

## **PLANEJAMENTO E IMPLANTAÇÃO DE UM PROGRAMA DE COLETA SELETIVA: UTILIZAÇÃO DE UM SISTEMA DE INFORMAÇÃO GEOGRÁFICA NA ELABORAÇÃO DAS ROTAS**

**M. Bernardo e R. S. Lima**

### **RESUMO**

Com a Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS) foi instituída a obrigatoriedade de implantação de programas de coleta seletiva e que tais programas sejam eficientes. Tanto na implantação como na melhoria de programas já existentes deve-se analisar principalmente três questões: quem será o agente executor; qual a modalidade será utilizada e como realizar o planejamento eficiente das rotas de coleta. Uma maneira de otimizar as rotas de coleta é a utilização de um Sistema de Informação Geográfica (SIG). Assim, o objetivo do trabalho foi planejar e implementar um programa de coleta seletiva em São Lourenço, Minas Gerais, com a utilização de um SIG na elaboração das rotas. Todo o processo foi conduzido através de uma pesquisa-ação e sistema foi implementado a contento, possibilitando que toda a população do município seja atendida pelo programa de coleta seletiva.

### **1 INTRODUÇÃO**

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 reúne os princípios, objetivos, metas e instrumentos relativos à gestão de resíduos sólidos (BAPTISTA, 2014). Segundo Chaves *et al.* (2014), uma das questões mais importantes para se alcançar os objetivos da Política Nacional de Resíduos Sólidos é a implantação de programas de coleta seletiva nos municípios brasileiros, onde deve-se atentar a três questões:

- i. Quem será o agente executor da coleta seletiva? Existem três opções: prefeitura, empresa particular ou cooperativa/associação de catadores de materiais recicláveis;
- ii. Qual modalidade de coleta seletiva será utilizada? Existem duas opções: a modalidade porta a porta e a modalidade através de Pontos de Entrega Voluntária (PEVs), também chamados de Ecopontos;
- iii. Como realizar o planejamento eficiente das rotas de coleta dos veículos? Há que se considerar que os custos de coleta e de transporte dos materiais recicláveis são os mais significativos em um programa de coleta seletiva.

A modalidade de coleta seletiva a ser utilizada em um programa de coleta seletiva está relacionada com os roteiros de coleta a serem realizados pelo veículo coletor. O processo de determinação dos roteiros do veículo coletor é chamado de roteirização ou roteamento (do inglês *routing*). Conforme argumenta Battistella (2014), os roteiros de coleta 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. Para Oliveira e Lima (2010), 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 complicado para ser realizado sem o apoio computacional. Segundo Nithya *et al.* (2012), o planejamento e implementação de um sistema de coleta e transporte eficaz podem ser feitos com a utilização de um Sistema de Informação Geográfica (SIG). Nessa mesma linha, Lima *et al.* (2012) argumentam que uma maneira de melhorar a coleta é a utilização de um SIG no planejamento da coleta.

Deste modo, o objetivo deste artigo é o de planejar e implementar um programa de coleta seletiva em um município utilizando um SIG na elaboração das rotas. O município selecionado como objeto de estudo foi São Lourenço, localizado no sul de Minas Gerais, visto que era um município que possuía um novo projeto para implantação. 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). O método de pesquisa utilizado foi a pesquisa-ação, pois os pesquisadores e os participantes representativos do problema estavam envolvidos de modo cooperativo e participativo.

O artigo está estruturado da seguinte maneira: após essa breve introdução, apresenta-se na seção 2 o referencial teórico utilizado, no qual é abordado o tema relacionado com a coleta seletiva; na seção 3 apresentam-se os procedimentos metodológicos do trabalho. Na seção 4, são detalhadas as etapas utilizadas na condução do projeto. Em seguida, na seção 5, é apresentada a análise dos resultados obtidos, e por fim, na seção 6 estão as conclusões do trabalho, seguidas das referências bibliográficas utilizadas.

## **2 COLETA SELETIVA**

A coleta seletiva consiste no processo de separação dos materiais recicláveis do restante considerado lixo. Um dos objetivos de um programa de coleta seletiva é o de melhorar as condições ambientais com a reciclagem e reutilização dos resíduos sólidos, reduzindo a extração de recursos necessários para obter novos materiais (RADA *et al.*, 2014).

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). O planejamento da implantação da coleta envolve algumas considerações, 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. Desde os anos 2000 cidades brasileiras têm implementado programas de coleta seletiva com diferentes tipos de funcionamento (LIMA e SILVA, 2013). Segundo pesquisa realizada pelo CEMPRE (2014a), em 43% dos municípios que possuem programas de coleta seletiva, a coleta seletiva é feita pela própria prefeitura; em 37%, por empresas particulares; e em praticamente metade (51%), por cooperativas de catadores. Com relação a modalidade, cerca de 80% utilizam a modalidade porta a porta e cerca de 45% utilizam a modalidade através de PEVs/Ecopontos. Ressalta-se que pode existir mais de um agente executor e que as duas modalidades podem ser utilizadas ao mesmo tempo em um município.

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. Já 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.). A modalidade 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. Entretanto, a modalidade através de PEVs/Ecopontos está associada à roteirização em nós, onde cada PEVs/Ecopontos é um nó que precisa ser atendido (BERNARDO, 2016). Battistella (2014) argumenta que a roteirização da coleta em um programa de coleta seletiva é uma ferramenta que reduz as consequências da falta de planejamento urbano, e otimiza a utilização dos recursos materiais e humanos. Portanto, faz-se necessária a definição de roteiros ótimos a serem seguidos pelos veículos coletores. Em geral, três objetivos podem ser considerados para a roteirização da coleta e transporte: minimizar a distância total de coleta; minimizar o custo total de coleta e minimizar o tempo total de coleta (OLIVEIRA *et al.*, 2014). Segundo Malakahmad *et al.* (2014), a tomada de decisão eficaz em relação à roteirização da coleta e transporte requer a implementação de técnicas de roteirização de veículos utilizando os Sistemas de Informação Geográfica.

### **3 METODOLOGIA**

A cidade de São Lourenço, objeto de estudo desse trabalho, é um dos municípios que não possuía de fato um programa de coleta seletiva (CEMPRE, 2014a). Existe na cidade uma cooperativa de catadores, a chamada Cooperativa de Produção de Recicladores de Materiais de São Lourenço (COOPRECI) que funciona desde 2009 e realiza algumas atividades de coleta seletiva no município. Em dezembro de 2014 foi assinado um projeto entre o Serviço de Água e Esgoto (SAAE) de São Lourenço e a ONG “Todos por São Lourenço”. Com esse projeto, a ONG recebeu uma verba e começou a contar com auxílio do Grupo de Pesquisa em Logística, Transportes e Sustentabilidade (LogTranS) da Universidade Federal de Itajubá (UNIFEI) para assessorar o projeto de implantação do programa de coleta seletiva no município de São Lourenço. Desse modo, foi iniciada então uma pesquisa-ação, para planejar e implantar todo o sistema de coleta seletiva. Foi utilizado a pesquisa-ação como método de pesquisa no projeto de implantação porque, conforme argumentam Coghlan e Shani (2014), o problema de pesquisa é um problema real; 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. O projeto de implantação foi realizado em algumas etapas, descritas na próxima seção.

### **4 DESENVOLVIMENTO DO PROJETO**

Esta seção apresenta como foram realizadas as etapas do projeto de implantação do programa de coleta seletiva na cidade de São Lourenço, Minas Gerais. A primeira etapa realizada foi a coleta e análise dos dados, em seguida passou-se para a etapa de planejamento da implantação, por fim, foi realizada a implantação do programa.

#### **4.1 Coleta e análise dos dados**

Primeiramente, foram coletados os dados referentes a COOPRECI e a atividade de coleta seletiva no município de São Lourenço. Para isso, 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. Nesta fase a cooperativa contava com apenas 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. Um gerente foi contratado pela ONG “Todos por São Lourenço”, com a função de dar todo o tipo de suporte aos cooperados. O caminhão 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 1 e 2, respectivamente. Ambas as rotas começam e terminam na cooperativa COOPRECI. As características das duas rotas são apresentadas na Tabela 1.



**Fig. 1 Rota de segunda, quarta e sexta-feira (Rota 01)**



**Fig. 2 Rota de terça e quinta-feira (Rota 02)**

**Tabela 1 Dados das duas rotas mapeadas**

Variáveis	Rota de segunda, quarta e sexta-feira (Rota 01)	Rota de terça e quinta-feira (Rota 02)
Distância total percorrida	15,2 km	15,8 km
Tempo total decorrido	04 hrs 49 min	02 hrs 54 min
Velocidade média	4 km/h	5 km/h
Pontos de parada	13	09
Tempo médio em cada ponto de parada	10 min	10 min

Pelo acompanhamento da 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, 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 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 atravessadora da região. Percebeu-se também que o número de catadores da COOPRECI era reduzido. As duas cidades vencedoras do Prêmio Cidade Pró-catador (prêmio que reconhece programas de coleta seletiva eficientes), da mesma faixa populacional que São Lourenço, foram as cidades de Cratús/Ceará e Manhumirim/Minas Gerais (CEMPRE, 2014b). 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/2015: 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 coleta e análise dos dados passou-se para o planejamento das ações.

#### **4.2 Planejamento da implantação**

Nesta etapa, foram planejados:

- i. Qual a 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. A modalidade porta a porta será utilizada em 27 bairros e a modalidade através de PEVs/Ecopontos será utilizada somente no centro da cidade;
- ii. Quais os dias e horários 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;
- iii. Quais os dias de implantação em cada bairro. Foi criado um cronograma de implantação. Os 28 bairros do município ficaram divididos em 07 grupos de bairros, e cada grupo de bairros teria uma data diferente para ocorrer à implantação;
- iv. Quais as formas de divulgação do programa. Foi definido que seriam utilizados panfletos, jornais, internet e rádio como meios de comunicação.

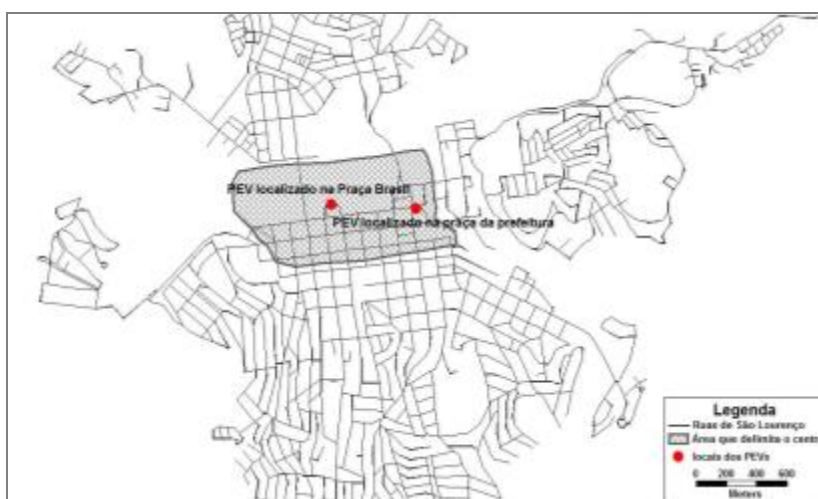
Para a elaboração das rotas a serem realizadas em cada bairro foi utilizado o SIG TransCAD (versão acadêmica 6.0). Primeiramente, já que seria utilizada a modalidade porta a porta, foi realizada a roteirização em arcos (rotina *Arc Routing*) no SIG. Todavia, notou-se que a roteirização em arcos não seria a ideal. Durante a implantação num bairro piloto (para testar a metodologia de pesquisa ação), percebeu-se que essa modalidade implicaria em altos custos de transporte, pois o caminhão teria que passar em todas as ruas do bairro, sem previsão de um alto nível de participação da população. Por 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 pontos de parada (nós) nos 27 bairros 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 pontos de parada e os catadores deveriam percorrer todas as ruas dos bairros realizando a coleta seletiva. Foi escolhida a cooperativa COOPRECI como ponto de partida e chegada. Deste modo, 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 nos 27 bairros.

Além da elaboração das rotas, ocorreu nesta etapa o planejamento da contratação de um novo caminhão para a cooperativa. Foi verificado com a etapa de coleta e análise de dados 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 ( $1,041 * 31,9\% * 45.000$ ). Essa estimativa leva 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 a população de São Lourenço (cerca de 45.000 habitantes) (IBGE, 2010). Face ao caráter otimista dessa estimativa, já 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 mais adequado: o valor do aluguel do caminhão seria mais baixo, os gastos com combustíveis seriam menores e o caminhão poderia passar em todas as ruas da cidade. Posteriormente a etapa de planejamento, foi realizada a etapa de implantação do programa de coleta seletiva no município.

### 4.3 Implantação do programa

A primeira atividade realizada nesta etapa foi a divulgação do programa. O programa foi divulgado através de panfletos distribuídos de porta em porta em cada bairro, de notícias na internet, de jornais e das rádios da cidade. Em seguida, foram fornecidos uniformes, luvas e botas para os cooperados, e foi doada uma mesa de triagem para a cooperativa pela empresa Nestlé Waters, localizada em São Lourenço.

Conforme destacado anteriormente, para a implantação do programa no município foi criado um cronograma de implantação. Deste modo, cada um dos 28 bairros ficaram divididos em 07 grupos de bairros, e cada grupo de bairro teve uma data diferente de implantação. Em cada grupo de bairros, dos 27 bairros atendidos pela modalidade porta a porta, existiam bairros atendidos pelo serviço de coleta seletiva na segunda, quarta e sexta-feira e bairros atendidos nas terças e quintas-feiras. No total foram sete dias de implantação. O primeiro grupo de bairros era formado pelo bairro escolhido como bairro piloto e pelo centro. Foi escolhido um bairro como piloto para que todos os acertos e erros gerados na implantação no bairro piloto fossem replicados e corrigidos, respectivamente, na implantação do programa nos bairros seguintes. No bairro piloto a modalidade utilizada é a porta a porta, e no centro os PEVs/Ecopontos. Foram instalados dois PEVs no centro da cidade. A escolha da localização desses PEVs foi baseada em entrevistas realizadas com alguns moradores da cidade. Os pontos escolhidos aparecem na Figura 3.



**Fig. 3 Locais escolhidos para a instalação dos dois PEVs**

Em cada um dos sete dias de implantação em cada grupo de bairros acompanhou-se os 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 em cada bairro foram coletados com o auxílio de um aparelho GPS portátil. A Tabela 2 mostra a evolução da implantação do programa ao longo da implantação nos sete grupos de bairros, apresentando quantos bairros eram componentes de cada grupo e quantos são atendidos pelo serviço de coleta seletiva na rota que se repete segunda, quarta e sexta-feira e quantos são atendidos na rota de terça e quinta-feira em cada grupo. Além disso, a tabela apresenta qual o total de bairros e a área total que passaram a ser atendidos com a implantação em cada grupo.

**Tabela 2 Evolução da implantação**

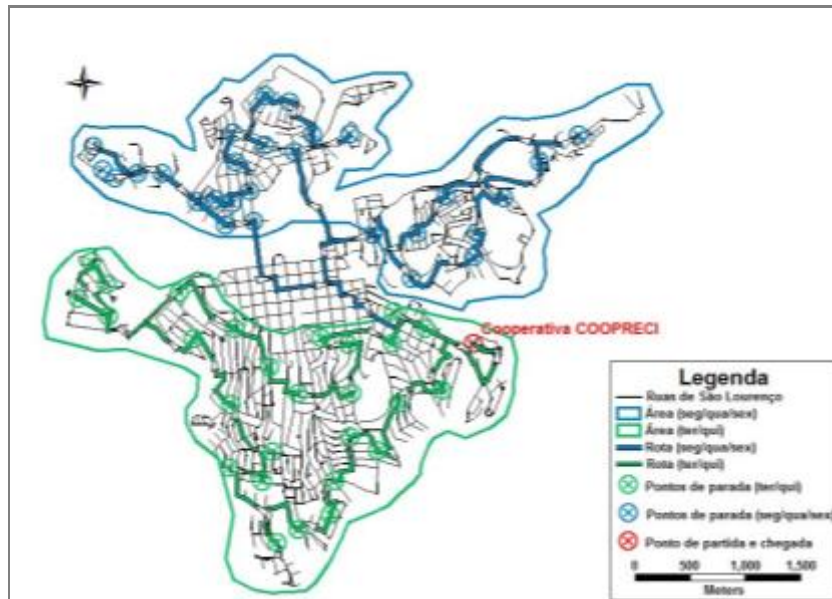
<b>Variáveis</b>	<b>Grupo 01</b>		<b>Grupo 02</b>		<b>Grupo 03</b>		<b>Grupo 04</b>		<b>Grupo 05</b>		<b>Grupo 06</b>		<b>Grupo 07</b>	
<b>Rotas</b>	seg/ qua/ sex	ter/ qui	seg/ qua/ sex	ter/ qui	seg/ qua/ sex	ter/ qui	seg/ qua/ sex	ter/ qui	seg/ qua/ sex	ter/ qui	seg/ qua/ sex	ter/ qui	seg/ qua/ sex	ter/ qui
<b>Bairros atendidos</b>	0	1	02	02	02	03	02	02	0	04	05	0	0	04
<b>Pontos de parada</b>	-	08	10	13	10	15	10	12	-	20	28	-	-	27
<b>Tempo gasto calculado pelo SIG</b>	-	01 h 40 min	01 h 55 min	02 h 19 min	02 h 15 min	03 h 45 min	03 h 13 min	04 h 25 min	-	04 h 02 min	05 h 50 min	-	-	04 h 30 min
<b>Tempo gasto em cada rota</b>	-	01 h 30 min	01 h 45 min	02 h 10 min	02 h 22 min	03 h 38 min	03 h 02 min	04 h 18 min	-	05 h 42 min	05 h 57 min	-	-	04 h 28 min
<b>N. total de bairros atendidos</b>	02		06		11		15		19		24		28	
<b>Ár. total atendida (km<sup>2</sup>)</b>	0,53		3,16		4,11		5,44		7,30		9,81		11,50	
<b>Porc. em relação ao total</b>	4%		27%		35%		47%		63%		85%		100%	

O tempo total decorrido para a realização das rotas planejadas nos dias da implantação em cada grupo de bairros foi compatível com o tempo calculado pelo TransCAD em todos os grupos, exceto no quinto grupo de bairros. Ou seja, o tempo planejado pelo TransCAD para a rota de terça e quinta-feira do quinto grupo de bairros não foi similar ao tempo decorrido no dia da implantação. Isto ocorreu devido a uma diferença entre os tempos gastos nos pontos de parada pelos catadores. Os catadores passaram a gastar 05 minutos em cada ponto de parada ao invés dos 10 minutos que haviam sido coletados com o mapeamento das rotas anteriores (Rota 01 e Rota 02) na fase de coleta e análise dos dados. Com esse novo valor a rota para o quinto grupo de bairros foi novamente elaborada, junto com as rotas para o sexto e o sétimo grupo de bairros. A Figura 4 apresenta as duas rotas finais elaboradas pelo SIG TransCAD, a rota de segunda, quarta e sexta-feira e a rota de terça e quinta-feira, de modo que o serviço atendesse todo o município. A Tabela 3 apresenta os resultados relacionados com as duas rotas finais.

## 5 ANÁLISE DOS RESULTADOS

Nesta seção são comparados os dados anteriores e posteriores a realização do projeto de implantação do programa de coleta seletiva no município de São Lourenço. A Tabela 4 apresenta informações sobre a cooperativa COOPRECI e sobre o serviço de coleta seletiva antes e após a condução do projeto de implantação.





**Fig. 4 Duas rotas finais elaboradas no TransCAD**

**Tabela 3 Resultados das duas rotas finais**

Variáveis	Rota de segunda, quarta e sexta-feira	Rota de terça e quinta-feira
Distância total percorrida	23 km	18,6 km
Tempo total decorrido	4 h 43 min	4 h 28 min
Velocidade média	4,5 km/h	4,5 km/h
Pontos de parada	28	27
Tempo médio em cada ponto de parada	5 min	5 min

**Tabela 4 Comparação entre os dados antes e após a implantação**

	Antes	Após
Caminhão	20.000 kg	7.000kg
Número de catadores associado a cooperativa	3 catadores	7 catadores
Volume coletado no mês	3.200 kg	12.070 kg
Volume coletado por catador	1.066 kg	1.724 kg
Ruas atendidas pela coleta seletiva	65 ruas	Todas as ruas do município
Bairros completos atendidos pela coleta seletiva	0	28 bairros

Nota-se que antes do projeto a cooperativa utilizava um caminhão que não era adequado para a realização do serviço no município, o que acarretava um maior gasto com combustível e prejudicava a execução da coleta seletiva, já que o caminhão não conseguia passar em algumas ruas da cidade. No final do projeto, a COOPRECI contava com um caminhão com uma capacidade mais adequada. Com a realização do projeto houve um aumento do número de catadores associados a cooperativa e uma melhoria da quantidade coletada por mês pela cooperativa e do volume coletado por catador. O aumento do número de catadores é de grande valia, pois possibilita maior garantia da regularidade do serviço de coleta seletiva. A melhoria da quantidade coletada por mês pela COOPRECI 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. A

melhoria do volume coletado por catador deve estar relacionada com o fato de que foram fornecidas as condições básicas para a melhoria do trabalho dos cooperados, por exemplo, luvas, botas, melhor caminhão etc.

Por fim, com o projeto foi possível a implantação do programa de coleta seletiva em todos os 28 bairros do município, 27 sendo atendidos por meio da modalidade porta a porta e o bairro centro por meio da modalidade através de PEVs/Ecopontos. Assim, todas as ruas e todos os bairros da cidade passaram a ser atendidas pelo serviço de coleta seletiva. Vale ainda destacar que comparando a Rota 01 e a Rota 02 com a rota final elaborada pelo TransCAD de segunda, quarta e sexta-feira e de terça e quinta-feira, respectivamente, percebe-se que com apenas 7,8 e 2,8 km a mais nas rotas finais foi possível atender toda a população da cidade. Além disso, o tempo total decorrido para a realização da rota final de segunda, quarta e sexta-feira foi menor que o tempo total decorrido na Rota 01. Logo, 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.

## **6 CONCLUSÕES**

A PNRS 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. Uma forma de realizar o planejamento e implantação de um programa de coleta seletiva eficaz é através da utilização da tecnologia SIG. Deste modo, o objetivo deste trabalho foi o de planejar e implantar um programa de coleta seletiva no município de São Lourenço utilizando um SIG na elaboração das rotas de coleta. O município não possuía um programa de coleta seletiva, mas somente alguma atividade de coleta seletiva realizada pela cooperativa de catadores (COOPRECI).

Com a realização do projeto de implantação foi possível melhorar a eficiência da cooperativa e do trabalho dos catadores, e conseqüentemente o serviço de coleta seletiva. Hoje, toda a população da cidade é atendida pelo serviço de coleta seletiva e a cooperativa COOPRECI é autossustentável financeiramente, isto é, o que a cooperativa ganha cobre seus custos. Acredita-se que o fator crítico na implantação do programa de coleta seletiva é a conscientização e participação da população no programa. A população deve ter consciência do quanto a coleta seletiva contribui na mitigação de problemas ambientais, além da renda que a mesma fornece aos catadores. Deste modo, diversos meios de comunicação devem ser utilizados para a divulgação do programa.

Tal conscientização e participação são também relevantes quando se analisam os custos relativos à implantação. Por exemplo, notou-se com o projeto que a roteirização em arcos 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.

A roteirização em arcos está associada com a modalidade de coleta seletiva porta a porta, modalidade mais utilizada nos municípios brasileiros (CEMPRE, 2014a). Neste tipo de roteirização, o veículo coletor tem que passar por todas as ruas realizando a coleta. Logo, 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.

## **Agradecimentos**

Os autores agradecem ao CNPq e a FAPEMIG, pelo apoio financeiro concedido a diversos projetos que subsidiaram o desenvolvimento desse trabalho.

## **7 REFERÊNCIAS**

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

BRASIL. (2010) **Lei nº 12.305, de 2 de agosto de 2010.** (1010) Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos e outras providências, 2010. Disponível em:<[http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_ato2007-2010/2010/lei/l12305.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2010/lei/l12305.htm)> Acesso: 15 abr. 2015

Baptista, V. F. (2014) 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**, 49(1), 141-164.

Battistella, N. (2014) **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.

Bernardo, M. (2016) **Implantação de um programa de coleta seletiva: uma pesquisa ação na cidade de São Lourenço, Minas Gerais.** Dissertação de Mestrado. Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção. Universidade Federal de Itajubá. Itajubá.

Coghlan, D.; Shani, A. B. (2014) Creating action research quality in organization development: rigorous, reflective and relevant. **Systematic Practice and Action Research**, 27, 523-536.

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

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

Chaves, G. L. D.; Santos Jr, J. L.; Rocha, S. M. S. (2014) The challenges for solid waste management in accordance with Agenda 21: a Brazilian case review. **Waste Management & Research**, 32(9), 19-31.

IBGE. (2008) Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Pesquisa Nacional de Saneamento Básico**. Disponível em: <[http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/populacao/condicaodevida/pnsb2008/PNSB\\_2008.pdf](http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/populacao/condicaodevida/pnsb2008/PNSB_2008.pdf)>. Acesso em: 07 jan. 2016.

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

Lima, R. M. S. R.; Silva, S. M. C. P. (2013) Evaluation of a municipal program of selective collection in the context of the national policy of solid waste. **Acta Scientiarum**, 35(4), 645-653.

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

Malakahmad, A.; Bakri, P. M.; Mokhtar, M. R. M.; Khalil, N. (2014) Solid waste collection routes optimization via GIS techniques in Ipoh city, Malaysia. **Procedia Engineering**, 77, 20-27.

Nithya, R.; Velumani, A.; Senthil Kumar, S. R. R. (2012) 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**, 8(4).

Oliveira, R. L.; Lima, R. S. (2010) Logística Reversa: A utilização de um Sistema de Informações Geográficas na coleta seletiva de materiais recicláveis. In: 4º PLURIS - Congresso Luso Brasileiro para o Planejamento Urbano, Regional, Integrado e Sustentável, 2010, Faro, Portugal. **Anais**.

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

Rada, E. C., Zatelli, C.; Mattolin, P. (2014) Municipal solid waste selective collection and tourism. **WIT Transaction Ecology Environmental**, 180, 187-197.

SNIS. Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento. (2013) **Diagnóstico do manejo de resíduos sólidos urbanos**. Disponível em: <<http://www.snis.gov.br/PaginaCarrega.php?EWRErterterTERTer=93>>. Acesso: 10 mar. 2015.

Toso, E. A. V.; Alem, D. (2014) Effective location models for sorting recyclables in public management. **European Journal of Operational Research**, 234(3), 839-860.