



**Ministério da Educação – MEC**  
**Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – CAPES**  
**Universidade Aberta do Brasil – UAB**  
**Programa Nacional de Formação em Administração Pública – PNAP**

## **Otimização de rotas e redução dos custos de operação da coleta seletiva**

**THIAGO ANTONIO VARANDA**

**Barretos, SP.**  
**2015**

**THIAGO ANTONIO VARANDA**

**Otimização de rotas e redução dos custos de operação da  
coleta seletiva**

**TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO**

**ADMINISTRAÇÃO PÚBLICA**

**Professor-Orientador: M<sup>a</sup> Vanessa Cabral Gomes**

**Professor-Examinador: Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Luciana de Oliveira Miranda Gomes**

**Tutora Presencial Lucila Pimenta**

**Barretos, SP.**

**2015**

## SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO .....	8
1.1. OBJETIVOS .....	9
1.2 JUSTIFICATIVA .....	9
2. REFERENCIAL TEÓRICO .....	11
2.1 ABRANGÊNCIA DA COLETA SELETIVA NO BRASIL .....	12
2.2 CUSTOS DE OPERAÇÃO DA COLETA SELETIVA .....	16
2.3 ROTEIRIZAÇÃO E SISTEMAS DE INFORMAÇÃO GEOGRÁFICA .....	18
3. METODOLOGIA .....	27
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO .....	29
4.1 SIMULAÇÃO .....	29
4.2 OTIMIZANDO ROTAS REAIS .....	33
5. CONCLUSÃO .....	39
REFERÊNCIAS .....	41

**GRÁFICOS E IMAGENS**

Figura 1.....	13
Figura 2.....	14
Figura 3.....	15
Figura 4.....	15
Figura 5.....	17
Figura 6.....	20
Figura 7.....	21
Figura 8.....	21
Figura 9.....	23
Figura 10.....	23
Figura 11.....	30
Figura 12.....	31
Figura 13.....	32
Figura 14.....	34
Figura 15.....	35
Figura 16.....	36
Figura 17.....	38

**QUADROS E TABELAS**

Tabela 1.....	16
Quadro 1.....	26
Quadro 2.....	37

## AGRADECIMENTOS

Agradeço imensamente a todos aqueles que, de alguma forma, colaboraram para meu sucesso e formação.

Agradeço à meus familiares Silvia Helena da Silva Varanda, Malvina Clara da Silva, Valter Antonio Varanda, Débora Cristina Varanda e Guilherme Antonio Varanda. Agradeço também ao apoio de José Umberto Leal Siebra, com quem sempre posso contar, de Amanda Ribeiro pelas dicas e do Prof. Msc. Carlos Frutuoso, pelo direcionamento.

Um grande obrigado à Lucila Pimenta, pela motivação e apoio e à Vanessa Cabral pela orientação, bem como agradeço aos demais tutores, professores e toda equipe do polo da UAB de Barretos.

Agradeço também às informações prestadas por Paulo da Silva, encarregado da garagem e oficina da Alfalix Ambiental, e por Milena Carvalho, responsável pela coleta seletiva dentro da Secretaria Municipal de Agricultura e Meio Ambiente de Barretos, bem como por Gisele Leal, aluna de Biologia do Instituto Federal de São Paulo – IFSP – Campus Barretos pelas informações sobre a coleta seletiva em Barretos.

**VARANDA**, Thiago Antonio. Otimização de rotas e redução dos custos de operação da coleta seletiva. 2015, 43f. Trabalho de Conclusão de Curso do curso de Graduação em Administração Pública da Universidade de Brasília – UnB, Universidade Aberta do Brasil – UAB, Barretos, 2015.

## **RESUMO**

O aumento populacional gera um acúmulo de resíduos sólidos que são, na sua maioria, descartados nos aterros sanitários ou de forma irregular, podendo causar o surgimento de doenças, afetando a população e o meio ambiente. Como medidas para amenizar este impacto a todo sistema, torna-se necessário a implantação de um sistema de coleta seletiva de resíduos mais eficaz. Por lei federal, é de responsabilidade dos municípios implantar mecanismos capazes de reduzir a degradação ambiental. Os altos custos para que alcancem a forma ideal de coleta seletiva e o tratamento adequado dos resíduos produzidos, geram um alto valor financeiro aos cofres públicos. Por esta razão, muitos municípios enfrentam dificuldades econômicas, requerendo maiores recursos financeiros para resolver o problema existente. Projetos com o Sistema de Informação Geográfica (SIG) e de simulações com a roteirização de veículos podem representar um meio viável para que se consigam reduzir os custos, otimizando o tempo de deslocamento dos veículos empregados na coleta seletiva, e podendo ter um maior aproveitamento na execução dos seus serviços.

**Palavras-chave:** resíduos sólidos, coleta seletiva, roteirização.

## 1. INTRODUÇÃO

O descarte de lixo é uma preocupação constante de diversos municípios que, com o crescimento populacional dos últimos anos, vêm lidando com um grande aumento na demanda, que tem saturado a capacidade dos aterros sanitários existentes. A reciclagem e a coleta seletiva de lixo são fatores que possibilitam amenizar essa situação. Contudo, segundo Zanta e Massukado (2006), o processo da coleta seletiva de lixo é uma tarefa complexa em virtude da quantidade e heterogeneidade de seus componentes, do crescente desenvolvimento das áreas urbanas, das limitações dos recursos humanos e financeiros e da falta de políticas públicas que regulem as atividades do setor.

Apresentando um panorama da coleta de resíduos sólidos urbanos (RSU) nas cidades brasileiras aliado ao novo perfil do consumidor surge o crescente problema do descarte de lixo de forma irregular, sendo necessário o desenvolvimento de programas de apoio à coleta seletiva que, por sua vez, tem sua viabilidade e lucratividade pensados a ponto de se desenvolver técnicas e meios que otimizem esse processo e o tornem socialmente e economicamente rentável e passível de implantação.

A gestão de resíduos sólidos urbanos (RSU) empregada na coleta seletiva, assim como os benefícios advindos de sua implantação, necessitam de meios tecnológicos que tornem o processo de coleta mais eficiente, promovendo ganhos econômicos e o crescimento da coleta seletiva.

Uma vez consciente da importância do processo de coleta seletiva, torna-se importante trabalhar em cima de ferramentas que auxiliem este processo com o objetivo de reduzir custos operacionais através da otimização do tempo gasto pelos veículos coletores. Como pela otimização das rotas dos veículos por meio de Sistemas de Informações Geográficas (SIG), uma ferramenta de grande utilidade para se planejar alternativas e analisar as rotas atuais, possibilitando a criação de cenários mais eficientes para os sistemas de coleta seletiva.

Oliveira e Lima (2012) afirmam que da coleta seletiva pode se retirar produtos recicláveis proporcionando ganhos ambientais, econômicos e sociais, beneficiando desde catadores e cooperativas até toda a coletividade.

Partindo deste conceito, a pergunta que se faz é a seguinte: Quais seriam as alternativas para a definição de um roteiro de coleta seletiva eficiente?

## **1.1. OBJETIVOS**

### **1.1.1 OBJETIVO GERAL**

Propor um processo de roteirização para definir alternativas mais eficientes em questão de rotas dos veículos de coleta seletiva.

### **1.1.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- Identificar as rotas atuais utilizadas pela frota da coleta seletiva em Barretos-SP;
- Apresentar softwares capazes de definir alternativas para otimização de trajetos;
- Demonstrar que o sistema de informação geográfica (SIG) e de simulações com a roteirização de veículos pode ser um meio viável para otimização das rotas.

## **1.2 JUSTIFICATIVA**

A coleta seletiva contribui diretamente com a causa da sustentabilidade, reduzindo a quantidade de resíduos sólidos descartados e proporcionando a redução do impacto ambiental e da extração de matéria-prima da natureza.

Os benefícios implícitos na coleta seletiva transcendem a área ambiental e são capazes de influenciar toda a comunidade em que está presente. Pode-se citar a geração de

emprego e renda com a comercialização dos recicláveis, o prolongamento da vida útil de aterros sanitários com a redução de resíduos sólidos, a redução dos custos de produção com o aproveitamento de recicláveis, o fortalecimento das organizações comunitárias, a redução dos gastos com limpeza urbana por materiais descartados de forma irregular, etc. Silva et al. (2003) ressalta que o trabalho dos catadores influencia diretamente nossa vida, uma vez que a atividade informal realizada por estes trabalhadores colabora diretamente com a limpeza pública das cidades.

Apesar dos benefícios, a coleta de lixo reciclável possui custos elevados, o que dificulta a utilização do serviço. Nesse sentido, o presente estudo é conduzido a mostrar como é possível otimizar o processo de roteirização dos veículos que realizam a coleta seletiva através de planejamento, estratégias e softwares simples que tornam o processo mais eficiente e, ao mesmo tempo, mais sustentável, tendo em vista seu propósito com o meio-ambiente e com a sociedade.

## 2. REFERENCIAL TEÓRICO

A partir do momento que se agregou em sociedade, o ser humano passou a representar um gerador de lixo. Desde as primeiras atividades agrícolas e pastoreias, passando por revoluções industriais e tecnológicas até chegarmos no atual modelo contemporâneo de consumo, a produção de lixo e a preocupação com sua destinação mudou. Até pouco tempo atrás não existia grande preocupação com relação ao descarte apropriado de lixo. Poucos eram os locais adequados para descarte, como aterros sanitários, que por vezes não possuíam estrutura para suprir a demanda que estava por vir.

Peixoto, Campos e D'Agosto (2005) afirmam que, no ano de 1985, o Departamento de Limpeza Urbana da Cidade de São Paulo registrava uma média de 4.450 toneladas/dia, algo em torno de 0,60 kg de lixo produzidos diariamente por habitante da metrópole. Em 2000, o departamento passou a registrar uma quantidade média de 16.000 toneladas/dia, aproximadamente 1 kg de lixo produzido por habitante. Segundo Silva et al. (2003), cada pessoa gera em média 25 toneladas de lixo durante toda a vida, o que representa além de poluição o desperdício de recursos naturais e energéticos.

Com o aumento das metrópoles, Peixoto, Campos e D'agosto (2005) percebem que o impacto causado no meio ambiente pela produção desenfreada de resíduos sólidos, tem levado governo e sociedade a buscar alternativas para minimizar a degradação da natureza e aumentar o bem estar da sociedade como um todo. A coleta seletiva de lixo surge então como uma alternativa para a destinação de materiais específicos descartados e sua consequente reutilização, retornando a indústria materiais que poderiam acabar em aterros cada vez mais escassos.

As primeiras iniciativas brasileiras para destinação final dos resíduos sólidos urbanos ocorreram na cidade de São Paulo, no século XIX, quando definiu as áreas para disposição final do lixo, distantes do centro urbano, sendo que o transporte ficava a cargo do munícipe interessado (DIAS, 2000 *apud* JUNKES, 2002).

Ribeiro e Bensen (2006) apontam para as primeiras iniciativas de coleta seletiva no Brasil em 1986, sendo que a partir de 1990 a administração pública passou a desenvolver parcerias com as associações e cooperativas de coleta, fornecendo galpões de triagem, equipamentos e veículos de coleta e apoio nas campanhas de conscientização e divulgação.

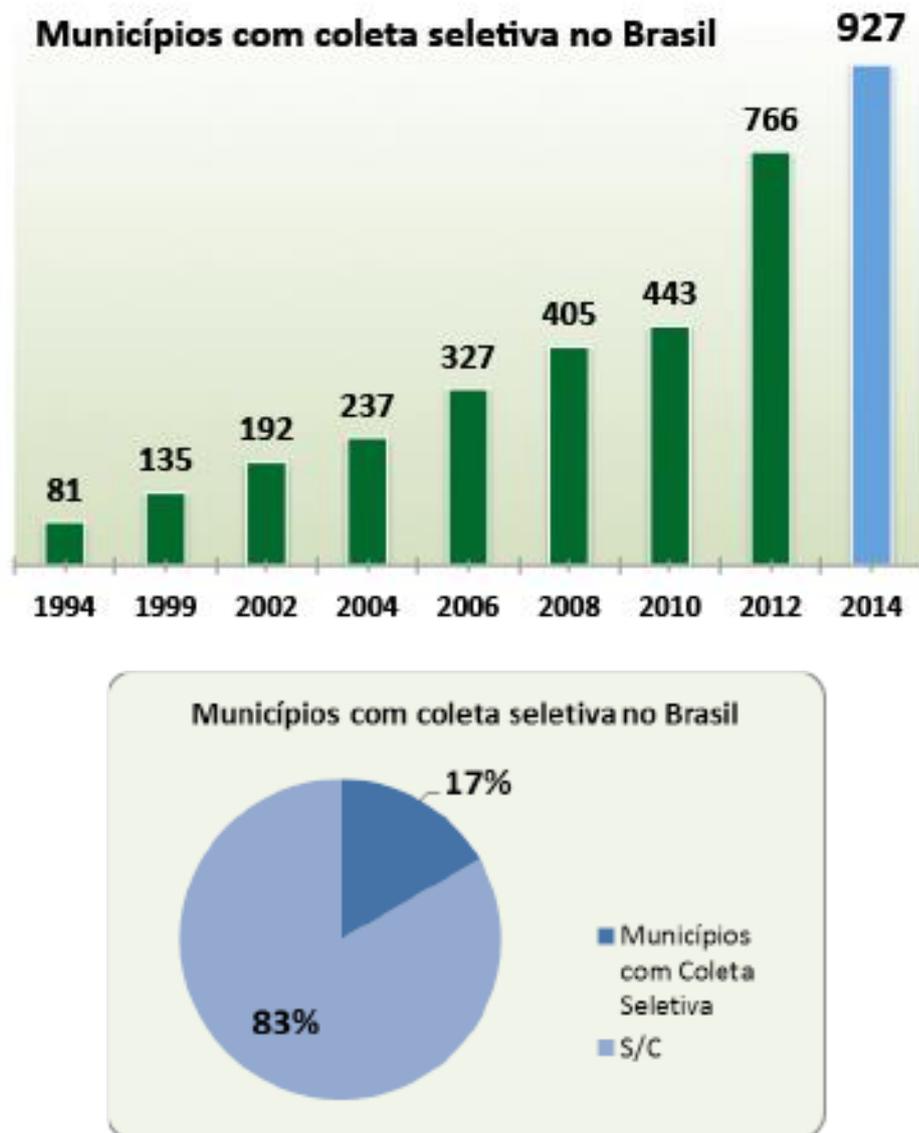
De lá para cá, a realidade da coleta seletiva de lixo no Brasil ainda deixa muito a desejar. Pesquisas do IBGE e CEMPRE (2001 e 2006, *apud* RIBEIRO E BENSEN) mostram

que menos de 10 por cento dos municípios brasileiros desenvolvem programas de coleta seletiva, uma realidade que se deve muito ao custo de operação da coleta seletiva.

## **2.1 ABRANGÊNCIA DA COLETA SELETIVA NO BRASIL**

Desde 1994 o Compromisso Empresarial para Reciclagem (CEMPRE) reúne diversas informações sobre os programas de coleta seletiva desenvolvidos pelas prefeituras brasileiras. Observando os dados, é possível comparar a quantidade de municípios que possuíam programas de coleta seletiva desde 1994 (81 municípios) até 2010 (443 municípios) e perceber um aumento de quase 447% na quantidade de municípios. Já a pesquisa Ciclosoft de 2014 revela que 927 municípios brasileiros possuem coleta seletiva, ou seja, 109% a mais que em 2010. Entretanto, apesar de animadores, estes números não são tão satisfatórios.

Em 2010, os dados da pesquisa Ciclosoft mostravam que apenas 8% do total dos municípios brasileiros operavam algum programa de coleta seletiva de lixo. Segundo dados da pesquisa Ciclosoft, em 2014 os municípios com coleta seletiva mais que dobraram, somando 17% do total de municípios brasileiros, como mostra a figura 1. Apesar do número crescente, na maioria destes municípios que possuem programa o mesmo não atende mais que 10% da população local, como mostra a figura 2.



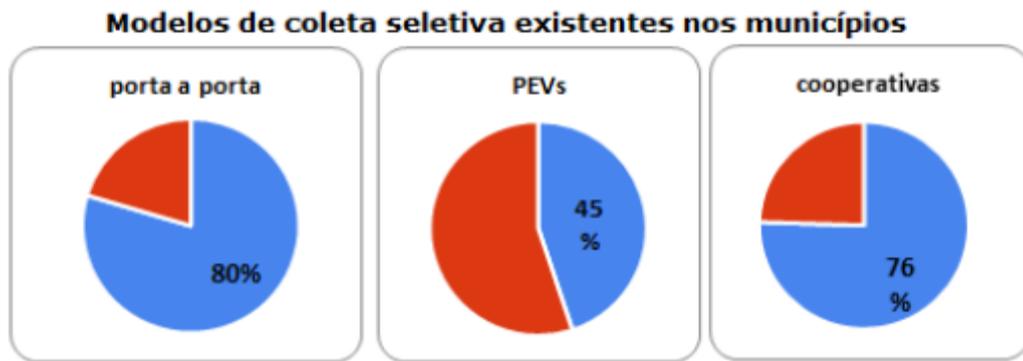
**Figura 1 - Municípios com Coleta Seletiva no Brasil. Pesquisa Ciclossoft 2014.**

**Fonte: CEMPRE, 2014.**



**Figura 2 - Percentual da População Atendida em Municípios com Coleta Seletiva. Pesquisa Ciclossoft 2010. Fonte: CEMPRE, 2010.**

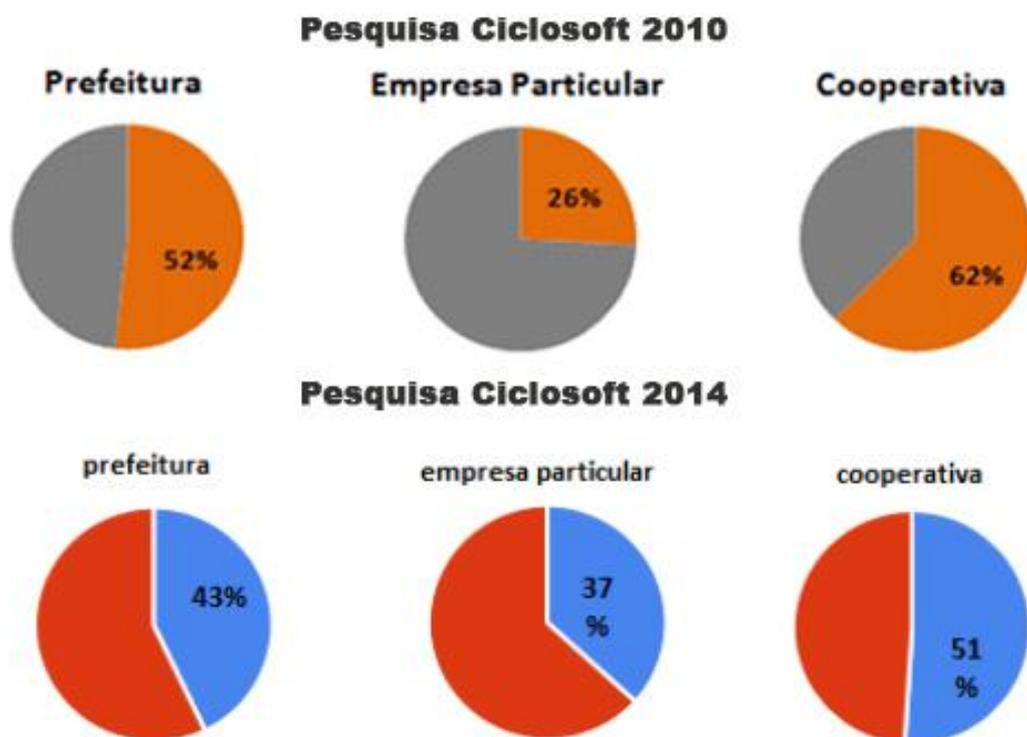
A Ciclossoft de 2014, ainda revela como estão sendo executados os procedimentos de coleta seletiva. Como mostra a figura 3, entre os modelos de coleta existentes, o porta-a-porta ainda é o mais presente nos municípios, que contam também com os Postos de Entrega Voluntária e com cooperativas de catadores.



**Figura 3 - Modelos de coleta seletiva existentes nos municípios. Fonte: CEMPRE, 2010.**

Por sua vez, dentre os agentes que realizam a coleta seletiva, as cooperativas ainda são as que mais estão presentes, superando a coleta municipal e a coleta particular. Contudo, é notável o crescimento da coleta realizada por empresas particulares de 2010 para 2014 e a redução das cooperativas, conforme apresenta a figura 4.

### Agentes executores da coleta seletiva municipal



**Figura 4 - Agentes executores da coleta seletiva municipal em 2010 e 2014. Fonte: CEMPRE, 2010 e CEMPRE, 2014. Adaptado.**

## 2.2 CUSTOS DE OPERAÇÃO DA COLETA SELETIVA

De acordo com dados do Instituto de Pesquisas Tecnológicas (1995 *apud* CARVALHO, 2001), os serviços de limpeza absorvem entre 7% e 15% dos recursos de um orçamento municipal, dos quais cerca de 50% são destinados à coleta e ao transporte de lixo. Em muitas situações, a arrecadação nem mesmo supera os custos de operação da coleta seletiva. Segundo estudos de Bensen (2006), em quase um terço dos municípios onde existe coleta de lixo seletiva a arrecadação não consegue superar os custos operacionais,

Segundo estudos de Bensen (2006), nos municípios paulistas de Embu e Santo André a arrecadação de recursos pelas organizações de catadores supera os custos operacionais do sistema em 2,8 e 1,65 vezes, respectivamente, enquanto em São Bernardo a arrecadação é 2,3 vezes menor que os custos, conforme os dados apresentados da tabela 1. Infelizmente o caso de São Bernardo não é exclusivo e faz parte dos 63,3% dos municípios onde o custo operacional da Coleta Seletiva supera a arrecadação (SEDU, 2002, *apud* BENSEN, 2006). Em seu estudo, Bensen (2006) aponta para os diversos métodos de coleta nos três municípios, não apresentando ligação direta a arrecadação inferior em São Bernardo.

**Tabela 1 – Relação custo mensal do programa para a prefeitura e recursos arrecadados pelas organizações de catadores, n° de postos de trabalho e custo anual por posto de trabalho gerado.**

Municípios e Organizações	custo mensal do programa (R\$)	renda mensal das organizações (R\$)	Postos de trabalho	
			N gerado	custo anual por posto
<i>Embu</i>	10.538,60	30.333,00	35	3.612,00
Coopermape		30.333,00	35	
<i>Santo André</i>	47.000,00	78.000,00	173	3.252,00
Coopcicla		33.000,00	76	
Cidade Limpa		45.000,00	97	
<i>São Bernardo</i>	90.066,82	39.000,00	66	16.380,00
Raio de Luz		14.000,00	26	
Refazendo		25.000,00	40	

Fonte: BENSEN, 2006.

No município de Barretos, São Paulo, que possui pouco mais de 110 mil habitantes segundo último censo do IBGE (2010), dados da Secretaria Municipal de Agricultura e Meio Ambiente informam que são coletadas em média 3.000 ton/mês de lixo sendo que, desta quantidade, entre 23 à 26 ton/mês de resíduos são recicláveis. Os resíduos que não são coletados pela coleta seletiva são destinadas à um aterro sanitário, que opera com custo de R\$ 30,54/ton de lixo depositado, representando assim em um gasto aproximado de R\$ 91.000,00 mensais aos cofres municipais de Barretos. Este valor ainda é inferior ao custo de coleta e transporte que, segundo a secretaria, é de R\$ 82,67/ton, resultando no valor de R\$ 248.010,00.

Nas grandes cidades, os dados do CEMPRE 2014 apresentados na figura 5 apontam para um custo médio da coleta seletiva em US\$ 195,23, número 4,6 vezes maior que o custo da coleta convencional, avaliada em US\$ 42,22, representando um pequeno aumento se comparado à pesquisa de 2010, onde o índice marcava 4 vezes o custo da coleta convencional, a menor diferença desde a primeira pesquisa do CEMPRE.



**Figura 5 - Evolução da Média de Custos da Coleta Seletiva x Coleta Convencional.**

**Fonte: CEMPRE, 2014.**

O expressivo custo da coleta seletiva nas grandes cidades, se comparada à coleta convencional registrado pela Ciclossoft 2010, demonstra um entrave à implantação e dispersão da coleta seletiva de lixo.

O processo da coleta envolve custos de energia, armazenamento, mão-de-obra coletora e gastos com os veículos (combustível e manutenção). A otimização das rotas pode reduzir significativamente o tempo de percurso e o gasto com combustíveis, proporcionando a um mesmo veículo, que antes cobria uma determinada área, passar a atingir um público ainda maior durante sua jornada de trabalho ou então visualizar a economia financeiramente.

A otimização pode começar ainda antes da implantação da coleta seletiva, enquanto a distância de um depósito, o número de veículos e a mão-de-obra podem ser pensados a ponto de evitar futuras dificuldades ou excesso de oferta, que agregam ainda mais custos. O local de garagem e depósito, que indica o ponto de partida e de conclusão das rotas, devem evitar locais de difícil acesso ou muito distantes das áreas de demanda, o que implica em mais custos.

### **2.3. ROTEIRIZAÇÃO E SISTEMAS DE INFORMAÇÃO GEOGRÁFICA**

No contexto da roteirização dos veículos de coleta dos RSU, Chang (1997, apud OLIVEIRA E LIMA, 2010) considera três objetivos na roteirização e programação dos veículos: 1) minimizar a distância total de coleta; 2) minimizar o custo total de coleta; 3) minimizar o tempo total de coleta. Oliveira e Lima (2010) adotaram como objetivos a redução da distância e do tempo total gastos, que por sua vez não deixam de refletir positivamente nos gastos com o serviço.

Para tanto, são necessárias ferramentas que utilizem as informações e tecnologias disponíveis para possibilitar esse planejamento, seja por meio de simulações em ambientes virtuais de roteirização ou com o uso de Sistema de Informação Geográfica (SIG) mais complexos.

Ao implantar um sistema de coleta de resíduos sólidos urbanos, sejam eles recicláveis ou não, é preciso estudar e definir pontos onde há demanda pelo serviço e que, por consequência, deverão fazer parte do trajeto dos veículos de coleta. A roteirização trata de demarcar estes pontos e relacioná-los através de rotas que atendam a todo o percurso, possibilitando não somente a sua cobertura como também o trajeto mais economicamente viável, evitando retornos, congestionamentos ou áreas de pouquíssima demanda sem necessidade.

Muitas vezes o trajeto é definido de maneira empírica pelo próprio motorista, que de acordo com sua experiência determina quais são as melhores rotas para alcançar os pontos de

coleta. Mesmo com sua experiência acumulada, o motorista do veículo pode executar um trajeto que pode não ser o mais eficiente.

Silva et al. (2003) defende o uso do conhecimento dos motoristas, contudo lembra que a frequência e os roteiros deverão resultar de estudos técnicos de demanda do serviço e da capacidade dos veículos disponíveis ou necessários. Os autores também reforçam que o deslocamento dos veículos nas vias públicas de coleta deve ser de maneira comedida, dentro das normas de tráfego, e procurando causar o menor transtorno possível às pessoas.

Também deve existir um rigor nos horários e roteiros, uma vez que este rigor reforça à identificação da coleta seletiva e induz o compromisso da população, criando uma dependência entre as ações da população e da equipe de coleta, que devem ser concomitantes (SILVA ET AL., 2003).

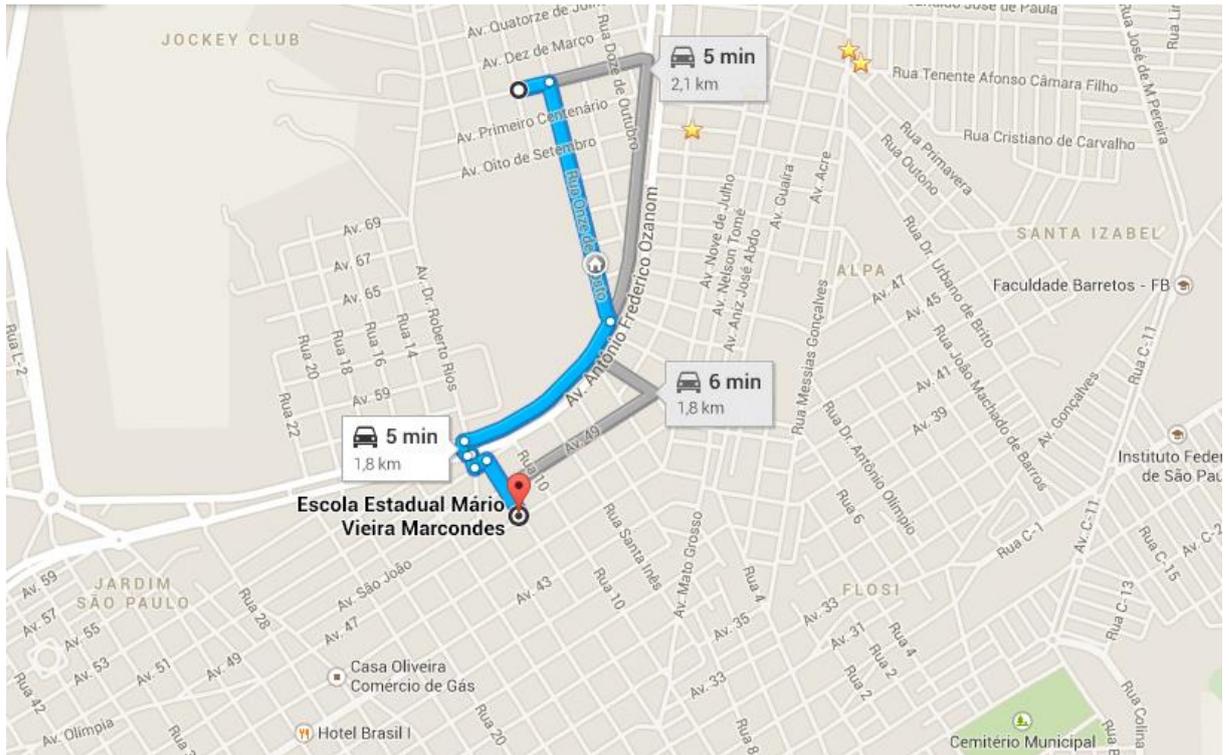
Para entender a demanda local, Gumiel e Neto (2009) propõe um estudo com uma população de amostra de modo a se traçar um perfil do morador e, então, definir a estratégia a qual seguir, observando opiniões a respeito do serviço prestado, avaliando fatores como tempo, frequência, qualidade ou volume.

De acordo com a dimensão dos trajetos percorridos, o atendimento se torna mais complexo, uma vez que, quanto maior a área, maior a demanda e maior deve ser o número de veículos e/ou horários para o atendimento das localidades. Conhecer a demanda também se torna fundamental, uma vez que, em locais de pouca demanda, não há a necessidade de um serviço que atenda todos os dias da semana, por exemplo.

Atualmente existe uma vasta gama de *softwares* capazes de lidar com informações geográficas de forma específica, contudo, as melhores opções implicam em custos de licenciamento ou cursos de capacitação.

Para evitar gastos com *softwares* pagos ou complexos, é possível a utilização de outras ferramentas que auxiliam a delimitar rotas, ainda que de forma limitada. Para aprimorar o trajeto do motorista, por exemplo, pode-se utilizar mapas interativos online, como os disponíveis de forma acessível e gratuita pelo Google, ou aplicativos *mobile* que também estão acessíveis de forma gratuita gratuito para *smartphones* ou *tablets* e em português.

O serviço Google *Maps*, por exemplo, é uma grande ferramenta para cálculos de distância e tempo em trajetos. Inserindo um ponto de partida e um ponto de destino, o aplicativo traça possíveis rotas, levando em consideração distância e tempo de percurso, como demonstra a figura 6.



**Figura 6 – Mapa do Google Maps de Barretos, exibindo os trajetos mais curtos e mais rápidos entre o Pólo da UAB em Barretos e uma das escolas estaduais da região.  
Fonte: Google Maps, 2014.**

Outra ferramenta, que inclusive pode ser utilizado em smartphones de forma portátil, é o Waze, que através da troca de informações entre motoristas apresenta dados como a intensidade do trânsito ou acidentes e bloqueios nas vias, por exemplo, e em tempo real via internet, dando a possibilidade de alterar as rotas durante o percurso.



Figura 7 – Mapa do Waze de São José do Rio Preto, exibindo os trajetos com lentidão no trânsito. Fonte: Waze social GPS Maps & Traffic, 2015.

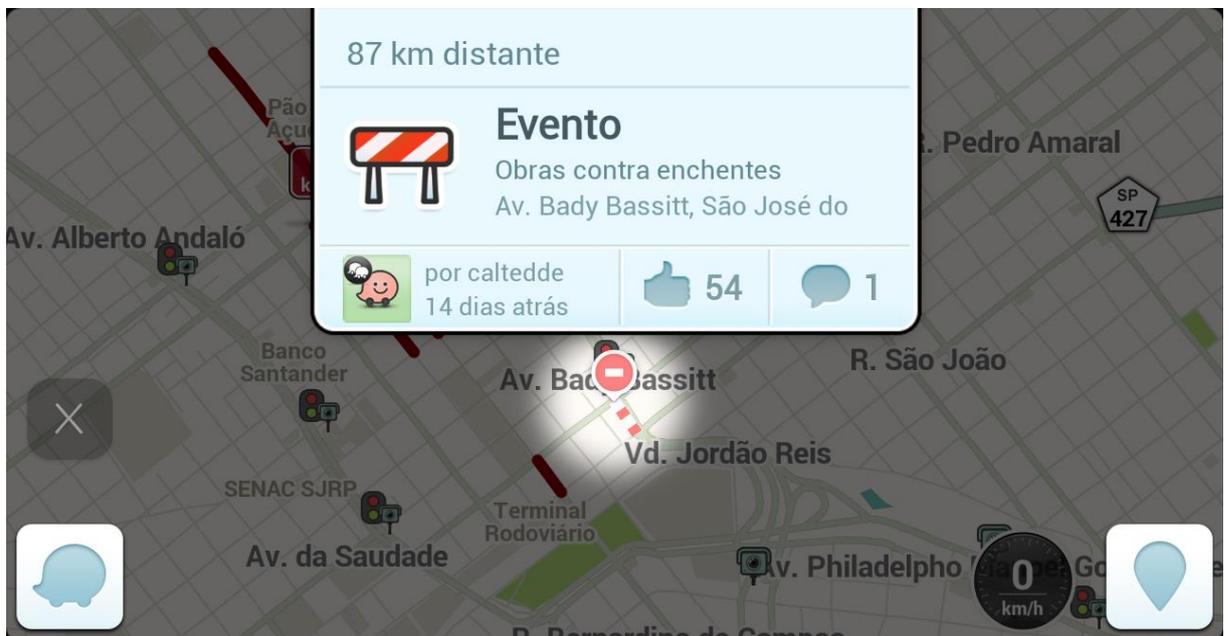


Figura 8 – Mapa do Waze de São José do Rio Preto, exibindo um ponto com possíveis bloqueios de trânsito. Fonte: Waze social GPS Maps & Traffic, 2015.

Entretanto, apesar da acessibilidade o *Google Maps* e o *Waze* não são as ferramentas mais complexas para receber e lidar com as informações, da forma como outros *softwares* destinados exclusivamente às estas informações lidam. Estes são os Sistemas de Informações Geográficas (SIG).

Segundo PENA (2015):

Os Sistemas de Informações Geográficas (SIG) são equipamentos e meios tecnológicos para se estudar o espaço terrestre. São utilizados por pesquisadores, empresas, ONGs, governos, serviços de inteligência, entre outros. Os SIGs resultam da combinação entre três tipos de tecnologias distintos: O sensoriamento remoto, o GPS e o geoprocessamento. Em nossa busca por otimizar o processo de coleta seletiva trabalhando a roteirização dos veículos, os SIGs se apresentam ferramentas de grande utilidade para o gestor. O SIG oferece o ferramental operacional que auxilia e acelera procedimentos de planejamento, gerências e tomadas de decisões, e que por isso vem sendo utilizado de forma cada vez mais promissora em diferentes áreas (PENA, R. A., Portal Brasil Escola, acesso maio de 2015).

Existem diversos *softwares* capazes de lidar com as informações necessárias para a roteirização dos veículos e um dos mais citados é o *TransCAD*, cuja interface é exibida nas figuras 9 e 10. Segundo Melo e Filho (2001):

“O *TransCAD* este é um sistema utilizado para armazenar, mostrar, gerenciar e analisar dados de transporte, combinando um SIG e um sistema de modelagem de capacidades de transporte em uma plataforma integrada (SIG-T). Trabalhando com todos os modais de transporte, este sistema, quando aplicado a modelos de roteamento e logística, pode ser utilizado por diferentes setores (públicos ou privados) em aplicações tais como: Operações de coleta e entrega; Planejamento da distribuição; Manutenção de facilidades/oportunidades (Facility maintenance); Coleta e entrega porta-a-porta; Varrição de ruas ou remoção de neve; Coleta de lixo sólido e reciclável; Cálculo de distâncias percorridas” (MELO E FILHO, 2001, p. 227).

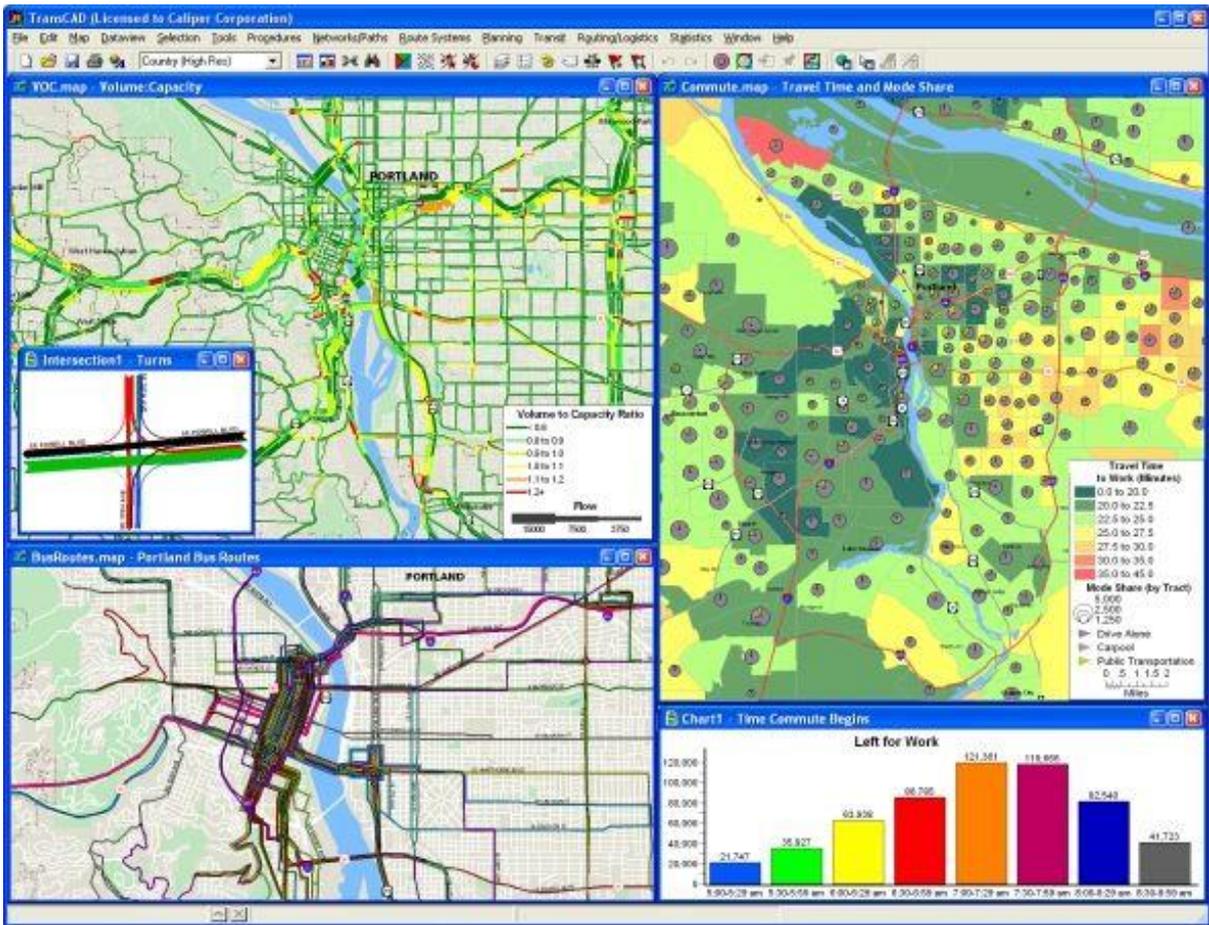


Figura 9 – Interface do TransCAD. Fonte: Saldit Software, agosto de 2014.

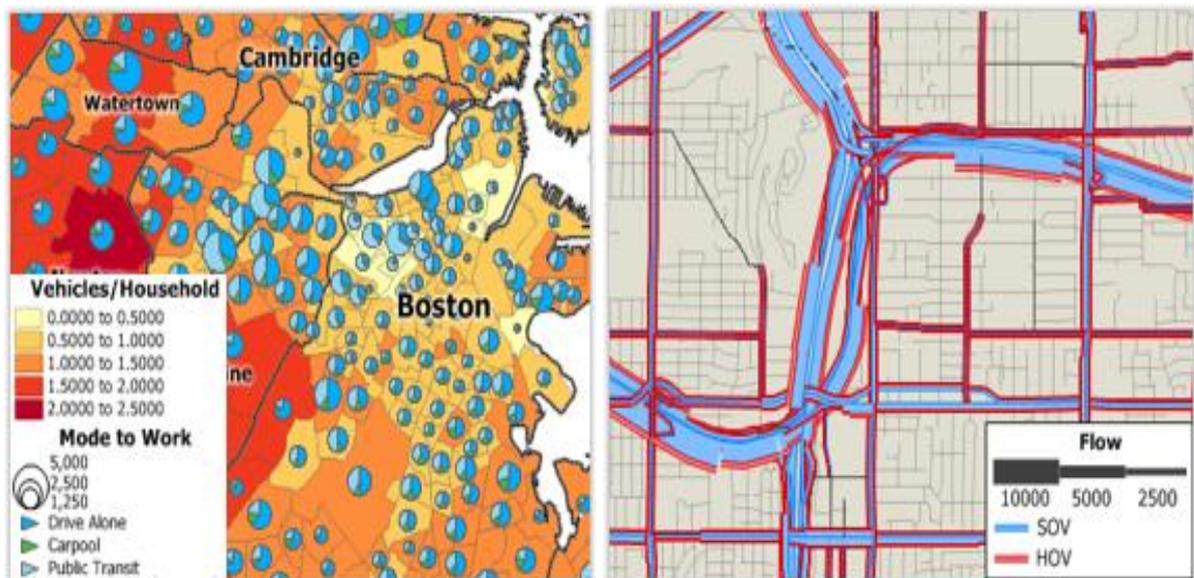


Figura 10 – Interface do TransCAD. Fonte: Saldit Software, agosto de 2014.

Segundo a Saldit Software, desenvolvedora do TransCAD, através do programa é possível criar e personalizar mapas, construir e manter conjuntos de dados geográficos, e realizar muitos tipos diferentes de análise espacial. A Saldit ainda possui todo um SIG dentro do TransCAD, com funções sofisticadas como a sobreposição de polígonos, buffering e geocodificação, e tem uma arquitetura de sistema aberto que suporta o compartilhamento de dados em redes de área local e ampla. Segundo a fabricante, este é o único pacote de software que integra SIG com modelagem de demanda e funcionalidade logística.

Além deste, muitos outros *softwares* estão disponíveis no mercado de SIGs, especialmente softwares importados do exterior, como o ArcLogistics Route, o RoadShow, o Truckstops e o Trucks.

Alguns *softwares* nacionais também se destacam entre os SIGs. O ROTAcerta foi desenvolvido pela Escola Politécnica da Universidade de São Paulo (USP) em 1993 e, segundo Melo e Filho (2001) sua utilização se dá especialmente no contexto de roteamento e programação de veículos em áreas urbanas, considerando fatores e restrições comumente encontrados nesse ambiente, sendo ligado a entregas domiciliares; fretamentos; coleta e distribuição; transportes de produtos; etc. Com uma relação de pontos a serem atendidos e os parâmetros acerca do veículo e do trajeto, o próprio sistema determina os roteiros e seus horários, buscando atender o maior número de clientes, minimizando os custos e atendendo as restrições.

Apesar da diversidade de *softwares* encontrados para a análise das informações geográficas, contudo, é importante ter por trás da utilização dos softwares pessoas qualificadas e preparadas para inserir e lidar com as informações no programa. Uma vez com o conhecimento sobre a utilização de um SIG, o profissional poderá definir qual o melhor software e mais adequado para a implantação no sistema de coleta de resíduos sólidos urbanos.

O SPRING, por exemplo, não é somente um *software* livre como também busca ser amplamente acessível para a comunidade brasileira, contando inclusive com um programa de Formação Avançada em Geotecnologias e cursos de curta duração para utilização do sistema, tudo de forma gratuita.

Tendo sido desenvolvido pelo INPE / DPI (Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais / Divisão de Processamento de Imagens) com a participação da EMBRAPA/CNPTIA (Centro Nacional de Pesquisa Tecnológica em Informática para Agricultura), IBM Brasil (Centro Latino-Americano de Soluções para Ensino Superior e Pesquisa), TECGRAF - PUC Rio (Grupo de Tecnologia em Computação Gráfica da PUC-Rio) e PETROBRÁS/CENPES

(Centro de Pesquisas "Leopoldo Miguez"), o SPRING é um SIG que conta com as mesmas funções de processamento de imagens, análise espacial, modelagem numérica de terreno e consulta a bancos de dados espaciais.

Entretanto, apesar do crescente desenvolvimento de tecnologias, da utilização dos computadores e da capacidade de processamento dos mesmos, Galvão (1997, *apud* LIMA, LIMA E SILVA, 2012) acredita que muitos dos *softwares* específicos desenvolvidos para resolver os problemas de roteirização, não levam em consideração a abordagem espacial do problema, como os pontos onde a coleta é mais necessitada.

Melo e Filho (2001) descrevem os Sistemas de Roteirização e Programação de Veículos, ou simplesmente Roteirizadores, como sistemas computacionais que, através de algoritmos e uma apropriada base de dados, são capazes de obter soluções para problemas de roteirização e programação de veículos (PRPV), promovendo resultados satisfatórios em um tempo relativamente curto se comparados aos tradicionais métodos manuais.

Dessa forma, Lima, Lima e Silva (2012) apostam em um Sistema de informação Geográfica (SIG), uma ferramenta mais ampla e que permite a manipulação de dados georeferenciados a partir de análises espaciais. Oliveira e Lima (2010) apoiam o uso dos SIGs e ainda apontam para o poder de se obter e processar dados georeferenciados e alfanuméricos para, a partir de análises espaciais, apoiar a tomada de decisão espacial. Por sua vez, Monteiro (2007) passou a estudar a aplicação de SIGs Móveis nas diversas áreas da administração municipal, uma vez que, para o autor, os atuais processos e fluxos de trabalho existentes nas prefeituras são, na maioria das vezes, ultrapassados e lentos, propiciando erros e dificultando ações.

Grandes marcas não abrem mão dos benefícios advindos dos Sistemas de informações Geográficas (SIG) nos processos logísticos de suas empresas. Melo (2000, *apud* MELO E FILHO, 2001) apresenta alguns dados no Quadro 1 acerca de respeitáveis marcas e seus Sistemas de Informação Geográfica, mostrando como estes sistemas se mostraram grandes aliados para a otimização de seus processos logísticos.

<b>Empresa</b>	<b>Ramo</b>	<b>Problema</b>	<b>Sistema</b>	<b>Resultados</b>
Protege	Transp. de Valores	Otimização de rota e frota	Trucks 9.0	15% de redução da frota, mais rigor nos horários, maior qualidade de serviço
Sadia	Distr. Alim.	Otimiz. de rota	Trucks 8.2	Redução de 5% do custo operacional
Adriano Coselli	Atacadista	Red. tempo distrib. e Km	Trucks 8.2	Redução de 2h no tempo total e duplicação das entregas (500 p/ semestre)
Luiz Tonin	Atacadista	Red. tempo distrib. e Km	Trucks 8.2	Ganho de 3km p/ entrega, 30 entregas diárias p/ veículo, redução de 20% tempo de entrega e ampliação da área de atuação
Grupo Benjamin	Atacadista	Red. tempo distrib. e Km	Trucks 8.2	Passou a atender 350 pedidos diários
Marilan biscoitos	Distr. Alimentos	Red. tempo e custo distrib.	Trucks	Redução de 5% nos custos de entrega, ganhos em produtividade, efic., qualid. e confian. dos clientes
Panamco Spal	Distr. Bebidas	Otimiz. de frota	RoadShow	Redução de 25% no n° veículos, maior eficiência na entrega
Kibon	Distr. Sorvetes	Agilizar Distribuição	TruckStops	Mais 4000 clientes em 2 meses, redução de 25% Km e 95% ocupação dos veículos

**Quadro 1 – Exemplos de sucesso de aquisição e resultados alcançados com SIG. Fonte: MELO, 2000 apud MELO E FILHO, 2001**

### 3. METODOLOGIA

Afim de responder a pergunta de pesquisa, ou seja, quais as alternativas para a definição de um roteiro de coleta seletiva eficiente, são utilizados métodos indutivos para a construção de hipóteses baseadas nos estudos de caso, apresentados nas pesquisas de Silva et al. (2003) e Ribeiro e Bensen (2006), e métodos estatísticos com base nas pesquisas com simulação de cenários em *softwares* e Sistemas de informação Geográfica (SIG) de Oliveira e Lima (2010), o que caracteriza uma pesquisa exploratória conforme Alyrio (2009).

Foi feito um levantamento bibliográfico a cerca da implantação de sistemas de coleta seletiva, com os estudos de caso de Bensen (2006), Ribeiro e Bensen (2006) e Silva et al. (2003), e com os estudos de Sistemas de informação Geográfica (SIG), de Oliveira e Lima (2010), Lima, Lima e Silva (2012) e Monteiro (2007), fornecendo uma base para se pensar no mapeamento e planejamento das rotas percorridas pelos veículos da coleta seletiva.

O objeto de estudo é o município de Barretos, localizado no interior de São Paulo. Com pouco mais de 110 mil habitantes, o município conta com sistemas de coleta de lixo convencional e coleta seletiva, traçando diariamente diversas rotas pela cidade, rotas estas que fazem parte da população estudada. Dessa forma, o município apresentava viabilidade para a utilização de algumas das rotas da coleta seletiva como amostra para o estudo.

As informações a cerca do sistema de coleta de lixo foram obtidas através da empresa contratada responsável pela coleta no município, a Alfalix Ambiental. Através do encarregado da garagem e oficina da Alfalix em Barretos, Paulo da Silva, foi possível obter informações sobre o modelo de coleta, a frequência e as áreas cobertas pelos veículos. Também observou-se a total falta de informatização no processo de definição das rotas por parte da empresa, que possui apenas um mapa de papel colorido à mão como forma de divisão das áreas cobertas pelos veículos em cada dia da semana, sem percursos predefinidos. Os motoristas recebem apenas as áreas que devem atender e realizam seu próprio trajeto da forma como acharem melhor. Por esta razão, a Alfalix Ambiental não pôde fornecer rotas concretas realizadas pelos veículos.

Para angariar dados sobre o sistema de coleta seletiva de lixo do município, foi procurada a Secretaria de Agricultura e Meio Ambiente de Barretos, uma vez que a Alfalix Ambiental apenas fornece os serviços e quem administra é a Secretaria. Através das informações fornecidas pela responsável pela coleta seletiva no município, Milena Carvalho, obteve-se os bairros cobertos pelo serviço e sua frequência. Milena também confirma a ausência de aparatos tecnológicos e padronização para a definição das áreas e dos trajetos

percorridos. Não são utilizados quaisquer softwares para a definição das áreas ou para se traçar os percursos, que são definidos pelos próprios motoristas dentro das áreas que devem atender no dia.

Sem trajetos pré-determinados, faz-se uso de simulações com trajetos fictícios para a demonstração das ferramentas de roteirização. O processo de simulação permite experimentar e testar mudanças nos cenários, nas estratégias e táticas, e verificar suas consequências mais prováveis em um ambiente virtual (ZANTA E MASSUKADO, 2006). Desta forma, o sistema de apoio à decisão pode ser uma ferramenta bastante útil e eficaz para subsidiar as tomadas de decisão quanto à gestão dos resíduos sólidos urbanos.

Com o auxílio de tecnologias de geolocalização, são obtidos dados quantitativos acerca do trajeto percorrido por veículos de coleta, como distâncias e tempo entre os pontos de parada. Com base nos trabalhos de Melo e Filho (2001) sobre os softwares para análise destes dados, inserem-se tais dados em ambientes virtuais para a roteirização e simulação das rotas, por meio do qual alternativas mais eficientes são buscadas.

Devido às limitações impostas pelos custos de licença dos softwares e capacitação para uso de softwares livres, porém complexos, utiliza-se o ambiente do Google *Maps* como ferramenta para o estudo das rotas. O Google *Maps* é uma ferramenta básica que trabalha com dados simplificados, contudo, seu uso pode representar diferenças positivas para a empresa, mostrando como ferramentas simples podem ser usadas para otimização e melhoria da eficiência.

Através das simulações no Google *Maps* e com os dados fornecidos pela Alfalix Ambiental e pela Secretaria de Agricultura e Meio Ambiente de Barretos, também são estudadas áreas cobertas pela coleta seletiva na realidade. Apesar de não haverem rotas predefinidas para analisar, determinam-se possíveis ordenamentos e reordenamentos de áreas que se apresentem mais eficientes que os atuais.

## 4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 4.1. SIMULAÇÃO

Para responder a pergunta de pesquisa, sobre quais seriam as alternativas para a definição de um roteiro de coleta seletiva eficiente, primeiramente buscou-se as rotas do município de Barretos, onde foi encontrada uma realidade que reforça os estudos de Deluqui (2003, apud OLIVEIRA E LIMA, 2010) e de Oliveira e Lima (2010), a falta de sistemas de informação para definição das rotas. Conforme explica Deluqui (2003, apud OLIVEIRA E LIMA, 2010) através de questionários aplicados em diversos municípios brasileiros, percebeu-se que, assim como em Barretos, em 62% dos municípios do país os roteiros são definidos e traçados de forma manual, com base na experiência da equipe de trabalho. Oliveira e Lima (2010) não encontram um cenário diferente. Esse fato acaba endossando o trabalho de Monteiro (2007), constatando então uma oportunidade para a utilização dos SIGs, tanto como ferramenta de apoio à tomada de decisão espacial como ferramenta para suporte às atividades operacionais.

Sem rotas predefinidas, buscou-se alternativas para a definição de um roteiro de coleta seletiva eficiente através de simulações realizadas no software livre e virtual *Google Maps*. As simulações são realizadas, conforme lembra Zanta e Massukado (2006), possibilitando testar mudanças nos cenários, nas estratégias e táticas, e verificar suas consequências mais prováveis em um ambiente virtual.

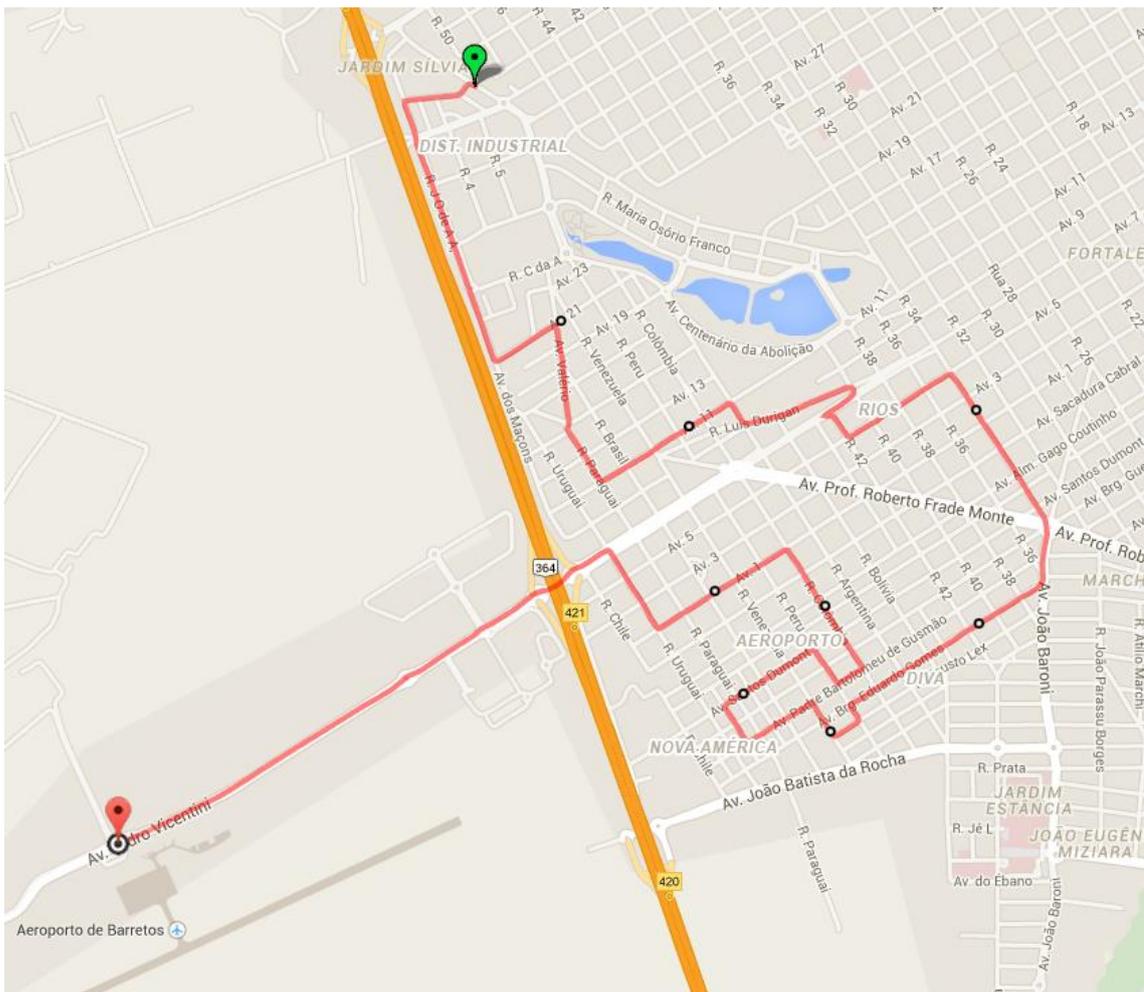
Zanta e Massukado (2006) também lembram que o processo de simulação fornece os resultados das estratégias adotadas, mas é o decisor quem analisa e avalia os resultados selecionando aquele que considere mais adequado para a realidade do município, não devendo subestimar a experiência do profissional.

Um possível cenário de deslocamento de veículo pôde ser simulado por meio de SIGs demonstrando as possibilidades que o sistema possui em redução de distância e tempo empregados no percurso. O trajeto simulado é apenas uma representação de uma parcela do trabalho que poderia ser executado por um veículo coletor.

Para a simulação, define-se um ponto inicial, de onde partirá o veículo, pontos por onde o mesmo irá passar e, por fim, o destino. Para traçar as rotas que simularão o trajeto, pode-se utilizar um GPS ou mesmo um smartphone equipado com GPS e um aplicativo de registro de localizações, a exemplo do “Minhas Trilhas”, software desenvolvido pelo Google e capaz de captar e armazenar os dados de localização, percurso e velocidade, além de

fornecer gráficos e indicadores que facilitam a compreensão das variáveis ao longo do percurso e até mesmo dos pontos de parada dos veículos. De forma semelhante trabalharam Oliveira e Lima (2010), que também dispuseram de um dispositivo GPS para coleta de dados para auxiliar no mapeamento da situação real, além de observações diretas e entrevistas com os catadores.

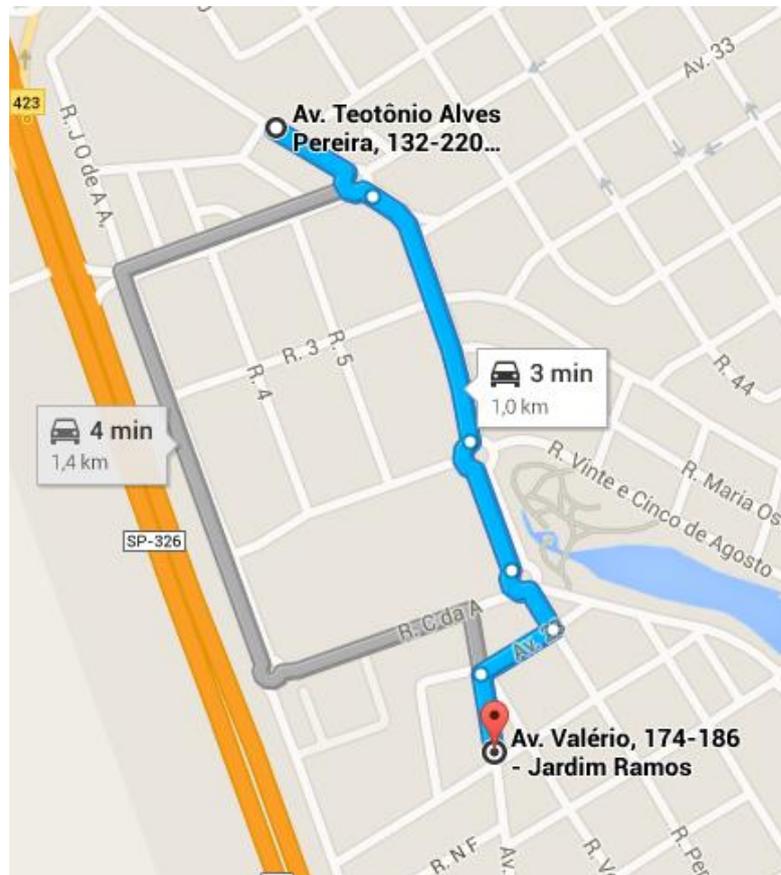
Determinada uma possível rota, tendo um ponto de início, supostos pontos de parada e um destino, os dados podem ser coletados. A simulação elaborada conta como seu ponto inicial representando uma garagem, enquanto percorre seu trajeto por cinco bairros do município de Barretos (Distrito Industrial, Rios, Diva, Nova América e Aeroporto), culminando em uma zona afastada que seria um suposto aterro. O percurso total foi calculado em 9,8 quilômetros, com tempo total estimado em 1 hora, contando o tempo de percurso (32 minutos) e o tempo das paradas do veículo, como apresenta a figura 11.



**Figura 11 – Rota percorrida pelo veículo, com base em dados de GPS no aplicativo Minhas Trilhas. Fonte: (Minhas Trilhas, Google, 2015).**

De posse dos dados coletados, os mesmos são então lançados na mais simples e acessível ferramenta de roteirização que pode-se encontrar, o *Google Maps*. Busca-se utilizar o *Maps* por se tratar de uma ferramenta que, apesar de não ser complexa, é gratuita, muito acessível e de fácil compreensão e manuseio, não exigindo um conhecimento mais aprofundado em softwares de roteirização.

Após inserir os dados do ponto de saída e do primeiro ponto de parada simulados, o *Maps* fornece as alternativas mais viáveis para seguirmos em nosso percurso. A ferramenta apresenta um trajeto em azul, o considerado mais ideal por apresentar uma distância e um tempo de deslocamento menor, e outro trajeto em cinza, representando outra rota alternativa que poderá ser utilizado caso haja algum impedimento com a primeira e que o *Maps* não pode identificar como, por exemplo, a primeira rota possuir um asfalto muito degradado que prejudique o percurso ou trânsito muito intenso, por exemplo. Tais alternativas estão demonstradas na figura 12.

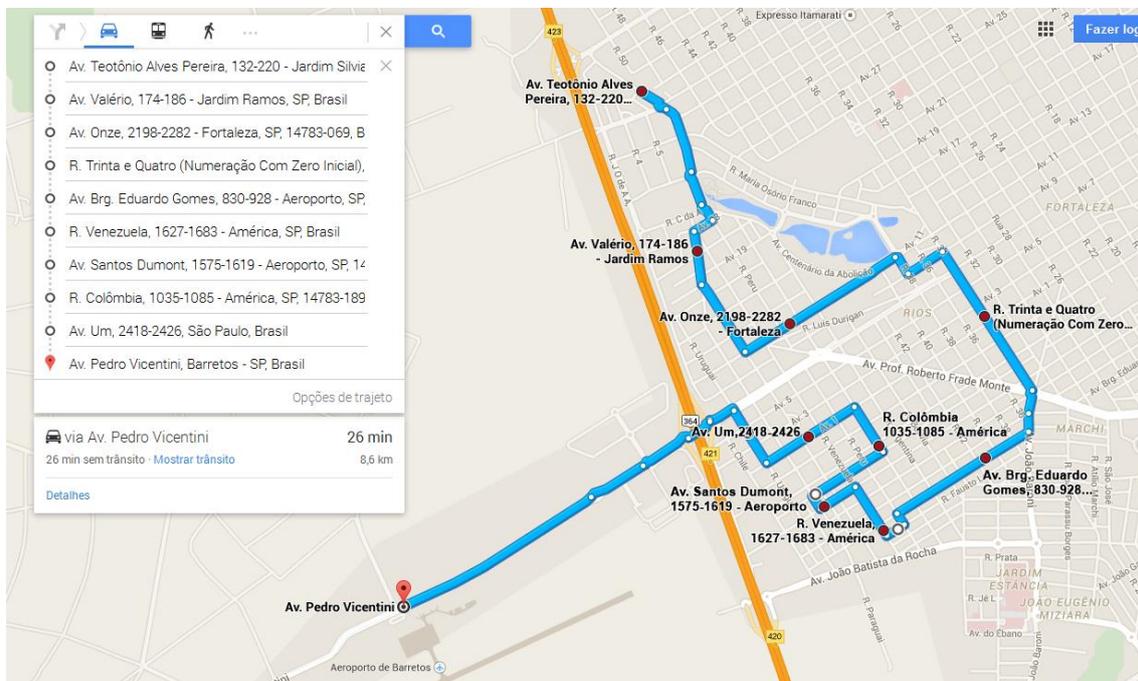


**Figura 12 – Possíveis rotas entre o ponto inicial do percurso e o ‘Ponto 01’ de coleta.**

**Fonte: (Google Maps, Google, 2015).**

A partir da análise da primeira parada já é possível determinar que o percurso indicado pelo roteirizador seria encurtado em aproximadamente 1 minuto e cerca de 400 metros do nosso roteiro usual.

A partir de então são lançados todos os pontos de parada e com base nas alternativas apresentadas, selecionamos os trajetos que indiquem menor percurso e menor tempo de deslocamento. Em alguns casos, quando o gestor achar necessário, é possível alterar manualmente as rotas, sempre tendo a indicação da distância e do tempo médio dos novos percursos exibidos pelo roteirizador. Também é possível alternar a ordem dos pontos de parada. O trajeto mais curto encontrado para nosso roteiro é apresentado na figura 13.



**Figura 13 – Novo trajeto baseado nas alternativas apresentadas pelo Maps e com ajuste manual. Fonte: (Google Maps, Google, 2015).**

Com a nova rota traçada, o tempo de percurso que, anteriormente era de 32 minutos obteve uma redução de 6 minutos e passou a ser de 26 minutos (uma redução de 18,75%), enquanto que a distância percorrida apresentou uma redução de 1,2 quilômetros, reduzindo de 9,8 quilômetros para 8,6 quilômetros percorridos (uma redução de cerca de 12,25%).

Fatores como o tempo de coleta, em que o veículo está parado, foram considerados constantes nas duas simulações, reduzindo-se apenas o tempo de deslocamento do veículo. Também é interessante considerar que uma redução no tempo de coleta seria de grande valia

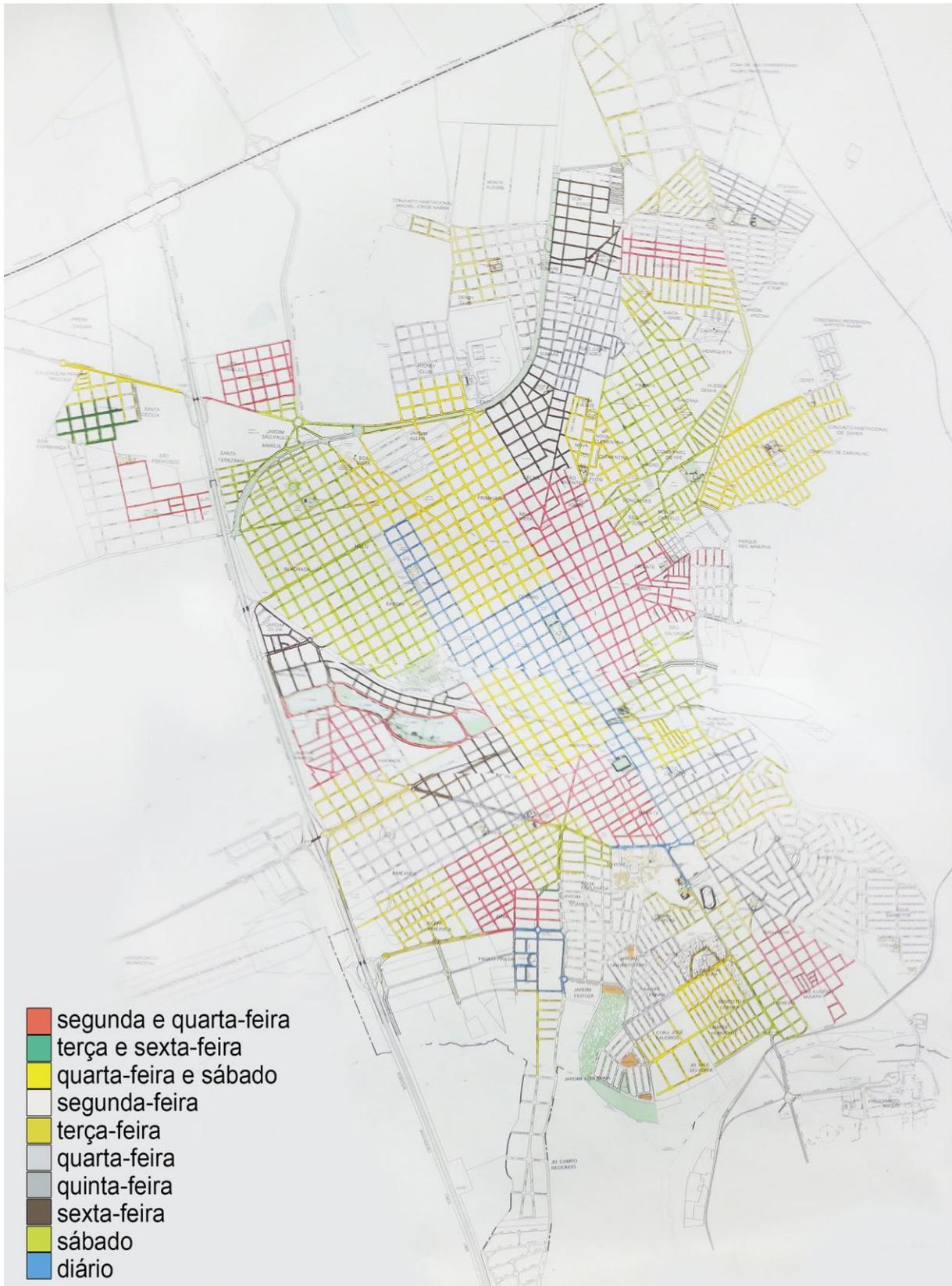
para a redução do tempo de percurso. Oliveira e Lima (2010) lembram que em muitas situações os resíduos sólidos urbanos não são separados em sua fonte geradora, o que demanda mais tempo e trabalho para os catadores realizarem a coleta desses materiais.

É importante salientar que este é um trajeto simulado, representando apenas uma parcela do que um veículo de coleta seletiva pode percorrer diariamente. Assim, pode-se considerar que a redução dos trajetos e dos custos advindos da otimização das rotas, se proporcionais com nosso cenário simulado, podem representar uma grande economia diária de tempo e combustível, permitindo que este tempo saliente seja aplicado na ampliação da área de atuação da coleta seletiva do município, por exemplo.

#### **4.2. OTIMIZANDO ROTAS REAIS**

Com pouco mais de 110 mil habitantes e uma demanda de cerca de 3.000 ton/mês de lixo, o Município de Barretos já necessita de serviços de coleta de lixo e de coleta seletiva mais eficientes. Conforme informações da Secretaria de Agricultura e Meio Ambiente, o município já possui um gasto mensal com coleta e descarte de lixo que ultrapassa os R\$ 300.000,00.

Barretos possui coleta de lixo em todo seu município, cobrindo todas as áreas e ruas da cidade. Por sua vez, a cidade é subdividida em setores que recebem o serviço em determinados dias da semana ou mesmo diariamente. A Coleta de lixo convencional atende com 6 caminhões todos os bairros da cidade em um período de uma semana, sendo que alguns bairros, como o centro, são percorridos todos os dias. O mapa com as escalas é apresentado na figura 14.

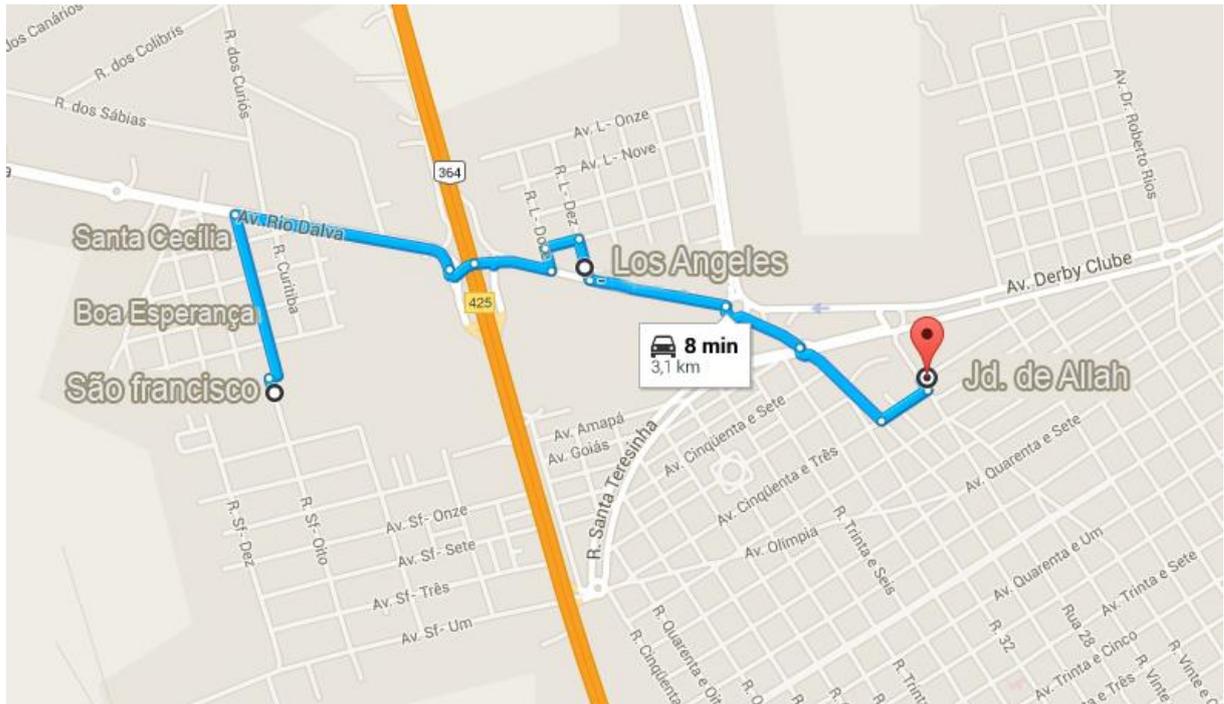


**Figura 14 – Mapa dos setores de coleta de lixo do município de Barretos. Legenda elaborada pelo autor. Fonte: Alfax Ambiental, 2015. Foto: autor.**

A partir de observações no mapa da coleta de lixo convencional de Barretos é possível determinar os bairros cobertos por um dos veículos de coleta em um dia de segunda-feira. Percebe-se, por exemplo, que as áreas atendidas neste dia estão distantes umas das outras, como pode-se observar nas figuras 15 e 16. A distância entre os Bairros São Francisco, Los Angeles e Jd. de Allah é perceptível, o que não é nada eficiente.



**Figura 15 – Bairros cobertos por um dos veículos de coleta na segunda-feira, em Barretos. Fonte: Alfalix Ambiental, 2015. Editado pelo autor.**



**Figura 16 – Distância entre setores atendidos pela coleta de lixo em uma segunda-feira em Barretos. Fonte: Google Maps, 2015. Editado pelo autor.**

Este é uma situação em que a distância poderia ser reduzida caso bairros próximos fossem atendidos no mesmo dia e bairros mais distantes em outros dias da semana. Bairros vizinhos ao São Francisco como Boa Esperança e Santa Cecília, também indicados na figura 16, terão coleta novamente nos próximos dias. No bairro Boa Esperança a coleta voltará a passar pelas ruas na terça-feira e na sexta-feira, enquanto no Santa Cecília o veículo voltará novamente ao local na quarta-feira e no sábado. Unir os três bairros em um ou dois dias reduziria boa parte do trajeto percorrido pelo veículo que atende estes bairros.

Por sua vez, a coleta seletiva abrange aproximadamente 80% da cidade segundo informações da Secretaria de Agricultura e Meio Ambiente do município de Barretos. Ainda segundo a Secretaria, são utilizados dois veículos para este serviço, frequentando os mesmos bairros a cada duas semanas, conforme escala apresentada no Quadro 2. O anúncio da passagem do caminhão da coleta seletiva é feito via auto falante, alertando os moradores que devem entregar os recicláveis aos catadores. O material então é levado para a sede da Secretaria, na Fazenda Municipal, onde um equipe de aproximadamente 10 pessoas realiza a triagem e preparação do material para venda.

<b>DIA DA SEMANA</b>	<b>SEMANA 01</b>	<b>SEMANA 02</b>
<b>Segunda-feira</b>	Jockey Club, Derby Clube, Comerciantes, São Francisco, Santa Cecília	Baroni, Hussem Genha, Jd. Silvia
<b>Terça-feira</b>	Oriente, Sumaré, S. J. Tadeu, Gonçalves, São José, Monte Castelo, Flosi, Clementina, Haddad, Nova Santana, Santana, Pimenta, Ortega	Nogueira, Alvorada, Sta. Terezinha, Marília
<b>Quarta-feira</b>	Gomes, S. Salvador, IFSP Cecap, Sec. Educação	Primavera, Barretos II, Centro
<b>Quinta-feira</b>	Pereira, Fortaleza, Nova Barretos, Grande Horizonte, Ibirapuera	Los Angeles, Jd. Vasconcelos, Jd. de Alah, City Barretos
<b>Sexta-feira</b>	Centro, Jd. Soares	Rios, América, Exposição, Diva, Nova América
<b>Sábado</b>	Cristiano de Carvalho	

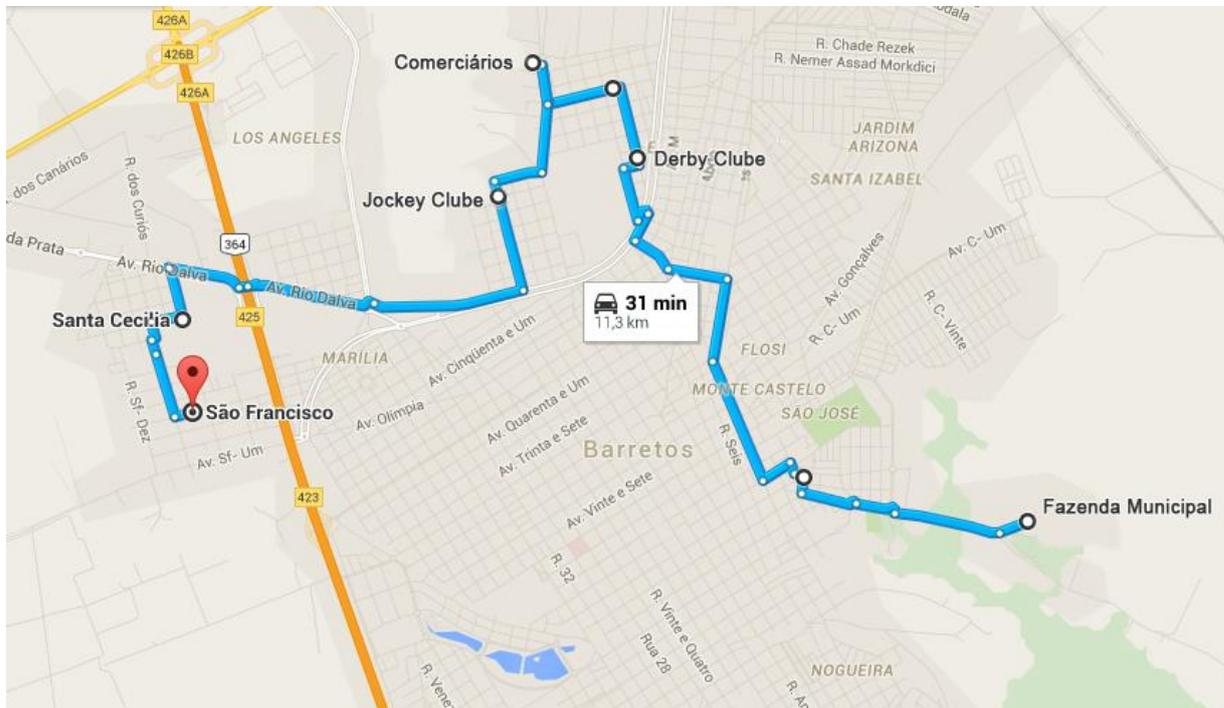
**Quadro 2 – Escala quinzenal da coleta seletiva por bairros no município de Barretos. Fonte: Secretaria de Agricultura e Meio Ambiente de Barretos, 2015**

Contudo, pensar da alta cobertura de coleta de lixo na cidade, o município ainda não conta com um sistema informatizado que realize as divisões ou informe quais são os melhores trajetos para os veículos percorrerem. Segundo informações da Alfalix Ambiental, empresa responsável pela coleta de lixo no município, os setores são traçados pela administração e entregues aos motoristas com os devidos cronogramas avaliados segundo o volume de lixo produzido por área. Estes motoristas, por sua vez, determinam pessoalmente qual a melhor forma de cobrir estas regiões, sem aparatos tecnológicos para traçar as rotas.

Assim como a coleta convencional de resíduos, a coleta seletiva no município de Barretos também não dispõe de aparatos tecnológicos e suas rotas são determinadas pelos próprios motoristas, que devem cobrir os bairros a que são destinados.

Não existe, por exemplo, uma ordem pré-definida ou sequência dos bairros atendidos. Observando os bairros que são atendidos pela coleta seletiva nas segundas-feiras da primeira semana, obtém-se 5 bairros: Jockey Club, Derby Clube, Comerciantes, São Francisco

e Santa Cecília. Como não existe uma ordem pré-definida, é possível simular com estes 5 bairros a ordem mais eficiente para o percurso do veículo coletor, como mostra a figura 17.



**Figura 17 – Melhor roteiro de bairros para visitação da coleta seletiva na segunda-feira da primeira semana de coleta. Fonte: Google Maps, 2015.**

Com este cenário, os veículos percorreriam, descontando o percurso dentro do bairro, apenas 11,3km para acessar os bairros em que haverá coleta na segunda-feira, em uma sequência que oferece o mais curto trajeto. A simples troca de um bairro com outro como, por exemplo, acessando primeiramente pelo Jockey Clube e posteriormente o Derby Clube já poderia influenciar negativamente no trajeto, acrescentando pelo menos mais 2 km apenas para chegar aos bairros.

## 5. CONCLUSÃO

Para responder a pergunta de pesquisa sobre quais seriam as alternativas para a definição de um roteiro de coleta seletiva eficiente, foram simulados cenários através de um Sistema de Informação Geográfica (SIG) buscando avaliar a qualidade das rotas percorridas pelos veículos de coleta atualmente e encontrar novas alternativas que visem à minimização da distância percorrida e do tempo gasto nos percursos, o que, conseqüentemente, proporcionaria maior eficiência.

Assim como na maioria dos municípios brasileiros, conforme Oliveira e Lima (2010), Barretos-SP não possui Sistemas de Informação Geográfica ou outros meios tecnológicos para auxiliar no processo de roteirização. Tudo é realizado de forma manual e empírica.

Com o auxílio de um SIG, o *Maps*, foi possível traçar e ajustar rotas para um cenário simulado de coleta seletiva em alguns bairros do município de Barretos-SP que criariam roteiros eficientes para a coleta. Através dos estudos com o roteiro fornecido pela Alfalix Ambiental, empresa responsável pela coleta de lixo no município, percebeu-se que alguns setores poderiam ser realocados, evitando maiores deslocamentos que poderiam ser evitados.

Através dos resultados quantitativos, pode-se perceber que o uso de SIG pode representar uma redução de custos através do planejamento das rotas que serão percorridas pelos veículos. A roteirização proporcionou ao cenário estudado a redução da distância percorrida pelo veículo, representando economia de tempo, combustível.

Assim como descrevem Oliveira e Lima (2010), é possível perceber que graças a grande facilidade para obtenção e tratamento de dados geográficos e pela facilidade e rapidez de geração de diferentes cenários alternativos de decisão, contribuindo para uma análise fundamentada dos efeitos dessa decisão sobre a rede logística como um todo, a utilização dos SIGs representa sim uma valiosa ferramenta de apoio à decisão no processo logístico da coleta seletiva.

Um sistema de coleta de resíduos sólidos urbanos, especialmente aqueles voltados para a coleta seletiva de lixo, possui um potencial imenso nos campos social e ambiental e, apesar de boa parte das cooperativas de coleta não apresentarem números positivos em suas contas, os SIGs possibilitam ganhos significativos não apenas financeiros, com a redução dos custos operacionais, como também em termos de qualidade.

Por fim, pode-se acreditar que a utilização de SIG para a roteirização de veículos e eficiência do processo, especialmente da coleta seletiva, seja de grande valia, tendo em vista

seu potencial para reduzir custos operacionais e até mesmo reduzir a poluição, uma vez que proporciona um menor gasto de combustíveis. Espera-se que o trabalho auxilie não somente a coleta de lixo como também a outros setores da sociedade que utilizem veículos em suas funções e que inspire outros a ampliar e apoiar a coleta seletiva através do país.

## REFERÊNCIAS

ALFALIX AMBIENTAL. Disponível em: <[www.alfalix.com.br](http://www.alfalix.com.br)> acesso 20 maio 2015

ALYRIO, R. D. **Métodos e técnicas de pesquisa em administração**. Rio de Janeiro: Fundação CECIERJ, 2009.

BARRETOS, SÃO PAULO. SECRETARIA MUNICIPAL DE AGRICULTURA E MEIO AMBIENTE DE. Disponível em: <[www.barretos.sp.gov.br/agricultura](http://www.barretos.sp.gov.br/agricultura)>, acesso 20 maio 2015

BESEN, G. R.; **Programas municipais de coleta seletiva em parceria com organizações de catadores na Região Metropolitana de São Paulo**; 2006.

CARVALHO, L. E. X. **Desenvolvimento De Solução Integrada De Sistemas De Limpeza Urbana Em Ambiente SIG**. Rio de Janeiro-RJ – 2001 – XXII, 340 p. 29,7 cm (COPPE/UFRJ, M.Sc., Engenharia de Transportes, 2001) Tese — Universidade Federal do Rio de Janeiro, COPPE.

CEMPRE. **Pesquisa Ciclosoft 2014** - Compromisso Empresarial para a Reciclagem; São Paulo. Disponível em: <[www.cempre.org.br](http://www.cempre.org.br)>, acesso em junho 2015.

GUMIEL, F., e NETO, J. L. S. **Estudo e implantação de sistema de coleta seletiva e reciclagem em habitações coletivas: estudo de caso no condomínio solar Tocantins**. 2009.

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Cidades**. Disponível em: <http://cidades.ibge.gov.br/xtras/perfil.php?codmun=350550>, acesso em 20 maio 2015

JUNKES, M. B. **Procedimentos Para Aproveitamento De Resíduos Sólidos Urbanos Em Municípios De Pequeno Porte**. Florianópolis-SC: Universidade Federal De Santa Catarina, 2002.

LIMA, R. S., LIMA, J. P. e SILVA, T. V. V. **Roteirização em arcos com um sistema de informações geográficas para transportes: aplicação em coleta de resíduos sólidos urbanos.** Universidade Federal de Itajubá (UNIFEI). Journal of Transport Literature. Vol. 6, n. 2, pp. 180-196, Abr 2012.

MELO, A. e FILHO, V. **Sistemas de Roteirização e Programação de veículos.** Pesquisa Operacional, v.21, n.2, p.223-232, julho a dezembro de 2001.

MONTEIRO, B. R. **Aplicações de sistemas de informação geográfica móveis: um estudo voltado para iniciativas de governo eletrônico na administração pública municipal.** Viçosa, MG, 2007.

OLIVEIRA, R. L. e LIMA, R. S. **Logística Reversa: A Utilização De Um Sistema De Informações Geográficas Na Coleta Seletiva De Materiais Recicláveis.** Pluris, 2010.

PEIXOTO, K., CAMPOS, V. B. G. e D'AGOSTO, M. A. **A Coleta Seletiva E A Redução Dos Resíduos Sólidos.** Instituto Militar de Engenharia; 2005.

PENA, R. A. **O SIG é uma importante ferramenta para o estudo do espaço natural e geográfico.** Portal Brasil Escola, Disponível em: <<http://www.brasilecola.com/geografia/sig.htm>>, acesso em agosto de 2014.

RIBEIRO, H. e BENSEN, G. R. **Panorama da Coleta Seletiva no Brasil: Desafios e Perspectivas a Partir de Três Estudos de Caso.** InterfacEHS - Revista de Gestão Integrada em Saúde e meio Ambiente, 2006.

SILVA, E. M. T. et al. **Planejamento Como Instrumento De Implementação Da Coleta Seletiva De Resíduos Sólidos Urbanos.** ENEGEP 2003 ABEPRO 1 - XXIII Encontro Nac. de Eng. de Produção - Ouro Preto, MG, Brasil, 21 a 24 de out de 2003.

**SPRING - Sistema de Processamento de informações Georeferenciadas.** INPE. Disponível em: <[www.dpi.inpe.br/spring/portugues/](http://www.dpi.inpe.br/spring/portugues/)> acesso em agosto de 2014.

**TransCAD – Sistema de Informações Geográficas.** Saldit Software. Disponível em: <[www.licenciamentodesoftware.com.br/principal/geolocalizacao/87-transcad-o-mais-poderoso-sig-do-mercado](http://www.licenciamentodesoftware.com.br/principal/geolocalizacao/87-transcad-o-mais-poderoso-sig-do-mercado)> acesso em agosto de 2014

**WAZE - *social GPS Maps & Traffic*.** Waze Mobile. Disponível em: < [www.waze.com/pt-BR](http://www.waze.com/pt-BR)>

ZANTA, V. M. e MASSUKADO L. M. **SIMGERE – Software Para Avaliação De Cenários De Gestão Integrada De Resíduos Sólidos Domiciliares.** Vol.11 - Nº 2 - abr/jun 2006, 133-142.