* (2015) empregam um SIG para melhorar as rotas de coleta dos RSU e para diminuir o número de viagens que o caminhão da coleta de RSU realiza na cidade de Campala em Uganda. As rotas são otimizadas tanto em relação ao tempo total decorrido, como em relação à distância total percorrida. A coleta de RSU na cidade é realizada pela administração municipal. O objetivo da aplicação é o de que a coleta atenda a maior área possível e que os custos e os impactos ambientais sejam reduzidos. Com a utilização do SIG os autores conseguem reduzir o número de viagens realizadas pelo caminhão e a distância total percorrida em cada viagem, o que leva a uma diminuição no consumo de combustível e na emissão de poluentes.

3. METODOLOGIA DE PESQUISA

Este capítulo apresenta a metodologia de pesquisa adotada neste trabalho. Assim, são apresentados os objetivos, o método de pesquisa e a forma de abordar o problema. Especificamente para o método de pesquisa, são apresentadas as fases e as etapas utilizadas na pesquisa-ação.

De acordo com Kothari (2004), a metodologia de pesquisa é uma maneira sistemática de resolver o problema de pesquisa. Ela deve ser entendida como as etapas que são realizadas na investigação de um fenômeno, que inclui: a escolha do tema, a exploração do problema, a adoção de um método de pesquisa, a coleta e a tabulação de dados, a apresentação dos resultados, a análise e discussão dos resultados, a elaboração das conclusões e recomendações e a divulgação dos resultados (MURTHY e BHOJANNA, 2009; RODRIGUES, 2005).

O método de pesquisa constitui uma parte da metodologia de pesquisa. Quando se fala sobre a metodologia de pesquisa não se refere somente ao método de pesquisa, mas também a lógica atrás do método de pesquisa e o porquê de usar determinado método de pesquisa (KOTHARI, 2004). Os métodos de pesquisa consistem em um conjunto de regras e procedimentos, aceitos pela comunidade acadêmica, para a construção do conhecimento científico (ANDERY *et al.*, 2004). A seleção dos mesmos dependerá dos vários fatores relacionados com a pesquisa, como a natureza dos fenômenos, o objeto de pesquisa, a abordagem da pesquisa, entre outros (MARCONI e LAKATOS, 2006). Neste sentido, o método de pesquisa utilizado na condução do presente estudo foi a pesquisa-ação. Isto porque, conforme argumentam Coghlan e Shani (2014), o problema de pesquisa é um problema real e não um problema criado especialmente para fins de investigação; incluiu as decisões e ações por parte dos profissionais envolvidos na situação problema e promoverá tanto a mudança na cidade como a geração de conhecimento.

3.1. A PESQUISA-AÇÃO

Segundo Thiollent (2011), a pesquisa-ação é um tipo de pesquisa social com base empírica que é concebida e realizada em estreita associação com uma ação ou com a resolução de um problema coletivo e no qual os pesquisadores e os participantes representativos da situação ou do problema estão envolvidos de modo cooperativo ou participativo. Segundo Coughlan e Coughlan (2002), diferentemente da ciência tradicional,

cujo objetivo único é a geração de conhecimento, a pesquisa-ação tem como resultados o conhecimento e também a ação. Por isso, além de contribuir para a teoria, este método possui ampla relevância e aplicabilidade prática (WESTBROOK, 1995).

Mello *et al.* (2012) propõem um modelo de estruturação para a condução da pesquisa-ação adaptado dos trabalhos de Westbrook (1995), Coughlan e Coughlan (2002) e Thiollent (2011). Neste modelo a pesquisa-ação conta com cinco fases: planejamento da pesquisa-ação, coleta de dados, análise dos dados e planejamento das ações, implementação das ações e avaliação dos resultados. A fase de planejamento da pesquisa-ação envolve quatro etapas: definição da estrutura conceitual-teórica, seleção da unidade de análise, definição dos interessados e definição do contexto e do propósito da pesquisa. Além disso, os autores defendem que em cada uma das cinco fases podem ocorrer os chamados ciclos de melhoria e aprendizagem, que têm como objetivo avaliar os resultados até então obtidos e preparar uma base racional para novos planejamentos. O ciclo de melhoria e aprendizagem é composto de quatro etapas, planejar (P), implementar (I), observar e avaliar (O&A) e refletir e agir (R&A). Desta maneira, a condução desta pesquisa-ação ocorreu de modo similar a proposta por Mello *et al.* (2012), sendo que na fase de implementação das ações ocorreram vários ciclos de melhoria e aprendizagem. As etapas realizadas são mostradas na Figura 3.1.

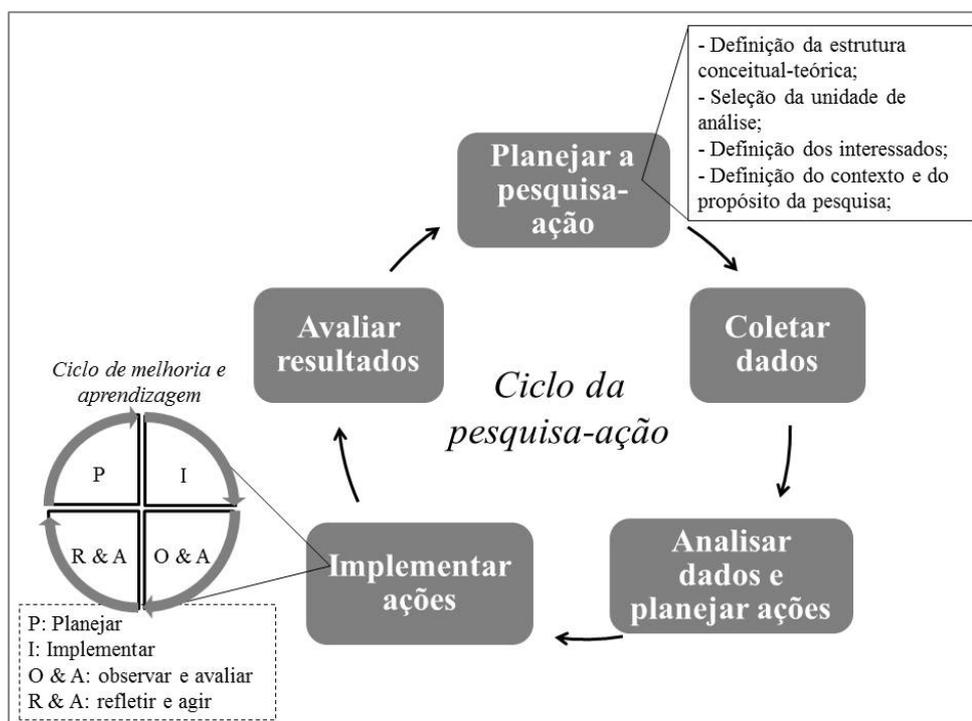


Figura 3.1 - Estrutura para a condução da pesquisa-ação
Fonte: adaptada de Mello *et al.* (2012)

Apresentado o método de pesquisa utilizado, suas fases e etapas, o Capítulo 4 apresenta o seu desenvolvimento para a implantação de um programa de coleta seletiva na cidade de São Lourenço, localizada no sul de Minas Gerais.

4. DESENVOLVIMENTO DA PESQUISA-AÇÃO

Este capítulo apresenta o desenvolvimento da pesquisa-ação na cidade de São Lourenço, detalhando cada uma das fases utilizadas para a sua condução: o planejamento da pesquisa-ação; a coleta de dados; a análise de dados e o planejamento das ações; a implementação das ações através de sete ciclos de melhoria e aprendizagem e a avaliação dos resultados.

4.1. PLANEJAMENTO DA PESQUISA-AÇÃO

A fase de planejamento da pesquisa-ação envolve quatro etapas: a definição da estrutura conceitual-teórica, a seleção da unidade de análise, definição dos interessados e a definição do contexto e do propósito da pesquisa. Dependendo de como se inicia a pesquisa-ação, essas etapas podem ser conduzidas em ordens diferentes. Segundo Mello *et al.* (2012), existem duas formas de se iniciar uma pesquisa-ação. Uma forma de se iniciar a pesquisa-ação é por meio da identificação de problemas teóricos e posterior busca de unidades de análises para resolvê-los. A outra forma é através de uma organização definindo um problema e o pesquisador participando das propostas para sua solução por meio do emprego da pesquisa-ação e buscando contribuir com a literatura existente.

Neste trabalho a pesquisa-ação tem início com a identificação de um problema teórico. Deste modo, primeiramente é definida a estrutura conceitual-teórica, em seguida é selecionada a unidade de análise, depois definidos os interessados na pesquisa e por fim, é definido o contexto e o propósito da pesquisa. Cada uma dessas etapas no âmbito da implantação de um programa de coleta seletiva na cidade de São Lourenço é descrita a seguir.

4.1.1. Definir estrutura conceitual-teórica

A primeira etapa desta pesquisa-ação é a definição da estrutura conceitual-teórica que é o mapeamento da literatura sobre o assunto. Para Miguel (2012) esta etapa serve para delimitar as fronteiras do que será investigado, proporcionar o suporte teórico para a pesquisa e também explicitar o grau de evolução sobre o tema estudado.

No caso deste trabalho, a estrutura conceitual-teórica refere-se aos conceitos abordados no Capítulo 2 desta dissertação: Resíduos Sólidos Urbanos, Gestão de Resíduos Sólidos Urbanos, Política Nacional de Resíduos Sólidos, Logística Reversa, Coleta Seletiva, Sistemas de Informação Geográfica e Roteirização.

A partir da fundamentação teórica, foi possível definir como problema de pesquisa a seguinte questão: como deve ser realizada a implantação de um programa de coleta seletiva em um município que precisa se adequar a Política Nacional de Resíduos Sólidos?

Após a definição da estrutura conceitual-teórica deste trabalho passou-se para a etapa de seleção da unidade de análise.

4.1.2. Selecionar unidade de análise

A base para a justificativa e seleção da unidade de análise são critérios definidos a partir da questão de pesquisa, bem como das lacunas identificadas na fundamentação teórica (MELLO *et al.*, 2012).

Realizando uma análise na estrutura conceitual-teórica existente, percebe-se que faltam trabalhos que retratem tanto a implantação de programas de coleta seletiva como a melhoria de programas já existentes. Ademais, com a promulgação da PNRS, todos os municípios brasileiros precisarão possuir/implantar programas de coleta seletiva eficientes. Logo, o critério estabelecido para escolha da unidade de análise é que fosse um município que não possuísse um programa de coleta seletiva e que possuísse algum projeto para a implantação. Assim, foi escolhido o município de São Lourenço.

A cidade de São Lourenço está localizada no sul de Minas Gerais, conforme apresentado na Figura 4.1, e é conhecida pelas suas fontes hidrominerais. O município ocupa uma área de aproximadamente 58km², possui cerca de 45 mil habitantes (IBGE, 2010) e 28 bairros. Existe na cidade uma cooperativa de catadores, a chamada Cooperativa de Produção de Recicladores de Materiais de São Lourenço (COOPRECI) que é responsável pela atividade de coleta seletiva no município. A cooperativa está localizada em um galpão em uma das saídas da cidade. O aluguel do galpão é pago pela prefeitura de São Lourenço.

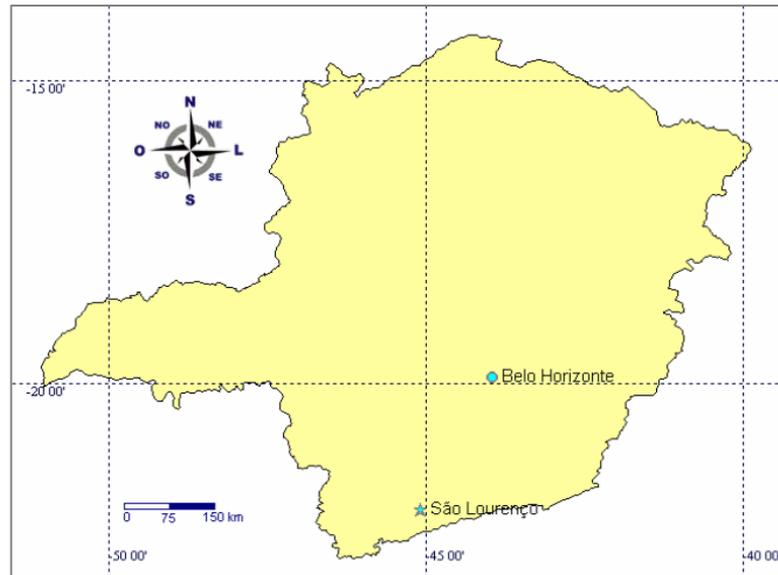


Figura 4.1 - Localização do município de São Lourenço
Fonte: Santos (2007)

Selecionado o município de São Lourenço como unidade de análise seguiu-se para a terceira etapa da fase de planejamento da pesquisa-ação: definição dos interessados.

4.1.3. Definir interessados

Nesta etapa foram definidos os interessados no desenvolvimento da pesquisa-ação. Em dezembro de 2014 foi assinado um projeto entre o Serviço Autônomo de Água e Esgoto (SAAE) de São Lourenço e a ONG “Todos por São Lourenço”. O projeto tem o objetivo não só de implantar um programa de coleta seletiva no município de São Lourenço como também melhorar a cooperativa COOPRECI. Com a assinatura do projeto, a ONG recebeu uma verba para realizar o projeto e começou a contar com o auxílio dos pesquisadores do Grupo de Pesquisa em Logística, Transporte e Sustentabilidade (LogTranS) da Universidade Federal de Itajubá (UNIFEI). Assim, os interessados na pesquisa são o SAAE de São Lourenço, a ONG “Todos por São Lourenço”, a COOPRECI e os pesquisadores do grupo LogTranS. Vale destacar que se pode incluir também a população de São Lourenço como um dos interessados, visto os benefícios que um programa de coleta seletiva pode trazer para a sociedade.

Definido os interessados na pesquisa-ação e consequente implantação de um programa de coleta seletiva na cidade de São Lourenço, passou-se para a etapa de definição do contexto e do propósito da pesquisa.

4.1.4. Definir contexto e propósito

Segundo Thiollent (2011) a definição do contexto e do propósito da pesquisa é uma etapa exploratória, consistindo em descobrir os objetivos e o campo da pesquisa.

Conforme descrito no Capítulo 1, a presente pesquisa é contextualizada pela necessidade de os municípios brasileiros se adequarem as metas da Política Nacional de Resíduos Sólidos, em particular a meta de possuir/implantar um programa de coleta seletiva no município. O grande desafio na implantação de programas de coleta seletiva é a forma como a implantação deve ocorrer. Além de que, segundo diversos autores argumentam, retratar e estudar a implantação de programas de coleta seletiva ajuda a contribuir para o aprimoramento e eficácia, bem como estimula a implantação de futuros programas de coleta seletiva. Desse modo, o objetivo do presente trabalho é o de retratar e estudar o planejamento e implementação de um programa de coleta seletiva em um município brasileiro através de uma pesquisa-ação, utilizando-se de um SIG para a elaboração dos roteiros de coleta. O intuito é de que todo o conhecimento gerado com a implantação através da pesquisa-ação sirva como base de informações e referências que auxiliem na tomada de decisões de órgãos e autoridades públicas que necessitam implantar programas de coleta seletiva ou melhorar programas já existentes para se adequarem a PNRS. Além de que, a utilização da tecnologia SIG permitirá a elaboração dos roteiros de coleta a serem realizados com a implantação de maneira mais eficaz.

Realizadas as quatro etapas da fase de planejamento da pesquisa-ação seguiu-se para a segunda fase da pesquisa-ação, fase de coleta de dados.

4.2. COLETA DE DADOS

A fase inicial de coleta de dados aconteceu nos meses de dezembro de 2014 e janeiro de 2015. Para coletar os dados referentes à cooperativa COOPRECI e à atividade de coleta seletiva no município de São Lourenço foram realizadas visitas ao galpão da cooperativa, análise de documentos da cooperativa e da ONG, entrevistas com os cooperados, reuniões com a ONG e o acompanhamento do caminhão utilizado pela cooperativa durante uma semana. Desta forma, foram utilizadas as seguintes técnicas de coleta de dados: observação participante, análise documental, entrevistas, reuniões, dados primários e dados secundários. As Figuras 4.2, 4.3 e 4.4 mostram fotos tiradas durante as visitas ao galpão da cooperativa.



Figura 4.2 - Foto da entrada do galpão da cooperativa COOPRECI



Figura 4.3 - Caminhão utilizado pela cooperativa COOPRECI



Figura 4.4 - Prensa da cooperativa COOPRECI

Nesta fase a cooperativa COOPRECI contava com três catadores, um motorista e um gerente. Os catadores trabalhavam em dois turnos, saíam para realizar a coleta durante a manhã e voltavam à tarde para realizar a triagem, prensagem e pesagem. O gerente foi contratado pela ONG “Todos por São Lourenço” em janeiro de 2015, com a função de dar todo o tipo de suporte aos cooperados. O caminhão que era utilizado pela cooperativa era disponibilizado pela prefeitura da cidade e possui capacidade de 20 toneladas.

Com o acompanhamento do caminhão durante uma semana foi possível realizar o mapeamento das duas rotas que estavam sendo realizadas pelo caminhão, a Rota 01, que se repetia na segunda, quarta e sexta-feira e a Rota 02 que se repetia na terça e quinta-feira. Para realizar o mapeamento foi utilizado um aparelho GPS portátil, armazenando os dados relacionados às duas rotas, tais como velocidade média, tempo total decorrido, pontos de paradas, entre outros. Em seguida, esses dados foram transferidos para o software TransCAD (versão acadêmica 6.0) utilizando o software MapSource para a conversão das informações geográficas. As Rotas 01 e 02 são apresentadas na Figura 4.5 e 4.6, respectivamente. Ambas as rotas começam e terminam na cooperativa COOPRECI. As características das duas rotas são apresentadas na Tabela 4.1.

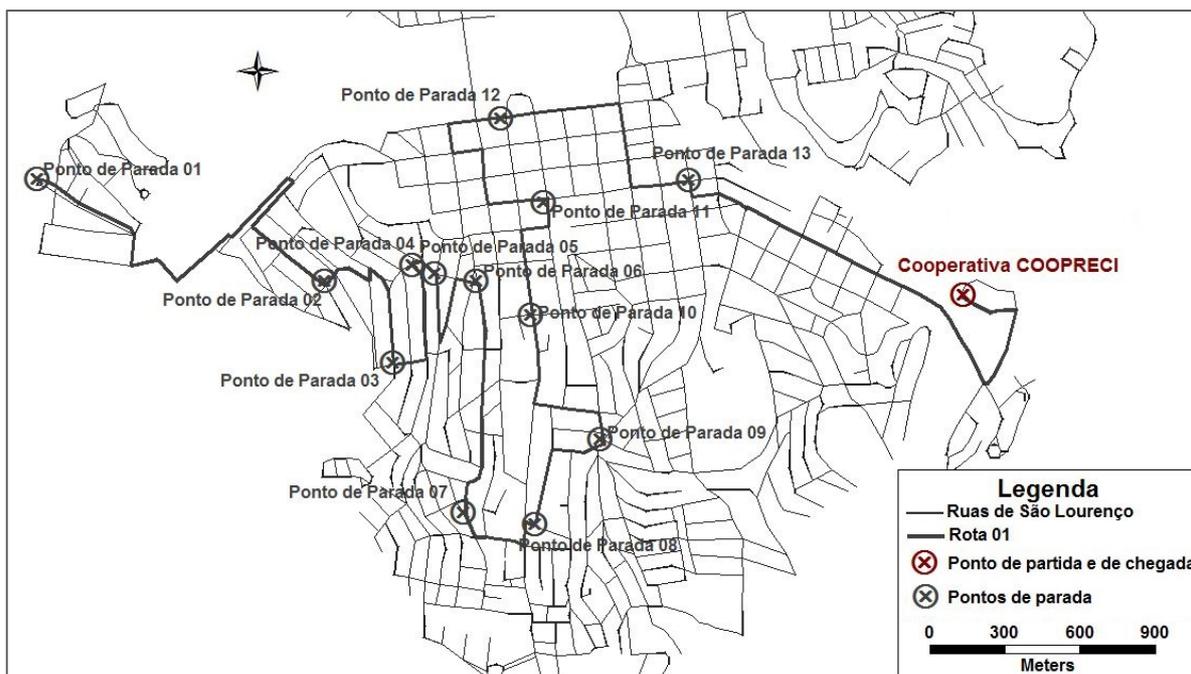


Figura 4.5 - Rota de segunda, quarta e sexta-feira (Rota 01)

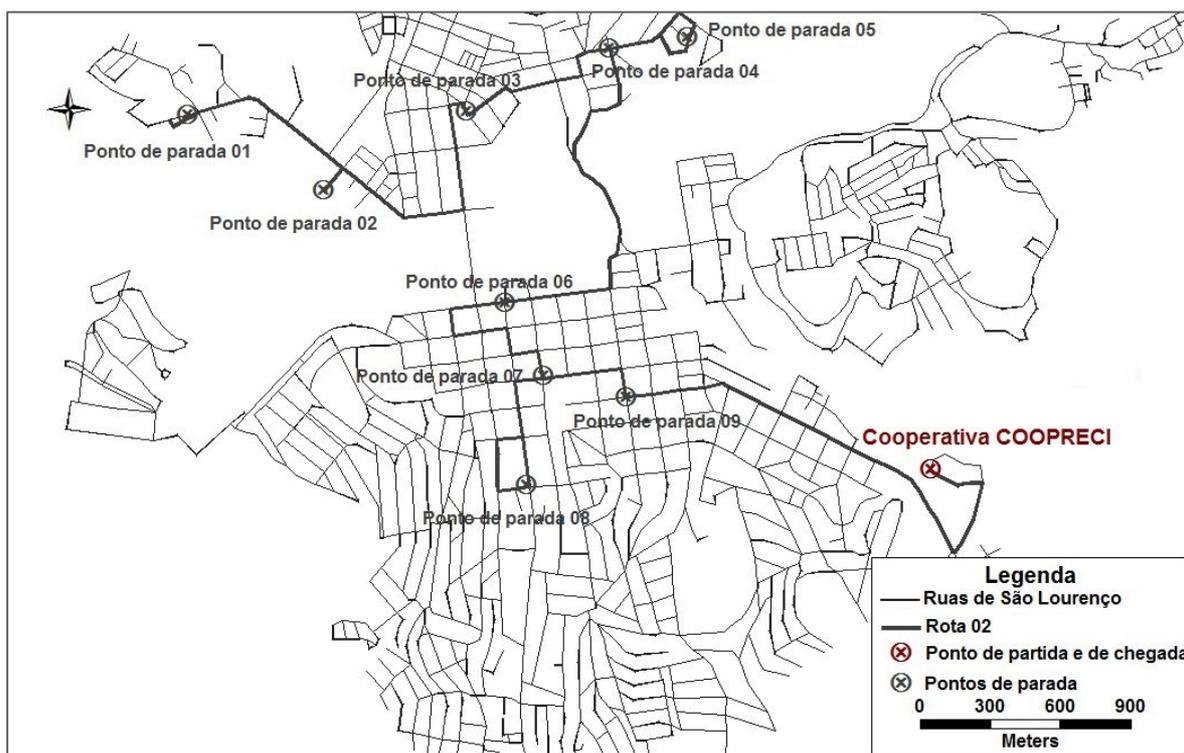


Figura 4.6 - Rota de terça e quinta-feira (Rota 02)

Tabela 4.1 - Características das duas rotas

Variáveis	Rota 01	Rota 02
Distância total percorrida	15,2 km	15,8 km
Duração total	04 hrs 49 min	02 hrs 54 min
Velocidade média	4 km/h	5 km/h
Total de pontos de parada	13	09
Tempo médio gasto em cada ponto de parada	10 min	10 min

Após a coleta dos dados necessários para o início do projeto passou-se para a fase de análise dos dados e planejamentos das ações.

4.3. ANÁLISE DOS DADOS E PLANEJAMENTO DAS AÇÕES

Através das atividades realizadas na etapa de coleta de dados percebeu-se que os catadores da COOPRECI não possuíam uniforme, luvas, botas, mesa de triagem e nenhuma forma de controle da quantidade de material que era coletada e vendida. A falta de uniforme fazia com que os catadores não fossem identificados e associados à cooperativa por parte da população da cidade, o que dificultava a adesão da população na coleta seletiva. A falta de luvas e botas trazia danos à saúde dos cooperados que muitas vezes se cortavam com os materiais coletados. Já a falta de uma mesa de triagem dificultava a separação do material coletado, pois fazia com que os materiais recicláveis coletados ficassem dispostos no chão para realizar a triagem. Por fim, a falta de uma forma de controle da quantidade de material que era coletada e vendida dificultava o controle de como estava o desempenho da cooperativa. O material coletado em um mês pela cooperativa era vendido no começo do mês seguinte sempre para a única empresa recicladora da região.

Percebeu-se também que o número de catadores que a COOPRECI contava nessa etapa (três catadores) era reduzido. As duas cidades vencedoras dentro da mesma faixa populacional que São Lourenço do Prêmio Cidade Pró-catador foram as cidades de Cratéus, Ceará e Manhumirim, Minas Gerais (CEMPRE, 2014b). O prêmio reconhece programas de coleta seletiva eficientes. Ambas as cidades contam com somente uma cooperativa de catadores e possuem 20 e 32 catadores associados às cooperativas das cidades, respectivamente.

Com o acompanhamento do caminhão durante uma semana e posterior mapeamento das rotas verificou-se que a atividade de coleta seletiva no município estava mal estruturada. O caminhão só passava em algumas ruas de alguns bairros da cidade, nos mesmos dias da coleta de lixo convencional e não possuía horários específicos para realizar a coleta, o que fazia com que os catadores coletassem pouco material reciclável. O material coletado no mês de janeiro pela cooperativa foi vendido no mês de fevereiro, e através do controle da ONG e dos pesquisadores da

quantidade de material vendido foi possível estimar a quantidade de material que foi coletada no mês de janeiro: aproximadamente 3.200 kg de materiais recicláveis. Tal quantidade é reduzida, visto que segundo o Diagnóstico de Resíduos Sólidos (SNIS, 2013) em uma cidade na mesma faixa populacional que o município de São Lourenço, a massa média recolhida na coleta seletiva por catadores com apoio da prefeitura é de 6.026 kg por mês.

Deste modo, da análise desses dados, chegou-se à conclusão que não existia de fato um programa de coleta seletiva no município, mas sim somente alguma atividade de coleta seletiva. Notou-se também que a cooperativa estava funcionando de maneira precária, fazendo com que a mesma não fosse autossustentável financeiramente, isto é, o que a COOPRECI ganhava com a venda do material reciclável coletado e prensado não estava cobrindo seus custos.

Após a análise dos dados passou-se para o planejamento das ações. Foram planejados junto com a ONG qual a modalidade de coleta seletiva será utilizada; quais os dias de realização da coleta seletiva em cada bairro; qual o horário de realização; quais os dias de implantação em cada bairro e quais as formas de divulgação do programa.

No que se refere a qual modalidade de coleta seletiva será utilizada foi estabelecido que serão utilizadas as duas modalidades: a modalidade porta a porta e a modalidade através de PEVs/Ecopontos. Foi estabelecido também que a empresa Nestlé *Waters* doaria dois PEVs através do CEMPRE para a cidade. A modalidade porta a porta será utilizada em 27 bairros e a modalidade através de PEVs/Ecopontos será utilizada somente no centro da cidade.

Em relação aos dias e o horário de realização da coleta seletiva em cada bairro foi estabelecido que a mesma deverá ocorrer em dias alternados ao da coleta de lixo convencional e entre às 07 e às 12 horas. Por exemplo, em um bairro onde a coleta de lixo é realizada na terça e quinta-feira, ficou estabelecido que a coleta seletiva será realizada nesse bairro toda segunda, quarta e sexta-feira das 07 às 12 horas.

Já em relação aos dias de implantação do programa em cada bairro foi criado um cronograma de implantação. Os 27 bairros que serão atendidos pela modalidade de coleta seletiva porta a porta ficaram divididos em sete grupos de bairros, sendo que cada grupo de bairros teria uma data diferente para ocorrer à implantação. O primeiro grupo é formado somente por um bairro, o bairro escolhido como bairro piloto. A implantação em cada grupo de bairros equivale a um ciclo de melhoria e aprendizagem da pesquisa-ação, ou ainda, em cada ciclo de melhoria e aprendizagem ocorre à expansão do programa para um novo grupo de bairros. O cronograma de implantação com

os ciclos de melhoria e aprendizagem, os grupos de bairros e as datas de implantação são apresentados na Figura 4.7. Destaca-se que o segundo, terceiro e quarto ciclo de melhoria e aprendizagem que corresponde ao segundo, terceiro e quarto grupo de bairros possuem duas datas de implantação. Isto ocorre porque os bairros desses grupos eram bairros em que o caminhão utilizado pela cooperativa já passava em algumas ruas no mesmo dia da coleta de lixo convencional, e desta maneira deveria haver uma mudança dos dias de realização da coleta seletiva em tais bairros.

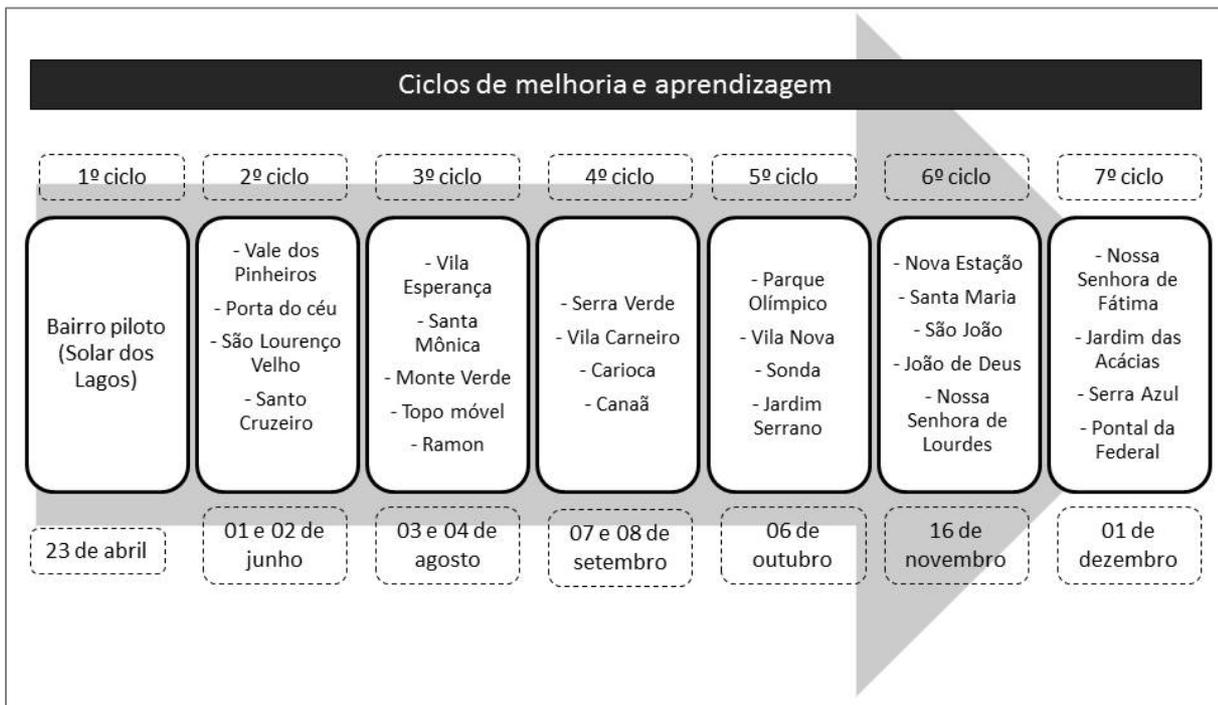


Figura 4.7 - Ciclos de melhoria e aprendizagem de acordo com os grupos de bairros e dias de implantação

Por fim, quanto às formas de divulgação do programa foi definido que o mesmo seria divulgado através de panfletos distribuídos de porta em porta em cada bairro, de notícias na internet, de jornais e das rádios da cidade. As Figuras 4.8 e 4.9 mostram o panfleto utilizado no bairro piloto e uma notícia de jornal utilizados na divulgação do programa.



Figura 4.8 - Frente e verso do panfleto usado na divulgação da implantação no bairro piloto



Figura 4.9 - Notícia de jornal sobre o projeto

Após a fase de planejamento das modalidades de coleta seletiva que serão utilizadas, dos dias e do horário de realização da coleta seletiva em cada bairro, dos dias de implantação em cada bairro e das formas de divulgação do programa de coleta seletiva, passou-se para a fase de implementação das ações.

4.4. IMPLEMENTAÇÃO DAS AÇÕES

A fase de implementação das ações foi realizada através da execução de sete ciclos de melhoria e aprendizagem. Conforme explicado anteriormente, em cada ciclo de melhoria e aprendizagem ocorre a implantação do programa em um novo grupo de bairros, ou seja, ocorre a

expansão do programa de coleta seletiva no município. No primeiro ciclo de melhoria e aprendizagem ocorreu a implantação do programa em somente um bairro, o bairro escolhido como piloto, já os outros seis grupos são formados por quatro ou cinco bairros. Os sete ciclos de melhoria e aprendizagem, bem como as etapas realizadas em cada um deles são descritos a seguir.

4.4.1. Primeiro ciclo de melhoria e aprendizagem

O primeiro ciclo de melhoria e aprendizagem está relacionado com a implantação do programa de coleta seletiva no bairro escolhido como piloto, o bairro Solar dos Lagos. Destaca-se que este bairro foi escolhido para ser o bairro piloto do projeto por dois motivos: primeiro porque já era um bairro onde os catadores da cooperativa passavam por algumas ruas para realizar a coleta seletiva e segundo porque se acreditava que era um bairro onde a população já realizava a separação dos materiais recicláveis em suas residências.

Além da implantação do programa no bairro escolhido como piloto, ocorram outras atividades. As etapas do primeiro ciclo de melhoria e aprendizagem são descritas a seguir.

4.4.1.1. Planejamento das ações do 1º ciclo de melhoria e aprendizagem (P)

O primeiro ciclo de melhoria e aprendizagem teve início com o planejamento das ações que seriam realizadas neste ciclo. Foi planejada tanto a implantação do programa de coleta seletiva no bairro piloto quanto a instalação de dois PEVs recebidos da Nestlé *Waters* através do CEMPRE.

No que diz respeito à implantação do programa no bairro piloto foi somente planejado nesta etapa qual a rota a ser realizada pelo caminhão da coleta seletiva no bairro, pois na fase anterior já foram estabelecidos quais os dias e o horário de realização da coleta seletiva no bairro (terça e quinta-feira das 07 às 12 horas) e o dia de implantação neste bairro (dia 23 de abril). Na fase anterior também foi estabelecido que deveria ser utilizada a modalidade de coleta seletiva porta a porta no bairro piloto e nos outros 26 bairros, ou seja, todas as residências seriam atendidas pelo serviço de coleta seletiva em suas portas.

Foi utilizado o SIG TransCAD (versão acadêmica 6.0) para a elaboração da rota do caminhão utilizado na coleta seletiva no bairro piloto. Primeiramente, já que seria utilizada a modalidade porta a porta, foi realizada a roteirização em arcos (rotina *Arc Routing*) no SIG para a elaboração da rota do caminhão no bairro piloto. Todavia, devido à justificativa de altos custos de transporte sem previsão do nível de participação da população do bairro piloto, pois o caminhão teria que passar em todas as ruas do bairro, notou-se que a roteirização em arcos não seria a ideal. Com essa

dificuldade percebeu-se a necessidade de proceder de uma maneira diferente. Foi utilizada a lógica da modalidade de coleta seletiva porta a porta, porém associada à roteirização em nós. Explica-se: foram definidos junto com o gerente da COOPRECI oito pontos de parada (nós) no bairro piloto onde o caminhão da coleta seletiva deveria permanecer parado enquanto os catadores percorreriam as ruas adjacentes dos pontos de parada e encontrariam o caminhão nesses pontos para depositarem o material reciclável até então coletado. Logo, foi escolhida a roteirização em nós para os oito pontos de parada e os catadores deveriam percorrer todas as ruas do bairro realizando a coleta seletiva. Foi definido também um ponto de partida e de chegada onde o caminhão deveria começar e terminar a rota do bairro piloto. Não foi escolhida a cooperativa COOPRECI como ponto de partida e chegada para a rota do bairro piloto, pois os catadores atenderiam outros locais antes e depois de atender o bairro piloto. Por fim, já que em um segundo momento foi escolhida a roteirização em nós, utilizou-se então a rotina *Vehicle Routing Problem* (VRP) do software TransCAD para a elaboração da rota do caminhão da coleta seletiva no bairro piloto. As variáveis utilizadas na aplicação da rotina *Vehicle Routing Problem* no TransCAD são apresentadas nos Quadros 4.1 e 4.2. O Quadro 4.1 apresenta as variáveis relacionadas com as ruas e suas características e o Quadro 4.2 apresenta as variáveis relacionadas com os pontos de parada e suas características.

Quadro 4.1 - Variáveis relacionadas com as ruas

Campo	Função	Valor
<i>Length</i>	Comprimento da rua	Calculado pelo software.
<i>Name</i>	Nome de cada rua	Foi inserido o nome de cada rua.
<i>Speed</i>	Velocidade do caminhão em determinada rua	Utilizou-se a média das velocidades encontradas através do mapeamento das duas rotas que eram realizadas anteriormente, Rota 01 e 02. Isto é, a Rota 01 possuía uma velocidade média de 04 km/h e a Rota 02 possuía uma velocidade média de 05 km/h, logo a média das duas velocidades é de 4,5km/h, ou ainda, 75m/min.
<i>Time</i>	Calcula o tempo gasto em minutos para percorrer uma rua	Foi calculado dividindo o valor do campo <i>Length</i> pelo valor do campo <i>Speed</i> para cada rua.

Quadro 4.2 - Variáveis relacionadas com os pontos de parada

Campo	Função	Valor
<i>Name</i>	Nome de cada ponto	Foi inserido um nome para cada ponto.
<i>Capacity</i>	Capacidade do caminhão	O ponto de partida e chegada recebeu o valor de 20.000kg (capacidade do caminhão). Para os pontos de parada este campo não foi preenchido.
<i>Demand</i>	Quantidade de material reciclável coletada em cada ponto	Os pontos de parada receberam o valor unitário (01 kg), pois não se tinha uma estimativa da quantidade de material reciclável que seria coletada em cada ponto de parada. Já para o ponto de partida e chegada este campo não foi preenchido.
<i>Node_ID</i>	Número do ID da interseção mais próxima ao ponto	Fornecido pelo software.
<i>Open time</i>	Horário em que determinado ponto pode começar a ser atendido pelo caminhão	Preenchido com um valor igual a 700 (07 horas) para os pontos de parada e igual a 600 (06 horas) para o ponto de partida e de chegada. Pois os catadores começam a chegar à cooperativa as 06 horas da manhã e podem começar a realizar a coleta seletiva a partir das 07 horas.
<i>Close time</i>	Horário em que determinado ponto não pode mais ser atendido pelo caminhão	Preenchido com um valor igual a 1200 (12 horas) para os pontos de parada e igual a 1300 (13 horas) para o ponto de partida e de chegada. Visto que os catadores param de realizar a coleta as 12 horas e podem chegar à cooperativa até as 13 horas.
<i>Fixed time</i>	Tempo fixo que o caminhão gasta parado em cada ponto	Preenchido somente para os pontos de parada com valores iguais a 09 (<i>fixed time</i>) e 01 (<i>unit time</i>) minutos, respectivamente. Resultando em um total de 10 minutos gastos em cada ponto de parada. Isto porque,
<i>Unit time</i>	Tempo gasto por cada unidade coletada em cada ponto	através do mapeamento das duas rotas (Rota 01 e Rota 02), percebeu-se que o caminhão ficava parado cerca de 10 minutos em cada ponto de parada das rotas.

Preenchidas todas as variáveis, criou-se a rede de ruas considerando restrições de movimento para retornos em U. A rota elaborada pelo software para o bairro piloto é apresentada na Figura 4.10. A Tabela 4.2 apresenta alguns resultados da rota para o bairro piloto.

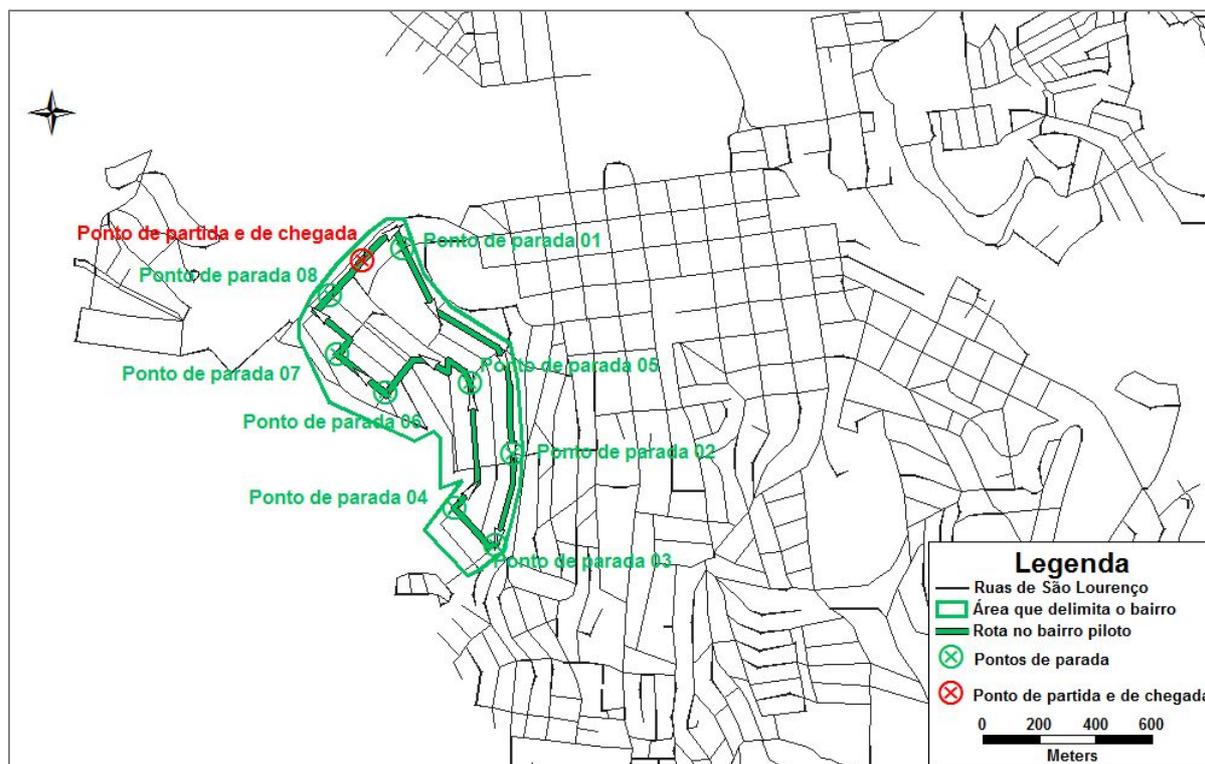


Figura 4.10 - Rota a ser seguida no bairro piloto

Tabela 4.2 - Resultados da rota do bairro piloto

Variáveis	Rota de terça e quinta-feira
<i>Número de pontos de parada</i>	08
<i>Distância total percorrida</i>	3.279,6 m
<i>Tempo total gasto</i>	01 h 30 min

No que diz respeito à instalação dos PEVs, foi planejado junto com a ONG quais seriam os locais onde ocorreria a instalação dos mesmos, porém naquele momento não foi utilizado nenhum critério específico para a escolha dos locais, apenas que os mesmos fossem pontos centrais: a praça mais conhecida da cidade (Praça Brasil) e a praça da prefeitura da cidade (Figura 4.11).

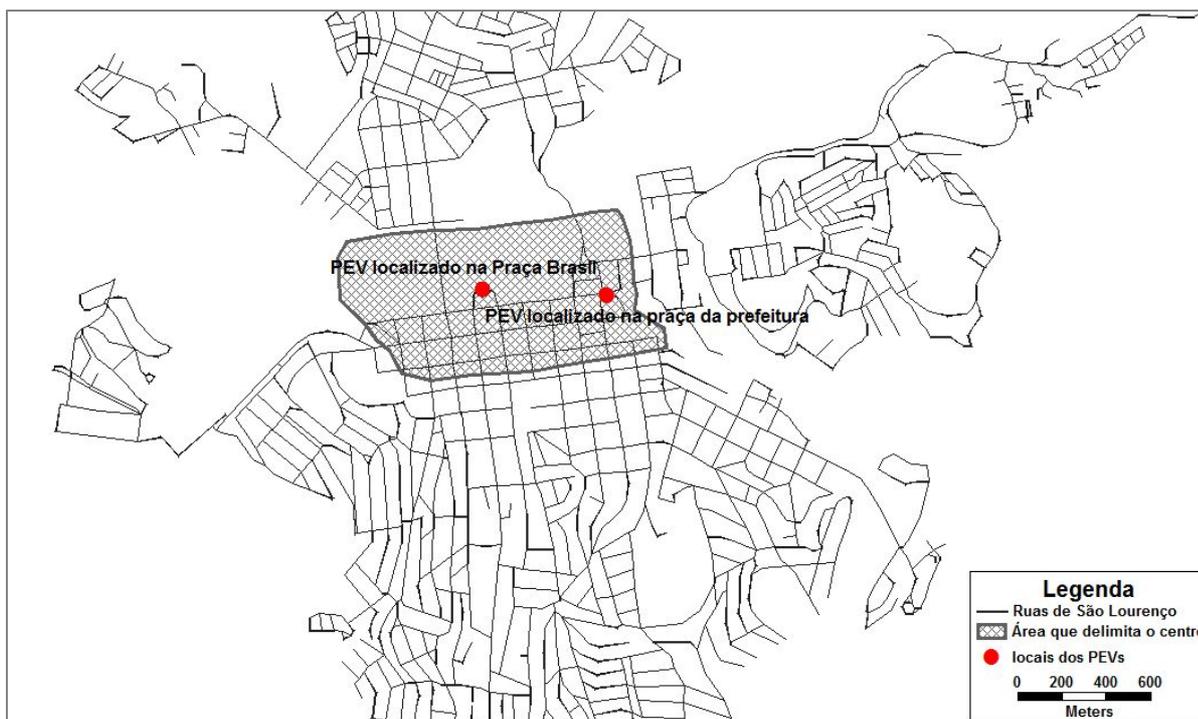


Figura 4.11 - Locais escolhidos para a instalação dos dois PEVs

Após o planejamento das ações do primeiro ciclo de melhoria e aprendizagem passou-se para a execução das mesmas.

4.4.1.2. Implantação das ações do 1º ciclo de melhoria e aprendizagem (I)

Antes de acontecer a implantação do programa no bairro piloto e a instalação dos PEVs, ações pertinentes a essa etapa, ocorreu uma reunião na cooperativa COOPRECI com os cooperados, a ONG e os pesquisadores. A reunião foi realizada com o intuito de se entregar as luvas, botas e uniformes (Equipamentos de Proteção Individual - EPIs) (Figura 4.12) recebidos da Nestlé *Waters* pela ONG através do CEMPRE e de enfatizar junto aos cooperados como deveria ocorrer a implantação do programa de coleta seletiva no bairro piloto.



Figura 4.12 - Luvas, botas e uniformes (EPIs) recebidos da Nestlé pela ONG através do CEMPRE

A implantação no bairro piloto ocorreu no dia 23 de abril. No dia da implantação esperou-se os catadores chegarem junto com o caminhão utilizado pela cooperativa no ponto definido como ponto de partida e chegada da rota do bairro piloto. A implantação teve início às 07 horas e durou cerca de 01 hora e 40 minutos, em conformidade com o que havia sido calculado pelo SIG TransCAD. Durante a implantação acompanhou-se os cinco catadores e o motorista do caminhão, mostrando quais as ruas cada um dos catadores deveria percorrer e quais eram os pontos em que o caminhão deveria permanecer parado e que os catadores deveriam encontrar o caminhão para depositar o material reciclável até então coletado. Os dados referentes à implantação foram coletados com o auxílio de um aparelho GPS portátil. A Figura 4.13 apresenta fotos tiradas dos catadores no dia da implantação no bairro piloto.



Figura 4.13 - Acompanhamento do trabalho dos catadores no bairro piloto

A instalação dos PEVs ocorreu no período da manhã do dia 24 de abril, dado que era o período de menor circulação de pessoas nos locais escolhidos para a instalação, facilitando o processo. Além disso, para realizar a instalação contou-se com a ajuda de funcionários do SAAE da cidade, que retiraram os PEVs do galpão da cooperativa onde estavam até então guardados, levaram até as ruas próximas aos locais utilizando um caminhão do SAAE e os retiraram do caminhão instalando nos locais. A Figura 4.14 mostra as fotos tiradas no dia da instalação. Após a instalação dos dois PEVs foi definido junto aos catadores e com o gerente da cooperativa que toda sexta-feira os catadores deveriam passar nos dois PEVs para verificar como estava ocorrendo a utilização dos mesmos.



Figura 4.14 - Instalação dos PEVs

Após a realização da reunião na cooperativa, seguida da implantação do programa de coleta seletiva no bairro piloto e da instalação dos dois PEVs, seguiu-se para a etapa de observação e avaliação do primeiro ciclo de melhoria e aprendizagem.

4.4.1.3. Observação e avaliação do 1º ciclo de melhoria e aprendizagem (O&A)

Para realizar esta etapa foram analisados os dados coletados durante a implantação do programa no bairro piloto, acompanhou-se a execução da coleta seletiva pelos catadores no bairro piloto durante um mês após a implantação e o houve o monitoramento por parte dos catadores da utilização dos PEVs.

Com os dados coletados durante a implantação percebeu-se que dois pontos de paradas que foram definidos junto ao gerente da cooperativa não eram os ideais, devido ao declive de duas ruas e porque em outra rua estava acontecendo manutenção dos canos de esgoto pelo SAAE.

Com o acompanhamento durante um mês, foi observado: se toda a população estava sendo atendida pelo programa, se toda a população estava sabendo do programa e se estava acontecendo o aumento ou diminuição da participação da população no programa de coleta seletiva. Entrevistando alguns moradores do bairro percebeu-se que em determinados dias algumas ruas não estavam sendo atendidas pelo serviço, ou seja, os catadores não estavam passando em todas as ruas do bairro para a realização da coleta seletiva. Notou-se também que não era toda a população do bairro que estava sabendo do programa, cerca de 10 moradores responderam que não sabiam da existência do programa quando foram perguntados pela pesquisadora. A Figura 4.15 mostra a participação de um morador no programa de coleta seletiva durante o acompanhamento. Logo, visto que não era toda a população que estava sabendo do programa e que os catadores não estavam garantindo a

regularidade da coleta seletiva em todo o bairro piloto, verificou-se que estava acontecendo a diminuição da participação da população do bairro no programa.



Figura 4.15 - Participação de um morador do bairro piloto no programa de coleta seletiva

Por fim, com o monitoramento por parte dos catadores da utilização dos PEVs pela população foi percebido que os mesmos não estavam sendo muito utilizados.

Encontradas as dificuldades dessa etapa: falta de conhecimento sobre o programa pela população, falta de garantia da regularidade do serviço de coleta pelos catadores e pouca utilização dos PEVs, passou-se para a etapa de reflexão e ação.

4.4.1.4. Reflexão e ação do 1º ciclo de melhoria e aprendizagem (R&A)

Após as observações e avaliações realizadas na etapa anterior, passou-se para a etapa de reflexão e ação. Nesta etapa foram realizadas atividades que pudessem corrigir os problemas observados na etapa anterior. Em relação aos pontos de parada, dois pontos de parada da rota elaborada anteriormente pelo software TransCAD para o bairro piloto foram modificados, passando para duas esquinas posteriores as anteriormente definidas. Para salientar a existência do programa no bairro piloto e melhorar a utilização dos PEVs foram feitas mais campanhas de conscientização, por exemplo, foram realizadas três entrevistas em uma rádio da cidade, uma contando com a participação de um dos catadores da cooperativa. Já para garantir a regularidade de coleta em todas as ruas do bairro piloto foi realizada uma reunião com os cooperados com o intuito de reforçar junto

com os cooperados a importância de garantir que todos os moradores do bairro fossem atendidos pelo serviço de coleta seletiva regularmente, explicando que desta maneira poderia haver uma maior disponibilidade da população em participar do programa.

Após a realização do primeiro ciclo de melhoria e aprendizagem passou-se para a execução do segundo, tendo em mente que todo o conhecimento gerado a partir do primeiro ciclo serviria de base para o segundo ciclo de melhoria e aprendizagem.

4.4.2. Segundo ciclo de melhoria e aprendizagem

O segundo ciclo de melhoria e aprendizagem está relacionado com a implantação do programa de coleta seletiva no segundo grupo de bairros, composto por quatro bairros. Além da expansão do programa de coleta seletiva para o segundo grupo de bairros, outras ações ocorreram neste ciclo. As etapas do segundo ciclo de melhoria e aprendizagem são descritas a seguir.

4.4.2.1. Planejamento das ações do 2º ciclo de melhoria e aprendizagem (P)

Da mesma forma que no primeiro ciclo de melhoria e aprendizagem, o segundo ciclo foi iniciado com o planejamento das ações a serem realizadas no ciclo.

Neste ciclo ocorreu a expansão do programa para o segundo grupo de bairros. Esse grupo de bairros é formado por quatro bairros, dois devendo ser atendidos pelo serviço de coleta seletiva na segunda, quarta e sexta-feira e dois na terça e quinta-feira. Assim, com esse novo ciclo, passariam a existir cinco bairros atendidos pelo serviço de coleta seletiva (bairro piloto mais quatro novos bairros) e duas rotas a serem realizadas. Uma rota se repete na segunda, quarta e sexta-feira e outra na terça e quinta-feira.

Para a elaboração das novas rotas foram definidos 23 pontos de parada junto com o gerente da cooperativa e empregada a lógica elaborada no primeiro ciclo. Isto é, utilizada a roteirização em nós (rotina *Vehicle Routing Problem* do TransCAD), mas com características da modalidade de coleta seletiva porta a porta. Dos 23 pontos de parada definidos 10 foram definidos para a rota de segunda, quarta e sexta-feira e 13 para a rota de terça e quinta-feira. A Figura 4.16 mostra o ponto de partida e de chegada (Cooperativa COOPRECI) das duas rotas, os pontos de paradas e as duas rotas elaboradas pelo SIG. Na figura ainda aparecem quais são as áreas nas quais está ocorrendo à expansão do programa. A Tabela 4.3 apresenta alguns resultados das duas rotas elaboradas para o segundo grupo de bairros.

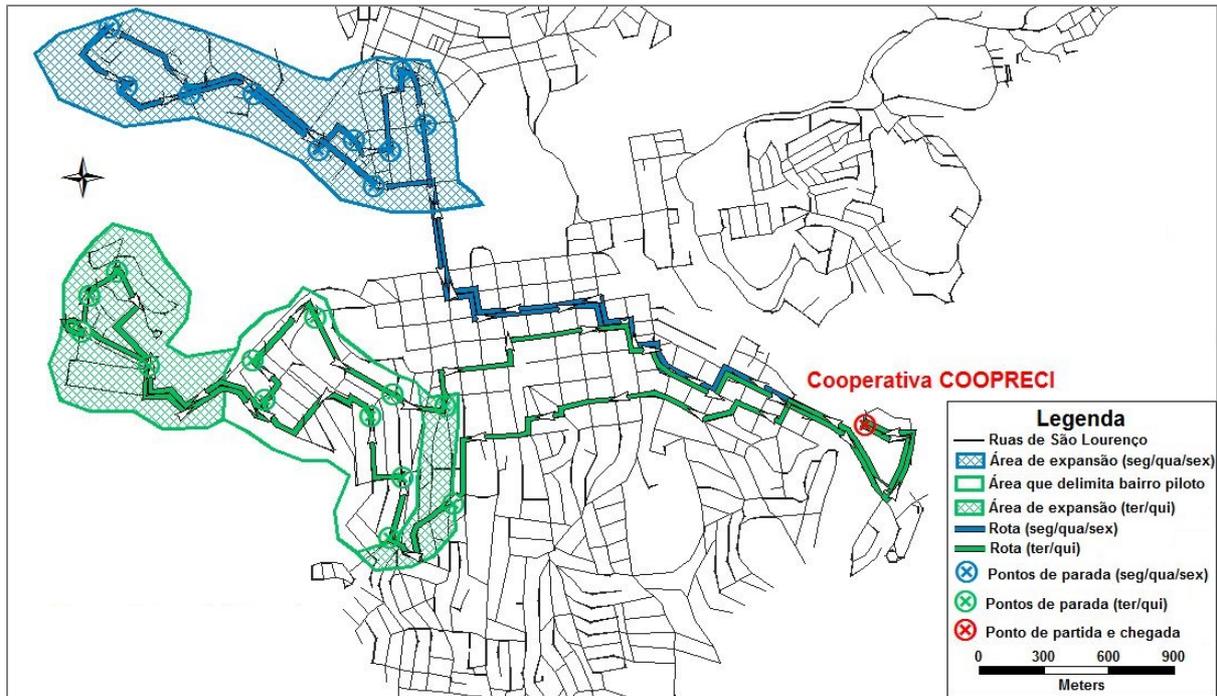


Figura 4.16 - Rotas a serem seguidas nos bairros do segundo ciclo

Tabela 4.3 - Resultados das rotas do segundo grupo de bairros

Variáveis	Rota de segunda, quarta e sexta-feira	Rota de terça e quinta-feira
<i>Número de pontos de parada</i>	10	13
<i>Distância total percorrida</i>	13.545,45 m	12.567,50 m
<i>Tempo total gasto</i>	1 h 45 min	2 h 10 min

Além da elaboração das duas rotas, ocorreu nesta etapa o planejamento da contratação de um novo caminhão para a cooperativa pela ONG “Todos por São Lourenço”. Com a realização do primeiro ciclo de melhoria e aprendizagem verificou-se que o caminhão que a cooperativa utilizava para realizar a coleta seletiva não era o mais apropriado, pois ele tem uma capacidade muito grande (20.000 kg). Em um cenário otimista (com o caminhão atendendo 100% da população e toda a população separando todo o seu material reciclável), seria necessário um caminhão com capacidade de 14.943kg ($1,041 \times 31,9\% \times 45.000$), levando em consideração: a geração per capita de resíduos sólidos urbanos (1,041 kg/hab./dia) (ABRELPE, 2013); a participação de materiais recicláveis na composição gravimétrica média dos RSU (31,9%) (IBGE, 2008) e o tamanho da população de São Lourenço (45.000 habitantes) (IBGE, 2010). Visto que é um cenário otimista e que nem toda a população separaria seu material reciclável, foi estabelecido com os cooperados que um caminhão com metade da capacidade calculada, ou seja, cerca de 7.000 kg seria o ideal.

Planejadas as ações do segundo ciclo de melhoria e aprendizagem passou-se para a etapa de execução das mesmas.

4.4.2.2. Implantação das ações do 2º ciclo de melhoria aprendizagem (I)

Nesta etapa foi primeiramente fechado um contrato com o dono do novo caminhão. O novo caminhão tem uma capacidade de cerca de sete toneladas. O valor do aluguel a ser pago pela ONG inclui a atividade do motorista que trabalhará para a cooperativa das 07 horas até às 17 horas, com um intervalo de 01 hora e 30 minutos para almoço. A Figura 4.17 mostra fotos do novo caminhão alugado.



Figura 4.17 – Fotos do novo caminhão alugado pela ONG para a cooperativa

Destaca-se que com a contratação de um novo caminhão com capacidade diferente do caminhão utilizado anteriormente houve a mudança da variável *Capacity* utilizada na elaboração das rotas no software TransCAD. Anteriormente a variável recebeu um valor de 20.000 (kg), e com a nova contratação a variável recebeu um valor de 7.000 (kg). Contudo, mesmo com o novo valor não houve mudança na rota elaborada anteriormente. Após a contratação do novo caminhão ocorreu a implantação do programa de coleta seletiva no segundo grupo de bairros.

A implantação no segundo grupo de bairros aconteceu nos dias 01 e 02 de junho, com início às 07 horas e durou cerca de 1 hora e 55 minutos e 2 horas e 19 minutos, respectivamente, em conformidade com o que havia sido calculado pelo TransCAD. De modo similar a implantação no bairro piloto, acompanhou-se os quatro catadores e o motorista do caminhão nos dois dias de implantação. Também foram mostradas quais as ruas cada um dos catadores deveria percorrer e quais eram os pontos em que o caminhão deveria permanecer parado e que os catadores deveriam encontrar o caminhão para depositar o material reciclável até então coletado. Os dados referentes à implantação nos dois dias foram coletados com o auxílio de um aparelho GPS portátil.

Depois de realizadas todas as ações pertinentes a essa etapa do segundo ciclo de melhoria e aprendizagem passou-se para a etapa de observação e avaliação do segundo ciclo.

4.4.2.3. Observação e avaliação do 2º ciclo de melhoria e aprendizagem (O&A)

Para realizar esta etapa foram analisados os dados coletados durante os dois dias de implantação do programa no segundo grupo de bairros, acompanhou-se a execução da coleta seletiva pelos catadores nos cinco bairros durante um mês após a implantação e analisou-se o monitoramento pelos catadores da utilização dos PEVs.

Com os dados coletados durante os dois dias de implantação notou-se que não havia nenhum problema: os tempos gastos eram compatíveis e os pontos de paradas também. Porém, com o acompanhamento da execução da coleta seletiva durante um mês nos cinco bairros verificou-se que estava acontecendo um problema. No segundo grupo de bairros existe um bairro que possui dois condomínios. O fato era que os moradores dos condomínios já separavam o material reciclável do restante do material que compõe o lixo em suas residências, mas quando os dois tipos de materiais chegavam à portaria dos condomínios acabava ocorrendo a mistura dos dois materiais. Deste modo, estava acontecendo a anulação da separação do material reciclável realizada anteriormente pelos moradores em suas residências. Por fim, com o monitoramento por parte dos catadores da utilização dos PEVs pela população percebeu-se que os mesmos ainda não estavam sendo muito utilizados. Observada tais dificuldades passou-se para a etapa de reflexão e ação.

4.4.2.4. Reflexão e ação do 2º ciclo de melhoria e aprendizagem (R&A)

Nesta etapa foi elaborado um *kit* para ser entregue aos moradores dos dois condomínios. O *kit* foi criado baseando-se no projeto que está ocorrendo desde fevereiro de 2015 em São Paulo, onde as novas sacolinhas verdes só podem ser utilizadas para descarte de material reciclável. O *kit* continha um saco de lixo azul, um panfleto de divulgação do programa no bairro e um comunicado aos moradores (Figura 4.18). No comunicado vinha descrito:

- o problema que estava ocorrendo;
- que a cooperativa estava dando o primeiro saco de lixo azul para cada morador;
- um pedido que cada morador comprasse os seus próximos sacos de lixo azul; e
- um pedido que cada morador colocasse nesse saco de lixo azul o seu material reciclável e em outro saco de qualquer outra cor o restante do material que compõe o seu lixo.

Após a montagem dos *kits*, foi conversado com os síndicos de cada um dos condomínios. Todos eles liberaram a distribuição dos *kits* dentro dos condomínios. Assim, os *kits* foram distribuídos para cada morador dos dois condomínios.



Figura 4.18 - Kit entregue para moradores de condomínios

Após a entrega dos *kits* para os moradores, acompanhou-se durante um período a execução da coleta seletiva nos condomínios para verificar se os moradores estavam participando ou não do programa. A solução foi bem aceita e a maioria dos moradores começou a utilizar saco de lixo azul para descartar o material reciclável. A Figura 4.19 mostra a participação dos moradores através da utilização de sacos de lixos azul.



Figura 4.19 - Participação dos moradores dos condomínios em que foram entregues os *kits*

Nesta etapa não foi realizada nenhuma atividade para melhorar a utilização dos PEVs.

Após a realização do segundo ciclo de melhoria e aprendizagem seguiu-se para a realização do terceiro ciclo, levando em conta que todo o conhecimento gerado a partir da implantação do programa nos cinco bairros (primeiro e segundo grupo de bairros) auxiliaria na execução do terceiro ciclo de melhoria e aprendizagem.

4.4.3. Terceiro ciclo de melhoria e aprendizagem

O terceiro ciclo de melhoria e aprendizagem está relacionado com a implantação do programa de coleta seletiva no terceiro grupo de bairros, composto por quatro bairros. Além da expansão do programa de coleta seletiva para o terceiro grupo de bairros, ocorreram outras ações neste ciclo. As etapas do terceiro ciclo de melhoria e aprendizagem são descritas a seguir.

4.4.3.1. Planejamento das ações do 3º ciclo de melhoria e aprendizagem (P)

Da mesma forma que no primeiro e no segundo ciclo de melhoria e aprendizagem, o terceiro ciclo foi iniciado com o planejamento das ações a serem realizadas no ciclo.

Já que neste terceiro ciclo ocorreria a expansão do programa para o terceiro grupo de bairros, as duas rotas elaboradas no segundo ciclo de melhoria e aprendizagem foram modificadas de maneira que o serviço de coleta seletiva passasse a ocorrer nos 10 bairros (bairro piloto, bairros do segundo ciclo e bairros do terceiro ciclo). Para as duas novas rotas foram definidos 25 pontos de parada junto com o gerente da cooperativa, 10 para a rota de segunda, quarta e sexta-feira e 15 para a rota de terça e quinta-feira. Ambas as rotas começariam e terminariam na cooperativa COOPRECI. As duas novas rotas elaboradas, os pontos de parada, o ponto de partida e chegada (COOPRECI) e as áreas dos bairros nos quais está ocorrendo à expansão do programa aparecem na Figura 4.20. A Tabela 4.4 apresenta alguns resultados das duas rotas elaboradas pelo TransCAD.

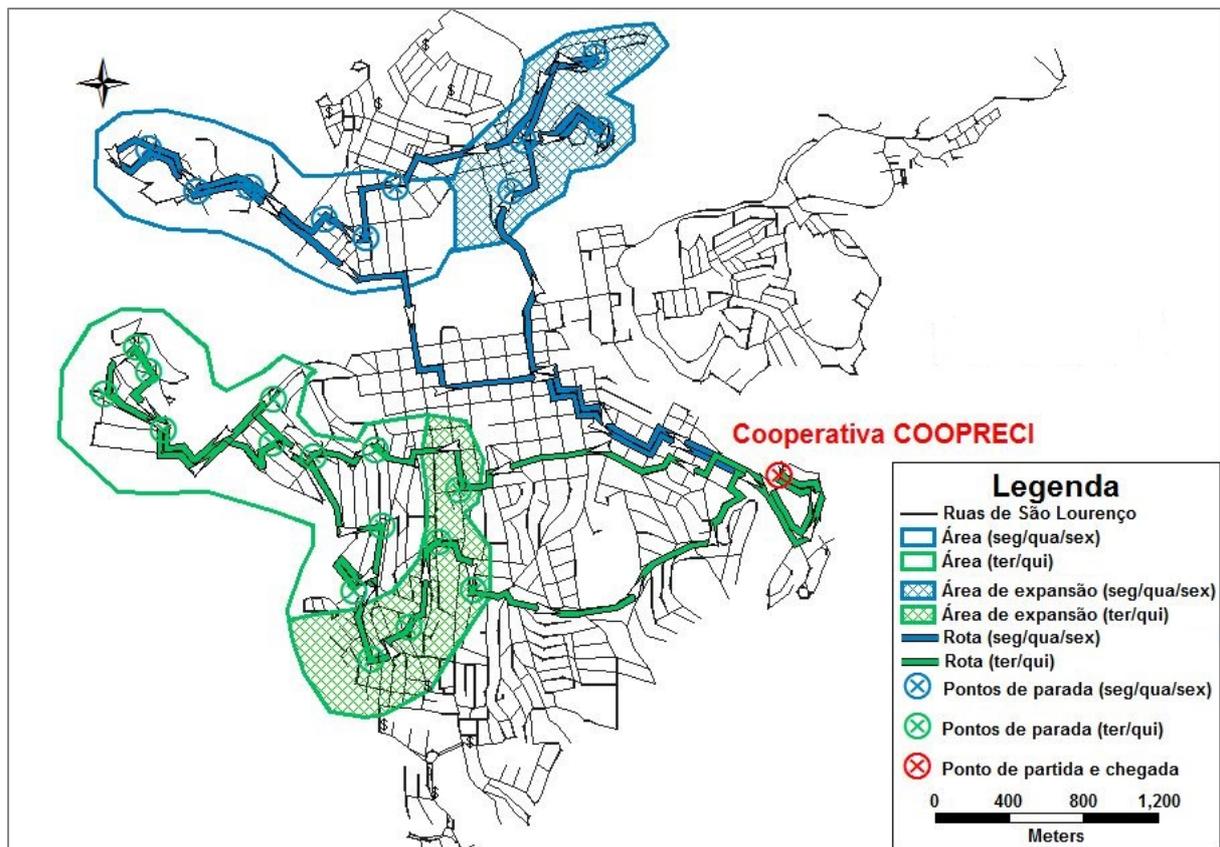


Figura 4.20 - Rotas a serem seguidas nos bairros do terceiro ciclo

Tabela 4.4 - Resultados da rota do terceiro grupo de bairros

Variáveis	Rota de segunda, quarta e sexta-feira	Rota de terça e quinta-feira
<i>Número de pontos de parada</i>	10	15
<i>Distância total percorrida</i>	14.788,80 m	14.416,50 m
<i>Tempo total gasto</i>	2 h 22 min	3 h 38 min

Ocorreu ainda nesta etapa o planejamento da aquisição de uma mesa de triagem. Com o acompanhamento do trabalho dos catadores dentro da cooperativa nos ciclos anteriores, verificou-se que os catadores perdiam muito tempo para realizar a triagem do material reciclável coletado, dado que o material reciclável coletado ficava disposto em *bags* no chão e os catadores precisavam ficar revirando os *bags* e abaixando e levantando para separar o material. A Figura 4.21 mostra como ficavam dispostos os materiais coletados antes da triagem. Na triagem os catadores separam o material reciclável coletado em: ferro, papelão, papel misto, papel branco, plástico duro colorido, plástico fino branco, plástico fino colorido, Polietileno Tereftalato (PET), Polietileno Tereftalato (PET) com resíduos de óleo, Polietileno de Alta Densidade (PEAD), cobre, alumínio, vidro e Longa Vida. Desse modo, a ONG pediu a doação de uma mesa de triagem para a empresa Nestlé Waters. A empresa se disponibilizou a enviar uma mesa de triagem em até 15 dias.



Figura 4.21 - Material coletado disposto em *bags* antes da triagem

Realizado o planejamento das duas rotas a serem realizadas nos dez bairros que começariam a ser atendidos pelo serviço de coleta seletiva com este novo ciclo e o planejamento da aquisição de uma mesa de triagem para a cooperativa, seguiu-se a etapa de implantação das ações.

4.4.3.2. Implantação das ações do 3º ciclo de melhoria aprendizagem (I)

A implantação do programa de coleta seletiva no terceiro grupo de bairros aconteceu nos dias 03 e 04 de agosto, com início às 07 horas e durou cerca de 2 horas e 15 minutos e 3 horas e 45 minutos, respectivamente, em conformidade com o que havia sido calculado pelo TransCAD. Do mesmo modo que a implantação no bairro piloto e no segundo grupo de bairros, a implantação no terceiro grupo de bairros ocorreu com o acompanhamento dos seis catadores e o motorista do caminhão nos dois dias de implantação. Foram também mostradas quais as ruas cada um dos catadores deveria percorrer e quais eram os pontos em que o caminhão deveria permanecer parado e que os catadores deveriam encontrar o caminhão para depositar o material reciclável até então coletado. Os dados referentes à implantação nos dois dias foram coletados com o auxílio de um aparelho GPS portátil.

Após a implantação no terceiro grupo de bairros, a mesa de triagem doada pela empresa *Nestlé Waters* foi recebida e montada na cooperativa. A Figura 4.22 mostra a mesa de triagem desmontada e a Figura 4.23 mostra os cooperados a utilizando.



Figura 4.22 - Mesa de triagem doada pela empresa Nestlé *Waters* e recebida na cooperativa



Figura 4.23 - Mesa de triagem sendo utilizada pelos cooperados

Após a realização das ações referentes a esta etapa do terceiro ciclo de melhoria e aprendizagem passou-se para a etapa de observação e avaliação do mesmo ciclo.

4.4.3.3. Observação e avaliação do 3º ciclo de melhoria e aprendizagem (O&A)

Para observar e avaliar o terceiro ciclo de melhoria e aprendizagem analisou-se os dados coletados durante os dois dias de implantação do programa no terceiro grupo de bairros, acompanhou-se a execução da coleta seletiva pelos catadores nos 10 bairros durante um mês após a implantação e investigou-se o monitoramento pelos catadores da utilização dos PEVs.

Com os dados coletados durante os dois dias de implantação notou-se que não havia nenhum problema, os tempos gastos eram compatíveis e os pontos de paradas também. Mas, durante o acompanhamento da execução da coleta seletiva durante um mês nos 10 bairros foi percebido que ainda existiam alguns moradores de alguns dos 10 bairros que não estavam sabendo da existência do serviço de coleta seletiva no bairro, e conseqüentemente não estavam participando do programa de coleta seletiva.

Outra dificuldade observada nesta etapa, através do monitoramento por parte dos catadores da utilização dos PEVs pela população, foi que os PEVs ainda não estavam sendo muito utilizados, mesmo decorrido quase quatro meses desde a instalação dos mesmos. Outro problema relacionado com os PEVs foi que um morador da cidade entrou em contato com a ONG e disse que estava monitorando o PEV localizado na Praça Brasil. Segundo o morador este PEV estava sendo utilizado para descarte de lixo e acreditava que o mesmo estava muito escondido, por isso quase ninguém estava utilizando-o.

Observados tais situações: a falta de conhecimento por parte da população da existência do programa, a falta de utilização dos PEVs pela população e a informação a respeito de um dos PEVs de um morador, passou-se para a etapa de reflexão e ação.

4.4.3.4. Reflexão e ação do 3º ciclo de melhoria e aprendizagem (R&A)

Na etapa de reflexão e ação foram realizadas atividades que pudessem corrigir os problemas identificados na etapa anterior. Portanto, primeiramente com o intuito de intensificar a divulgação do programa de coleta seletiva nos 10 bairros foi contratado um serviço de carro de som. O carro de som passou em todas as ruas dos dez bairros em quatro dias divulgando o programa de coleta seletiva. Os bairros que eram atendidos pelo serviço de coleta seletiva na segunda, quarta e sexta-feira o carro de som passou em uma terça-feira no período da manhã e na quinta-feira no período da tarde. Já os bairros que eram atendidos pelo serviço de coleta seletiva na terça e quinta-feira o carro de som passou em uma segunda-feira no período da manhã e na quarta-feira no período da tarde. A ideia era de que o carro de som passasse em um dia anterior ao dia de realização do serviço de coleta seletiva no bairro, dando a oportunidade para um morador que ouvisse o carro de som já participar do programa no dia seguinte. O carro de som passando nos dois períodos, manhã e tarde atingiria um número maior de moradores, visto que os moradores possuem horários de trabalho diferentes.

Em seguida, com o objetivo de melhorar a utilização dos dois PEVs foram realizadas duas ações. Em primeiro lugar foi feita uma pesquisa junto da população para saber se os moradores sabiam o que é um PEV e quais seriam os dois locais ideais para a instalação dos mesmos. Em segundo lugar foi realizada uma campanha de conscientização sobre a utilização dos PEVs e de divulgação dos novos locais onde eles estariam instalados. A pesquisa foi realizada em dois dias durante o período da manhã. No primeiro dia a pesquisadora ficou localizada próxima ao PEV localizado na praça da prefeitura da cidade e foi perguntando aos moradores que passavam se os mesmos sabiam para que serve o PEV. Se o morador respondesse que sim em seguida a pesquisadora perguntava qual local da cidade era o mais ideal para a sua instalação. Se o morador respondesse que não lhe era explicado para que serve um PEV e em seguida lhe era perguntado qual o local da cidade era o mais ideal para a sua instalação. No segundo dia a pesquisadora ficou localizada próxima ao PEV localizado na Praça Brasil e procedeu do mesmo modo que no dia anterior. Com a pesquisa chegou-se a conclusão que a praça da prefeitura era realmente o local ideal para a instalação do PEV de acordo com a população e que o outro local era o Calçadão II da cidade. Logo, o PEV localizado na praça da prefeitura continuou no mesmo local e o PEV localizado na Praça Brasil foi transferido para o Calçadão II da cidade. Para realizar a transferência do PEV contou-se com a ajuda dos funcionários do SAAE. A Figura 4.24 mostra a transferência e a Figura 4.25 mostra o PEV no novo local.



Figura 4.24 - Foto dos funcionários do SAAE mudando um dos PEVs de lugar

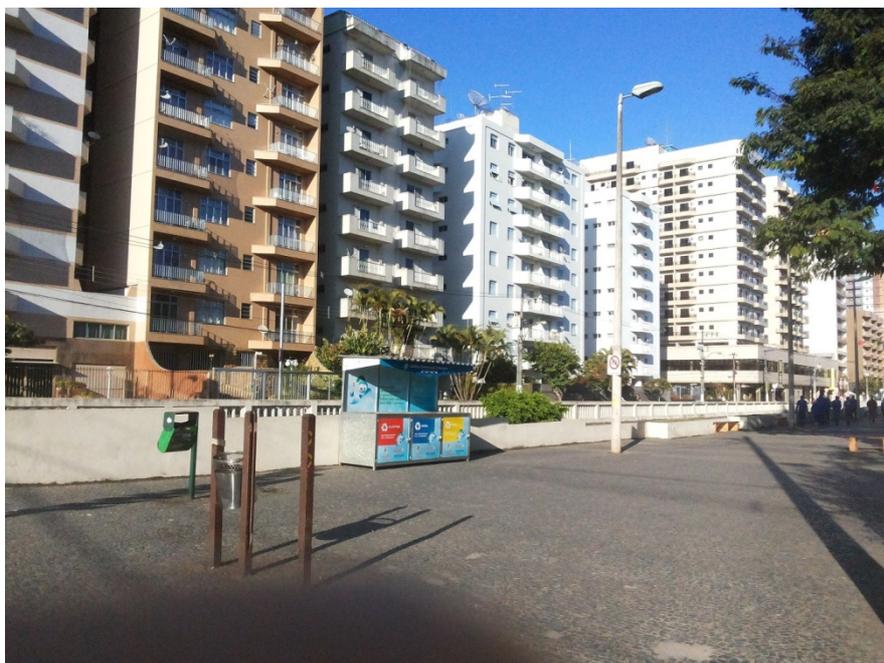


Figura 4.25 - Foto da nova localização de um dos PEVs

Após a transferência de um dos PEVs foi iniciada uma campanha de conscientização sobre a utilização dos PEVs e de divulgação dos novos locais onde eles estavam instalados. Foram distribuídos panfletos durante dois dias para a população no centro da cidade. Os panfletos aparecem na Figura 4.26. Nos panfletos estão as informações de que tipo de material pode se depositar em um PEV e quais os locais onde estão instalados os dois PEVs na cidade, mostrados no mapa da Figura 4.27.

SUA PARTICIPAÇÃO FAZ A DIFERENÇA



Faça parte desta mudança e garanta um futuro mais verde para São Lourenço.

Basta separar seu Lixo seco em casa ou nos PEV's, instalados nos seguintes locais:

- Calçadão 2 - Dr. Silvério Sanches Neto, em frente ao Ponto de Ônibus
- Praça Duque de Caxias, próximo à prefeitura

Dia do caminhão de coleta seletiva no bairro:

segunda terça quarta quinta sexta



O QUE É PEV ?

Ponto de Entrega Voluntária para entrega de resíduos secos. **Proibido lixo orgânico.**

VIDRO

RECICLÁVEL
garráfas, potes, frascos limpos de produtos de limpeza e produtos alimentícios, cacos de qualquer um dos itens citados acima

NÃO RECICLÁVEL
cristais, espelho, lâmpadas, cerâmicas e porcelanas, pyrex.

PLÁSTICO

RECICLÁVEL
garráfas, tampas, embalagens de higiene e limpeza, PET, CD e DVD, tubos vazios de creme dental e utensílios plásticos, como canetas e escovas de dente.

NÃO RECICLÁVEL
fraldas descartáveis, adesivos e embalagens com lâminas metalizadas como bombons, biscoitos, etc.

METAL

RECICLÁVEL
Lata e papel limpo de alumínio, talheres de aço, embalagens limpas de marmitta de alumínio, painéis, fios, geladeiras, pregos e parafusos.

NÃO RECICLÁVEL
Espanjas de aço, grampos, cliques, latas de tinta e embalagens de aerossóis

PAPEL

RECICLÁVEL
Envelopes, embalagens tetra pak, cartões e cartolinas, cadernos, papéis de embrulho limpos e papéis impressos em geral, como jornais e revistas.

NÃO RECICLÁVEL
Papel higiênico, fotografia, papel carbono, etiquetas adesivas, guardanapos e lenços sujos



Figura 4.26 - Panfleto de divulgação dos PEVs

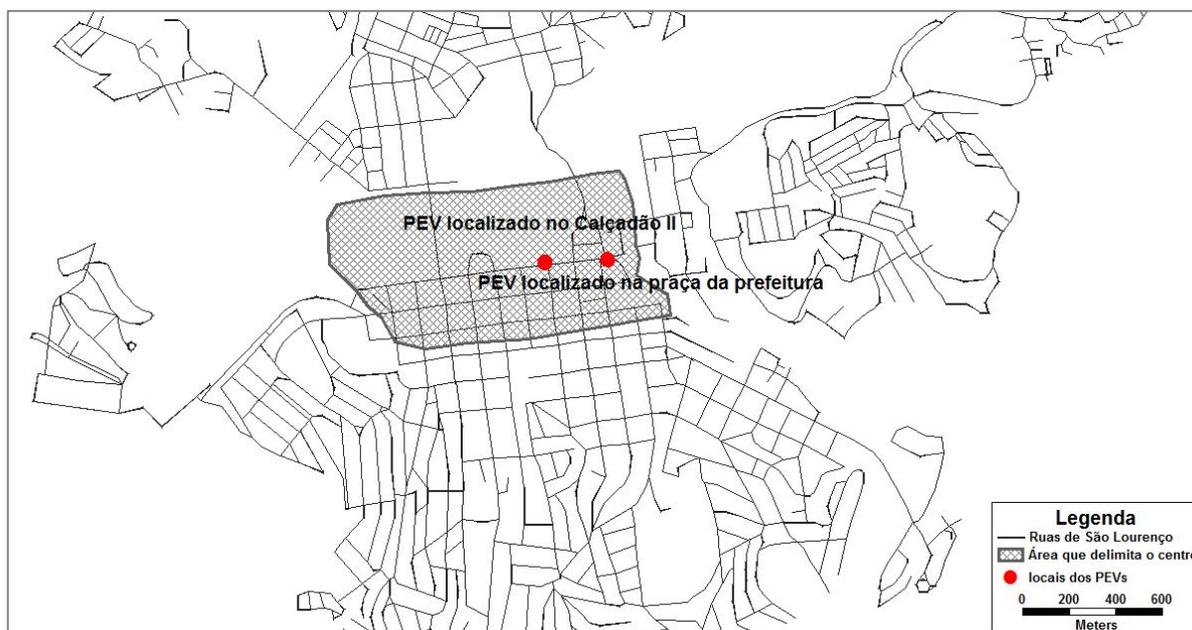


Figura 4.27 - Locais onde estão instalados os PEVs na cidade

Após a realização do terceiro ciclo de melhoria e aprendizagem bairros passou-se para a execução do quarto ciclo. Todo o conhecimento obtido a partir da implantação do programa nos bairros do primeiro, segundo e terceiro grupo de bairros serviria como base de informações para a execução do quarto ciclo de melhoria e aprendizagem.

4.4.4. Quarto ciclo de melhoria e aprendizagem

O quarto ciclo de melhoria e aprendizagem está relacionado com a implantação do programa de coleta seletiva no quarto grupo de bairros, formado por quatro bairros. Além disso, outras ações também foram realizadas neste ciclo. As etapas do quarto ciclo de melhoria e aprendizagem são descritas a seguir.

4.4.4.1. Planejamento das ações do 4º ciclo de melhoria e aprendizagem (P)

Da mesma maneira que nos três ciclos de melhoria e aprendizagem anteriores, o quarto ciclo teve início com o planejamento das ações a serem realizadas durante o ciclo.

Primeiramente, visto que neste ciclo ocorreria a expansão do programa para o quarto grupo de bairros, foram modificadas as duas rotas elaboradas no ciclo anterior, de maneira que o serviço de coleta seletiva passasse a ocorrer nos 14 bairros (bairro piloto, bairros do segundo ciclo, bairros do terceiro ciclo e bairros do quarto ciclo). Para as duas novas rotas foram definidos junto com o gerente da cooperativa 22 pontos de parada, 10 para a rota de segunda, quarta e sexta-feira e 12 para a rota de terça e quinta-feira. Ambas as rotas começam e terminam na cooperativa COOPRECI. As duas novas rotas elaboradas, os pontos de parada, o ponto de partida e chegada (COOPRECI) e as áreas dos bairros nos quais está ocorrendo à expansão do programa aparecem na Figura 4.28. A Tabela 4.5 apresenta alguns resultados das duas novas rotas.

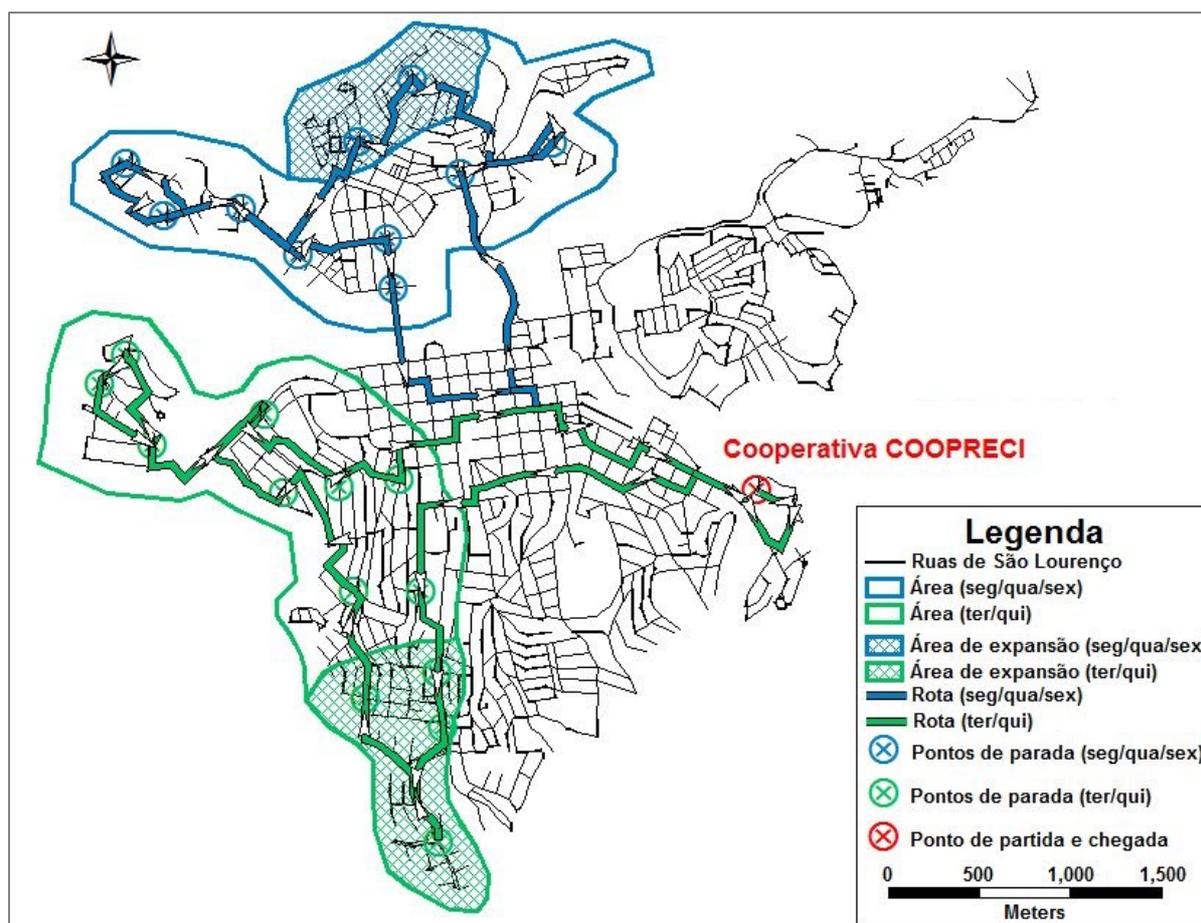


Figura 4.28 - Rotas a serem seguidas nos bairros do quarto ciclo

Tabela 4.5 - Resultados das rotas do quarto grupo de bairros

Variáveis	Rota de segunda, quarta e sexta-feira	Rota de terça e quinta-feira
<i>Número de pontos de parada</i>	10	12
<i>Distância total percorrida</i>	14.152,9 m	15.556,69 m
<i>Tempo total gasto</i>	3 h 02 min	4 h 18 min

Foi planejado também nesta etapa a realização de uma reunião entre os cooperados, os pesquisadores do grupo LogTranS, a ONG “Todos por São Lourenço” e um funcionário da empresa TetraPak. Foram também convidados catadores de materiais recicláveis da cidade de São Lourenço que não estavam associados à cooperativa COOPRECI e cooperados das cooperativas de catadores das cidades de Carmo de Minas, Cristina, Caxambú e Soledade de Minas, todas próximas de São Lourenço. O objetivo da reunião era de atrair mais catadores para a cooperativa COOPRECI e que ocorresse a capacitação dos cooperados em diversos sentidos, por exemplo, em relação a novos tipos de matérias tidos como recicláveis ou não recicláveis.

Realizado o planejamento das duas novas rotas a serem realizadas nos 14 bairros que passariam a ser atendidos pelo serviço de coleta seletiva e o planejamento da reunião, passou-se para a etapa de implantação das ações planejadas.

4.4.4.2. Implantação das ações do 4º ciclo de melhoria aprendizagem (I)

Nesta etapa ocorreu a implantação do programa de coleta seletiva no quarto grupo de bairros. Ela aconteceu nos dias 07 e 08 de setembro, com início às 07 horas e durou cerca de 3 horas e 13 minutos e 4 hora e 25 minutos, respectivamente, em conformidade com o que havia sido calculado pelo software TransCAD. De modo similar a implantação nos bairros anteriores, acompanhou-se os cinco catadores e o motorista do caminhão nos dois dias de implantação. Foram também mostradas quais as ruas cada um dos catadores deveria percorrer e quais eram os pontos em que o caminhão deveria permanecer parado e que os catadores deveriam encontrar o caminhão para depositar o material reciclável até então coletado. Os dados referentes à implantação nos dois dias foram coletados com o auxílio de um aparelho GPS portátil.

Ainda nesta etapa aconteceu a reunião planejada na etapa anterior. Na reunião compareceram todos os cooperados da COOPRECI, os pesquisadores, duas funcionárias da ONG, o gerente da cooperativa, um funcionário da empresa TetraPak, quatro catadores de materiais recicláveis não associados à cooperativa COOPRECI e mais 12 cooperados das cooperativas das cidades de Carmo de Minas, Cristina, Caxambú e Soledade de Minas. A Figura 4.29 mostra fotos tiradas da reunião. O funcionário da empresa TetraPak que participava da reunião é responsável por identificar cooperativas de catadores em cidades de Minas Gerais que tenham potencial de crescimento e sendo assim, se tornam candidatas a receberem diversos tipos de auxílio da empresa TetraPak. O funcionário da empresa TetraPak começou a listar e explicar os projetos que a empresa tem para auxiliar cooperativas de catadores de diversas cidades brasileiras. Posteriormente, explicou a importância que a profissão de catador de material reciclável tem junto à população, aos órgãos públicos e às empresas particulares e a importância destes catadores estarem organizados em cooperativas ou associações. O funcionário também trouxe para a reunião alguns novos materiais usados nas embalagens de diversos produtos, deixando claro quais eram considerados recicláveis e quais não. Alguns catadores que estavam participando da reunião também tiraram suas dúvidas com o funcionário da TetraPak sobre o que fazer com outros tipos de materiais que eles trouxeram para a reunião. Por fim, no fechamento da reunião, o funcionário da TetraPak informou aos catadores da COOPRECI que ele iria disponibilizar as informações sobre a cooperativa no site da Rota da Reciclagem. O site Rota da Reciclagem foi criado pela empresa TetraPak com o propósito de ajudar

consumidores a encontrar cooperativas de catadores de materiais recicláveis, PEVs/Ecopontos e Recicladores, conscientizando a população e aumentando o índice de reciclagem no país. Desse modo, tornou-se possível que qualquer pessoa que entre no site encontre algumas informações sobre a cooperativa COOPRECI. As Figuras 4.30 e 4.31 mostram o site Rota da Reciclagem sem e com informações sobre a cooperativa COOPRECI, respectivamente. No dia posterior a reunião, um dos quatro catadores de materiais recicláveis que não estavam associados à cooperativa COOPRECI e que foram convidados a participar da reunião procurou o gerente da cooperativa e acabou se associando a COOPRECI, começando a trabalhar no dia seguinte.



Figura 4.29 - Reunião com o objetivo de atrair mais cooperados à cooperativa e capacitar catadores de diversas cooperativas

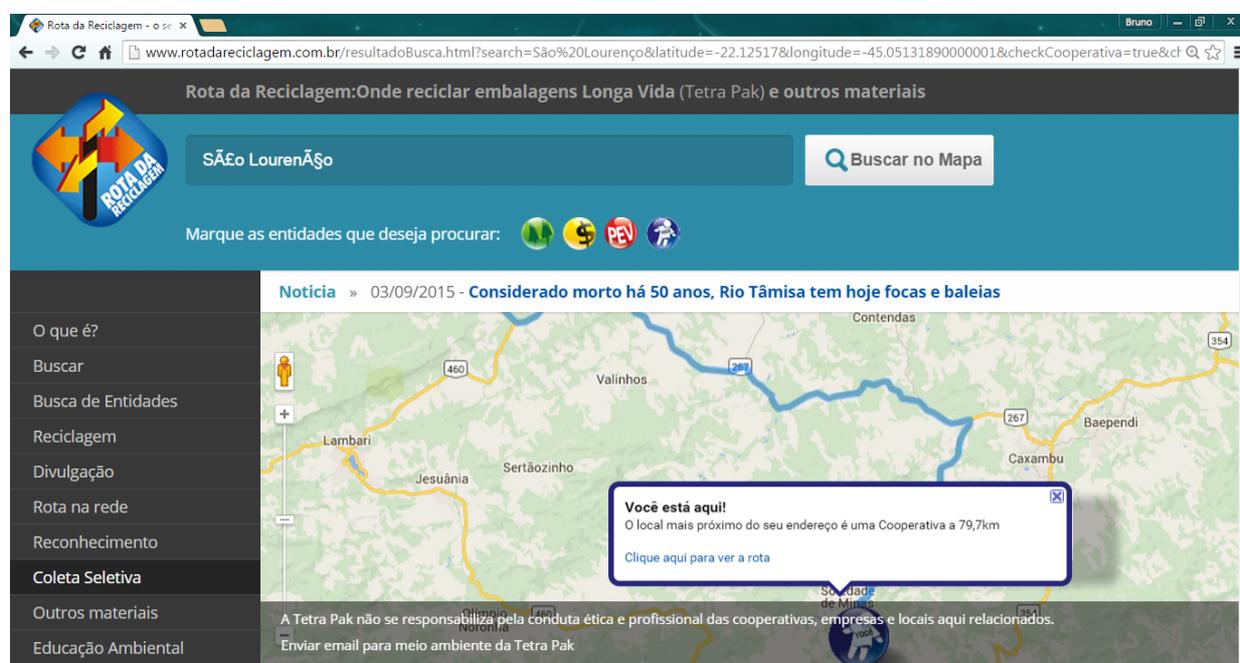


Figura 4.30 - Site da Rota da reciclagem sem a cooperativa COOPRECI
Fonte: ROTA DA RECICLAGEM (2015)



Figura 4.31 - Site da Rota da reciclagem com a cooperativa COOPRECI
 Fonte: ROTA DA RECICLAGEM (2015)

Depois de realizada a implantação do programa de coleta seletiva no quarto grupo de bairros e realizada a reunião com o propósito de atrair mais cooperados à cooperativa COOPRECI e capacitar catadores de diversas cooperativas, seguiu-se para a etapa de observação e avaliação do quarto ciclo de melhoria e aprendizagem.

4.4.4.3. Observação e avaliação do 4º ciclo de melhoria e aprendizagem (O&A)

Para observar e avaliar o quarto ciclo de melhoria e aprendizagem foram analisados os dados coletados durante os dois dias de implantação do programa no quarto grupo de bairros; acompanhou-se a execução da coleta seletiva pelos catadores nos 14 bairros durante um mês após a implantação e monitorou-se a utilização dos PEVs durante um mês após a campanha de conscientização sobre os mesmos realizada no terceiro ciclo de melhoria e aprendizagem.

Percebeu-se que os dados coletados (pontos de parada e tempo decorrido para a realização da coleta) durante os dois dias de implantação estavam compatíveis com os planejados. Porém, com o acompanhamento da execução da coleta seletiva durante um mês nos 14 bairros notou-se que ainda existiam ruas de determinados bairros que em alguns dias não eram atendidas pelo serviço de coleta seletiva e que ainda existiam alguns moradores de determinados bairros que não estavam sabendo da existência do serviço de coleta seletiva no bairro, e conseqüentemente não estavam participando do programa de coleta seletiva. Com a monitoração da utilização dos PEVs percebeu-se que houve um aumento da utilização por parte da população.

Observados os dois problemas: falta de garantia por parte dos catadores da regularidade da coleta seletiva em algumas ruas de alguns bairros e falta de conhecimento por parte de alguns moradores de determinados bairros da existência do programa, passou-se para a etapa de reflexão e ação.

4.4.4.4. Reflexão e ação do 4º ciclo de melhoria e aprendizagem (R&A)

Nesta etapa foram realizadas atividades que pudessem corrigir os problemas identificados na etapa anterior.

Em relação à dificuldade de se garantir uma frequência regular de coleta por parte dos catadores, foi novamente realizada uma reunião entre os catadores, a ONG e os pesquisadores. Durante a reunião, mais uma vez foi explicada aos catadores a necessidade de se garantir uma regularidade do serviço de coleta seletiva, evidenciando que somente deste modo seria possível alcançar uma maior participação da população no programa.

Já em relação à dificuldade de conseguir divulgar o programa de coleta seletiva a todos os moradores dos bairros que já estavam sendo atendidos pelo serviço de coleta seletiva, foram mais uma vez realizadas campanhas de conscientização. Desta vez, foram distribuídos panfletos (os mesmos da Figura 4.8) em cada escola (públicas e particulares) de cada um dos 14 bairros.

Após a realização do quarto ciclo de melhoria e aprendizagem e consequente implantação do programa de coleta seletiva no quarto grupo de bairros, seguiu-se para a realização do quinto ciclo. A partir da execução dos quatro ciclos de melhoria e aprendizagem anteriores foi possível preparar uma base de informações que seriam úteis para a realização do quinto ciclo.

4.4.5. Quinto ciclo de melhoria e aprendizagem

O quinto ciclo de melhoria e aprendizagem está relacionado com a implantação do programa de coleta seletiva no quinto grupo de bairros, formado por quatro bairros. Além disso, outras ações também foram realizadas neste ciclo. As etapas do quinto ciclo de melhoria e aprendizagem são descritas a seguir.

4.4.5.1. Planejamento das ações do 5º ciclo de melhoria e aprendizagem (P)

Do mesmo modo que nos ciclos de melhoria e aprendizagem anteriores, o quinto ciclo teve início com o planejamento das ações a serem realizadas durante o ciclo.

Inicialmente, dado que no quinto ciclo de melhoria e aprendizagem ocorreu a expansão do programa para o quinto grupo de bairros e que esse grupo de bairros possui somente bairros que devem ser atendidos pelo serviço de coleta seletiva na terça e quinta-feira, somente a rota de terça e quinta-feira elaborada no ciclo anterior foi modificada. Deste modo, o serviço de coleta seletiva passaria a ocorrer em 18 bairros (bairro piloto e bairros do segundo, terceiro, quarto e quinto ciclo). Sendo que a nova rota atendia 11 deles, ou seja, 11 dos 18 bairros são atendidos pelo serviço de coleta seletiva nas terças e quintas-feiras. Para a nova rota foram definidos junto com o gerente da cooperativa 20 pontos de parada. A rota começaria e terminaria na cooperativa COOPRECI. A nova rota elaborada, os pontos de parada, o ponto de partida e chegada e as áreas dos bairros nos quais está ocorrendo à expansão do programa aparecem na Figura 4.32. A Tabela 4.6 mostra alguns resultados da nova rota.

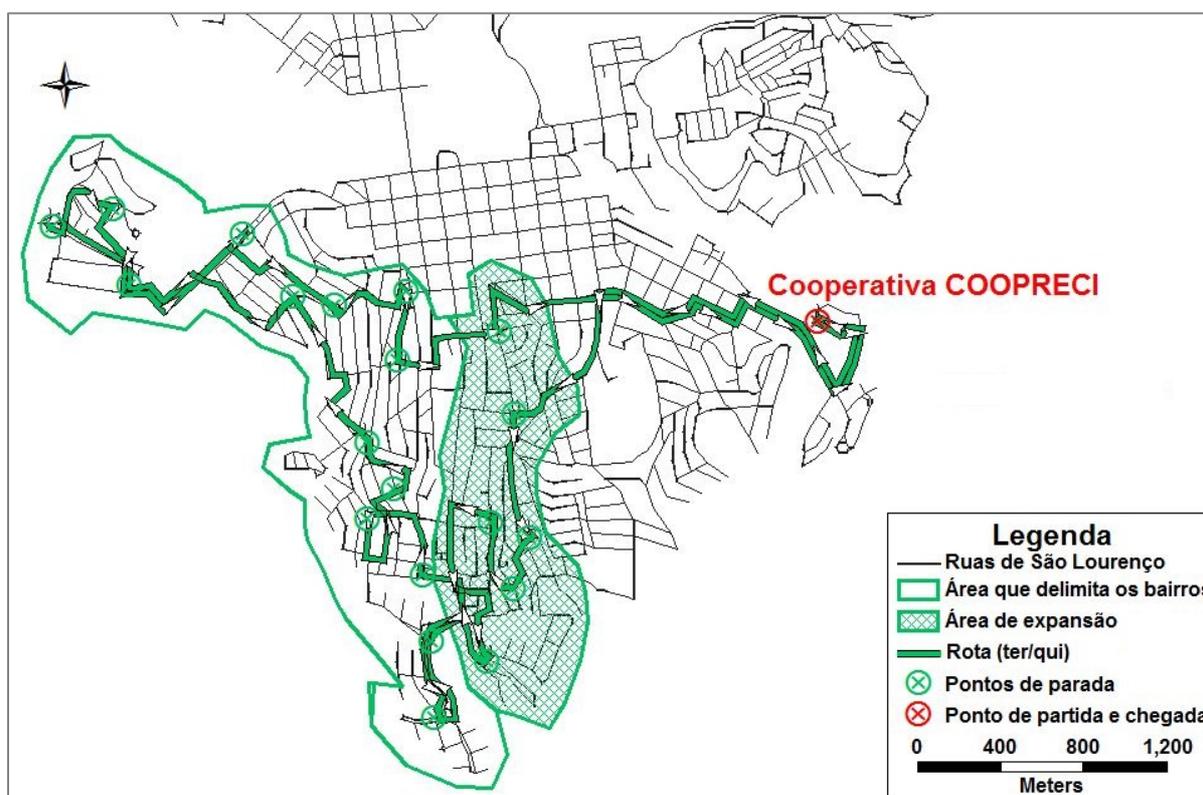


Figura 4.32 - Rota a ser seguida nos bairros do quinto ciclo

Tabela 4.6 - Resultados da rota do quinto grupo de bairros

Variáveis	Rota de terça e quinta-feira
<i>Número de pontos de parada</i>	20
<i>Distância total percorrida</i>	17.673,81 metros
<i>Tempo total gasto</i>	5 h 42 min

Além da nova rota a ser realizada na terça e quinta-feira, foi também planejada nesta etapa a melhoria dos salários dos cooperados. Existia uma grande rotatividade de catadores cooperados dentro da COOPRECI, alguns deles acabavam saindo da cooperativa para trabalhar em outros

lugares, por exemplo, na colheita de café, prejudicando o funcionamento da coleta seletiva e o consequente andamento do projeto. O gráfico da Figura 4.33 mostra como variou o número de catadores associados à cooperativa desde o início da implantação do programa de coleta seletiva. Isto ocorre porque não só os catadores da COOPRECI, mas a maioria dos catadores de materiais recicláveis no Brasil não tem vínculo empregatício; não tem direito a férias remuneradas e nem a outros benefícios (13º salário, licença maternidade, finais de semana remunerados e aposentadoria) (CAMPOS, 2013; CAMPOS, 2014; BAPTISTA, 2014). Além disso, existe a remuneração inadequada pelos serviços prestados pelos catadores de materiais recicláveis (BAPTISTA, 2014), já que o valor dos salários dos catadores depende dentre outros fatores da quantidade de material reciclável coletado, ou seja, depende da participação da população no programa de coleta seletiva.

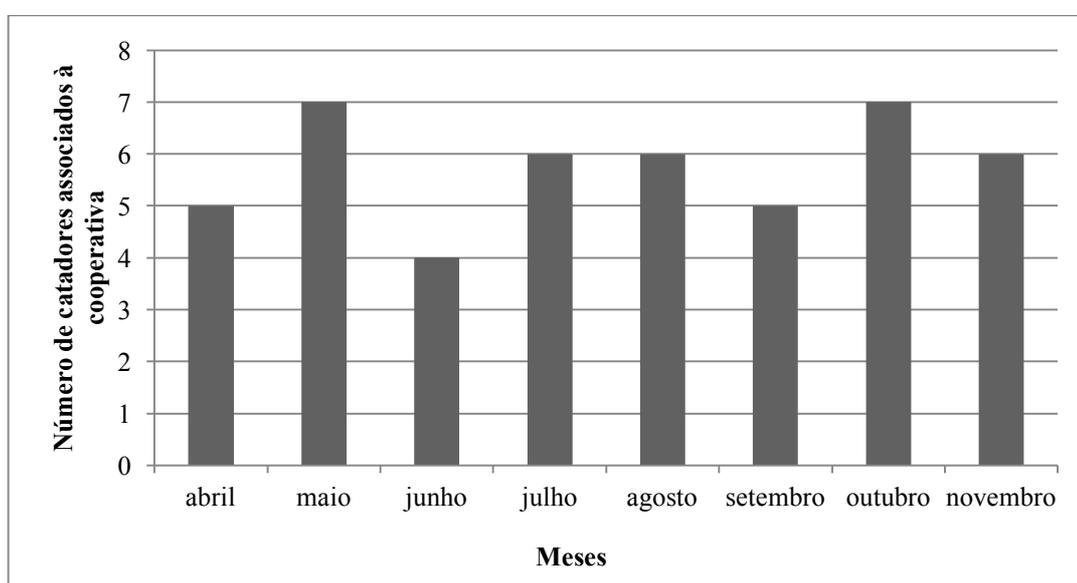


Figura 4.33 - Número de catadores associados a cooperativa COOPRECI por mês

Com o objetivo de resolver esta situação até o momento em que a participação da população no programa de coleta seletiva fosse alta o suficiente para que a cooperativa se tornasse autossustentável financeiramente, durante esta etapa a ONG “Todos por São Lourenço” e os pesquisadores do grupo LogTranS conseguiram fechar um acordo com o SAAE de São Lourenço. Com o acordo, o SAAE permitiu que a ONG usasse parte da verba recebida para complementar o salário dos catadores da COOPRECI, de forma que eles recebessem um salário mínimo por mês. Porém, para que esta medida não acomodasse os catadores e afetasse o desempenho dos mesmos na realização do serviço de coleta seletiva, foi estabelecida junto com a ONG uma meta mensal de total a ser vendido pelos catadores, baseando-se na média das médias de volume coletado por catador nos últimos meses. A Tabela 4.7 mostra o total coletado, o total ganho no mês através da venda do total coletado, a média do volume coletado por catador e o salário recebido no mês.

Destaca-se que a venda do material sempre ocorre no início do mês e é referente ao volume coletado no mês anterior.

Tabela 4.7 - Dados relativos ao volume coletado e ao total vendido por mês da cooperativa COOPRECI

Mês	Total coletado mês anterior (kg)	Total ganho no mês (R\$)	Média vol. col./catador mês anterior (kg)	Salário recebido mês (R\$)
Maio	6.911,00	2.353,10	1.382,20	470,62
Junho	9.510,00	2.815,75	1.358,64	402,25
Julho	6.295,00	1.932,65	1.573,75	456,09
Agosto	10.480,00	2.887,01	1.746,67	481,17
Setembro	10.933,00	2.725,05	1.822,17	454,18

Percebe-se que a média das médias de volume coletado por catador é aproximadamente igual a 1.682 kg. Assim, ficou estabelecido que cada catador deverá coletar por mês um valor entre de 1.600 kg e 1.700kg, para que o salário de todos os cooperados possa ser complementado até o valor de um salário mínimo.

Ademais, também foi planejada nesta etapa uma reunião entre os catadores, o gerente da cooperativa, a ONG e os pesquisadores, com o objetivo de fazer com que os catadores providenciassem seus documentos (Registro Geral - RG e Cadastro de Pessoa Física - CPF), pois tais documentos seriam necessários na atividade de complementação dos salários. Todos os sete catadores associados à cooperativa estavam com os seus documentos RG e/ou CPF perdidos, de modo que foi necessária a emissão de novos documentos para cada um deles.

Realizado o planejamento da nova rota a ser realizada nos 11 bairros que devem ser atendidos pelo serviço de coleta seletiva nas terças e quintas-feiras; o planejamento da melhoria dos salários dos cooperados; e a reunião para a aquisição dos documentos dos catadores, passou-se para a etapa de implantação das ações planejadas.

4.4.5.2. Implantação das ações do 5º ciclo de melhoria aprendizagem (I)

A etapa de implantação das ações do quinto ciclo teve início com a implantação do programa de coleta seletiva nos quatro bairros do quinto grupo de bairros. A implantação no quinto grupo de bairro aconteceu às 07 horas do dia 06 de outubro e durou cerca de 4 horas e 02 minutos. O tempo de duração não estava em conformidade com o que havia sido calculado pelo software TransCAD, devido a uma diferença entre os tempos gastos nos pontos de parada pelos catadores anteriormente e neste novo ciclo. De modo similar a implantação nos bairros anteriores, acompanhou-se os sete catadores e o motorista do caminhão no dia da implantação. Foram também mostradas quais as ruas

cada um dos catadores deveria percorrer e quais eram os 20 pontos em que o caminhão deveria permanecer parado e que os catadores deveriam encontrar o caminhão para depositar o material reciclável até então coletado. Os dados referentes à implantação foram coletados no dia da implantação com o auxílio de um aparelho GPS portátil.

Logo depois da implantação aconteceu a reunião na ONG com os catadores. Na reunião foi definido que no dia seguinte os catadores encontrariam o gerente da cooperativa para providenciarem os novos RGs e o CPFs de cada cooperado. Quando todos os documentos de todos os cooperados estavam prontos ocorreu o pagamento dos salários dos catadores. Uma vez que a média do volume coletado por catador no mês de setembro foi de 1.738 kg, isto é, um total maior que a meta estabelecida na etapa anterior, no dia do pagamento os catadores já receberam a complementação do seu salário. Com a venda do material coletado, cada catador recebeu R\$ 471,16 e mais R\$ 316,84 para completar o valor do salário mínimo. No mesmo dia da complementação foi ainda enfatizado com cada catador a necessidade de pagarem a previdência social e explicado a eles como deveriam proceder. Após a reunião, dois catadores da COOPRECI começaram a pagar a previdência social.

Após a etapa de implantação das ações, passou-se para a etapa de observação e avaliação do quinto ciclo de melhoria e aprendizagem.

4.4.5.3. Observação e avaliação do 5º ciclo de melhoria e aprendizagem (O&A)

Para realizar esta etapa foram analisados os dados coletados durante a implantação do programa de coleta seletiva nos bairros que formam o quinto grupo de bairros; acompanhou-se a execução da coleta seletiva pelos catadores nos 18 bairros (bairro piloto e bairros do segundo, terceiro, quarto e quinto ciclo) durante um mês após a implantação; e continuou-se a monitorar a utilização dos dois PEVs.

Verificou-se que somente os pontos de parada estavam compatíveis com os planejados. O tempo planejado pelo TransCAD não havia sido similar ao tempo decorrido no dia da implantação. Percebeu-se durante o acompanhamento da execução da coleta seletiva durante um mês nos 18 bairros que os catadores estavam gastando um tempo menor para a realização do serviço de coleta seletiva nos bairros. Isto foi comprovado através da utilização de um aparelho GPS portátil. Nos ciclos anteriores os catadores estavam gastando cerca de 10 minutos em cada ponto de parada e esse tempo mudou para 05 minutos neste novo ciclo. Ainda durante o acompanhamento todos os moradores que foram questionados sobre o conhecimento ou não do programa de coleta seletiva no

bairro onde eles residem responderam que sim, que estavam sabendo do programa, mas que ainda não estavam participando do programa devido à falta de interesse. Notou-se também que não estava ocorrendo nem o aumento nem a diminuição da participação da população no programa. Com a monitoração da utilização dos PEVs percebeu-se que houve um aumento da utilização por parte da população e assim, em alguns dias os PEVs acabavam com sua capacidade esgotada, ficando alguns materiais dispostos ao lado dos PEVs.

Realizada esta etapa de observação e avaliação do quinto ciclo de melhoria e aprendizagem, passou-se para a etapa de reflexão e ação.

4.4.5.4. Reflexão e ação do 5º ciclo de melhoria e aprendizagem (R&A)

Nesta etapa, com o intuito de evitar a disposição de materiais recicláveis ao redor dos PEVs e que o programa perdesse a credibilidade, foi estipulado junto com o gerente da cooperativa que cada um dos dois PEVs deveria ser esvaziado em dois dias da semana. Depois de uma reunião entre os cooperados, o gerente e os pesquisadores, ficou definido que os dois PEVs seriam descarregados toda segunda e sexta-feira.

Foi também realizada nesta etapa uma pesquisa junto com os moradores que não estavam participando do programa e que haviam dito que era devido à falta de interesse. Na pesquisa era perguntado para cada morador o porquê da falta de interesse. A maioria dos moradores respondeu que era por falta de tempo para realizar a separação do seu lixo. Após os moradores responderem qual era o motivo do desinteresse, os catadores ou os pesquisadores que estavam realizando a entrevista ressaltavam quais eram os benefícios ambientais e sociais ganhos com a coleta seletiva.

Por fim, ainda nesta etapa, foi feita uma modificação em uma variável relacionada com os pontos de parada no TransCAD, a variável *Unit time*. Uma vez que na etapa anterior de observação e avaliação notou-se que estava sendo gasto um tempo menor nos pontos de parada pelos catadores (passando de 10 minutos para 05 minutos), a variável *Unit time* foi substituída por um valor de 04 minutos, resultando em um total de 05 minutos quando somada a variável *Fixed time*. Esses novos valores deveriam ser utilizados nos próximos planejamentos das novas rotas.

Todo o conhecimento gerado a partir da execução dos cinco ciclos de melhoria e aprendizagem anteriores serviria de base racional para o próximo ciclo. Após a realização do quinto ciclo, seguiu-se para a realização do sexto ciclo de melhoria e aprendizagem.

4.4.6. Sexto ciclo de melhoria e aprendizagem

O sexto ciclo de melhoria e aprendizagem está relacionado com a implantação do programa de coleta seletiva no sexto grupo de bairros, formado por cinco bairros. Ademais, outras ações também foram realizadas neste ciclo. As etapas do sexto ciclo de melhoria e aprendizagem são descritas a seguir.

4.4.6.1. Planejamento do 6º ciclo de melhoria e aprendizagem (P)

Da mesma forma que nos cinco ciclos de melhoria e aprendizagem anteriores, o sexto ciclo iniciou-se com o planejamento das ações a serem realizadas durante o ciclo.

Em um primeiro momento foi planejada a nova rota a ser realizada nas segundas, quartas e sextas-feiras. No sexto ciclo de melhoria e aprendizagem ocorreu a expansão do programa para o sexto grupo de bairros. O sexto grupo é formado por cinco bairros que serão atendidos pelo serviço de coleta seletiva nas segundas, quartas e sextas-feiras. Assim, somente a rota de segunda, quarta e sexta-feira elaborada no quarto ciclo foi modificada nesta etapa. Com a implantação do programa no sexto grupo de bairros 23 bairros (bairro piloto e bairros do segundo, terceiro, quarto, quinto e sexto ciclo) deveriam ser atendidos pelo serviço de coleta seletiva, sendo que 12 dos 23 são atendidos nas segundas, quartas e sextas-feiras. Para a nova rota foram definidos junto com o gerente da cooperativa 28 pontos de parada. A rota começaria e terminaria na cooperativa COOPRECI. A nova rota elaborada, os 28 pontos de parada, o ponto de partida e chegada e as áreas dos bairros nos quais está ocorrendo à expansão do programa aparecem na Figura 4.34. A Tabela 4.8 apresenta alguns resultados da nova rota elaborada pelo TransCAD.

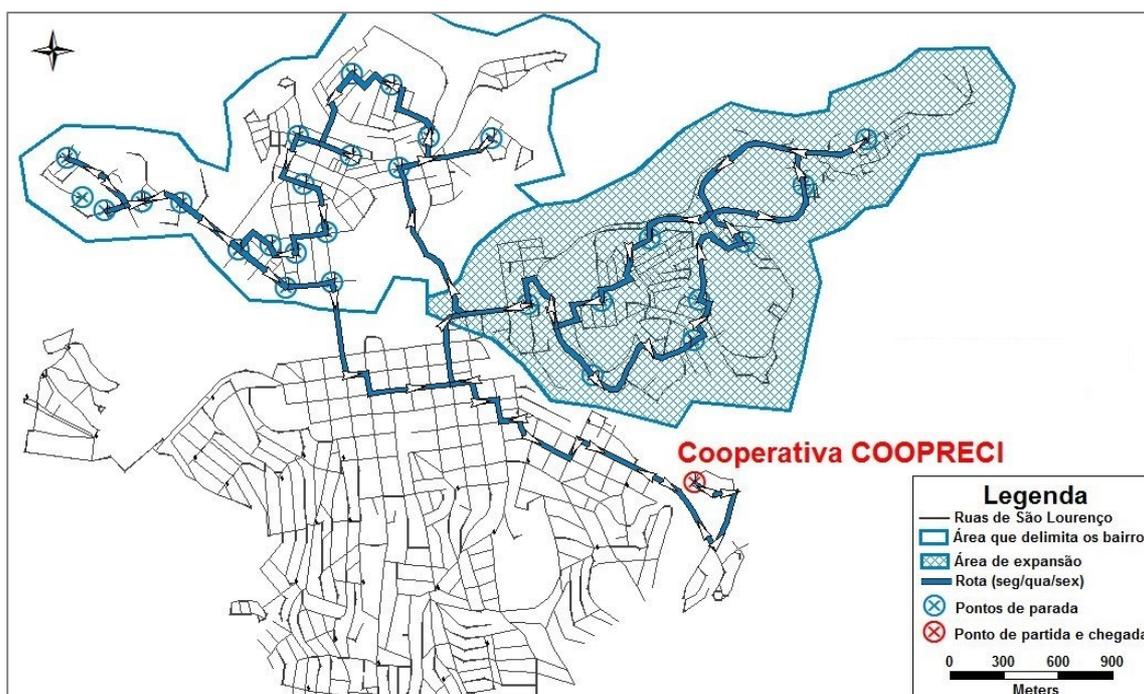


Figura 4.34 - Rota a ser seguida nos bairros do sexto ciclo

Tabela 4.8 - Resultados da rota do sexto grupo de bairros

Variáveis	Rota de segunda, quarta e sexta-feira
<i>Número de pontos de parada</i>	28
<i>Distância total percorrida</i>	23.037,04 metros
<i>Tempo total gasto</i>	5 h 57 min

Em seguida, foi planejada uma reunião entre os catadores da COOPRECI, o gerente da cooperativa, os pesquisadores, a ONG e os catadores da cooperativa de catadores de materiais recicláveis de Carmo de Minas e da cooperativa de Soledade de Minas. O propósito da reunião era de que as cooperativas participantes da reunião fechassem um acordo para que juntas pudessem vender o material reciclável coletado por cada uma. Desta maneira, as cooperativas poderiam alcançar um maior poder de barganha no momento da venda do material. Na região das três cidades (São Lourenço, Carmo de Minas e Soledade de Minas) existe somente uma empresa recicladora, que é a única empresa que compra os materiais das três cooperativas. Assim, muitas vezes a empresa recicladora paga nos diversos tipos de materiais recicláveis vendidos pelas cooperativas um valor abaixo do mercado. Os gráficos das Figuras 4.35, 4.36 e 4.37 mostram o preço do quilo dos materiais recicláveis limpos e prensados em cidades de Minas Gerais (CEMPRE, 2015a; CEMPRE, 2015b; CEMPRE, 2015c) em comparação com os pagos pela empresa recicladora para os materiais vendidos pela COOPRECI, nos meses de maio/junho, julho/agosto e setembro/outubro, respectivamente. Percebeu-se que com exceção do preço do alumínio pagos à COOPRECI nos meses de maio e junho, para todos os outros tipos de materiais e em todos os outros meses o preço

dos diversos materiais nas outras cidades foi maior do que os pagos pela empresa recicladora à COOPRECI.

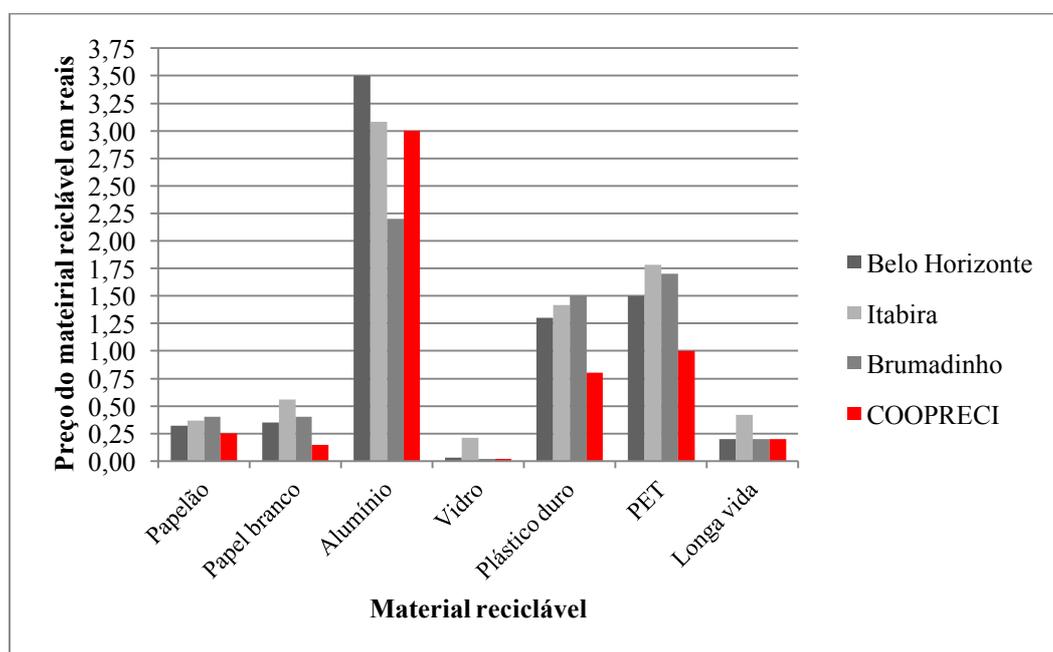


Figura 4.35 - Preço do quilo dos materiais recicláveis limpos e prensados nos meses de maio e junho

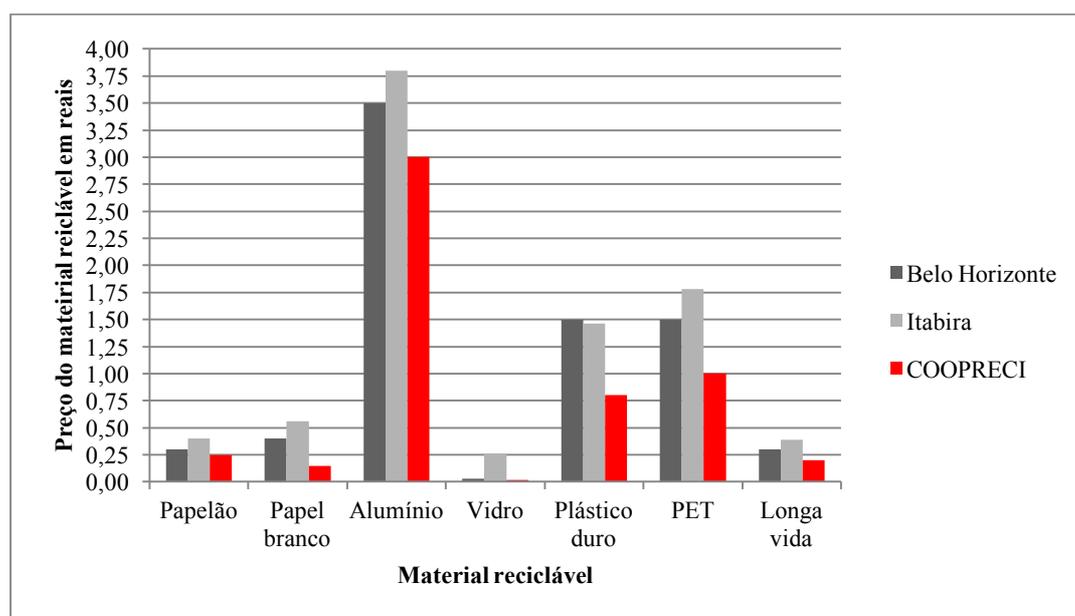


Figura 4.36 - Preço do quilo dos materiais recicláveis limpos e prensados nos meses de julho e agosto

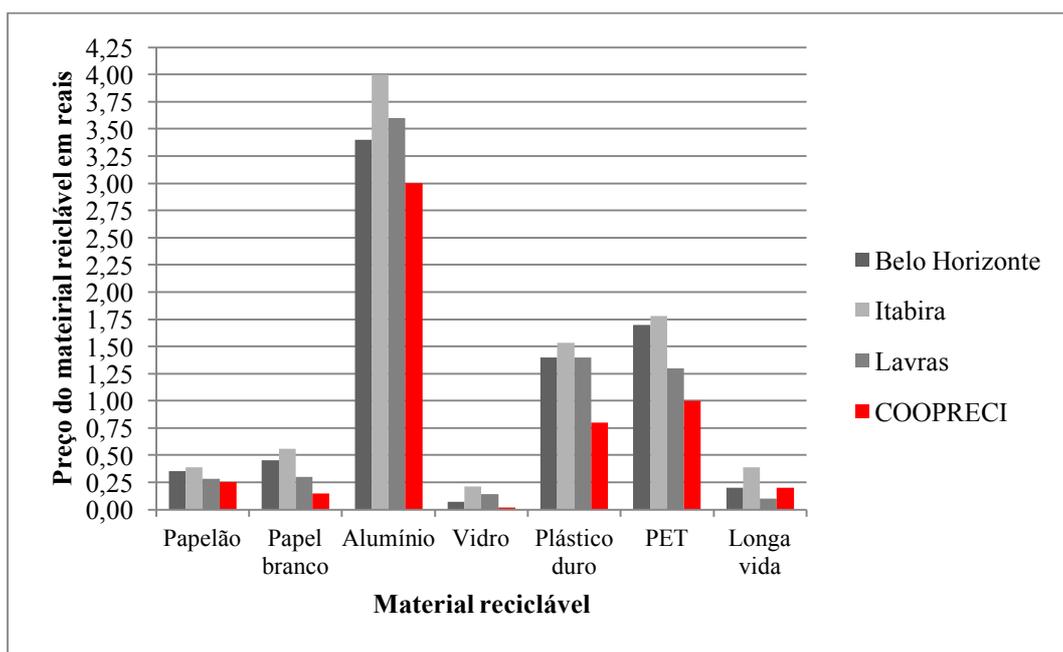


Figura 4.37 - Preço do quilo dos materiais recicláveis limpos e prensados nos meses de setembro e outubro

Realizado o planejamento da nova rota a ser realizada nos 12 bairros que devem ser atendidos pelo serviço de coleta seletiva nas segundas, quartas e sextas-feiras e o planejamento da reunião entre as cooperativas de São Lourenço, de Carmo de Minas e de Soledade de Minas, seguiu-se para a etapa de implantação das ações planejadas.

4.4.6.2. Implantação das ações do 6º ciclo de melhoria aprendizagem (I)

A etapa de implantação das ações do sexto ciclo foi iniciada com a implantação do programa de coleta seletiva nos cinco bairros do sexto grupo de bairros. A implantação nos cinco bairros componentes do sexto grupo de bairros aconteceu às 07 horas do dia 16 de novembro e durou cerca de 5 horas e 50 minutos, em conformidade com o que havia sido calculado pelo software TransCAD. Da mesma maneira que nos ciclos anteriores, durante a implantação do programa de coleta seletiva no sexto grupo de bairros acompanhou-se os seis catadores e o motorista do caminhão, mostrando quais as ruas cada um dos catadores deveria percorrer e quais eram os 28 pontos em que o caminhão deveria permanecer parado e que os catadores deveriam encontrar o caminhão para depositar o material reciclável até então coletado. Os dados relacionados com a implantação foram coletados com o auxílio de um aparelho GPS portátil.

Ainda nesta etapa, aconteceu a reunião planejada na etapa anterior. A reunião ocorreu na ONG “Todos por São Lourenço” e contou com a presença dos catadores da COOPRECI, do gerente

da cooperativa, dos pesquisadores, da ONG e dos catadores da cooperativa de catadores de materiais recicláveis de Carmo de Minas e da cooperativa de Soledade de Minas. Através da reunião foi combinado entre as cooperativas que no mês seguinte as mesmas tentariam vender juntas os materiais recicláveis prensados para a única empresa recicladora da região. Foi escolhido o dia 11 de dezembro para a realização da venda, e foi definido que um dia antes as cooperativas de Carmo de Minas e de Soledade de Minas levariam os seus materiais prensados para a cooperativa COOPRECI, já que a mesma se encontra ao lado da empresa recicladora.

Além das ações anteriores, ocorreu também nesta etapa a complementação dos salários dos cooperados. Dado que a média do volume coletado por catador no mês de outubro foi de aproximadamente 1.919 kg (total maior que a meta estabelecida no quinto ciclo de melhoria e aprendizagem), no dia do pagamento os catadores já receberam a complementação do seu salário. Com a venda do material coletado, cada catador recebeu R\$ 462,43 e mais R\$ 325,57 de complementação.

Após a implantação do programa de coleta seletiva no sexto grupo de bairros; da realização da reunião entre as cooperativas de catadores de materiais recicláveis; e da complementação dos salários dos cooperados, passou-se para a etapa de observação e avaliação do sexto ciclo de melhoria e aprendizagem.

4.4.6.3. Observação e avaliação do 6º ciclo de melhoria e aprendizagem (O&A)

Para realizar a etapa de observação e avaliação do sexto ciclo de melhoria e aprendizagem foram analisados os dados coletados durante a implantação do programa de coleta seletiva no sexto grupo de bairros; acompanhou-se a execução da coleta seletiva pelos catadores nos 23 bairros (bairro piloto e bairros do segundo, terceiro, quarto, quinto e sexto ciclo) durante um mês após a implantação e continuaram a monitorar a utilização dos dois PEVs.

Verificou-se que os dados coletados, pontos de parada e tempo decorrido para a realização da coleta, durante o dia de implantação, estavam de acordo com os planejados pelo TransCAD. Em relação ao acompanhamento da execução da coleta seletiva durante um mês nos 23 bairros notou-se que existiam moradores dos bairros componentes do sexto grupo de bairros que não sabiam da existência do serviço de coleta seletiva no bairro. Com a monitoração da utilização dos PEVs, constatou-se que não estava ocorrendo nenhuma dificuldade.

Realizada esta etapa de observação e avaliação do sexto ciclo de melhoria e aprendizagem, passou-se para a etapa de reflexão e ação.

4.4.6.4. Reflexão e ação do 6º ciclo de melhoria e aprendizagem (R&A)

Visto que foi identificado na etapa anterior que ainda existia a falta de conhecimento do programa de coleta seletiva, procurou-se nesta etapa medidas ainda não utilizadas para a divulgação do programa. Foi feita uma reunião com o gerente da cooperativa e levantada a possibilidade de instalar uma caixa de som no caminhão utilizado pela cooperativa. Deste modo, seria tocado um *jingle* enquanto o caminhão passa pelas ruas dos bairros durante a realização do serviço de coleta seletiva pelos catadores, melhorando a divulgação do programa. Depois de verificada essa possibilidade, o gerente conseguiu o orçamento da instalação com três empresas e levou-os em uma reunião com a ONG e com os pesquisadores. Porém, devido à justificativa de falta de verba, a ONG não aprovou a instalação, deixando a medida em aberto para o próximo ano.

Após a realização do sexto ciclo de melhoria e aprendizagem e consequente implantação do programa de coleta seletiva nos cinco bairros componentes do sexto grupo de bairros, seguiu-se para a realização do sétimo e último ciclo. O conhecimento gerado a partir dos seis ciclos de melhoria e aprendizagem até então realizados serviria de base de informações para o último.

4.4.7. Sétimo ciclo de melhoria e aprendizagem

O sétimo ciclo de melhoria e aprendizagem está relacionado com a implantação do programa de coleta seletiva no sétimo grupo de bairros, formado por quatro bairros. As etapas do sétimo ciclo são descritas a seguir.

4.4.7.1. Planejamento das ações do 7º ciclo de melhoria e aprendizagem (P)

Do mesmo modo que em todos os ciclos de melhoria e aprendizagem anteriores, o sétimo e último ciclo teve início com o planejamento das ações a serem realizadas durante o ciclo.

Com o sétimo grupo de bairros, 27 bairros de São Loureço passaram a ser atendidos pelo serviço de coleta seletiva de porta em porta. O sétimo grupo de bairros é formado por quatro bairros que serão atendidos nas terças e quintas-feiras. Assim, em um primeiro momento foi modificada a rota de terça e quinta-feira elaborada no quinto ciclo de melhoria e aprendizagem. Foram definidos 27 pontos de parada junto com o gerente da cooperativa para a nova rota. Da mesma maneira que as outras rotas elaboradas anteriormente, com exceção da rota elaborada para o bairro piloto no primeiro ciclo, a nova rota começaria e terminaria na cooperativa COOPRECI. A nova rota elaborada, os pontos de parada, o ponto de partida e chegada e as áreas dos bairros nos quais está

ocorrendo à expansão do programa aparecem na Figura 4.38. A Tabela 4.9 apresenta alguns resultados relacionados com a nova rota de terça e quinta-feira.

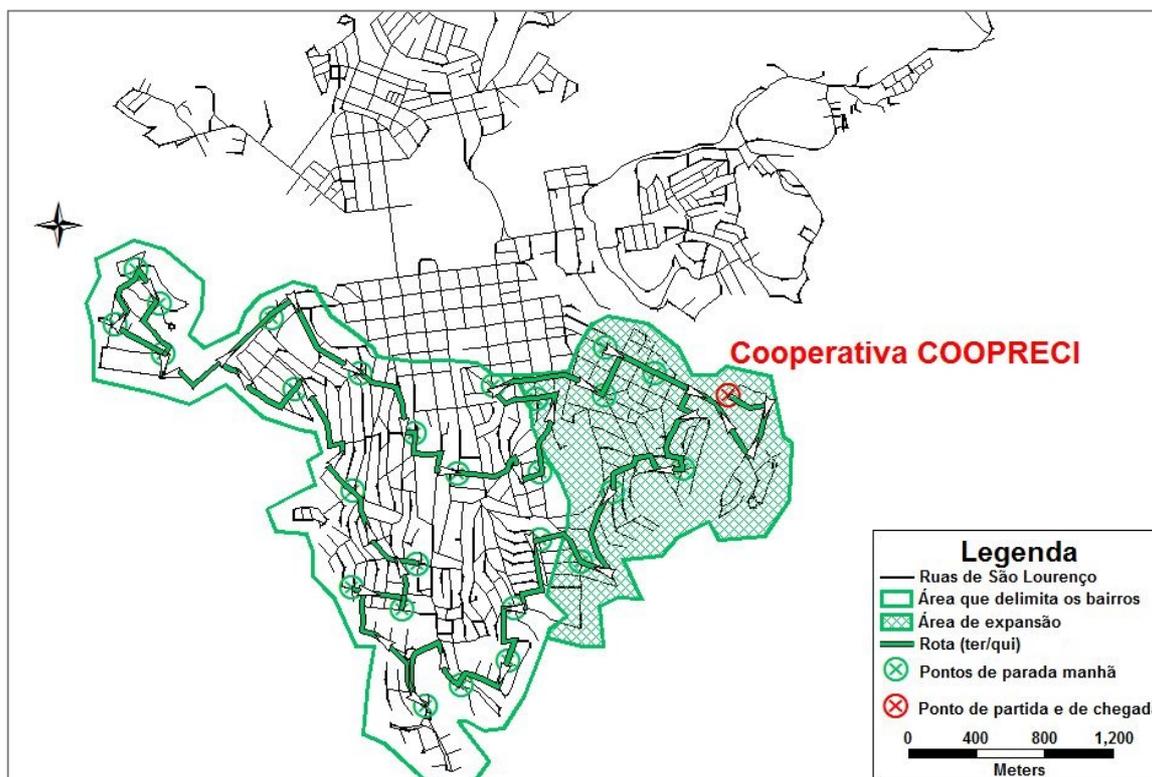


Figura 4.38 - Rota a ser seguida nos bairros do sétimo ciclo

Tabela 4.9 - Resultados da rota do sétimo grupo de bairros

Variáveis	Rota de terça e quinta-feira
<i>Número de pontos de parada</i>	27
<i>Distância total percorrida</i>	18.613,93 metros
<i>Tempo total gasto</i>	4 h 28 min

Posteriormente a elaboração da nova rota de terça e quinta-feira, planejou-se nesta etapa uma reunião entre os pesquisadores, a ONG, a secretária de educação do município e os coordenadores e diretores das escolas de ensino fundamental (públicas e particulares) de São Lourenço. O município possui dezessete escolas de ensino fundamental: sete privadas, quatro públicas estaduais e seis públicas municipais. O objetivo da reunião era o de definir com os coordenadores e diretores das dezessete escolas de ensino fundamental de São Lourenço como poderia ser feita uma campanha de divulgação do programa de coleta seletiva da cidade junto com os alunos do ensino fundamental. Visto que, conforme argumentado nos trabalhos de Trindade (2011) e Cantóia (2007), as campanhas educacionais dentro das escolas contribuem para incentivar a população a participar efetivamente de programas de coleta seletiva.

Após o planejamento da rota a ser realizada nos 15 bairros que devem ser atendidos pelo serviço de coleta seletiva nas terças e quintas-feiras e o planejamento da reunião a ser realizada junto com os diretores e coordenadores das escolas públicas e particulares de ensino fundamental de São Lourenço, passou-se para a etapa de implantação das ações planejadas.

4.4.7.2. Implantação das ações do 7º ciclo de melhoria aprendizagem (I)

A etapa de implantação das ações do último ciclo de melhoria e aprendizagem teve início com a implantação do programa de coleta seletiva nos quatro bairros componentes do sétimo grupo de bairros. A implantação no sétimo grupo de bairros aconteceu às 07 horas do dia 01 de dezembro e durou cerca de 4 hora e 30 minutos, de acordo com o que havia sido calculado pelo software TransCAD. Neste dia acompanhou-se os 07 catadores e o motorista do caminhão, mostrando quais as ruas cada catador deveria percorrer e quais eram os 27 pontos em que o caminhão deveria permanecer parado e que os catadores deveriam encontrar o caminhão para depositar o material reciclável até então coletado. Os dados referentes à implantação foram coletados com o auxílio de um aparelho GPS portátil.

Nesta etapa ocorreu também a reunião planejada na etapa anterior. Ela contou com a participação dos pesquisadores, de dez funcionários da ONG “Todos por São Lourenço”, da secretária de educação de São Lourenço e de dez coordenadores e cinco diretores das escolas. Perfazendo um total de treze escolas de ensino fundamental participando da reunião: três escolas públicas estaduais, seis escolas públicas municipais e quatro escolas privadas. Foi definido que a campanha de conscientização sobre o programa de coleta seletiva no município dentro das escolas ocorreria no mês de junho de 2016, mês do meio ambiente. Combinou-se também que cada escola elaborará sua campanha educacional e contará com o apoio dos funcionários da ONG, tanto na elaboração quanto na execução da campanha. Foi estabelecido também que o projeto da campanha de conscientização deverá estar pronto até o início do ano letivo de 2016.

Ainda nesta etapa ocorreu a venda em conjunto dos materiais recicláveis limpos e prensados da COOPRECI, da cooperativa de Carmo de Minas e da cooperativa de Soledade de Minas para a única empresa recicladora da região. A venda em conjunto havia sido planejada na etapa de implantação das ações do sexto ciclo de melhoria e aprendizagem. Conforme esperado, as cooperativas conseguiram um preço melhor nos materiais recicláveis vendidos. O gráfico da Figura 4.39 mostra o preço pago pela empresa recicladora nos materiais recicláveis vendidos pela COOPRECI nos últimos meses.

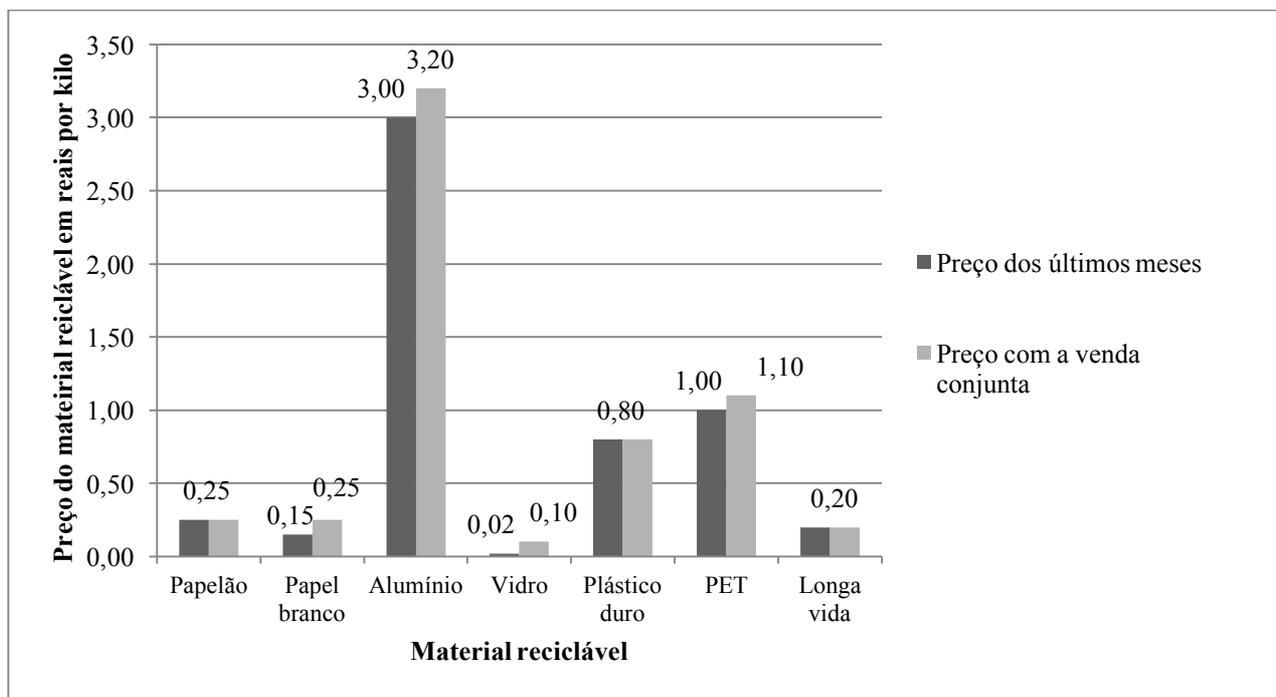


Figura 4.39 - Comparação entre os preços de venda dos materiais recicláveis

Além das ações anteriores, ocorreu também nesta etapa a complementação dos salários dos cooperados. Visto que a média do volume coletado por catador no mês de novembro foi de aproximadamente 1.720 kg (total maior que a meta estabelecida no quinto ciclo de melhoria e aprendizagem), no dia do pagamento os catadores já receberam a complementação do seu salário. Com a venda do material coletado, cada catador recebeu R\$ 512,62 e mais R\$ 275,38 de complementação.

Realizada a implantação no sétimo e último grupo de bairros; a reunião com as escolas de ensino fundamental de São Lourenço; a venda em conjunto dos materiais recicláveis limpos e prensados; e a complementação dos salários dos cooperados, seguiu-se para a etapa de observação e avaliação do sétimo ciclo de melhoria e aprendizagem.

4.4.7.3. Observação e avaliação do 7º ciclo de melhoria e aprendizagem (O&A)

Para a realização desta etapa foram analisados os dados coletados durante a implantação do programa de coleta seletiva no sétimo e último grupo de bairros; acompanhou-se a execução da coleta seletiva pelos catadores nos 27 bairros (bairro piloto e bairros do segundo, terceiro, quarto, quinto, sexto ciclo e sétimo ciclo) durante um mês após a implantação; continuaram a monitorar a utilização dos dois PEVs; e acompanharam o desenvolvimento da campanha educacional junto com os diretores e coordenadores das 13 escolas participantes da reunião realizada na etapa anterior.

Todos os dados coletados (pontos de parada e tempo decorrido para a realização da coleta) durante o dia de implantação no sétimo grupo de bairros estavam em conformidade com os planejados pelo software TransCAD. Verificou-se com o acompanhamento da execução da coleta seletiva durante um mês nos 27 bairros que existiam moradores dos 04 novos bairros componentes do sétimo grupo de bairros que não sabiam da existência do programa de coleta seletiva. Já com a monitoração da utilização dos PEVs, constatou-se que existiam moradores que estavam depositando os materiais recicláveis todos juntos nos PEVs, e não de acordo com os compartimentos dos PEVs (papel, plástico e metal). Por fim, com o acompanhamento do desenvolvimento da campanha de conscientização não foi encontrada nenhuma dificuldade.

Realizada a etapa de observação e avaliação do sétimo ciclo de melhoria e aprendizagem, passou-se para a etapa de reflexão e ação.

4.4.7.4. Reflexão e ação do 7º ciclo de melhoria e aprendizagem (R&A)

Nesta etapa foram buscadas soluções para os problemas encontrados na etapa anterior: falta de conhecimento do programa pela população e problema na utilização dos PEVs pela população.

Para o primeiro problema foi contratado um serviço de moto de som, com o objetivo de intensificar a divulgação do programa de coleta seletiva nos 27 bairros. A moto de som passou em todas as ruas dos 27 bairros em 04 dias. Nos bairros atendidos pelo serviço de coleta seletiva na segunda, quarta e sexta-feira a moto de som passou em uma terça-feira no período da manhã e na quinta-feira no período da tarde. Já nos bairros que eram atendidos pelo serviço de coleta seletiva na terça e quinta-feira a moto carro de som passou em uma segunda-feira no período da manhã e na quarta-feira no período da tarde. O intuito era de que a moto de som passasse em um dia anterior ao dia da execução do serviço de coleta seletiva no bairro, possibilitando ao morador que ouvisse a moto de som participar do programa de coleta seletiva no dia seguinte. A moto de som passando nos dois períodos (manhã e tarde) atingiria um número maior de moradores, já que os moradores dos bairros possuem diferentes horários de trabalho.

Para o segundo problema foi realizada uma reunião entre os pesquisadores e dois funcionários da Nestlé *Waters* com o intuito de que fosse passado para os dois funcionários o que está acontecendo com os PEVs, já que os mesmos tinham sido recebidos da empresa. A solução encontrada foi a de que os PEVs recebessem novos adesivos de maneira a permitir que fosse depositado o material reciclável sem a separação por tipo. Os adesivos anteriores destacavam cada compartimento dos PEVs por tipo: papel, plástico e metal. Os funcionários da empresa se

disponibilizaram a contatar o fornecedor dos PEVs e pedir novos adesivos para substituírem os adesivos antigos até o final de dezembro. As Figuras 4.40 e 4.41 mostram os dois PEVs com os novos adesivos.



Figura 4.40 – PEV localizado na Calçada II com os novos adesivos



Figura 4.41 - PEV localizado na praça da prefeitura com os novos adesivos

Porém, mesmo os PEVs recebendo novos adesivos, localizados cada um em uma região com bastante circulação da população e sendo monitorados constantemente pelos cooperados da COOPRECI, no final do último ciclo de melhoria e aprendizagem um dos PEVs (o que estava localizado na praça da prefeitura da cidade) foi alvo de vandalismo. Na madrugada do dia 28 de dezembro de 2015 foi atado fogo nesse PEV. Não se tem informação sobre qual seria o motivo e quem foi o responsável. Após o ocorrido, no dia seguinte, o gerente da cooperativa entrou em contato com funcionários do SAAE para que os mesmos ajudassem na retirada do que restou do

PEV. Os restos foram encaminhados para a cooperativa e posteriormente serão vendidos para a empresa de reciclagem localizada próxima a COOPRECI. O PEV queimado e os seus restos aparecem nas Figuras 4.42 e 4.43, respectivamente. Após o ocorrido foi marcada uma reunião entre a ONG, os pesquisadores e funcionários da empresa Nestlé *Waters* com o objetivo de decidir se a empresa irá doar um novo PEV, e se sim, qual o novo local de instalação do mesmo. O outro PEV permanece no mesmo local onde foi instalado.



Figura 4.42 - PEV queimado localizado na praça da prefeitura



Figura 4.43 - Fotos do que restou do PEV queimado

Após a realização dos sete ciclos de melhoria e aprendizagem e suas respectivas etapas, passou-se para a quinta fase da pesquisa-ação, a fase de avaliação dos resultados obtidos através da pesquisa-ação. Esta fase é descrita a seguir.

4.5. AVALIAR RESULTADOS

Com a pesquisa-ação foi possível à implantação do programa de coleta seletiva no município de São Lourenço. Todos os 27 bairros definidos anteriormente no cronograma de implantação (Figura 4.8) e o centro da cidade passaram a ser atendidos pelo programa. Os 27 bairros passaram a ser atendidos por meio da modalidade porta a porta e o centro por meio da modalidade através de PEVs/Ecopontos. Desta maneira, toda a cidade passou a ser atendida pelo serviço de coleta seletiva, realizado pelos catadores da cooperativa COOPRECI. A Tabela 4.10 apresenta a expansão do serviço de coleta seletiva ao longo da execução dos sete ciclos de melhoria e aprendizagem. A área total atendida (km²) é calculada utilizando o software TransCAD.

Tabela 4.10 - Evolução da área total atendida pelo serviço de coleta seletiva

Variáveis	1º ciclo	2º ciclo	3º ciclo	4º ciclo	5º ciclo	6º ciclo	7º ciclo
<i>Número total de bairros atendidos</i>	02	06	11	15	19	24	28
<i>Área total atendida (km²)</i>	0,53	3,16	4,11	5,44	7,30	9,81	11,50
<i>Porcentagem em relação ao total</i>	4%	27%	35%	47%	63%	85%	100%

Para a realização do serviço de coleta seletiva nos 27 bairros atendidos pela modalidade porta a porta foram definidas duas rotas finais. Uma delas é realizada toda segunda, quarta e sexta-feira, atendendo 12 bairros e a outra é realizada toda terça e quinta-feira, atendendo 15 bairros. As duas rotas finais; os 28 pontos de parada da rota de segunda, quarta e sexta-feira; os 27 pontos de parada da rota de terça e quinta-feira e o ponto de partida e chegada (COOPRECI) das duas rotas aparecem na Figura 4.44. A Tabela 4.11 apresenta alguns resultados das duas rotas finais.

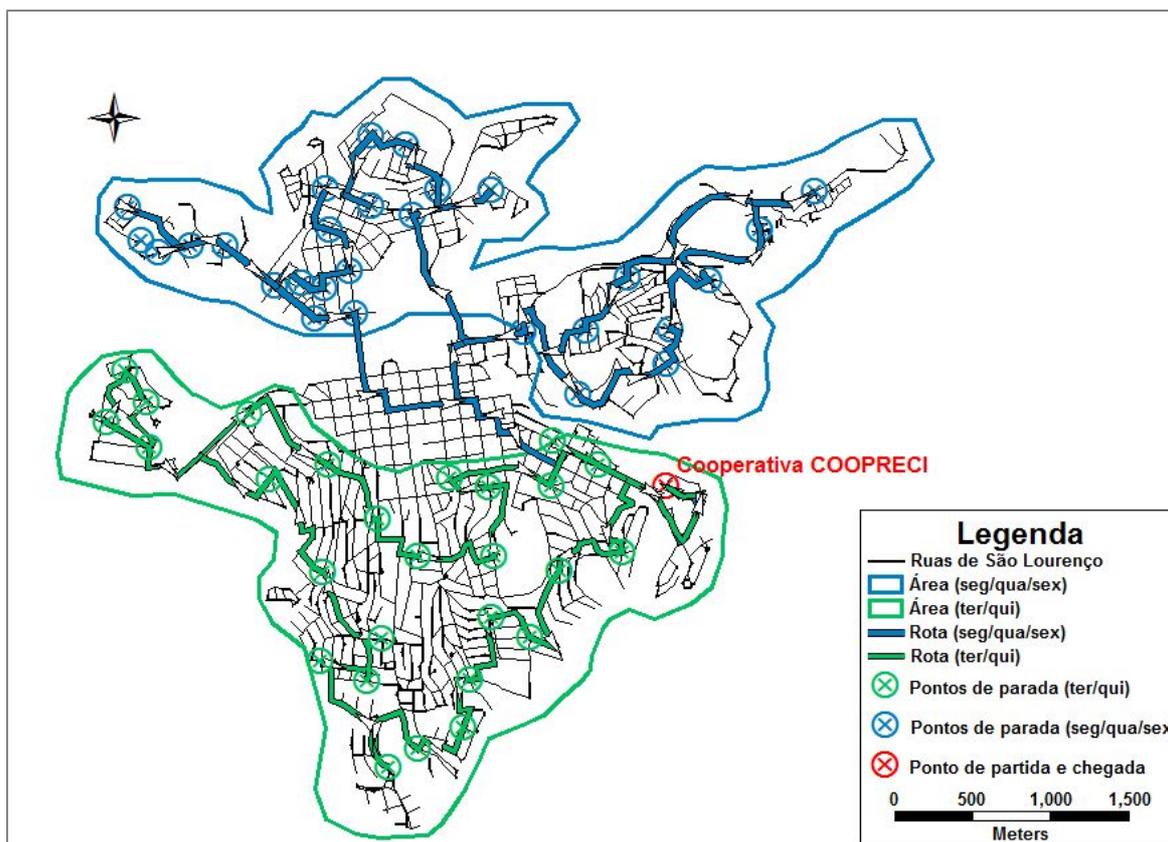


Figura 4.44 - Duas rotas finais

Tabela 4.11 - Resultados das duas rotas finais

Variáveis	Rota de segunda, quarta e sexta-feira	Rota de terça e quinta-feira
<i>Número de pontos de parada</i>	28	27
<i>Distância total percorrida</i>	23 km	18,6 km
<i>Tempo total gasto</i>	4 h 43 min	4 h 28 min

Com a implantação do programa de coleta seletiva em todo o município através da execução de sete ciclos de melhoria e aprendizagem foram obtidos os seguintes resultados:

Melhoria da quantidade coletada por mês pela cooperativa e do volume médio coletado por mês por catador

A cooperativa COOPRECI não possui nenhuma forma de controle da quantidade de material reciclável coletada, todas as estimativas de quantidade coletada feitas neste trabalho foram baseadas na quantidade de material reciclável vendida. A quantidade de material reciclável vendida pela COOPRECI só começou a ser controlada em janeiro de 2015 com o auxílio dos pesquisadores do grupo LogTrans. Em janeiro, fevereiro e março de 2015 foram coletados aproximadamente 3.200, 4.350 e 4.875 kg de materiais recicláveis pela cooperativa. Com esses valores e com o número de

cooperados associados à cooperativa nos respectivos meses (03, 04 e 04) calcula-se o volume médio coletado por catador nos meses: 1.066, 1.087 e 1.218 kg.

As quantidades de materiais recicláveis coletadas pela cooperativa nos meses de janeiro, fevereiro e março são reduzidas, visto que segundo o Diagnóstico de Resíduos Sólidos (SNIS, 2013) em uma cidade na mesma faixa populacional que o município de São Lourenço, a quantidade média de materiais recicláveis recolhida na coleta seletiva por catadores de cooperativas com apoio da prefeitura é de 6.026 kg por mês. O volume médio coletado por mês por catador em tais meses também é considerado reduzido, já que segundo CEMPRE (2013) a quantidade média coletada por catador por dia é 79,3 kg, ou seja, considerando 20 dias (dias que a cooperativa funciona em um mês), 1.586 kg.

A Tabela 4.12 apresenta a quantidade de material reciclável coletada por mês pela COOPRECI e o volume médio coletado por mês por catador desde o primeiro ciclo de melhoria e aprendizagem até o último, considerando todos os materiais que são vendidos pela cooperativa: ferro, papelão, papel misto, papel branco, plástico duro colorido, plástico fino branco, plástico fino colorido, Polietileno Tereftalato (PET), Polietileno Tereftalato (PET) com resíduos de óleo, Polietileno de Alta Densidade (PEAD), cobre, alumínio, vidro e Longa Vida.

Tabela 4.12 - Quantidade de material reciclável coletada pela cooperativa e volume médio coletado por catador

	Ciclos de melhoria e aprendizagem									Média	Total
	1º ciclo	2º ciclo		3º ciclo	4º ciclo	5º ciclo	6º ciclo	7º ciclo			
Mês	Abr.	Mai.	Jun.	Jul.	Ago.	Set.	Out.	Nov.	Dez.		
Total	6.911	9.510	6.295	10.480	10.933	9.549	12.166	11.516	12.070	9.937	89.430
Volume médio coletado por catador	1.382	1.358	1.573	1.746	1.822	1.909	1.738	1.919	1.724	-	-

Nota-se que já a partir do primeiro ciclo de melhoria e aprendizagem a cooperativa COOPRECI conseguiu ultrapassar a quantidade média estabelecida pelo SNIS. Tal situação pode ter relação principalmente com o início das campanhas de conscientização junto com a população, que resultaram em um aumento da participação da população no programa. Em relação ao volume médio coletado por mês por catador, desde o mês de julho os catadores conseguiram ultrapassar o valor estabelecido pelo CEMPRE. Esse aumento deve estar relacionado com o fato de que já no primeiro e segundo ciclo foram fornecidas as condições básicas para a melhoria do trabalho dos cooperados, por exemplo, luvas, botas, melhor caminhão etc. Percebe-se também que na maioria

dos meses houve um aumento tanto na quantidade coleta por mês pela cooperativa e no volume médio coletado por mês por catador em relação ao mês anterior. Deste modo, infere-se que as ações realizadas durante o desenvolvimento da pesquisa-ação contribuíram para a melhoria da eficiência da cooperativa, do trabalho dos catadores e do programa de coleta seletiva.

Evitou-se que os materiais recicláveis fossem destinados ao lixão

Estima-se que 89.430 kg de material tenham sido coletados desde a execução do primeiro ciclo de melhoria e aprendizagem (Tabela 4.12). Logo, com a coleta de tal quantidade e sua posterior venda para uma empresa recicladora foi evitado que todo esse material fosse destinado para o lixão da cidade.

Uma das metas da Política Nacional de Resíduos Sólidos é que somente os materiais não recicláveis sejam destinados para os aterros. Porém, como a cidade possui somente lixão, devem ser destinados somente para o lixão os materiais não recicláveis. Assim, esse resultado é de grande valia para o município que precisa se adequar as diversas metas da PNRS. Além disso, de acordo com Ferri, Chaves e Ribeiro (2015), um dos grandes impactos positivos da implantação de um programa de coleta seletiva é a redução do volume de materiais recicláveis destinados para aterros/lixões, resultando em um aumento no tempo de vida dos aterros/lixões e uma diminuição dos seus custos operacionais.

Evitou-se que poluentes atmosféricos fossem liberados

Estima-se que foi evitado que cerca de 2,3 toneladas de poluentes atmosféricos fossem liberados durante os sete ciclos de melhoria e aprendizagem. O estudo realizado pelo IPEA (2010) mostra a quantidade de cada poluente atmosférico que não se libera com a reciclagem de uma tonelada de cada um dos cinco principais materiais recicláveis. Utilizando esse estudo e a quantidade de cada um dos cinco principais materiais recicláveis vendida pela COOPRECI em cada mês (ciclo de melhoria e aprendizagem) para a empresa recicladora (Tabela 4.13) foi possível calcular a quantidade total de poluentes atmosféricos que não foram liberados (Tabela 4.14).

Tal resultado é de grande importância principalmente quando se analisa Política Nacional Sobre Mudança no Clima (PNMC), que inclui metas como a ampliação de iniciativas de reciclagem para a redução de emissões (BRASIL, 2009), em um cenário onde o Brasil se comprometeu a reduzir as emissões dos gases do efeito estufa em 37% até 2025 e 43% até 2030 (BRASIL, 2015) na Conferência das Nações Unidas para as Mudanças Climáticas (COP 21). Os resultados da pesquisa

mostram que as cidades podem realizar as mudanças necessárias para mitigar os efeitos das mudanças no clima devido às emissões dos poluentes atmosféricos.

Tabela 4.13 - Quantidade de material reciclável coletada por tipo e por mês

		Ciclos de melhoria e aprendizagem								Total	
		<i>1º ciclo</i>	<i>2º ciclo</i>		<i>3º ciclo</i>	<i>4º ciclo</i>	<i>5º ciclo</i>	<i>6º ciclo</i>	<i>7º ciclo</i>		<i>1º ciclo</i>
Mês		Abr.	Mai.	Jun.	Jul.	Ago.	Set.	Out.	Nov.	Dez.	
	<i>Aço</i>	0	0	08	12	10	0	07	09	25	71
	<i>Alumínio</i>	77	53	20	25	10	07	21	25	32	270
Tipo de material	<i>Celulose</i>	88	120	1.572	2.661	2.463	2025	2.953	2.564	2.532	16.978
	<i>Plástico</i>	1.034	820	894	920	820	806	1.029	867	1.105	8.295
	<i>Vidro</i>	0	0	267	250	150	211	274	236	292	1.680

Tabela 4.14 - Quantidade de poluente atmosférico em kg que foi evitada por tipo de material reciclável

Poluente	Aço		Alumínio		Celulose		Plástico		Vidro		Total
	<i>Quant. por ton. de aço</i>	<i>Quant. total</i>	<i>Quant. por ton. de alumínio</i>	<i>Quant. total</i>	<i>Quant. por ton. de celulose</i>	<i>Quant. total</i>	<i>Quant. por ton. de plástico</i>	<i>Quant. total</i>	<i>Quant. por ton. de vidro</i>	<i>Quant. total</i>	
<i>Poluente atmosférico</i>	4,730	0,336	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,336
<i>CO</i>	0,000	0,000	0,050	0,014	0,260	0,010	0,000	0,000	0,000	0,000	0,024
<i>Material particulado</i>	0,010	0,001	0,010	0,003	1,660	0,080	0,000	0,000	0,000	0,000	0,084
<i>NO_x</i>	0,000	0,000	549,030	148,238	0,000	0,000	0,000	0,000	1200,000	2016,000	2164,238
<i>CO₂</i>	0,000	0,000	0,810	0,219	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,219
<i>Fluoreto</i>	0,000	0,000	0,180	0,049	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,049
<i>HF</i>	0,000	0,000	474,270	128,153	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	128,153
<i>PFC</i>	0,000	0,000	0,650	0,176	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,176
<i>Poeira</i>	0,000	0,000	0,160	0,043	1,460	0,070	0,000	0,000	0,000	0,000	0,113
<i>SO₂</i>	0,000	0,000	0,000	0,000	0,290	0,010	0,000	0,000	0,000	0,000	0,010
<i>ClO₂</i>	0,000	0,000	0,000	0,000	0,200	0,010	0,000	0,000	0,000	0,000	0,010
<i>Cl</i>	0,000	0,000	0,000	0,000	433,590	19,950	0,000	0,000	0,000	0,000	19,950
<i>Outros gases do efeito estufa</i>	0,000	0,000	0,000	0,000	1,500	0,070	0,000	0,000	0,000	0,000	0,070
<i>Total</i>	<i>0,337</i>		<i>276,895</i>		<i>20,200</i>		<i>0,000</i>		<i>2.016,00</i>		<i>2.313,432</i>

Gerou-se uma economia financeira

Estima-se que foi gerada uma economia de cerca de R\$ 14 mil. O estudo realizado pelo IPEA (2010) também faz uma estimativa dos benefícios econômicos e ambientais gerados pela reciclagem dos cinco principais materiais recicláveis. Os benefícios, tanto os econômicos quanto os ambientais foram definidos como a diferença entre os custos gerados pela produção a partir de matéria-prima virgem e os custos gerados para a produção dos mesmos bens a partir de material reciclável. Os econômicos incluem o custo evitado pela reciclagem em termos de consumo de recursos naturais e de energia. Já os benefícios ambientais são associados aos impactos sobre o meio ambiente devido ao consumo de energia, às emissões de gases de efeito estufa (GEEs), ao consumo de água e à perda de biodiversidade.

A Tabela 4.15 mostra os benefícios gerados para cada tipo de material reciclável. O benefício total de cada material é resultado da soma do benefício econômico mais o benefício ambiental menos a diferença entre os benefícios relacionados com a coleta seletiva e os benefícios relacionados com a disposição final. Ressalta-se que estas atividades são excludentes, ou seja, quando o material é coletado através da coleta seletiva evita-se que o mesmo vá para a disposição final (lixões, aterros controlados e aterros sanitários). Deste modo, tendo a quantidade de cada um dos cinco principais materiais recicláveis vendida e os respectivos benefícios totais calcula-se o benefício total gerado através da venda de cada um dos cinco principais materiais recicláveis durante os sete ciclos de melhoria e aprendizagem. A Tabela 4.16 apresenta os benefícios gerados com a venda de cada um dos cinco principais materiais recicláveis e o benefício total gerado com os sete ciclos.

Tabela 4.15 - Benefícios econômicos e ambientais gerados pela reciclagem de cada um dos cinco principais materiais recicláveis

Materiais	Benefícios relacionados ao processo produtivo (R\$/ton)		Benefícios associados à gestão dos resíduos sólidos (R\$/ton)		Benefício total (R\$/ton)
	<i>Benefícios econômicos</i>	<i>Benefícios ambientais</i>	<i>Coleta seletiva</i>	<i>Disposição final</i>	
<i>Aço</i>	127	74	136	23	88
<i>Alumínio</i>	2.715	339	136	23	2.941
<i>Celulose</i>	330	24	136	23	241
<i>Plástico</i>	1.164	56	136	23	1.107
<i>Vidro</i>	120	11	136	23	18

Fonte: adaptada de IPEA (2010)

Tabela 4.16 - Estimativa dos benefícios ganhos através da reciclagem de cada um dos cinco principais materiais recicláveis durante os sete ciclos

Materiais	Quant. total vendida (ton)	Benefícios relacionados ao processo produtivo (R\$/ton)		Benefícios associados à gestão dos resíduos sólidos (R\$/ton)		Benefício gerado (R\$)
		<i>Benefícios econômicos</i>	<i>Benefícios ambientais</i>	<i>Coleta seletiva</i>	<i>Disposição final</i>	
<i>Aço</i>	0,071	9,017	5,254	9,656	1,633	6,25
<i>Alumínio</i>	0,270	733,05	91,53	36,72	6,21	794,07
<i>Celulose</i>	16,978	5602,74	407,472	2309,008	390,494	4091,70
<i>Plástico</i>	8,295	9655,38	464,52	1128,12	190,785	9182,57
<i>Vidro</i>	1,680	201,6	18,48	228,48	38,64	30,24
			<i>Total</i>			<i>14.104,82</i>

Essa economia monetária gerada a partir da reciclagem, que leva em consideração os benefícios relacionados ao processo produtivo e a gestão de resíduos sólidos é interessante: para a prefeitura do município, que evitará perdas, por exemplo, com a disposição dos materiais recicláveis nos aterros/lixões; para as empresas particulares, que podem utilizar os materiais recicláveis como matérias primas diminuindo seus custos de produção e para a população, que não sofrerá com os impactos sobre o meio ambiente devido ao consumo de energia, às emissões de gases de efeito estufa (GEEs) etc.

Gerou-se uma renda melhor para cada catador da COOPRECI

O salário recebido pelos catadores é pertinente ao volume vendido no início do mês e coletado ao mês anterior. Gerou-se uma renda média de R\$ 601,81 por mês para cada catador. Ainda que seja uma renda ligeiramente maior que o rendimento médio do trabalho dos catadores de materiais recicláveis do Brasil (R\$ 571,56) (IPEA, 2013), a partir do quinto ciclo de melhoria e aprendizagem todos os catadores da COOPRECI passaram a ter seu salário complementado de maneira que cada um deles passou a receber um salário mínimo. Deste modo, o pagamento recebido pelos catadores pelo serviço que prestam deixou de estar sujeito à participação da população no programa de coleta seletiva. Tal resultado reforça a busca para o reconhecimento da profissão do catador de material reciclável.

A Tabela 4.17 apresenta o salário recebido por cada catador e a renda total gerada durante os sete ciclos de melhoria e aprendizagem. Ademais, através do auxílio do gerente da cooperativa, da ONG e dos pesquisadores, os catadores da COOPRECI passaram a ter os documentos RG e CPF e alguns deles começaram a pagar a previdência social.

Tabela 4.17 – Renda em reais gerada para os catadores da COOPRECI durante os sete ciclos de melhoria aprendizagem

	Ciclos de melhoria e aprendizagem									Média
	2º ciclo		3º ciclo		4º ciclo	5º ciclo	6º ciclo	7º ciclo		
Mês	Mai.	Jun.	Jul.	Ago.	Set.	Out.	Nov.	Dez.	Jan.	
Salário	470,62	402,25	456,09	481,17	454,18	788,00	788,00	788,00	788,00	
Nº de catadores	07	04	06	06	05	07	06	07	05	R\$ 601,81

Ademais, a realização do projeto teve um custo de R\$ 48.339,48. Dentro desse custo estão gastos como: salário do gerente da cooperativa, impressão de panfletos, distribuição dos panfletos, aluguel de carro de som, aluguel moto de som, aluguel do caminhão utilizado na coleta seletiva e complementação dos salários dos catadores. A Tabela 4.18 apresenta os gastos relacionados com cada mês e com cada ciclo de melhoria e aprendizagem.

Tabela 4.18 - Despesas em reais com o projeto de acordo com cada mês e cada ciclo de melhoria e aprendizagem

Mês	Ciclos de melhoria e aprendizagem											Total	
	Jan.	Fev.	Mar.	1º ciclo Abr.	2º ciclo Mai.	3º ciclo Ago.	4º ciclo Set.	5º ciclo Out.	6º ciclo Nov.	7º ciclo Dez.	Jan		
Salário do gerente	2.000,00	2.000,00	2.000,00	2.000,00	2.000,00	2.000,00	2.000,00	2.000,00	2.000,00	2.000,00	2.000,00	22.000,00	
Impressão de panfletos	-	-	-	150,00	150,00	150,00	200,00	150,00	150,00	150,00	-	1.100,00	
Distribuição dos panfletos	-	-	-	50,00	100,00	100,00	150,00	100,00	100,00	100,00	-	700,00	
Aluguel carro de som	-	-	-	-	-	110,00	-	-	-	-	-	110,00	
Aluguel moto de som	-	-	-	-	-	-	-	-	-	75,00	-	75,00	
Aluguel caminhão da coleta seletiva	-	-	-	-	2.400,00	2.400,00	2.400,00	2.400,00	2.400,00	2.400,00	2.400,00	16.800,00	
Complementação dos salários	-	-	-	-	-	-	-	1584,18	2278,99	1652,28	2.039,03	7.554,48	
				<i>Total</i>									48.339,48

Em relação ao objetivo específico de **identificar quais as principais barreiras para a implantação**, percebe-se que a rota de coleta que o caminhão da coleta seletiva deve realizar não é um fator crítico para a implantação. A maioria dos trabalhos presentes na literatura sobre coleta seletiva e coleta convencional de resíduos sólidos urbanos foca na otimização das rotas de coleta, minimizando ou o tempo de realização do percurso ou a distância total percorrida. Em uma cidade de pequeno porte, como o município de São Lourenço, a otimização da rota, seja reduzindo o tempo de realização da coleta ou a distância total percorrida não é tão significativa ao ponto de ser uma barreira para a implantação. Percebe-se que em quase todos os ciclos de melhoria e aprendizagem (exceto no quinto ciclo) todos os tempos gastos na implantação do programa nos novos grupos de bairros foram compatíveis com o calculado pelo software TransCAD. As principais barreiras para a implantação do programa de coleta seletiva identificadas neste estudo são:

Conscientização e participação da sociedade no programa de coleta seletiva

A principal barreira encontrada durante a pesquisa-ação foi à conscientização e a participação da população no programa de coleta seletiva. Durante quase todos os ciclos de melhoria e aprendizagem foi necessário realizar campanhas de divulgação e conscientização sobre o programa de coleta seletiva junto da população utilizando todos os meios de comunicação. Fosse porque a informação sobre a execução do programa não chegava aos moradores ou porque não havia o interesse da população em participar do programa. Diversos trabalhos citam a conscientização e participação da população como principal barreira para a implantação de programas de coleta seletiva, cita-se: Rutkowski e Rutkowski (2015); Ferri, Chaves e Ribeiro (2015); Campos (2014); Rocha (2012); Rocha (2010); Cândido *et al.* (2008); Lima (2006); Besen (2006); Bringhenti, (2004); Santos (2004) e Hiramã e Silva (2004).

De acordo com Bringhenti (2004), a participação da população é fundamental para o sucesso de qualquer programa de coleta seletiva. A relação entre comportamento e atitudes da população e o desempenho da coleta seletiva tem sido tema de várias pesquisas (BRINGHENTI e GÜNTER, 2011; SIDIQUE, JOSHI e LUPI, 2010; TIMLETT e WILLIAMS, 2008; BRINGHENTI, 2004; MCDONALD e OATES, 2003).

Falta de apoio da prefeitura e de empresas particulares

Outra barreira encontrada foi o pouco apoio da prefeitura da cidade e de empresas particulares na implantação do programa. Com o apoio fornecido pela empresa SAAE de São Lourenço foi possível a implantação do programa de coleta seletiva, porém a prefeitura do município somente disponibilizou o caminhão utilizado pela COOPRECI até abril de 2015 e paga o aluguel do galpão onde está localizada a cooperativa. A ONG pediu algumas vezes auxílio para a prefeitura, mas a mesma tinha sempre como justificativa a falta de verba. Somente duas empresas, a Nestlé *Waters* e a TetraPak forneceram auxílio na implantação do programa de coleta seletiva na cidade.

Sabe-se que com a PNRS é de responsabilidade das prefeituras municipais o fechamento dos lixões a céu aberto. Uma das justificativas do SAAE da cidade quando notificado sobre a presença do lixão no município foi a existência do projeto de implantação da coleta seletiva, que melhora a correta destinação dos RSU já que possibilita que os materiais recicláveis não sejam destinados ao lixão. Além disso, com a PNRS as empresas particulares devem realizar a logística reversa dos seus resíduos sólidos, deste modo, sendo a coleta seletiva uma das bases da logística reversa é importante para as empresas particulares que os catadores de materiais recicláveis (principais agentes da coleta seletiva) trabalhem de maneira eficiente. Logo, é evidente a necessidade de que tanto a prefeitura quanto empresas particulares ofereçam auxílios às cooperativas de catadores para a execução do serviço de coleta seletiva. Tal necessidade também é destacada por diversos outros autores (RUTKOWSKI e RUTKOWSKI, 2015; FERRI, CHAVES e RIBEIRO, 2015; BESEN *et al.*, 2014; CAMPOS, 2014; ROCHA, 2012; GODECKE, CHAVES e NAIME, 2012; GOLÇALVES-DIAS, 2009).

Falta de estrutura da cooperativa

A falta de estrutura da cooperativa também foi uma barreira para a implantação do programa de coleta seletiva. Os itens básicos para o funcionamento de uma cooperativa são: veículo coletor, mesa de triagem, presa e balança. Também é importante a utilização de EPIs pelos catadores. Dependendo da localização do galpão da cooperativa, devem ainda existir instalações de apoio, tais como um escritório, banheiros com vestiário e chuveiros e uma cozinha onde seja possível realizar as refeições (FUZARO e RIBEIRO, 2007). A falta de alguns desses maquinários e/ou dessas instalações prejudicam o funcionamento de uma cooperativa de catadores (CAMPOS, 2014; GONCALVES-DIAS, 2009; OLIVEIRA FILHO,

2006; BESEN, 2006; BRINGHENTI, 2004; RIBEIRO e LIMA, 2000), e conseqüentemente a implantação de um programa de coleta seletiva executado pela mesma, como ocorreu na COOPRECI.

No início a cooperativa COOPRECI encontrava-se sem mesa de triagem e com somente uma prensa e uma balança; o caminhão que era utilizado tem a capacidade inapropriada; os catadores não possuíam EPIs e nenhuma instalação de apoio funcionava na cooperativa.

No que diz respeito ao caminhão, com o início do projeto o caminhão que a cooperativa utilizava foi substituído por um com a capacidade mais apropriada, melhorando a execução do serviço de coleta seletiva nos bairros. Porém, o novo caminhão também não é da COOPRECI. Dessa maneira ocorre algumas vezes de o mesmo não estar disponível para ser utilizado, o que faz com que os catadores não possam realizar a coleta seletiva naquele dia, prejudicando a regularidade do serviço. Atualmente a ONG e os pesquisadores estão em busca de soluções para a compra de um caminhão para a cooperativa.

Já a falta de instalações de apoio é utilizada como justificativa para as faltas dos cooperados no trabalho, afetando também a regularidade na execução do serviço de coleta seletiva, pois cada cooperado é responsável pela execução da coleta seletiva em determinada rua de cada um dos 27 bairros. O galpão onde a cooperativa se encontra instalada está localizado em uma das saídas da cidade, longe de quase todos os outros bairros do município. Logo, na maioria das vezes em que os catadores faltavam no trabalho no período da tarde a justificativa dada era: como não existe nenhum banheiro funcionando e nenhuma cozinha no galpão eles precisam ir para casa no horário do almoço e que ao ir para casa no horário de almoço eles ficavam muito cansados para retornar. Os pesquisadores, a ONG e o gerente da cooperativa estão realizando modificações na cooperativa para que as instalações de apoio que já existem no galpão (cozinha, banheiro, vestuário, entre outros) possam funcionar melhor (faxina em todo o galpão, doação de um fogão etc).

Por fim, em relação à mesa de triagem e aos EPIs, através da execução dos sete ciclos de melhoria e aprendizagem foi possível fornecer aos catadores tais itens, melhorando a eficiência do trabalho dos catadores. Destaca-se que esta barreira tem relação com a barreira descrita anteriormente, visto que um tipo de apoio que a prefeitura e empresas particulares podem dar as cooperativas seria a construção de instalações de apoio e/ou fornecimento de maquinário para a execução do serviço de coleta seletiva.

Falta de benefícios trabalhistas para os cooperados

A falta de benefícios trabalhistas para os catadores da COOPRECI também foi outra barreira para a implantação. A maioria dos catadores de materiais recicláveis associados a cooperativas de catadores no Brasil não tem vínculo empregatício, não tem direito a férias remuneradas e nem a outros benefícios, tais como 13º salário, licença maternidade, finais de semana remunerados e aposentadoria (CAMPOS, 2014; BAPTISTA, 2014; CAMPOS, 2013). Dessa maneira, muitos catadores de materiais recicláveis que existem em um município que não estão associados a nenhuma cooperativa não se sentem motivados a entrarem em uma, o que aumenta a dificuldade de se encontrar mão de obra para a execução do serviço de coleta seletiva pela cooperativa. Segundo alguns autores um grande desafio na implantação e na manutenção de programas de coleta seletiva é o processo de integração dos catadores autônomos no programa através de cooperativas de catadores (FERRI, CHAVES e RIBEIRO, 2015; RUTKOWSKI e RUTKOWSKI, 2015; CAMPOS, 2014; CÂNDIDO *et al.*, 2009; GONCALVES-DIAS, 2009; BRINGHENTI, 2004).

A falta de benefícios leva também a uma grande rotatividade dos cooperados, que saem da cooperativa em busca de outros trabalhos. Essas duas questões: falta de catadores associados à cooperativa e a alta rotatividade são questões determinantes no problema de não regularidade na execução do serviço da coleta seletiva. De acordo com Rocha (2010), Lima (2006) e Hirama e Silva (2004), a manutenção da disciplina dos catadores da cooperativa em buscar rotineiramente os materiais recicláveis é de grande importância no funcionamento da coleta seletiva.

Para ultrapassar esta barreira foi realizada neste trabalho a complementação do salário dos catadores da COOPRECI. Cada catador passou a receber um salário mínimo a partir do quinto ciclo de melhoria e aprendizagem, possibilitando um pagamento mais justo pelos serviços prestados e melhorando o interesse dos catadores em permanecerem na cooperativa ou se associarem a ela. Ademais, para melhorar a regularidade do serviço de coleta seletiva foram realizadas diversas reuniões com os catadores durante a pesquisa-ação com o objetivo de ressaltar junto aos mesmos que a execução do serviço com regularidade possibilitaria uma maior adesão da população ao programa.

Falta de capacitação dos cooperados

De acordo com alguns autores, uma dificuldade encontrada na implantação de programas de coleta seletiva é a falta de capacitação dos catadores cooperados (RUTKOWSKI e RUTKOWSKI, 2015; FUZARO e RIBEIRO, 2007; BESEN, 2006; BRINGHENTI, 2004). Neste trabalho também foi encontrada tal barreira. Os catadores de materiais recicláveis na maioria das vezes apresentam dificuldade nas atividades que exigem organização, comprometimento e disciplina (FUZARO e RIBEIRO, 2007).

Durante a execução da pesquisa-ação foi necessário a realização de diversas reuniões com os cooperados com o intuito de capacitá-los e treiná-los para a execução das atividades administrativas da cooperativa e de enfatizar com cada um deles a importância de se garantir uma regularidade do serviço de coleta seletiva, possibilitando que o programa tivesse uma maior adesão por parte da população. Ademais, foi necessário também que os catadores fossem treinados e supervisionados diversas vezes na execução do serviço de coleta seletiva em cada um dos 27 bairros e no descarregamento dos PEVs.

No que diz respeito ao objetivo específico de **identificar as melhores práticas para a implantação**, conclui-se que as melhores práticas utilizadas na implantação foram:

O serviço deve ocorrer em dias alternados com a coleta de lixo convencional

Foi percebido neste trabalho a necessidade de o serviço de coleta seletiva ocorrer sempre em dias alternados com a coleta de lixo convencional, conforme argumentam alguns autores (FUZARO e RIBEIRO, 2007; BESEN, 2006; LIMA, 2006; BRINGHENTI, 2004). Antes do início do projeto, os catadores da COOPRECI realizavam a atividade de coleta seletiva somente em algumas ruas de alguns bairros e no mesmo dia da coleta de lixo convencional, o que acarretava em diversos problemas, tais como:

- Confusão por parte da população. Por não haver uma diferença entre os dias de coleta, alguns moradores misturavam os dois tipos de materiais, não realizando a separação do seu lixo;
- Confusão por parte dos catadores. Quando a população realizava a separação do seu lixo e dispunha os dois tipos de materiais (recicláveis e não recicláveis) nas lixeiras/calçadas de suas residências, os catadores não sabiam em qual saco de lixo estava o material reciclável e assim precisavam abri-lo para saber qual tipo de material estava armazenado;

- Sujeira nas calçadas em frentes as residências. Na maioria das vezes em que os catadores abriam os sacos de lixo para verificar qual tipo de material estava armazenado no mesmo, algum tipo de sujeira caía nas calçadas em frente às residências. Tal situação ocasionava um desconforto dos moradores.
- Afeta a qualidade do material. Mesmo quando a população não realizava a separação do seu lixo, os catadores abriam os sacos de lixo que estavam dispostos na lixeira/calçada e recolhiam o material reciclável que estava misturado ao restante que compõe o lixo. Este material reciclável que está misturado ao restante do lixo e era coletado apresenta qualidade inferior ao que é previamente separado pela população.

A realização do serviço de coleta seletiva em dias diferenciados aos da coleta de lixo convencional evita que tais problemas ocorram.

Iniciar a implantação do programa em um bairro piloto e seguir com a expansão do programa

Outra melhor prática para a implantação do programa de coleta seletiva identificada neste trabalho foi a de iniciar a implantação do programa em um bairro piloto e seguir com a expansão do programa para os outros bairros. Essa estratégia possibilitou que todos os acertos e erros gerados na implantação no bairro piloto fossem replicados e corrigidos, respectivamente, na implantação do programa nos bairros seguintes, melhorando a eficiência do programa. Fuzaro e Ribeiro (2007) também destacam tal estratégia como melhor prática na implantação, argumentando que é preferível que a coleta seja implantada de forma gradativa e segura, na medida em que os recursos são obtidos do que frustrar as expectativas da comunidade e também dos catadores.

Roteirização em arcos com a característica da modalidade de coleta seletiva porta a porta

A modalidade de coleta seletiva porta a porta que está associada na literatura com a roteirização em arcos é a modalidade mais utilizada nos municípios brasileiros (CEMPRE, 2014a). Percebe-se com a pesquisa-ação que a roteirização em arcos na qual o caminhão vai passando por todas as ruas realizando a coleta não é a ideal para a implantação de um programa de coleta seletiva. Também não é a ideal para uma cidade onde a população não é consciente sobre a necessidade de sua participação no programa. Isto porque passar em todas as ruas com o caminhão da coleta seletiva para atender a população acarretará em grandes

custos de transporte que provavelmente não serão pagos com a venda do material reciclável coletado. Esse fator é especialmente importante no início da implantação, onde não há um grande volume de material reciclável recolhido, pois não existe ainda uma grande participação da população em relação ao programa. Uma adaptação utilizando a roteirização em nós com a característica da modalidade porta a porta (passar em todas as residências) foi a que mais atendeu os requisitos da COOPRECI. Nessa adaptação, os catadores vão percorrendo todas as ruas de cada bairro e encontram o caminhão em determinados locais (pontos de parada) para depositar no caminhão o material reciclável até então coletado.

Já no que se refere ao objetivo específico de **identificar quais os benefícios econômicos, sociais e ambientais gerados através da implantação**, todos os benefícios obtidos através da pesquisa-ação e consequente implantação foram descritos na seção 4.5 deste trabalho: houve uma melhoria da quantidade coletada por mês pela cooperativa e do volume médio coletado por mês por catador; evitou-se que cerca de 89 toneladas de materiais recicláveis fossem destinadas ao lixão; evitou-se que cerca de 2,3 toneladas de poluentes atmosféricos fossem liberadas; gerou-se uma economia de cerca de R\$ 14 mil e gerou-se uma renda melhor para cada catador da COOPRECI.

5. CONCLUSÕES

A Política Nacional de Resíduos Sólidos apresentou uma nova situação em termos de implantação e melhoria de programas de coleta seletiva para os municípios brasileiros. Para se adequarem a nova lei, todos os municípios brasileiros precisarão possuir programas de coleta seletiva e que tais programas funcionem de maneira eficiente. Todavia, não existem modelos que auxiliem na implantação de programas de coleta seletiva, pois faltam estudos que retratem experiências de implantação. Nesta conjuntura, é importante não só implantar programas de coleta seletiva, como também retratar e estudar a implantação, de maneira que ocorra a geração de conhecimento sobre como a implantação pode ou deve ocorrer.

A pesquisa-ação é um método de pesquisa que tem como objetivo a resolução de um problema real, e que não se limita apenas a uma ação, mas procura aumentar o conhecimento sobre o problema de pesquisa. Assim, o objetivo do trabalho foi retratar e estudar o planejamento e a implementação de um programa de coleta seletiva em um município brasileiro através de uma pesquisa-ação, utilizando-se de um SIG para a elaboração dos roteiros de coleta. Esse objetivo foi atingido a contento, tendo sido gerado uma gama de conhecimento com a implantação através da pesquisa-ação que, espera-se, possa servir como base de informações e referências que auxiliem na tomada de decisões de órgãos e autoridades públicas que necessitam implantar programas de coleta seletiva ou melhorar programas já existentes para se adequarem a PNRS.

A utilização do SIG permitiu a elaboração de roteiros de coleta mais eficazes, no que diz respeito à utilização dos veículos de coleta, tempos em jornada trabalho e distâncias percorridas. A implantação do programa em todo o município de São Lourenço, localizado no sul de Minas Gerais e que até então não possuía um programa de coleta seletiva, foi realizada através da execução de sete ciclos de melhoria e aprendizagem. Cada ciclo correspondeu à expansão do programa para um novo grupo de bairros. Todo o conhecimento gerado em cada ciclo serviu de base para os ciclos posteriores.

Percebe-se que a implantação de um programa de coleta seletiva possibilitou a geração de benefícios ambientais, econômicos e sociais para todos os envolvidos no projeto, desde a população até a prefeitura da cidade. Ademais, através da pesquisa-ação foi possível a identificação das principais barreiras e das melhores práticas para a implantação. Como cinco principais barreiras para a implantação:

- Conscientização e participação da sociedade no programa de coleta seletiva;
- Falta de apoio da prefeitura e de empresas particulares;
- Falta de estrutura da cooperativa;
- Falta de benefícios trabalhistas para os cooperados;
- Falta de capacitação dos cooperados.

Como as três principais melhores práticas:

- O serviço deve ocorrer em dias alternados com a coleta de lixo convencional;
- Iniciar a implantação do programa em um bairro piloto e seguir com a expansão do programa;
- Roteirização em arcos com a característica da modalidade de coleta seletiva porta a porta.

A principal barreira encontrada neste trabalho: **conscientização e participação da sociedade no programa de coleta seletiva** também foi destacada em outros trabalhos. Deste modo, pode-se concluir que quando houver a implantação de programas de coleta seletiva é necessário que o maior número possível de meios de comunicação seja utilizado para a divulgação do programa, com explicações detalhadas sobre as novas atividades, frequências e horários de execução do serviço. O objetivo deve ser o de alcançar o maior número possível de moradores e que a população seja conscientizada sobre os benefícios ambientais e sociais que um programa de coleta seletiva proporciona. A população deve ter consciência do quanto a coleta seletiva contribui na resolução dos problemas ambientais, reaproveitando e reintroduzindo no ciclo produtivo os materiais coletados, além da renda que a mesma fornece aos catadores. Os moradores precisam entender que ao realizar a separação do seu lixo está favorecendo não só o meio ambiente, mas também uma classe de trabalhadores que na maioria das vezes é marginalizada na sociedade. Tal conscientização e participação são também relevantes quando se analisam os custos relativos à implantação. Por exemplo, neste trabalho verificou-se que a modalidade de coleta seletiva porta a porta (roteirização em arcos) não foi a ideal para a implantação, já que passar em todas as ruas com o caminhão da coleta seletiva para atender a população acarreta em grandes custos de transporte que provavelmente não serão pagos com a venda do material coletado, visto que no início da implantação não há um grande volume de material recolhido, pois não existe ainda uma grande participação da população em relação ao programa.

Percebe-se também que, mesmo com a aprovação da PNRS, que instituiu as obrigações das prefeituras e empresas particulares no estímulo e no fortalecimento da coleta seletiva com a integração de cooperativas na prestação de serviço, ainda é pouco o apoio efetivo de prefeituras e empresas particulares na implantação e execução de programas de coleta seletiva. Tal situação é evidenciada com a identificação da barreira **falta de apoio da prefeitura e de empresas particulares** neste e em outros trabalhos. É necessário que as prefeitura e empresas particulares forneçam auxílio às cooperativas de catadores, participando do projeto de maneira a patrocinar a realização dos serviços e a comprar equipamentos e materiais.

Neste sentido, busca-se também vencer outra barreira identificada neste e em outros trabalhos: **falta de estrutura da cooperativa**. As prefeituras e empresas particulares podem ainda ajudar na capacitação, treinamento e supervisão por períodos prolongados dos catadores, com o intuito de que possam sozinhos administrar uma cooperativa, realizando todas as atividades administrativas, visto que a **falta de capacitação dos cooperados** também foi uma dificuldade encontrada neste estudo e ressaltada em outros trabalhos. Outro ponto importante em relação a esta barreira é a necessidade de contextualizar constantemente junto a cada cooperado o papel que cada um deles tem em relação aos objetivos traçados do programa, ou ainda, a importância que cada um deles tem na garantia de regularidade do serviço de coleta seletiva. A garantia da regularidade do serviço de coleta seletiva pelos catadores também tem relação com a barreira **falta de benefícios trabalhistas para os cooperados**, que acarreta tanto a falta de catadores associados à cooperativa como também a alta rotatividade na cooperativa. Tal barreira foi encontrada não só neste estudo como também destacada em outros trabalhos e, assim, nota-se que é indispensável que haja a busca de benefícios trabalhistas para os cooperados e o pagamento de salários justos pelos serviços prestados pelos catadores tanto na implantação como na melhoria de programas de coleta seletiva.

Por fim, a partir das barreiras encontradas na implantação do programa de coleta seletiva no município de São Lourenço e em outros trabalhos, conclui-se que uma maneira de garantir uma melhor implantação e de melhorar programas de coleta seletiva que já existem é a criação de parcerias efetivas entre as prefeituras, empresas particulares e cooperativas de catadores para a realização do serviço de coleta seletiva. As prefeituras e empresas privadas possuem mecanismos físicos e econômicos que podem auxiliar uma cooperativa de catadores desde o início da implantação de um programa de coleta seletiva, além de serem agentes

determinantes para ultrapassar a principal barreira encontrada neste estudo: **conscientização e participação da sociedade no programa de coleta seletiva**. Prefeituras e empresas particulares possuem diversos mecanismos que podem melhorar a participação da população no programa, por exemplo, sucessivas campanhas de divulgação do programa pela prefeitura e a instalação de Pontos de Entrega Voluntária/Ecopontos em supermercados, respectivamente.

5.1. LIMITAÇÕES E SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

Finalmente, é importante reconhecer as limitações existentes nesta pesquisa e sugerir trabalhos futuros, que possam confirmar e/ou melhor os resultados descritos acima. As principais limitações deste trabalho foram:

- Não foi possível estimar a porcentagem de melhoria da eficiência da cooperativa e do trabalho dos catadores a partir da execução do projeto devido a falta de dados sobre o volume coletado pelos catadores da COOPRECI antes do início do projeto;
- Não foi possível estimar a taxa de desvio dos resíduos sólidos urbanos que a implantação do programa de coleta seletiva possibilitou por falta de dados referentes às características físicas e do volume dos resíduos sólidos urbanos gerados em São Lourenço. Essa taxa é calculada através do volume de RSU coletados a partir da coleta de lixo convencional e do volume coletado a partir da coleta seletiva. Um dos benefícios de um programa de coleta seletiva é a redução da quantidade de resíduos sólidos urbanos destinados para aterros/lixões e a ausência de tal estimativa pode dificultar uma melhor medição dos benefícios gerados pela coleta seletiva.

E, sugere-se para trabalhos futuros:

- Os estudos e análises feitos neste trabalho foram referentes a implantação do programa de coleta seletiva tendo como agente executor uma cooperativa de catadores. Sabe-se que existem outros dois agentes executores: prefeitura e empresas particulares. Os resultados obtidos com a implantação de um programa de coleta seletiva tendo como agentes prefeitura e empresas particulares também devem ser estudados e analisados;
- Visto que a principal barreira encontrada para a implantação do programa de coleta seletiva foi a conscientização e participação da população no programa, é interessante

realizar projeções sobre o aumento da participação da população no programa com o passar do tempo, verificando quais os benefícios tal aumento pode acarretar;

- Uma vez que foi necessária uma adaptação na modalidade de coleta seletiva porta a porta para a implantação do programa no município de São Lourenço devido aos custos de transporte e coleta, é relevante verificar os custos fixos e variáveis do transporte e da coleta das diferentes modalidades de coleta seletiva;
- Realizar estudos sobre a composição gravimétrica e volume dos resíduos sólidos urbanos gerados em São Lourenço, de maneira a possibilitar uma melhor análise da contribuição do programa de coleta seletiva;

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABDI. AGÊNCIA BRASILEIRA DE DESENVOLVIMENTO INDUSTRIAL. **Logística Reversa de Equipamentos Eletroeletrônicos: Análise de Viabilidade Técnica e Econômica**, 2012. Disponível em: <http://www.desenvolvimento.gov.br/arquivos/dwnl_1362058667.pdf>. Acesso em: 08 jan. 2015.

ABDULI, M. A.; TAVAKOLLI, H.; AZARI, A. Alternatives for solid waste management in Isfahan, Iran: A case study. **Waste Management Research**, v. 31, p. 532-537, 2013.

ABRELPE. Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais. **Panorama dos Resíduos Sólidos no Brasil**, 2013.

ABOUSAEIDI, M.; FAUZI, R.; MUHAMAD, R. Geographic Information System (GIS) modeling approach to determine the fastest delivery routes. **Saudi Journal of Biological Sciences**. 2015. <http://dx.doi.org/10.1016/j.sjbs.2015.06.004>

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.

AGOSTINO, F.; ALMEIRA, C. M. V. B.; BONILLA, S. H.; SACOMANO, B. J.; GIANNETTI, B. F. Urban solid waste plant treatment in Brazil: Is there a net energy yield on the recovered materials? **Resources, Conservation and Recycling**, v. 73, p. 143-155, 2013.

AHLUWALIA, P. K.; NEMA, A. K., A life cycle based multi-objective optimization model for the management of computer waste. **Resources, Conservation and Recycling**, v. 51, n. 4, p. 792-826, 2007.

ALLESCH, A.; BRUNNER, P. H. Assessment methods for solid waste management: A literature review. **Waste Management & Research**, v. 32, n. 6, p. 461-473, 2014.

AL-KHATIB, I. A.; AJLOUNY, H.; AL-SARI, M. I.; KONTOGIANNI, S. Residents' concerns and attitudes toward solid waste management facilities in Palestine: A case study of Hebron district. **Waste Management & Research**, v. 32, n. 3, p. 228-236, 2014.

ANDERY, M. A.; MICHELETTO, N. SÉRIO, T. M.; RUBANO, D. R.; MOROZ, M.; GIOIA, S. C.; GIANFALDONI, H. T. A.; SAVIOLI, M. R.; ZANOTTO, M. L. B. **Para compreender a ciência: uma perspectiva histórica**. Rio de Janeiro: Editora EDUC, 2004.

BADRAN, M. F.; EL-HAGGAR, S. M. Optimization of Municipal Solid Waste Management in Port Said – Egypt. **Waste Management**, v. 26, p. 534-545, 2006.

BALTES, L.; DRAGHICI, C.; MANEA, C.; CEAUSESCU, D.; TIHEREAN, M. Trends in selective collection of the household waste. **Environmental Engineering and Management Journal**, v. 8, n. 4, p. 985-991, 2009.

BAPTISTA, V. F. As políticas públicas de coleta seletiva no município do Rio de Janeiro: onde e como estão as cooperativas de catadores de materiais recicláveis? **Revista Administração Pública**, v. 49, n. 1, p. 141-164, 2014.

BATTISTELLA, N. **Avaliação de modelo computacional para planejamento e otimização de rotas de coleta para catadores de materiais recicláveis**. Dissertação de mestrado. Programa de Pós-graduação em Engenharia Ambiental, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2014.

BARROS, R. M.; FILHO, G. L. T.; MOURA, J. S.; PIERONI, M. F.; VIEIRA, F. C.; LAGE, L. R.; MOHR, G. S.; BASTOS, E. A. S. Design and implementation study of a Permanent Selective Collection Program (PSCP) on a University campus in Brazil. **Resources, Conservation and Recycling**, v. 80, p. 97-106, 2013.

BATATA, A. G. R. O uso do SIG na roteirização de veículos de coleta de Resíduos Sólidos Urbanos. In: 22º Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental, Joinville/SC, 2003. **Anais...** Joinville, 2003.

BALLOU, R. H. **Gerenciamento da Cadeia de suprimentos/logística empresarial**. 5. ed. Porto Alegre: Bookman, 2006.

BEIJOCO, F.; SEMIÃO, V.; ZSIGRAIOVÁ, Z. **Optimization of a municipal solid waste collection and transportation system**, 2009. Disponível em: < <https://fenix.tecnico.ulisboa.pt/downloadFile/395142733883/Paper.pdf> >. Acesso em: 15 set. 2015.

BELIËN, J.; BOECK, L. DE; ACKERE, J. V. Municipal solid waste collection and management problems: a literature review. **Transportation Science**. v. 48, n. 1, p. 78-102, 2012.

BERRY, J. K. **A brief history and probable future of geotechnology**, 2006. Disponível em: <http://www.innovativegis.com/basis/Papers/Other/Geotechnology/Geotechnology_history_future.htm> Acesso: 25 out. 2015.

BERRY, J. K.; MEHTA, S. **An Analytical Framework for GIS Modeling**, 2009. Disponível em: <<http://www.innovativegis.com/basis/Papers/Other/GISmodelingFramework/>> Acesso em: 25 out 2015.

BESEN, G. R. **Coleta seletiva com inclusão de catadores: construção participativa de indicadores e índices de sustentabilidade**. Tese de doutorado. Programa de Pós-graduação da Faculdade de Saúde Pública, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2011.

BESEN, G. R.; RIBEIRO, H.; GÜNTHER, W. M. R.; JACOBI, P. R. Coleta seletiva na região metropolitana de São Paulo: impactos da Política Nacional de Resíduos Sólidos. **Ambiente & Sociedade**, v. 17, n. 3, p. 259-278, 2014.

BEZERRA, J. P. P. Gestão de resíduos sólidos e geotecnologias: considerações elementares. **Fórum Ambiental da Alta Paulista**, v. 10, n. 4, 2014.

BILLA, L. PRADHAN, B. GIS Modeling for Selection of a Transfer Station Site for Residential Solid Waste Separation and Recycling. **Pertanika Journal of Science & Technology**, v. 21, n. 2, p. 487-198, 2013.

BING, X.; KEIZER, M.; BLOEMHOF-RUWAARD, J. M.; VAN DER VORST, J. G. A. J. Vehicle-Routing for the Eco-Efficient Collection of Household PlasticWaste, **Waste Management**, v. 34, n. 4, p. 719-729, 2014.

BORTOLI, M. A. Processos de organização de catadores de materiais recicláveis: lutas e conformações **Revista Katálysis**, v. 16, n. 2, p. 248-257, 2013.

BRASIL. **Lei nº 12.181, de 29 de setembro de 2009**. Institui a Política Nacional sobre Mudança do Clima e outras providências, 2009. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2009/lei/112187.htm> Acesso: 15 jan. 2016.

_____. **Lei nº 12.305, de 2 de agosto de 2010**. Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos e outras providências, 2010. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2010/lei/112305.htm> Acesso: 15

abr. 2015.

_____. **Plano Nacional de Resíduos Sólidos**. Versão preliminar para consulta pública, 2011. Disponível em: http://www.mma.gov.br/estruturas/253_publicacao/253_publicacao02022012041757.pdf. Acesso em: 11 out 2015.

_____. **Contribuição do Brasil para o acordo sobre mudança do clima de Paris**, 2015. Disponível em: http://www.itamaraty.gov.br/images/ed_desenvsust/BRASIL-iNDC-portugues.pdf. Acesso em: 25 jan. 2016.

BRASILEIRO, L. A.; LACERDA, M. G. Análise do uso de SIG no roteamento dos veículos de coleta de resíduos sólidos domiciliares. **Engenharia Sanitária Ambiental**, v. 13, n. 4, p. 356-360, 2008.

BRINGHENTI, J. R. **Coleta seletiva de resíduos sólidos urbanos: aspectos operacionais e da participação da população**. Tese de Doutorado. Departamento de Saúde Ambiental da Faculdade de Saúde Pública. Universidade de São Paulo. São Paulo, 2004.

BRINGHENTI, J. R.; GÜNTHER, W. M. R. Participação social em programas de coleta seletiva de resíduos sólidos urbanos. **Engenharia Sanitária Ambiental**, v. 16, n. 4, p. 421-430, 2011.

BRINGHENTI, J. R.; ZANDONADE, E.; GÜNTHER, W. M. R. Selection and validation of indicators for programs selective collection evaluation with social inclusion. **Resources, Conservation and Recycling**, v. 55, p. 876-884, 2011.

BRITO, R. A. F. **Uso do sistema de informação geográfica para a análise do transporte e disposição final dos resíduos sólidos**. Dissertação de Mestrado. Programa de mestrado em Engenharia Civil. Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Ilha Solteira, 2006.

BROOMFIELD, M., DAVIES, J., HARRISON, R.; BELLAMY, N. **Review of Environmental and Health Effects of Management of Municipal Solid Waste**. University of Birmingham, Birmingham, UK. 2006. Disponível em: http://www.seas.columbia.edu/earth/wtert/sofos/UK_DEFRA_Analysis_June09.pdf. Acesso em: 23 jul. 2015.

BRUNNER, P. H. Cycles, spirals and linear flows. **Waste Management & Research**, v. 31, p. 1-2, 2013.

BUENROSTRO, O.; ORTEGA, J.M.; CLEMITSHAW, K.; GONZÁLEZ, C.; HERNÁNDEZ I.Y. Use of genetic algorithms to improve the solid waste collection service in an urban area. **Waste Management**, v. 41, p. 20-27, 2015.

BUFONI, A. L.; CARVALHO, M. S.; OLIVEIRA, L. B.; ROSA, L. P. The emerging issue of solid waste disposal sites emissions in developing countries: the case of Brazil. **Journal of Environmental Protection**, v. 5, p. 886-894, 2014.

CÂMARA, G.; CASANOVA, M.A.; HEMERLY, A.; MEDEIROS, C.M.B.; MAGALHÃES, G. **Anatomia de Sistemas de Informação Geográfica**, 1996. Disponível em:<<http://www.dpi.inpe.br/gilberto/livro/anatomia.pdf>>. Acesso em: 29 out. 2015.

CAMPOS, H. K. T. **Resíduos Sólidos e sustentabilidade: o papel das instalações de recuperação**. Dissertação de Mestrado. Programa de Pós-graduação em Desenvolvimento Sustentável. Universidade de Brasília, Brasília, 2013.

_____. Recycling in Brazil: Challenges and prospects. **Resources, Conservation and Recycling**, v. 85, p. 130-138, 2014.

CAMPOS, T. **Logística Reversa: aplicação ao problema das embalagens da CEAGESP**. Dissertação de mestrado. Programa de Pós-graduação em Engenharia de Transportes. Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2006.

CÂNDIDO, C. V. L.; SILVA, D. D.; BAIÃO, E. B.; SANTOS, F. L. C. S. **Plano de Gestão Integrada de Coleta Seletiva (PGICS)**. Fundação Estadual do Meio Ambiente: Fundação Israel Pinheiro. Belo Horizonte, 2008.

CANTÓIA, S. F. **Educação ambiental e coleta seletiva em Presidente Prudente – SP: avaliando seus resultados no Conjunto Habitacional Ana Jacinta**. Dissertação de Mestrado. Programa de Pós-graduação em Geografia, Faculdade Ciências e Tecnologia, Universidade Estadual de São Paulo, Presidente Prudente, 2007.

CARVALHO, J. M. G. **Estudo sobre o processo de formação da rede de cooperativas de catadores de materiais recicláveis do Vale do Paraíba – Estado de São Paulo**. Dissertação

de Mestrado. Programa de Pós Graduação em Ciência Ambiental. Universidade de São Paulo. São Paulo, 2013.

CARVALHO, J.; RUIVO, P.; SAMPAIO, J.; CALADO, D. Gestão de Resíduos Sólidos Urbanos (RSU) revisão crítica das variáveis teóricas de suporte, de avaliação e de comunicação. **Revista da UIIPS**, v. 3, n. 4, p.236-254, 2015.

CARVALHO, H.; MIGUEZ, E. Indústria do Samba e Logística Reversa: Estudo de Caso do Carnaval Carioca e a Cidade do Samba. In: CONGRESSO DE ENGENHARIA DO ENTRETENIMENTO, RIO O ANO TODO. Rio de Janeiro. **Anais...**, Rio de Janeiro, 2006.

CARVALHO, M. S.; ROSA, L. P.; FERREIRA, A. C. S. The issue of sustainability and disclosure. A case study of selective garbage collection by the Urban Cleaning Service of the city of Rio de Janeiro, Brazil –COMLURB. **Resources, Conservation, and Recycling**, v. 55, p. 1030-1038, 2011.

CEMPRE. Compromisso Empresarial para a Reciclagem. **Cempre Review**, 2013. Disponível em: <<http://cempre.org.br/artigo-publicacao/artigos>>. Acesso: 20 jan. 2016.

_____. **Pesquisa CICLOSOFT**, 2014a. Disponível em: <<http://cempre.org.br/ciclossoft/id/2>>. Acesso: 10 jan. 2015.

_____. **CEMPRE informa número 134 março/abril 2014: desafios e oportunidades**, 2014b. Disponível em: < <http://cempre.org.br/cempre-informa/id/15/pro-catador--premio-reconhece-programas-de-coleta-seletiva-eficientes->>. Acesso: 20 abr. 2015.

_____. **CEMPRE informa número 141 maio/junho 2015: material reciclável**, 2015a. Disponível em: < <http://cempre.org.br/cempre-informa/id/15/pro-catador--premio-reconhece-programas-de-coleta-seletiva-eficientes->>. Acesso: 20 abr. 2015.

_____. **CEMPRE informa número 142 julho/agosto 2015: material reciclável**, 2015b. Disponível em: < <http://cempre.org.br/cempre-informa/id/15/pro-catador--premio-reconhece-programas-de-coleta-seletiva-eficientes->>. Acesso: 20 abr. 2015.

_____. **CEMPRE informa número 143 setembro/outubro 2015: material reciclável**, 2015c. Disponível em: < <http://cempre.org.br/cempre-informa/id/15/pro-catador--premio-reconhece-programas-de-coleta-seletiva-eficientes->>. Acesso: 20 abr. 2015.

CHANG, N. B.; CHEN, Y. L.; WANG, S. F. A fuzzy interval multiobjective mixed integer programming approach for the optimal planning of solid waste management systems. **Fuzzy Sets and Systems**, v. 89, n. 1, p. 35-60, 1997.

CHALKIAS, C.; LASARIDI, K. **A GIS based model for the optimisation of municipal solid waste collection: the case study of Nikea, Athens, Greece.** WSEAS TRANSACTIONS on ENVIRONMENT and DEVELOPMENT, 2009.

CHAVES, G. L. D.; ALCÂNTARA, R. L. C.; ASSUMPCÃO, M. R. P. Medidas de desempenho na logística reversa: o caso de uma empresa do setor de bebidas. **Relatórios de Pesquisa em Engenharia de Produção**, v. 8, n. 2, p. 1-23, 2008.

CHAVES, G. L. D.; SANTOS JR, J. L.; ROCHA, S. M. S. The challenges for solid waste management in accordance with Agenda 21: a Brazilian case review. **Waste Management & Research**, v. 32, n. 9, p. 19-31, 2014

COELHO, H. M. G.; LANGE, L. C.; COELHO, L. M. G. Proposal of an environmental performance index to assess solid waste treatment technologies. **Waste Management**, v. 32, p. 1473-1481, 2012.

COUGHLAN, P.; COUGHLAN, D. Action Research for operations management. **International Journal of Operations & Production Management**, v. 22, n. 2, p. 220-240, 2002.

COUGHLAN, D.; SHANI, A. B. Creating action research quality in organization development: rigorous, reflective and relevant. **Systematic Practice and Action Research**, v. 27, p. 523-536, 2014.

COSTA, L. E. B.; COSTA, S. K.; REGO, N. A. C.; SILVA, M. F. Gravimétrica dos resíduos sólidos urbanos domiciliares e perfil socioeconômico no município de Salinas, Minas Gerais. **Revista Ibero-Americana de Ciências Ambientais**, v. 3, n. 2, p. 73-90, 2012.

CSCMP. COUNCIL OF SUPPLY CHAIN MANAGEMENT PROFESSIONAL. **Supply chain and logistics terms and glossary**, 2010. Disponível em: <<http://cscmp.org/digital/glossary/glossary.asp>>. Acesso em: 28 set. 2015.

CUNHA, C. B. Aspectos práticos da aplicação de modelos de roteirização de veículos a problemas reais. **Transportes**, v. 8, n. 2, p. 51-74, 2000.

CUNHA, V.; CAIXETA FILHO, J. V. Gerenciamento da coleta de resíduos sólidos urbanos: estruturação e aplicação de modelo não-linear de programação por metas. **Gestão & Produção**, v. 9, n. 2, p. 143-161, 2002.

DAMÁSIO, J. **Impactos socioeconômicos e ambientais do trabalho dos catadores na cadeia da reciclagem**. Relatório final. Brasília: MDS: Pangea, 2010.

DEMIRBAS, A. Waste management, waste resource facilities and waste conversion process. **Energy Conversion and Management**, v. 52, n. 2, p. 1280-1287, 2011.

DEUS, R. M. **Avaliação de cenários para a gestão dos Resíduos Domiciliares na região norte do Vale do Paraíba/SP**. Dissertação de Mestrado. Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção. Faculdade de Engenharia de Bauru. Universidade Estadual Paulista “Júlio De Mesquita Filho”. Bauru, 2015.

DIAS, S. M. **Overview of the Legal Framework for Social Inclusion in Solid Waste Management in Brazil**. Cambridge, Massachusetts, USA: WIEGO, 2010.

DO CARMO, M. S.; OLIVEIRA, J. A. P. The Semantics of Garbage and the organization of the recyclers: Implementation challenges for establishing recycling cooperatives in the city of Rio de Janeiro, Brazil. **Resources, Conservation and Recycling**, v. 54, p. 1261-1268, 2010.

FERRAZ, L.; GOMES, M. H. A.; BUSATO, M. A. O catador de materiais recicláveis: um agente ambiental. **Cadernos EBAPE.BR**, v. 10, n. 3, p. 763-768, 2012.

FERRI, G. L.; CHAVES, G. L. D.; RIBEIRO, G. M. 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, 2015.

FILHO, J. A. P.; SILVEIRA, F. F. S.; LUZ, E. G.; OLIVEIRA, R. B. Comparação entre as massas de resíduos sólidos urbanos coletadas na cidade de São Paulo por meio de coleta seletiva e domiciliar. **Revista de Gestão Ambiental e Sustentabilidade**, v. 3, n. 3, 2014.

FINNVEDEN, G.; JOHANSSON, J.; LIND, P.; MOBERG, A. Life cycle assessment of energy from solid waste-part 1: general methodology and results. **Journal of Cleaner Production**, v. 13, p. 213-229, 2005.

FIORE, F. A. **A gestão municipal de resíduos sólidos por meio de redes técnicas.** Dissertação de Mestrado. Faculdade de Engenharia Civil. Universidade Estadual de Campinas. Campinas, 2013.

FLEISCHMANN, M.; BLOEMHOF-RUW ARR, J. M.; DEKKER, R.; VAN DER LAAN, E.; VAN NUNEN, Jo A. E. E.; VAN WASSENHOVE, L. N. Quantitative models for reverse logistics: a review. **European Journal of Operation Research**, v. 103, p. 1-17, 1997.

FUZARO, J. A.; RIBEIRO, L. T. **Coleta Seletiva para prefeituras.** Secretaria de Meio Ambiente – SMA: 5ª ed. São Paulo, 2007.

GALLARDO, A.; CARLOS, M.; PERIS, M.; COLOMER, F. J. Methodology to design a municipal solid waste pré-collection system. A case study. **Waste Management**, v. 36, p. 1-11, 2015.

GHOSE, M. K.; DIKSHIT, A. K.; SHARMA, S. K. A GIS based transportation model for solid waste disposal – A case study on Asansol municipality. **Waste Management**, v. 26, p. 1287-1293, 2006.

GODECKE, M. V.; CHAVES, I. R.; NAIME, R. H. Gestão de resíduos sólidos urbanos no Brasil: o caso de Canoas, RS. **Revista Eletrônica em Gestão, Educação e Tecnologia Ambiental**, v. 7, n. 7, p. 1430-1439, 2012.

GODOY, M. R. B. Dificuldades para aplicar a Lei da Política Nacional de Resíduos Sólidos no Brasil. **Caderno de Geografia**, v. 23, n. 39, 2013.

GONÇALVES, M. E.; MARINS, F. A. S. Logística Reversa numa empresa de laminação de vidros: um estudo de caso. **Revista Gestão & Produção**, v. 13, n. 3, p. 397-410, 2006.

GOLÇALVES, A. T. T. **Potencialidade energética dos resíduos sólidos domiciliares e comerciais do município de Itajubá – MG.** Dissertação de Mestrado. Programa de Pós-Graduação em Engenharia da Energia. Universidade Federal de Itajubá. Itajubá, 2007.

GONÇALVES-DIAS, S. L. F. **Catadores: uma perspectiva de sua inserção no campo da indústria de reciclagem.** Tese de doutorado. Programa de Pós-graduação em Ciência Ambiental. Universidade de São Paulo, São Paulo, 2009.

GONZÁLEZ-TORRE P. L.; ADENSO-DIAZ, B.; RUIZ-TORRES, A. Some comparative factors regarding recycling collection systems in regions of the USA and Europe. **Journal of Environmental Management**, v. 69, p. 129-138, 2003.

GOUVEIA, N. Resíduos sólidos urbanos: impactos socioambientais e perspectiva de manejo sustentável com inclusão social. **Ciência & Saúde Coletiva**, v. 17, n. 6, p. 1503-1510, 2012.

GOVINDAN, K.; SOLEIMANI, H.; KANNAN, D. Reverse logistics and closed-loop supply chain: a comprehensive review to explore the future. **European Journal of Operational Research**, v. 240, p. 603-626, 2015.

GRIMBERG, M. E. Governança democrática e um novo paradigma de gestão de resíduos sólidos. São Paulo, 2005. In: **Mobilização cidadã e inovações democráticas nas cidades**. Edição especial para o FSM, p. 32-37, 2005.

GRIMBERG, M. E.; BLAUTH, P. **Coleta seletiva: reciclando materiais, reciclando valores**. São Paulo: PÓLIS, 1998. Disponível em: <http://www.polis.org.br/obras/arquivo_61.pdf>. Acesso: 20 jan. 2015

GUABIROBA, R. C. S.; D'AGOSTO, M. A.; FRANCA, L. S. Análise de viabilidade econômica da participação de cooperativas populares na cadeia de fornecimento de óleo residual de fritura a fábricas de biodiesel. **Journal of Transport Literature**, v. 8, n. 4, p. 164-186, 2014.

GUERRERO, L. A.; MAAS, G.; HOGLAND, W. Solid waste management challenges for cities in developing countries. **Waste Management**, v. 33, p. 220-232, 2013.

HAN, H.; PONCE-CUETO, E. Waste collection Vehicle Routing Problem: Literature Review. **Traffic & Transportation**, v. 27, n. 4, p. 345-358, 2015.

HAZEN, B. T.; OVERSTREET, R. E.; HALL, D. J.; HUSCROFT, J. R.; HANNA, J. B. Antecedents to and outcomes of reverse logistics metrics. **Industrial Marketing Management**, v. 46, p. 160-170, 2015.

HIRAMA, A. M.; SILVA, S. S. Coleta seletiva de lixo: uma análise da experiência do município de Maringá – PR. **Revista Tecnológica**, v. 18, p. 11-24, 2004.

IBAM. INSTITUTO BRASILEIRO DE ADMINISTRAÇÃO MUNICIPAL. **Gestão integrada de resíduos sólidos**: manual gerenciamento integrado de resíduos sólidos. Rio de Janeiro: IBAM, 2001.

_____. **Cartilha de limpeza urbana**, 2013. Disponível em: <http://www.resol.com.br/cartilha/rs_caract.php>. Acesso em: 04 jan. 2016.

IBGE. INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Pesquisa Nacional de Saneamento Básico**, 2008. Disponível em: <http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/populacao/condicaodevida/pnsb2008/PNSB_2008.pdf>. Acesso em: 07 jan. 2016.

_____. **IBGE Cidades**, 2010. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br/cidadesat/link.php?uf=mg>>. Acesso: 10 mar. 2015.

IPEA. INSTITUTO DE PESQUISA ECONÔMICA APLICADA. **Pesquisa sobre pagamento por serviços ambientais urbanos para gestão de resíduos sólidos**, 2010. Disponível em: <http://www.mma.gov.br/estruturas/253/_arquivos/estudo_do_ipea_253.pdf>. Acesso em: 01 dez. 2015.

_____. **Diagnóstico sobre os catadores de resíduos sólidos**, 2012a. Disponível em: <http://www.ipea.gov.br/agencia/images/stories/PDFs/relatoriopesquisa/121009_relatorio_residuos_solidos_urbanos.pdf>. Acesso em: 30 set. 2015.

_____. **Diagnóstico dos resíduos sólidos urbanos**, 2012b. Disponível em: <http://www.ipea.gov.br/agencia/images/stories/PDFs/relatoriopesquisa/121009_relatorio_residuos_solidos_urbanos.pdf>. Acesso em: 10 set. 2015.

_____. **Situação Social dos catadores e catadoras de material reciclável e reutilizável**, 2013. Disponível em: <http://www.ipea.gov.br/agencia/images/stories/PDFs/situacao_social/131219_relatorio_situacaosocial_mat_reciclavel_brasil.pdf>. Acesso em: 30 set. 2015.

IPT. INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS; CEMPRE. COMPROMISSO EMPRESARIAL PARA RECICLAGEM. **Lixo Municipal**: Manual de Gerenciamento Integrado. 3a edição. São Paulo: IPT, 2010.

JABBOUR, A. B. L. S.; JABBOUR, C. J. C.; SARKIS, J.; GOVINDAN, K. Brazil's new national policy on solid waste: challenges and opportunities. **Clean Technologies Environmental Policy**, v. 16, p. 7-9, 2014.

JACOBI, P. R.; BESEN, G. R. Gestão de resíduos sólidos em São Paulo: desafios da sustentabilidade. **Estudos Avançados**, v. 25, n. 71, p. 135-158, 2011.

JOHANNESSEN, L. M.; BOYER, G. **Observations of Solid Waste Landfills in Developing Countries: Africa, Asia, and Latin America**. Urban Development Division. Waste Management Anchor Team. The World Bank, 2000. Disponível em: <<http://web.mit.edu/urbanupgrading/urbanenvironment/resources/references/pdfs/Observations.pdf>>. Acesso em: 23 jul. 2015.

KADAFKA, A. A.; MANAF, L. A.; SULAIMAN, W. N. A.; ABDULLAH, S. H. Applications of system analysis techniques in solid waste management assessment. **Polish Journal of Environmental Studies**, v. 23, n. 4, p. 1061-1070, 2014.

KANNAN, G.; PALANIAPPAN, M.; ZHU, Q.; KANNAN, D. Analysis of third party reverse logistics provider using interpretive structural modeling. **International Journal of Production Research**, v. 140, n. 1, p. 204-11, 2012.

KARADIMAS, N. V.; PAPATZELOU, K.; LOUMOS, V. G. Optimal Solid Waste Collection Routes Identified by Ant Colony System Algorithm, **Waste Management & Research**, v. 25, p.139-147, 2007.

KARADIMAS, N.V.; LOUMOS, V.G. GIS-based modeling for the estimation of municipal solid waste generation and collection. **Waste Management & Research**, v. 26, p. 337-346, 2008.

KAYNAK, R.; KOÇOĞLU, I.; AKGÜN, A. E. The role of reverse logistics in the concept of logistics centers. **Procedia - Social and Behavioral Sciences**, v. 109, p. 438-442, 2014.

KHAN, D.; SAMADDER, S. R. Municipal solid waste management using geographical information system aided methods: A mini review. **Waste Management & Research**, v. 32, n. 11, p. 1049-1062, 2014.

KINOBE, J. R.; GEBRESENBET, G.; NIWAGABA, C. B.; VINNERÅS, B. Reverse logistics system and recycling potential at a landfill: A case study from Kampala City. **Waste Management**, n. 42, p. 82-92, 2015.

KOTHARI, C. R. **Research methodology: Methods and techniques**. New Age International, 2004.

KUHNEN, A. **Reciclando o cotidiano: representações sociais do lixo**. Florianópolis: Letras Contemporâneas, 1995.

LACERDA, M. G. **Análise de uso de SIG no sistema de coleta de resíduos sólidos domiciliares em uma cidade de pequeno porte**. Dissertação de Mestrado. Programa de Pós Graduação em Engenharia Civil, Universidade Estadual Paulista, Ilha Solteira, 2003.

LASARIDI, K. E.; ROVOLIS, A.; ABELIOTIS, K. Waste management costs in Greece: spatial patterns and causal factors. In: K. Aravossis, C.A. Brebbia, E. Kakaras and A.G. Kungolos (eds.), **Environmental Economics and Investment Assessment**, WIT Press, pp. 55-64, 2006.

LEAO, S.; BISHOP, I.; EVANS, D. Assessing the demand of solid waste disposal in urban region by urban dynamics modelling in a GIS environment. **Resources, Conservation and Recycling**, v. 33, n. 4, p. 289-313, 2001.

LEITE, P. R. **Conselho de Logística Reversa do Brasil**, 2011. Disponível em: <<http://www.clrb.com.br/site/>>. Acesso em: 05 jan. 2015.

LEITE, P. R. **Logística reversa: meio ambiente e competitividade**. São Paulo: Pearson Prentice Hall, 2009.

LEITE, P. R.; BRITO, E. Z. Reverse logistics of returned products: is Brazil ready for the increasing challenge? In: CONGRESSO BALAS - THE BUSINESS ASSOCIATION OF LATIN AMERICAN STUDIES, 2003, São Paulo. **Anais...**, São Paulo, 2003.

LIMA, R. S. **Bases para uma metodologia de apoio à decisão para serviços de educação e saúde sob a ótica dos transportes**. Tese de doutorado. Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2003.

LIMA, R. M. S. R. **Implantação de um programa de coleta seletiva porta a porta com inclusão de catadores: estudo de caso em Londrina-PR**. Dissertação de Mestrado.

Programa de Pós Graduação em Engenharia de Edificações e Saneamento. Universidade Estadual de Londrina. Londrina, 2006.

LIMA, R. S.; LIMA, J. P.; SILVA, T. V. V. Roteirização em arcos com um sistema de informações geográficas para transportes: aplicação em coleta de resíduos sólidos urbanos. **Journal of Transport Literature**, v. 6, n. 2, p. 180-196, 2012.

LIMA, R. M. S. R.; SILVA, S. M. C. P. Evaluation of a municipal program of selective collection in the context of the national policy of solid waste. **Acta Scientiarum**, v. 35, n. 4, p. 645-653, 2013.

LWIN, K. K.; MURAYAMA, Y. Web-based GIS system for real-time field data collection using personal mobile phone. **Journal of Geographic Information System**, v. 3, n. 4, p. 382-389, 2011.

LOGAREZZI, A. Educação ambiental em resíduo: uma proposta de terminologia. In: CINQUETTI, H. C.; LOGAREZZI, A. **Consumo e resíduo**: fundamentos para o trabalho educativo. São Carlos: EdUFSCar, 2006.

LOHRI, C. R.; CAMENZIND, E. J.; ZURBRÜGG, C. Financial sustainability in municipal solid waste management – Costs and revenues in Bahir Dar, Ethiopia. **Waste Management**, v. 34, n. 2, p. 542-552, 2014.

LONGLEY, P. A.; GOODCHILD, M.; MAGUIRE, D. J.; RHIND, D. W. **Geographic Information Systems and Science**, 3 ed., John Wiley and Sons, 2011.

LOUREIRO, S., ROVERE, E.; MAHLER, C. Analysis of Potential for Reducing Emissions of Greenhouse Gases in Municipal Solid Waste in Brazil, in the State and City of Rio de Janeiro. **Waste Management**, v. 33, p. 1302-1312, 2013.

MALAKAHMAD, A.; BAKRI, P. M.; MOKHTAR, M. R. M.; KHALIL, N. Solid waste collection routes optimization via GIS techniques in Ipoh city, Malaysia. **Procedia Engineering**, v. 77, p. 20-27, 2014.

MARCONI, M. A.; LAKATOS, E. V. **Fundamentos de metodologia científica**. 6 ed. São Paulo: Atlas, 2009.

MASSUKADO, L. M. **Sistema de apoio a decisão: avaliação de cenários de gestão integrada de resíduos sólidos urbanos domiciliares**. Dissertação de Mestrado. Programa de

Pós Graduação em Engenharia Urbana. Universidade Federal de São Carlos. São Carlos, 2004.

MATOS, D. A. **Tomada de decisão em redes logísticas de reciclagem de materiais através da dinâmica de sistemas**. Tese de Doutorado. Programa de Pós Graduação em Planejamento e Operação de Sistemas de Transportes. Universidade de São Paulo, São Carlos, 2012.

MBULIGWE, S. E. Levels and influencing factor of noise pollution from small scale industries (SSIs) in a developing country. **Environmental Management**, v. 33, n. 5, p. 830-839, 2004.

McDONALD, S.; OATES, C. Reasons for non-participation in a kerbside recycling scheme. **Resources, Conservation and Recycling**, v. 39, n. 4, p. 369-385, 2003.

McDOUGALL, F. R.; WHITE, P. R.; FRANKE, M.; HINDLE, P. **Integrated solid waste management: a life cycle inventory**. 2 ed. Oxford: Blackwell Science, 2001.

MEDEIROS, H. B.; ARAÚJO, M. S. S.; PEREIRA, M. R. V. Reciclagem de Resíduos Sólidos Urbanos: uma proposta interdisciplinar de conscientização em educação ambiental atrelado a um jogo computacional. **Revista Científica ANAP Brasil**, v. 8, n. 10, p. 52-64, 2015.

MELLO, C. H. P.; TURRIONI, J. B.; XAVIER A. F.; CAMPOS, D. F. Pesquisa-ação na Engenharia de Produção: proposta de estruturação para sua condução. **Produção**, v. 22, n. 1, p. 1-13, 2012.

MENIKPURA, S.N.M., SANG-ARUN, J., BENGTSSON, M. Integrated solid waste management: an approach for enhancing climate co-benefits through resource recovery. **Journal of Cleaner Production**, v. 58, n. 1, p. 34-42, 2013.

MIGUEL, P.A.C. (Organizador). **Metodologia de Pesquisa em Engenharia de Produção e Gestão de Operações**, 2 ed., Rio de Janeiro: Elsevier: ABEPRO, 2012.

MIRANDA, J. I. **Fundamentos de Sistemas de Informações Geográficas**. 2. Ed. rev. atual. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica, 2010.

MMA. MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE. **Guia para elaboração dos Planos de Gestão de Resíduos Sólidos**, 2011. Disponível em: <

http://www.mma.gov.br/estruturas/srhu_urbano/_arquivos/guia_elaborao_plano_de_gesto_de_resduos_rev_29nov11_125.pdf>. Acesso em: 04 jan. 2016.

MOBERG, A.; FINNVEDEN, G.; JOHANSSON, J.; LIND, P. Life cycle assessment of energy from solid waste - part 2: landfilling compared to other treatment methods. **Journal of Cleaner Production**, v. 13, p. 231-240, 2005.

MONTEIRO, J. H. P.; FIGUEIREDO, C. E. M.; MAGALHÃES, A. F.; MELO, M. A. F.; BRITO, J. C. X.; ALMEIDA, T. P. F.; MANSUR, G. L. **Manual Integrado de Gerenciamento de Resíduos Sólidos**. Instituto Brasileiro de Administração Municipal - IBAM, Rio de Janeiro, 2001.

MOTTA, W. H. Logística Reversa e a Reciclagem de embalagens no Brasil. In: CNEG – CONGRESSO NACIONAL DE EXCELÊNCIA EM GESTÃO, 7., 2011, Rio de Janeiro. **Anais...**, Rio de Janeiro, 2011.

MOUSTAFA, A., ABDELHALIM, A. A., ELTAWIL, A. B., FORS, N. January. **Waste Collection Vehicle Routing Problem: Case Study in Alexandria, Egypt**. In: The 19th International Conference on Industrial Engineering and Engineering Management, Springer Berlin Heidelberg, p. 935-944, 2013.

MURTHY, S. N.; BHOJANNA, U. **Business research methods**. Excel Books India, 2009.

NARDI, P. C. C. **Logística reversa: proposta de um modelo para acompanhamento da sustentabilidade de um processo produtivo de Ref PET**. Dissertação de Mestrado. Programa de Pós Graduação em Administração de Organizações. Universidade de São Paulo. Ribeirão Preto, 2013.

NETO, T. J. P. A Política Nacional de Resíduos Sólidos: Os reflexos nas cooperativas de catadores e a logística reversa. **Diálogo**, n. 18, p. 77-96, 2011.

NIKNEJAD, A.; PETROVIC, D. Optimisation of integrated reverse logistics networks with different product recovery routes. **European Journal of Operational Research**, v. 238, p. 143-154, 2014.

NITHYA, R.; VELUMANI, A.; SENTHIL KUMAR, S. R. R. **Optimal location and proximity distance of municipal solid waste collection bin using GIS: a case study of**

Coimbatore City. In: WSEAS TRANSACTIONS on ENVIRONMENT and DEVELOPMENT, v. 8, n. 4, 2012.

NUKALA, S.; GUPTA, S. M. **A fuzzy mathematical programming approach for supplier selection in a closed-loop supply chain network.** In: Proceedings of the 2007 Poms-Dallas Meeting, 2007.

NUORTIO, T.; KYTÖJOKI, J; NISKA, H.; BRÄYSY, O. Improved route planning and scheduling of waste collection and transport. **Expert Systems with Application**, v. 30, n. 2, p. 233-232, 2006.

OLIVEIRA, R. L. **Logística Reversa: a utilização de um sistema de informações geográficas na coleta seletiva de materiais recicláveis.** Dissertação de Mestrado. Programa de Pós Graduação em Engenharia de Produção. Universidade Federal de Itajubá. Itajubá, 2011.

OLIVEIRA, R. L.; LIMA, R. S.; LIMA, J. P. Arc Routing Using a Geographic Information System: Application in Recyclable Materials Selective Collection. **Advanced Materials Research (Online)**, v. 838-841, p. 2346-2353, 2014.

OLIVEIRA FILHO, J. D. **Análise do custo de geração de postos de trabalho na economia urbana para o segmento dos catadores de materiais recicláveis:** relatório técnico final. Brasília: Ministério do Desenvolvimento Social e Combate à Fome, 2006.

OLLEY, J. E.; JGOSSE, J. I.; RUDIN, V.; ALABASTER, G. Developing a common framework for integrated solid waste management advances in Managua, Nicaragua. **Waste Management & Research**, v. 32, n. 9, p. 822-833, 2014.

PASCOAL JR., A.; OLIVEIRA FILHO, P. C. Análise de rotas de coleta de resíduos sólidos domiciliares com uso de geoprocessamento. **Revista Acadêmica Ciências Agrária e Ambientais**, v. 8, n. 2, p. 131-144, 2010.

PATEL, M. L.; JAIN, R.; SAXENA, A. Assessment of the Municipal Solid Waste & Status of Implementation of Municipal Solid Waste (Management & Handling), Rules, 2000 in the State of Madhya Pradesh, 2008 – A case study. **Waste Management & Research**, v. 29, n. 5, p. 558-562, 2010.

PEREIRA, M. C. G.; TEIXEIRA, M. A. C. A inclusão de catadores em programas de coleta seletiva: da agenda local à nacional. **Caderno EBAPE.BR**, v. 9, n. 3, p. 895-913, 2011.

PEREIRA NETO, J. T. **Gerenciamento do lixo urbano**: aspectos técnicos e operacionais. Viçosa: UFV, 2007.

PHILIPPI JR, A.; AGUIAR, A. O. Resíduos Sólidos: Características e Gerenciamento. In: PHILIPPI JR. (Org.). **Saneamento, saúde e ambiente**: Fundamentos para um desenvolvimento sustentável. 1 ed. Barueri, SP: Manole, v. 1, p. 267-321, 2005.

PONTA GROSSA **PEVs instalados na cidade de Ponta Grossa**, 2015. Disponível em: <<http://www.pontagrossa.pr.gov.br/node/8291>>. Acesso: 12 abr. 2015.

RADA, E. C. Effects of MSW selective collection on waste-to-energy strategies. **WIT Transactions on Ecology and The Environment**, v. 176, p. 215-223, 2013.

RADA, E. C.; RAGAZZI, M.; FREDIZZI, P. Web-GIS oriented system viability for municipal solid waste selective collection optimization in developed and transient economies. **Waste Management**, v. 33, p. 785-792, 2013.

_____. Selective collection as a pretreatment for indirect solid recovered fuel generation. **Waste Management**, v. 34, n. 2, p. 291-297, 2014.

RAHMAN, S.; RAHMAN, S. H. Application of GIS techniques in Urban Solid Waste Management In a Part of Dhaka City: Mohammadpur Thana, **Journal Of Sustainable Development and Environmental Protection**, v. 1, n. 2, p. 76-88, 2011.

REZENDE, J. H.; CARBONI, M.; MURGEL, M. A. T.; CAPPS, A. L. A. P.; TEIXEIRA, H. L.; SIMÕES, G. T. C.; RUSSI, R. R.; LOURENÇO, B. L. R.; OLIVEIRA, C. A. Composição gravimétrica e peso específico dos resíduos sólidos urbanos em Jaú (SP). **Engenharia Sanitária Ambiental**, v. 18, n. 1, 2013.

RIBEIRO, G.; CÂMARA, G. **Arquitetura de Sistemas de Informação Geográfica**, 2003. Introdução à Ciência da Geoinformação. Disponível em:<<http://www.dpi.inpe.br/gilberto/livro/introd/cap3-arquitetura.pdf>>. Acesso em: 29 out. 2011.

RIBEIRO, L. C. S.; FREITAS, L. F. S.; CARVALHO, J. T. A; FILHO, J. D. O. 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**, v. 24, n. 1, p. 191-214, 2014.

RIBEIRO, H.; BESEN, G. R. Panorama da coleta seletiva no Brasil: Desafios e perspectivas a partir de três estudos de caso. **Revista de Gestão Integrada em Saúde do Trabalho e Meio Ambiente**, v. 2, n. 4, p. 2-18, 2006.

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

RIBEIRO, T. F.; LIMA, S. C. Coleta seletiva de lixo domiciliar – estudos de casos. **Caminhos de Geografia - Revista on line Programa de Pós-Graduação em Geografia**, v. 1, n. 2, p. 50-69, 2000.

ROCHA, D. L. Uma análise da coleta seletiva em Teixeira de Freitas – Bahia. **Caminhos de Geografia**, v. 13, n. 44 p. 140-155, 2012.

ROCHA, L. M. **Análise da implantação da coleta seletiva solidária em órgãos públicos federais à luz do Decreto Federal 5.940/2006**. Dissertação de mestrado. Programa de Pós-Graduação em Saneamento, Meio Ambiente e Recursos Hídricos. Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2010.

RODRIGUES, M. G. V. **Metodologia da pesquisa**: elaboração de projetos, trabalhos acadêmicos e dissertações em ciências militares. 3. ed. Rio de Janeiro: EsAO, 2005.

RODRÍGUEZ, C. À procura de alternativas econômicas em tempos de globalização: o caso das cooperativas de recicladores de lixo na Colômbia. In: SANTOS, Boaventura de Souza (org.) **Produzir para Viver. Os Caminhos da Produção não Capitalista**. Rio de Janeiro: Civilização Brasileira, 2005.

ROGERS, D. S.; TIBBEN-LEMBKE, R. **Going Backwards: Reverse Logistics Trends and Practices**. Reno, University of Nevada: 1999.

_____. An examination of reverse logistics practices. **Journal of Business Logistics**, v. 22, n.2, p.129-148, 2001.

ROTA DA RECICLAGEM. **Rota da Reciclagem: onde reciclar embalagens Longa Vida (Tetra Pak) e outros materiais**, 2015. Disponível em:

<<http://www.rotadareciclagem.com.br/resultadoBusca.html?search=S%C3%A3o%20Louren%C3%A7o&latitude=-22.12517&longitude=-45.05131890000001&checkCooperativa=true&checkPev=true&checkComercio=true#>>.
Acesso em: 05 set. 2015.

_____. **Rota da Reciclagem: onde reciclar embalagens Longa Vida (Tetra Pak) e outros materiais**, 2015. Disponível em: <<http://www.rotadareciclagem.com.br/resultadoBusca.html?search=S%C3%A3o%20Louren%C3%A7o&latitude=-22.12517&longitude=-45.05131890000001&checkCooperativa=true&checkPev=true&checkComercio=true#>>.
Acesso em: 01 out. 2015.

ROVIRIEGO, L. F. V. **Proposta de uma metodologia para a avaliação de sistemas de coleta seletiva de resíduos sólidos domiciliares**. Dissertação de Mestrado. Escola de Engenharia de São Carlos. Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, 2005.

RUTKOWSKI, J. E.; RUTKOWSKI, E. W. Expanding worldwide urban solid waste recycling: The Brazilian social technology in waste pickers inclusion. **Waste Management & Research**, v. 33, n. 12, p. 1084-1093, 2015.

SANTIAGO, L. S.; DIAS, S. M. F. Matriz de indicadores de sustentabilidade para a gestão de resíduos sólidos urbanos. **Engenharia Sanitária Ambiental**, v.17, n.2, p. 203-212, 2012.

SÁTIRO, T. P. O. **Comparação entre dois sistemas de informação geográfica (ArcGIS e GVSIG) na elaboração de um mapa de potencialidade para a silvicultura baseado em elementos do meio físico – a bacia do Paraíba do Sul (porção paulista)**. Dissertação de Mestrado. Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil e Ambiental. Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Bauru, 2013.

SANTOS, F. L. C. **Aspectos da mobilização social para a coleta seletiva de resíduos sólidos urbanos: O caso do município de Coronel Xavier Chaves – MG**. Dissertação de Mestrado. Programa de Pós-Graduação em Saneamento, Meio Ambiente e Recursos Hídricos. Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2004.

SANTOS, S. B. **Análise do uso e ocupação do solo de Áreas de Preservação Permanente utilizando ferramentas de SIG na gestão de bacias hidrográficas: o caso da bacia**

hidrográfica do Ribeirão São Lourenço. Dissertação de Mestrado. Programa de Pós-Graduação em Engenharia da Energia. Universidade Federal de Itajubá. Itajubá, 2007.

SECCHIN, L. F. **Caracterização ambiental e estimativa da produção de cargas difusas da área de drenagem da represa de Itupararanga, SP.** Dissertação de Mestrado. Universidade de São Paulo, São Carlos, 2012.

SHARHOLY, M.; AHMAD, K.; MAHMOOD, G.; TRIVEDI, R. C. Municipal solid waste management in Indian cities – A review. **Waste Management**, v. 28, p. 459-467, 2008.

SHIBAO, F.; MOORI, R.; SANTOS, M. R. A logística reversa e a sustentabilidade empresarial. In: SEMINÁRIOS EM ADMINISTRAÇÃO, 13., 2010, São Paulo. **Anais...** São Paulo, 2010.

SIDIQUE, S.F.; JOSHI, S.V.; LUPI, F. The effects of behavior and attitudes on drop-off recycling activities. **Resources, Conservation and Recycling**, v. 54, n. 3, p. 163-170, 2010.

SNIS. SISTEMA NACIONAL DE INFORMAÇÕES SOBRE SANEAMENTO. **Diagnóstico do manejo de resíduos sólidos urbanos**, 2013. Disponível em: <<http://www.snis.gov.br/PaginaCarrega.php?EWRErterterTERTer=93>>. Acesso: 10 mar. 2015.

SILVA, F. C. M. **Estudo do potencial de recarga de aquíferos com águas residuais tratadas utilizando sistemas de informação geográfica.** Dissertação de Mestrado. Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil. Universidade da Beira Interior, Covilhã, 2011.

SINGER, P. **Economia solidária: um modo de produção e distribuição**, 2003. Disponível em: <<https://financassolidarias.files.wordpress.com/2012/10/economia-solidaria-paul-singer.pdf>>. Acesso em: 07 jan. 2016.

SINGH, J.; LAURENTI, R.; SINHA, R.; FROSTELL, B. Progress and challenges to the global waste management system. **Waste management & Research**, v. 32, n. 9, p. 800-812, 2014.

SIQUEIRA, M. M.; MORAES, M. S. Saúde coletiva, resíduos sólidos urbanos e os catadores de lixo. **Ciência & Saúde coletiva**, v.14, n.6, p. 2115-2122, 2009, 2009.

SMMA. SECRETARIA MUNICIPAL DE MEIO AMBIENTE. **Plano de gerenciamento integrado de coleta seletiva do município de Pimenta**. 2013. Disponível em: <

http://www.pimenta.mg.gov.br/novo/index.php?option=com_content&view=article&id=88&Itemid=90>. Acesso: 18 abr. 2015.

SOUZA, J. C. Reciclagem e Sustentabilidade: A Importância da Logística. In: XI Simpósio e Pesquisa Operacional e Logística da Marinha, Rio de Janeiro. **Anais...** Rio de Janeiro: Centro de Análise de Sistemas Navais da Marinha, p. 140-156, 2008.

SOUZA, R. A. **O Lixo e a conduta Humana: gestão dos insuportáveis na vida urbana.** Tese de Doutorado. Programa de Pós-Graduação em Psicologia. Faculdade de Ciências e Letras. Universidade Estadual Paulista, Assis, 2013.

STARK, F. S.; CANTÃO, L. A. P.; CANTÃO, R. F. Problema de roteamento na coleta seletiva: estudo sobre a cooperativa Reviver, Sorocaba – SP. In: XLV Simpósio Brasileiro de Pesquisa Operacional, 2013, Natal. **Anais...**, p. 1713-1723, 2013.

SUMATHI, V.R.; NATESAN, U.; SARKAR, C. GIS-based approach for optimized siting of municipal solid waste landfill. **Waste Management**, v. 28, p. 2146-2160, 2008.

SUPRIYADI, S.; KRIWOKEN, L. K. Solid waste management solutions for Semarang, Indonesia. **Waste Management & Research**, v. 18, p. 557-566, 2000.

TAVARES, G.; ZSIGRAIOVA, Z.; SEMIAO, V.; CARVALHO, M. G. Optimisation of MSW collection routes for minimum fuel consumption using 3D GIS modeling. **Waste Management**, v. 29, p. 1176-1185, 2009.

THIOLLENT, M. **Metodologia da pesquisa-ação.** 18. ed. São Paulo: Cortez, 2011.

THODE FILHO, S.; MACHADO, C. J. S.; VILANI, R. M.; PAIVA, J. L.; MARQUES, M. R. C. A Logística Reversa e a Política Nacional de Resíduos Sólidos: desafios para a realidade brasileira. **Revista Eletrônica em Gestão, Educação e Tecnologia Ambiental**, v. 19, n. 3, p. 529-538, 2015.

TIBBEN-LEMBKE, R. S.; ROGERS, D. S. Differences between forward and reverse logistics in a retail environment. **Supply Chain Management: an International Journal**, v. 7, n.5, p. 271-282, 2002.

TIMLETT, R.E.; WILLIAMS, I.D. Public participation and recycling performance in England: a comparison of tools for behaviour change. **Resources, Conservation and Recycling**, v. 52, n. 4, p. 622-634, 2008.

TINMAZ, E.; DEMIR, I. Research on solid waste management system: to improve existing situation in Corlu Town of Turkey. **Waste Management**, v. 26, p. 307-314, 2006.

TOSO, E. A. V.; ALEM, D. Effective location models for sorting recyclables in public management. **European Journal of Operational Research**, v. 234, n. 3, p. 839-860, 2014.

TRINDADE, N. A. D. Consciência ambiental: coleta seletiva e reciclagem no ambiente escolar. **Enciclopédia Biosfera**, v.7, n. 12, 2011.

VALENCIA-VÁZQUEZ, R.; PÉREZ-LÓPEZ, M. E.; VICENCIODE-LA-ROSA, M. G. MARTÍNEZ-PRADO, M. A.; RUBIO-HERNÁNDEZ, R. Knowledge and technology transfer to improve the municipal solid waste management system of Durango City, Mexico. **Waste Management & Research**, v. 32, n. 9, p. 848-856, 2014.

VILHENA, A. **Lixo municipal: manual de gerenciamento integrado**. 3 ed. São Paulo: CEMPRE, 2010.

XAVIER, L.H., LEE, D., OFFENHUBER, D., RATTI, C., DINIZ, A., MEDEIROS, R. **Environmental information system for waste electrical electronic equipment (WEEE) management: case study of Pernambuco (Brazil)**. In: Proceedings of the 28th Enviroinfo 2014 Conference, Oldenburg, Germany, September, p. 10-12, 2014.

ZAMORANO, M.; MOLERO, E.; GRINDLAY, A.; RODRÍGUEZ, M. L.; HURTADO, A.; CALVOA, F. J. A planning scenario for the application of geographical information systems in municipal waste collection: A case of Churriana de la Vega (Granada, Spain). **Resources, Conservation and Recycling**, v. 54, n. 2, p. 123-133, 2009.

ZANTA, V. M.; FERREIRA, C. F. A. **Gerenciamento Integrado de Resíduos Sólidos Urbanos**, 2003. Disponível em:< <http://www.web-resol.org/textos/livroprosab.pdf>>. Acesso: 04 ago. 2015.

ZSIGRAIOVA, Z.; SEMIAO, V.; BEIJOCO, F. Operation costs and pollutant emissions reduction by definition of new collection scheduling and optimization of MSW collection routes using GIS. The case study of Barreiro, Portugal. **Waste Management**, v. 33, p. 793-806, 2013.

ZURBRUGG, C.; DRESCHER, S.; PATEL, A.; SHARATCHANDRA, H. C. Decentralized composting of urban waste – an overview of community and private initiatives in Indian cities. **Waste Management**, v. 24, p. 655-662, 2004.

WESTBROOK, R. Action research: a new paradigm for research in production and operations management. **International Journal of Operations & Production Management**, v. 15, n. 12 p. 6-20, 1995.

WORLD BANK. **What a waste: A global review of solid waste management**. Urban Development & Local Government Unit. Washington, DC: The World Bank, 2012. Disponível em: <<http://go.worldbank.org/BCQEP0TMO0>>. Acesso em: 10 jul. 2015.

YE, F.; ZHAO, X.; PRAHINSKI, C.; LI, Y. The impact of institutional pressures, top managers' posture and reverse logistics on performance – evidence from China. **International Journal of Production Economics**, v. 123, p. 132-143, 2013.