

**UNIVERSIDADE ESTADUAL DO NORTE FLUMINENSE DARCY RIBEIRO-UENF  
CENTRO DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA-CCT  
LABORATÓRIO DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO-LEPROD**

**Paloma Ribeiro dos Santos**

**Propostas para Melhoria da Coleta Seletiva  
Desenvolvida na Cidade de Campos dos Goytacazes**

**Campos dos Goytacazes – RJ  
Dezembro / 2009**

**Paloma Ribeiro dos Santos**

**Propostas para Melhoria da Coleta Seletiva  
Desenvolvida na Cidade de Campos dos Goytacazes**

**Projeto Final de Curso apresentado  
ao Curso de Engenharia de  
Produção do Centro de Ciência e  
Tecnologia da Universidade  
Estadual do Norte Fluminense  
Darcy Ribeiro, como parte das  
exigências para obtenção do título  
de Bacharel em Engenharia de  
Produção.**

**Orientadora: Prof<sup>a</sup>. D.Sc. Gudelia Guillermina Morales de Arica**

**Campos dos Goytacazes – RJ  
Dezembro / 2009**

**Paloma Ribeiro dos Santos**

**Propostas para Melhoria da Coleta Seletiva  
Desenvolvida na Cidade de Campos dos Goytacazes**

**Projeto Final de Curso apresentado ao Curso de Engenharia de Produção do Centro de Ciência e Tecnologia da Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro, como parte das exigências para obtenção do título de Bacharel em Engenharia de Produção.**

**Aprovado pela comissão examinadora em 07 /12 /2009.**

**Comissão Examinadora:**

---

**Prof<sup>a</sup>. D.Sc. Gudelia G. Morales de Arica - Presidente de Banca  
UENF – CCT – LEPROD**

---

**Prof. D.Sc. Geraldo Galdino de Paula Junior  
UENF – CCT – LEPROD**

---

**Adm. M.Sc. Magda Martina Tirado Soto  
Doutoranda de Engenharia de Produção COPPE/UFRJ**

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço primeiramente a Deus pela vida, e pela força concedida para a realização de mais uma etapa da vida.

Aos meus familiares, principalmente a minha mãe, minha tia Janaína e meu tio Jean por todo carinho, dedicação e palavras de motivação nos momentos de dificuldade.

Aos amigos que conquistei pela companhia e amizade durante estes anos, foram longos anos que vão deixar saudades.

A minha irmã Mayara pela compreensão nos dias que precisei usar o computador enquanto ela queria se distrair um pouco nele.

A minha orientadora Gudelia com quem tive maior contato em todo o curso, e quem mais me ensinou e apostou na minha competência para ser sua orientada por diversas ocasiões. Agradeço pela amizade, paciência e confiança e por disponibilizar seu tempo depois do expediente para conversar comigo por muitas vezes.

Agradeço aos professores do LEPROD pelos ensinamentos, principalmente ao Molina que durante todo este tempo sempre demonstrou confiar na minha capacidade e pelas palavras de incentivo e amizade.

Aos alunos do projeto da Coleta Seletiva da UENF que sempre me proporcionaram momentos de alegria e descontração fazendo-me esquecer o cansaço e as dificuldades do dia a dia da faculdade.

Ao engenheiro Rodrigo de Souza Cardozo, o qual me forneceu os dados necessários da empresa para a realização deste trabalho.

## RESUMO

O aumento da demanda de materiais recicláveis em quantidade e variedade transformou a coleta seletiva de materiais recicláveis em um atrativo nicho de negócio, de gestão complexa, e configura o que é chamado de elo da cadeia reversa dos produtos. A coleta seletiva é o fornecedor em escala do ciclo reverso dos produtos. As atividades de logística de um produto não terminam depois de sua chegada ao cliente, (considerado o ponto final do ciclo de vida) estas devem continuar quando os produtos perdem suas utilidades primárias, tornam-se obsoletos e são descartados, ou quando são devolvidos pelos clientes aos pontos de origem para troca. Alguns dos principais problemas da coleta de resíduos abordados com a pesquisa operacional são os problemas de localização de facilidades, também conhecidas como instalações ou centros de distribuição, e os problemas de roteirização de veículos. O modelo matemático de um problema depende do tipo de solução procurada, dos recursos disponíveis da empresa e das particularidades de cada problema. O método de abordagem no cálculo de solução do modelo, exato ou heurístico, conduz a soluções exatas ou aproximadas, respectivamente. As cidades que praticam a coleta seletiva realizam o serviço de forma diferente umas das outras e têm custos, por tonelada coletada, também diferente. Em alguns casos a coleta é feita porta a porta. Em outros casos existe o apoio de centros de entrega voluntária além de coleta porta a porta. Há ainda a inclusão de catadores no trabalho, através de associações ou cooperativas de catadores que aliviam o trabalho das empresas responsáveis pela coleta e das prefeituras desses municípios.

O presente trabalho tem como objetivos identificar pontos onde seja possível diminuir o custo atual com transporte e operação da coleta seletiva, realizada na cidade de Campos dos Goytacazes, via modelos de pesquisa operacional, e ao mesmo tempo mostrar as vantagens de incluir cidadãos na separação de material nos centros de trabalho e nos domicílios, de modo a aumentar os volumes de recicláveis recuperados, desviando-os do aterro e prolongando a vida útil do mesmo.

Palavras chave: Logística Reversa, Custos de Transporte, Roteirização de Veículos, Localização de Facilidades.

## SUMÁRIO

<b>LISTA DE FIGURAS</b>	<b>7</b>
<b>LISTA DE TABELAS</b>	<b>8</b>
<b>1 INTRODUÇÃO</b>	<b>9</b>
1.1 OBJETIVO	10
1.2 JUSTIFICATIVA	11
1.3 ORGANIZAÇÃO DO TRABALHO	11
<b>2 REVISÃO DA LITERATURA</b>	<b>12</b>
2.1 LOGÍSTICA	12
2.2 LOGÍSTICA DIRETA	13
2.3 LOGÍSTICA REVERSA	15
2.3.1 LOGÍSTICA REVERSA DE PÓS-CONSUMO	16
2.3.2 LOGÍSTICA REVERSA DE PÓS-VENDA	17
2.4 PANORAMA DA COLETA SELETIVA NO BRASIL	18
2.5 CUSTO BENEFÍCIO DA COLETA SELETIVA	24
2.6 PESQUISA OPERACIONAL APLICADA A CADEIA REVERSA DOS MATERIAIS	25
2.6.1 PROBLEMAS DE LOCALIZAÇÃO DE FACILIDADES	26
2.6.2 PROBLEMAS DE ROTEAMENTO DE VEÍCULOS	28
<b>3 ESTUDO DE CASO – A EMPRESA</b>	<b>35</b>
3.1 CÁLCULO DO CUSTO ATUAL	41
3.1.1 MÃO DE OBRA	41
3.1.2 MATERIAIS UTILIZADOS PELO PESSOAL DE APOIO	42
3.1.3 COMBUSTÍVEL	42
3.1.4 MANUTENÇÃO DOS CAMINHÕES	45
3.1.5 CUSTO TOTAL	46
3.2 DEFINIÇÃO DO PROBLEMA DE ROTEAMENTO DA EMPRESA	48
3.3 UMA PROPOSTA DE ABORDAGEM PARA LOCALIZAÇÃO DE UM PONTO DE ENTREGA VOLUNTÁRIA	51
3.4 PROPOSTAS DE MELHORIAS NO PROCESSO	57
3.4.1 MELHORIAS ERGONÔMICAS	57
3.4.2 MELHORIAS OPERACIONAIS	58
<b>4 CONCLUSÕES</b>	<b>60</b>
<b>5 SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS</b>	<b>61</b>
<b>REFERÊNCIAS</b>	<b>62</b>

## LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1: Sistema Logístico Direto	14
FIGURA 2: Fluxo Completo da Logística	16
FIGURA 3: Canais de Distribuição Diretos e Reversos	18
FIGURA 4: Municípios Brasileiros com Coleta Seletiva	20
FIGURA 5: Distribuição dos Municípios	20
FIGURA 6: Custo Médio por Tonelada Coletada	21
FIGURA 7: Clientes Distribuídos em Uma Região	28
FIGURA 8: Clientes Distribuídos em Arcos	29
FIGURA 9: Estratégias Para Solução de PRV	32
FIGURA 10: Caminhão Utilizado em 2005	35
FIGURA 11: Caminhão Utilizado em 2009	35
FIGURA 12: Demonstrativo Mensal dos Anos 2008/ 2009	38
FIGURA 13: Quantidade Coletada de Material no Mês de Julho de 2009	38
FIGURA 14: Rota da Manhã de Quarta Feira (KUJ - 7445)	42
FIGURA 15: Rota da Tarde de Quarta Feira (KUJ - 7445)	43
FIGURA 16: Tempo Para Pagar Dois Caminhões Com a Economia do Término do Subcontrato	47
FIGURA 17: Mapa das Ruas com Obrigatoriedade de Visitas no Bairro Pelinca	49
FIGURA 18: Interface do Software Logware	52
FIGURA 19: Vértices Distribuídos em Região Considerada	53
FIGURA 20: Interface Para Entrada de Dados	54
FIGURA 21: Resultado do Problema	55
FIGURA 22: Ilustração do Local Escolhido Para a Entrega Voluntária	55
FIGURA 23: Mapa Com Local Escolhido	56

## LISTA DE TABELAS

TABELA 1: Custos da Coleta Seletiva	21
TABELA 2: Quantidade e Frequencia das Pesagens	37
TABELA 3: Quantidade de Bairros Por Caminhão	40
TABELA 4: Custo com Mão de Obra	41
TABELA 5: Custo com EPIS	42
TABELA 6: Distâncias Percorridas	44
TABELA 7: Distâncias Percorridas por Semana/Mês	45
TABELA 8: Custo de Manutenção dos Caminhões	46
TABELA 9: Custo Total Mensal	46
TABELA 10: Comparação de Custos	47



## 1. INTRODUÇÃO

Diante da quantidade de resíduos produzidos pela urbanização de territórios e da poluição gerada pelo lixo acumulado, a reciclagem de materiais encontrados nos resíduos vem ganhando um espaço cada vez maior dentro da sociedade. A coleta de tais materiais que antes era vista como ofício apenas de pessoas abaixo da linha da pobreza, sem outra opção de trabalho, os chamados “catadores”, hoje recebe atenção por parte das administrações públicas municipais para gestão de resíduos sólidos, incentivando a separação do lixo reciclável. Com esta nova realidade, os catadores passaram a dividir seu espaço de trabalho com empresas ligadas às prefeituras, que se responsabilizam pela coleta desses materiais recicláveis, conhecida como coleta seletiva. Esta mudança vem acontecendo devido à crescente preocupação ambiental mundial que vem forçando indústrias a incorporar materiais recicláveis, como parte da matéria prima na fabricação de novos produtos, e a identificar a oportunidade de diminuir custos, tanto como, da melhora da imagem sócio-ambiental da empresa. O aumento da demanda de materiais recicláveis em quantidade e variedade transformou a coleta seletiva dos materiais recicláveis em um nicho de negócio atrativo, de gestão complexa, e configura o que é chamado de elo da cadeia reversa dos produtos de ciclo reverso.

As etapas principais do ciclo reverso dos materiais são: a separação dos materiais recicláveis pelos usuários, e a coleta seletiva. Quando a coleta é feita porta a porta a operação envolve um custo mais elevado com transporte e pessoal do que quando feita através da coleta em pontos de entrega voluntária distribuídos por bairros, isso ocorre devido a diferença da distância necessária a ser percorrida pelos caminhões. O modo de fazer a chamada coleta seletiva geralmente é misto, ou seja, boa parte acontece visitando-se residência por residência e apoiado com alguns pontos estratégicos para entrega de material voluntário espalhados pelo município, onde a própria população se encarrega de levar o material. De uma forma ou de outra, a operação do transporte de materiais representa uma parcela considerável do custo na coleta seletiva, (CICLOSOFT, 2006).

A redução dos custos com a operação do transporte, em geral, envolve muitos problemas de tomada de decisão, entre eles estão: a escolha das melhores rotas, número ótimo de veículos necessários para atender aos clientes de maneira satisfatória, levando em consideração a capacidade dos veículos, o tempo disponível para a realização das tarefas, as distâncias entre os clientes, entre outras restrições que variam de acordo com a política da empresa.

Em adição aos custos envolvidos em todo o processo reverso dos materiais, os fatores que tornam a reciclagem viável economicamente correspondem à redução ou economia do consumo de energia, matérias primas, da água doce e principalmente na redução da poluição gerada pelo lixo. Tais fatores convergem para se obter indicadores de sustentabilidade relativos aos recursos materiais utilizados, e a medir a proteção ambiental com absorção dos desperdícios gerados, além de contribuir para a inclusão social e geração de renda para catadores (RIBEIRO & LIMA, 2000).

## **1.1 OBJETIVO**

O presente trabalho tem como objetivos: estimar o custo atual com a coleta seletiva na cidade de Campos dos Goytacazes, interior do Estado do Rio de Janeiro, e compará-lo com o de outras cidades. Propor um modelo matemático de pesquisa operacional apropriado ao caso particular da empresa que possa ajudar a diminuir o custo atual com a operação de transporte da coleta seletiva realizada. Mostrar as vantagens de incluir os cidadãos na separação do material nos pontos de geração de modo a aumentar os volumes de recicláveis recuperados, desviando-os do aterro e prolongando a vida útil do mesmo. Propor melhorias operacionais para a empresa considerando o processo desde a coleta até a entrega de material ao local de destino, buscando um custo benefício mais favorável a realização da coleta e conseqüentemente, possibilitando a ampliação para novos bairros de coleta seletiva.

## **1.2 JUSTIFICATIVA**

O estudo se justifica pela importância de diminuir custos da administração principal sem reduzir o número de bairros visitados na cidade, e com melhoria na qualidade e eficiência nas operações do serviço para as empresas e seus funcionários. O custo com a operação de transporte representa para as empresas cerca de um a dois terços de todos os custos com logística, justificando a necessidade de se estudar maneiras de aumentar a eficiência do uso dos recursos envolvidos com o transporte (BALLOU, 2005). Outro fator importante é a Política Nacional de Resíduos Sólidos que institui entre outras práticas ambientais, a coleta seletiva, de resíduos orgânicos e inorgânicos, e a coleta multi-seletiva, ou seja, por tipo de resíduo sólido. Segundo o Art.10 do Projeto de Lei 1991/07 são instrumentos da Política Nacional de Resíduos Sólidos os incentivos fiscais, financeiros e creditícios para os municípios que estiverem compatíveis com esta Lei, e no exposto no Art.13, desta mesma Lei que também exige a compatibilidade como condição para o Distrito Federal e os municípios terem acesso a recursos da União, destinados a serviços relacionados à limpeza urbana, e ao manejo de resíduos sólidos.

## **1.3 ORGANIZAÇÃO DO TRABALHO**

O presente trabalho está composto por cinco seções. O primeiro corresponde à introdução. Na segunda se encontra a revisão da literatura sobre os assuntos que são abordados no decorrer do trabalho. A terceira seção diz respeito ao estudo de caso da Empresa X com suas características de processo de serviço e o estudo realizado sobre a mesma. Na seção 4 são comentadas algumas conclusões sobre o trabalho e as propostas de melhorias para aumentar a coleta seletiva controlando os custos. Na seção 5 se colocam sugestões de abordagem para a elaboração de trabalhos futuros.

## 2. REVISÃO DA LITERATURA

### 2.1 LOGÍSTICA

Um aspecto fundamental no gerenciamento do lixo urbano é a coleta que conduz os materiais para o tratamento mais adequado. A logística é definida como um conjunto de atividades que garantem os fluxos de produtos e informações desde a aquisição da matéria prima, até a chegada ao consumidor final. Tais tarefas correspondem à compra, movimentação e armazenagem dos produtos (ANDRADE, 2004).

Segundo Ballou (2003) a logística empresarial é responsável por estudar:

[...] como a administração pode prover melhor nível de rentabilidade nos serviços de distribuição aos clientes e consumidores, através de planejamento, organização e controle efetivos para as atividades de movimentação e armazenagem que visam facilitar o fluxo de produtos.

A gestão da logística, ou logística empresarial compreende todos os esforços de setores como: marketing, finanças, controle da produção, vendas e recursos humanos, e não pode ser confundida somente com transporte e armazenagem de produtos (PILEGGI & ROSA, 2007).

A logística empresarial é de vital importância para as empresas e para a economia onde está inserida, ela é considerada um fator chave para a melhoria dos comércios regionais e internacionais. A atividade logística absorve 22% em média dos custos das vendas das empresas, e é capaz de determinar a competitividade das mesmas, de acordo com sua boa administração (BALLOU, 1993).

O conceito de logística como função integrada no ambiente empresarial é considerado novo, apesar das atividades de suprimento, transporte, armazenagem e distribuição estarem sempre presentes no dia a dia das empresas. A integração da gestão de todas essas atividades recebeu o nome de logística. É coordenada por metas que buscam a otimização de resultados empresariais e tem potencial para

agregar valor a produtos e serviços através do atendimento às necessidades dos clientes (ANDRADE, 2004).

Segundo o sentido do fluxo das informações, serviços ou produtos, a logística é classificada como direta ou reversa. A logística direta é responsável pela gestão do fluxo do sistema desde o ponto de aquisição da matéria prima até a distribuição dos produtos aos consumidores, já a logística reversa engloba o fluxo reverso dos produtos, ou seja, o caminho dos produtos de pós-consumo ou pós-venda desde os clientes intermediários ou finais até a indústria para fazer parte novamente do ciclo produtivo.

## **2.2 LOGÍSTICA DIRETA**

Na visão de Piassi (2008) o gerenciamento da logística no sentido do fluxo direto começa com a expedição das matérias primas pelo fornecedor e tem fim na ocasião de entrega dos produtos acabados aos clientes. O fluxo das informações segue o sentido contrário dos produtos ou serviços, e o processo logístico agrega valor a cada movimentação do estoque até o consumidor final.

Como um segmento do mercado é composto por clientes, eles podem ser finais ou intermediários. Clientes finais são aqueles consumidores que usam o produto para suprir suas necessidades particulares; os intermediários podem ser outras indústrias as quais utilizam esses produtos como matéria prima na fabricação de outros bens, ou ainda empresas de revenda tais como varejistas e atacadistas (BALLOU, 1993).

Na Figura1 pode-se exemplificar o fluxo direto da logística de produtos desde a entrada das matérias primas até a entrega aos diversos tipos de clientes chegando aos consumidores finais.

O fluxo de produção de bens de consumo está intimamente relacionado com o ciclo de vida do produto. As atividades de logística de um produto não terminam depois de sua chegada ao cliente (considerado o ponto final do ciclo de vida). Elas devem continuar quando os produtos perdem suas utilidades primárias, tornam-se

obsoletos e são descartados, ou quando são devolvidos pelos clientes aos pontos de origem para troca. Nesta ocasião, a gestão empregada será a reversa. A logística recebe este nome por fazer um trajeto inverso da logística direta, pois haverá o retorno dos produtos em caso de troca, ou para o aproveitamento dos componentes em caso da obsolescência do produto (FILHO, 2005)

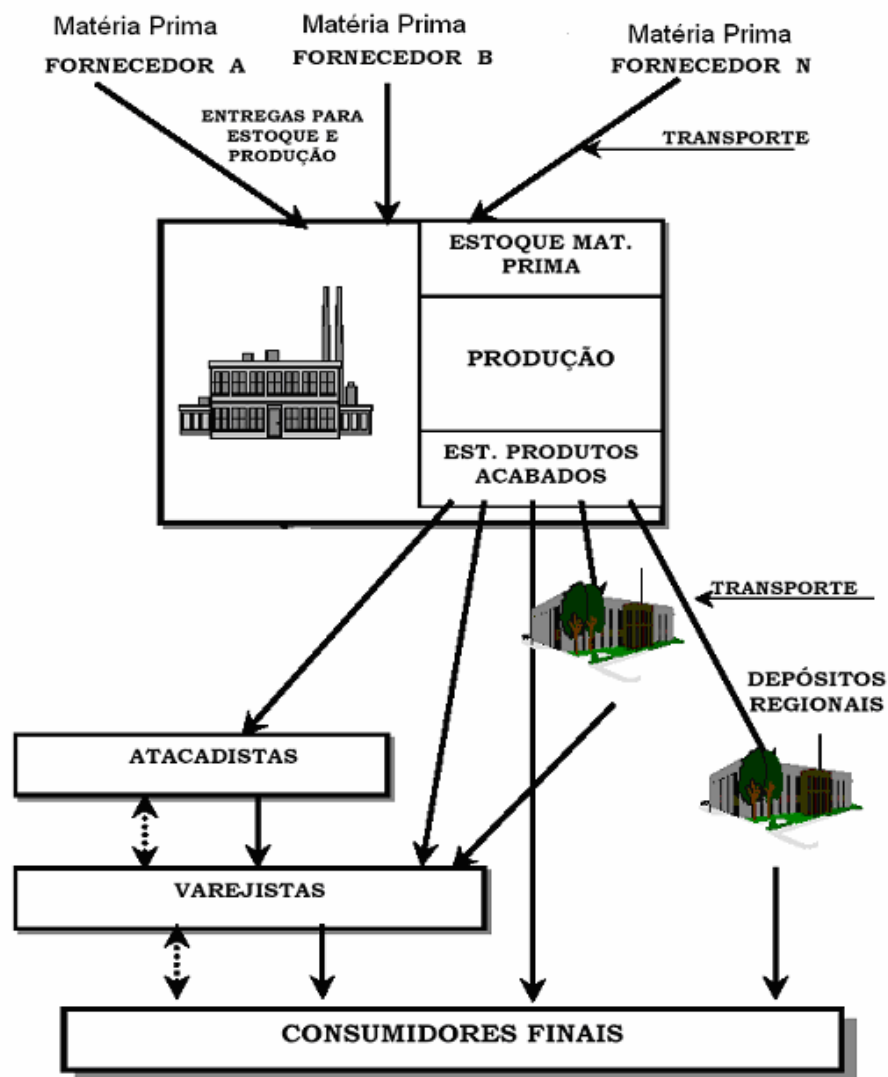


Figura 1- Sistema Logístico Direto  
Fonte: Adaptado - (ANDRADE, 2004)

## 2.3 LOGÍSTICA REVERSA

Leite (2005, p.16) define logística reversa como:

[...] área da logística empresarial que planeja, opera e controla o fluxo de informações logísticas correspondentes, do retorno dos bens de pós-venda e de pós-consumo ao ciclo de negócios ou ao ciclo produtivo, por meio dos canais de distribuição reversos, agregando-lhes valor de diversas naturezas: econômico, ecológico, legal, logístico, de imagem corporativa, entre outros.

Devido à concorrência crescente entre as empresas e a vontade de agradar aos clientes, e também com o aumento das preocupações com o meio ambiente tanto como da conservação dos recursos naturais, surgiu a necessidade de se administrar o fluxo reverso dos produtos. Algumas empresas chegam a receber de volta cerca de 20% das vendas provenientes de devoluções de pedidos (DORNIER et al, 2000).

Segundo Leite (2005) os canais de distribuição reversos ainda são pouco implementados e estudados, e a preocupação de grupos empresariais modernos em qualidade total, gerenciamento da cadeia de suprimentos e gerenciamento do fluxo logístico são recentes, apesar de existirem alguns canais reversos já consolidados como o de metais, por exemplo, existem poucos textos na literatura que trazem o assunto de forma organizada.

A logística reversa é responsável por promover o retorno dos bens considerando todas as operações que envolvem este retorno. Conforme exposto por Ballou (1993) a empresa não termina seu trabalho necessariamente com a chegada do produto ao cliente. O produto pode ser devolvido caso esteja com defeito ou não seja o pedido especificado pelo cliente, sendo necessário que a empresa proporcione meios para este retorno. Este é um caso onde a logística empregada é de pós-venda. Existe ainda o retorno conhecido como de pós-consumo, por se tratar do retorno dos bens que foram descartados depois de consumidos pelos clientes. Tais bens ou partes deles retornam, após tratamento, ao ciclo produtivo, como mostrado na Figura 2.

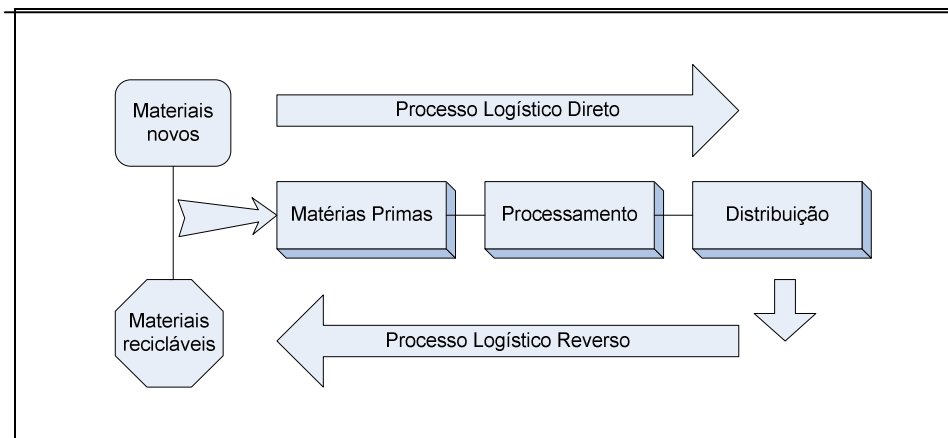


Figura 2 – Fluxo completo da logística  
Fonte: Adaptado – Vasques (2009)

### 2.3.1 LOGÍSTICA REVERSA DE PÓS-CONSUMO

Na categoria de pós-consumo a logística reversa se divide em três partes: materiais encaminhados para a reciclagem e materiais encaminhados para o reuso e a parcela destes bens que deve receber uma destinação adequada, que evite a poluição ao meio ambiente, e transtornos a população.

Para Leite (2005) os bens de pós-consumo no fim de vida útil são chamados de resíduos sólidos. Eles são enquadrados novamente ao ciclo produtivo depois de passarem pela cadeia reversa através do desmanche e reciclagem. A captação destes resíduos sólidos deve ser feita com a coleta seletiva onde somente os materiais recicláveis são coletados. Os demais recebem uma destinação final que pode ser adequada ou não. A coleta seletiva pode ser feita tanto por empresa terceirizada pela autoridade municipal, como por pessoas chamadas na região por “catadores” de materiais recicláveis, os quais juntam os materiais coletados e vendem para empresas que agregarão valor ao material, ou seja, o material será separado por tipo e prensado, o que facilitará o transporte para usinas de reciclagem.

Os materiais encaminhados para o reuso industrial são aqueles que depois de coletados, sofrem um processo de desmontagem industrial, e seus componentes utilizáveis em uma remanufatura retornam para o ciclo produtivo (LEITE, 2005). Um



exemplo deste processo logístico reverso é o que acontece com as máquinas copiadoras da Xerox nos Estados Unidos. As máquinas foram projetadas com o intuito de facilitar a troca de suas peças. Uma vez acabado o tempo de vida útil da máquina ela retorna para centros de distribuição, e suas peças desmontadas são encaminhadas para serem usadas em novas máquinas. As peças inservíveis são destinadas para a reciclagem, (TIRADO-SOTO, 2006).

Nos dois casos, sejam os materiais de pós-consumo destinados à reciclagem ou ao reuso, existem ganhos ambientais e empresariais. Ambientais porque estes materiais receberão uma destinação segura e sem risco, e principalmente porque diminui a extração de recursos naturais para novos bens, e empresariais porque dependendo do material é menos custoso utilizar material reciclável e de reuso do que extrair matéria prima da natureza, e fazer com que ela passe por processos de transformação. Um exemplo seria a reciclagem das latas de alumínio. É mais barato para a indústria fazer uso do alumínio das latas coletadas do que extrair do minério da bauxita (TIRADO-SOTO & MORALES, 2005).

### **2.3.2 LOGÍSTICA REVERSA DE PÓS-VENDA**

A demanda pelo fluxo reverso de pós-venda tem diversos motivos, entre eles estão as garantias estipuladas pelas empresas, a devolução por erros de pedidos, estoques excessivos nos distribuidores, entre outros (LEITE, 2005 ). Nestes casos em que os bens não chegaram ao fim de vida útil eles podem ser coletados e encaminhados novamente para a venda nos mercados secundários, por um preço menor. Os defeituosos dependendo da situação são desmontados para reutilização dos componentes. A Figura 3 retrata os caminhos reversos que os produtos de pós-venda e pós-consumo podem percorrer.

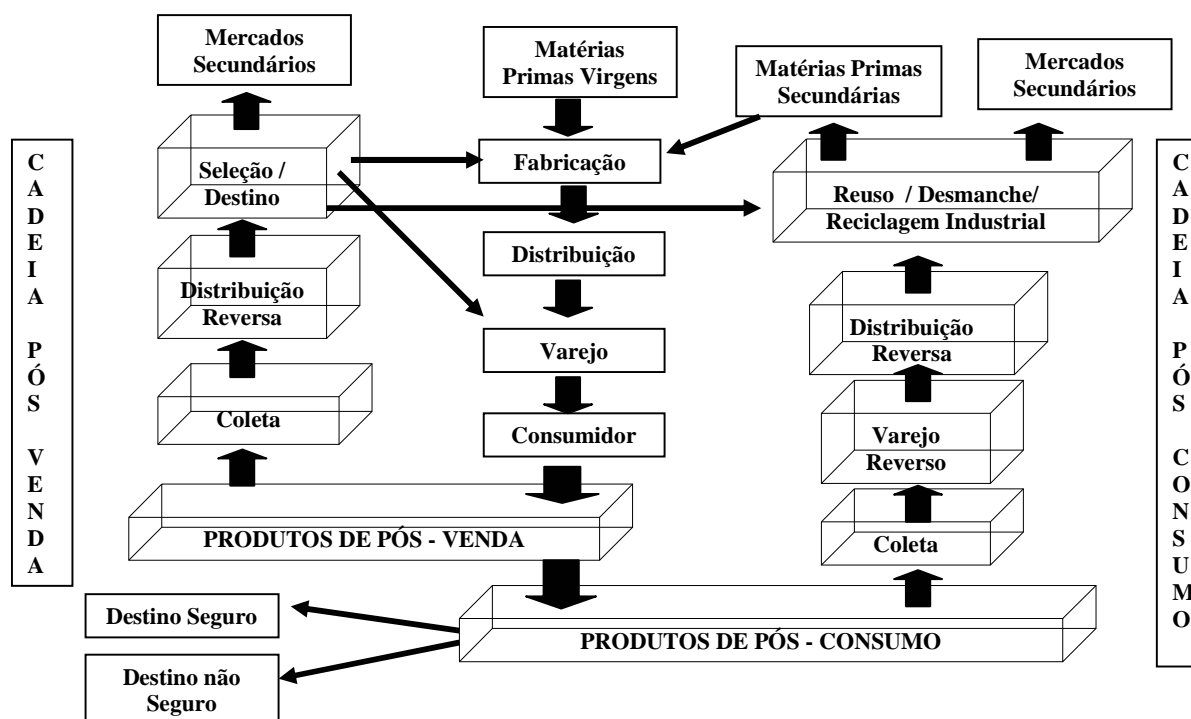


Figura 3 - Canais de distribuição diretos e reversos  
 Fonte: Adaptado – LEITE (2003)

## 2.4 PANORAMA DA COLETA SELETIVA NO BRASIL

A coleta seletiva representa um elo importante para a cadeia reversa dos materiais. Através dela os materiais podem ser desviados do lixo comum e serem destinados às centrais de triagem, passando por processos de beneficiamento, até chegarem às indústrias onde serão utilizados novamente no processo produtivo. Apesar das vantagens da reciclagem e do incentivo feito pelo Projeto de Lei 1991/07 da Política Nacional de Resíduos Sólidos, a prática da coleta seletiva nos municípios do Brasil ainda é pequena. Principalmente nos pequenos municípios. A participação da população nestes programas também é considerada baixa pela falta de conscientização ambiental, e muitas vezes pela falha na divulgação dos programas, impedindo que a cultura de se separar o lixo para coleta cresça mais rapidamente.

De acordo com Ribeiro e Lima (2000), no Brasil a coleta seletiva teve seu início em 1985, no bairro São Francisco na cidade de Niterói, em um projeto de coleta

seletiva, sendo o primeiro documentado no país. Em 2008, 26 milhões de brasileiros tinham acesso a programas de coleta seletiva, número que corresponde a 14 % da população brasileira. Apenas 405 municípios brasileiros desenvolviam programas de coleta seletiva, representando menos que 10 % do total de 5.563 municípios brasileiros. Mais de 80% dos programas estão concentrados nas regiões Sul e Sudeste do país (CEMPRE, 2008). Segundo Ribeiro e Bensen (2007) os possíveis fatores responsáveis pela alta concentração dos programas nestas duas regiões é o fato de na região Sul existir desde 1998 a Federação dos Recicladores do Rio Grande do Sul (Faars), que apóia às organizações de catadores, e na região Sudeste estar localizada a maior parte das indústrias recicladoras, contribuindo favoravelmente para a implantação da coleta seletiva nos municípios.

A pesquisa do CEMPRE em 2008 informou o crescimento do número de municípios com menos de 100 mil habitantes que passaram a participar de programas voltados para o trato do lixo, evidenciando a preocupação com o desenvolvimento sustentável. O aumento desde a pesquisa realizada em 2006 foi de 6%. Alguns exemplos destas cidades são: Nova Olinda (CE), Xaxim (SC) e Itupeva (SP).

A Figura 4 apresenta o crescimento do número de municípios que operam programas desde 1994 até 2008. Um aumento tímido considerando o número total de municípios no país. Vale ressaltar que a pesquisa realizada pelo CEMPRE não alcança todos os municípios brasileiros e Campos dos Goytacazes é um desses municípios que não se encontram inseridos na pesquisa, por este motivo, os dados das pesquisas contribuem para se fazer estimativas, mas não correspondem a 100 % da realidade.

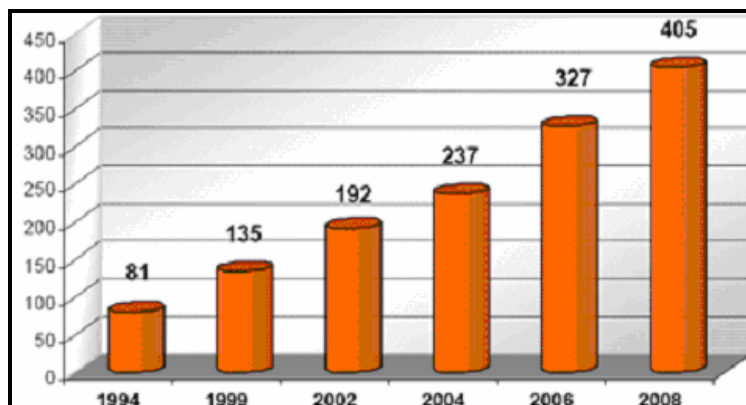


Figura 4 - Municípios Brasileiros com Coleta Seletiva  
Fonte: CEMPRE (2009)

A Figura 5 ilustra a distribuição por regiões dos 405 municípios com coleta seletiva:

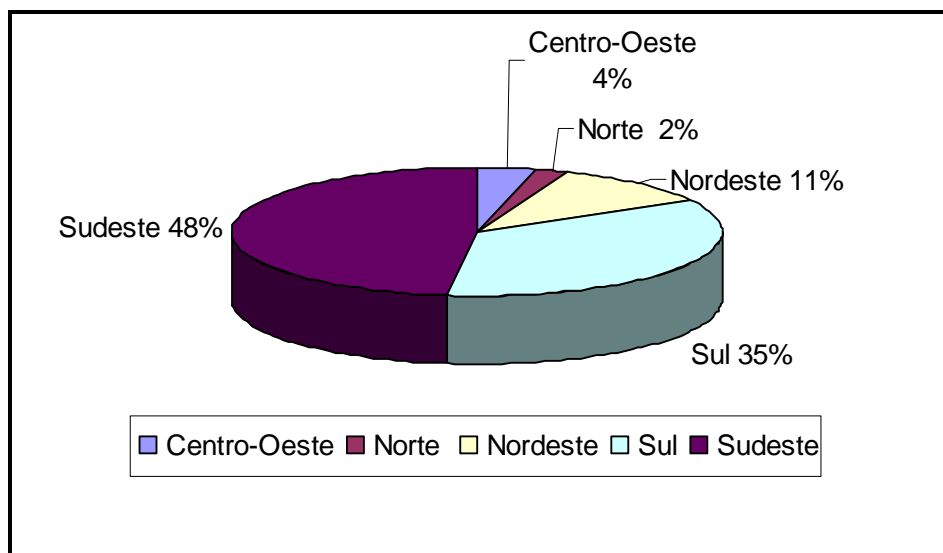


Figura 5 - Distribuição dos municípios  
Fonte: Adaptado - CEMPRE (2009)

Os custos com a coleta seletiva sempre foram maiores do que os da coleta de lixo comum. Conforme CEMPRE (2008) a diferença atual é em média de 5 vezes mais. A empresa deve considerar para cálculo de custos: manutenção de caminhões, materiais utilizados, mão de obra, combustível, manutenção do local de armazenamento dos materiais, entre outros fatores que se não receberem uma gestão eficiente podem inviabilizar a coleta, ou torná-la muito custosa para as prefeituras que contratam estas empresas. Na Figura 6 é possível acompanhar a

média do custo por tonelada coletada de todos os municípios brasileiros que têm programas de coleta seletiva no decorrer dos anos. Em 2002 observa-se o menor custo. Atualmente a média é de R\$ 375,70 de acordo com pesquisa do CEMPRE (2008).

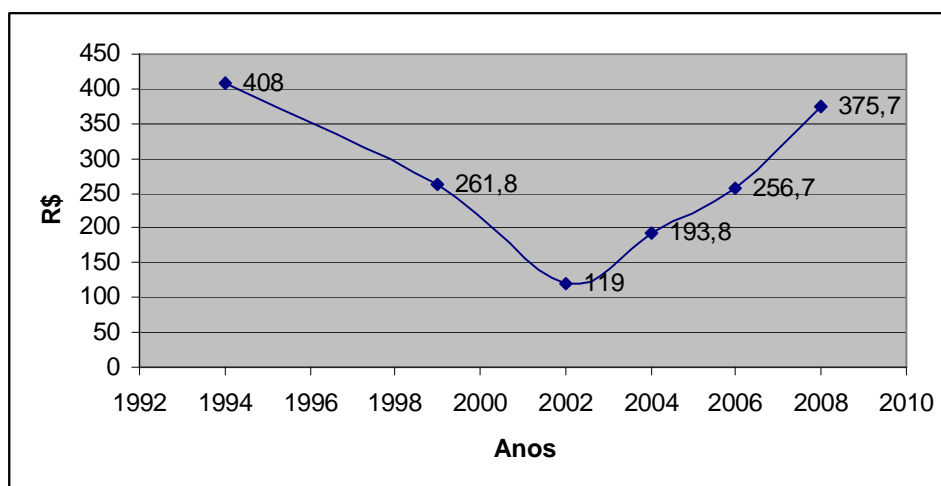


Figura 6 – Custo médio por tonelada coletada  
Fonte: Adaptado (CEMPRE, 2009)

Na tabela 1 estão listados alguns municípios e os custos mensais da prática da coleta seletiva.

TABELA 1 – Custos da Coleta Seletiva

Município /UF	Ton/Mês	Custo (R\$/Tonelada)	Custo Total R\$ /Mês
Ribeirão Preto / SP p e	120	525,00	63000
Recife /PE	135	140,00	18900
Porto Alegre /RS	1800	271,00	487800
Florianópolis /SC	151	638,91	96475,41
Campinas / SP	600	534,09	320454
Belo Horizonte /MG	674	245,80	165669,20
Manaus /AM	105	290,00	30450
São José dos Campos/ SP	660	238,00	157080
Santos /SP	141	998,05	140725,05
Santo André /SP p	420	97,67	41021,40
Rio de Janeiro /RJ	540	487,37	263179,80

Fonte: Adaptado (CEMPRE, 2009)

De acordo com o Compromisso Empresarial para Reciclagem (CEMPRE), dos 405 municípios que praticam a coleta seletiva 43% têm relação direta com cooperativas

de catadores. 49% trabalham com o serviço de coleta de porta em porta e 26% têm postos de coleta voluntária.

Com a situação precária do catador coletando materiais em lixões, sem nenhum tipo de proteção contra riscos de doenças e acidentes, o governo federal editou o Decreto, de 13 de setembro de 2003, o qual iniciou o Comitê Internacional de Inclusão de Catadores. O governo também sancionou a Lei nº 11.445/07 que possibilita a contratação de cooperativas de catadores que estejam em situação regular junto ao governo, para apoiar a coleta seletiva municipal. Estas medidas trouxeram um impacto favorável na quantidade de municípios que passaram a praticar a coleta seletiva incluindo os catadores nos programas. Para apoiar estas medidas o governo através do PAC (Programa de Aceleração do Crescimento) deu prioridade à construção de galpões para triagem de materiais recicláveis com os equipamentos necessários, com o objetivo de gerar renda para os catadores (CEMPRE, 2008).

No município de Santo André, interior de São Paulo, a coleta seletiva é realizada por empresa contratada pela prefeitura. O sistema de coleta adotado é o de porta em porta, com participação voluntária da população. A central de triagem também é cedida pela prefeitura, pois a empresa contratada não possui sede própria. A maioria dos materiais coletados é vendida para sucateiros e intermediários, apenas uma pequena parte é vendida diretamente para a indústria de reciclagem (RIBEIRO & BENSON, 2007).

Através do programa "Vida Limpa" a prefeitura de Diadema - SP, paga aos catadores o que pagaria às empresas particulares por toneladas de resíduos, sem alterar o seu orçamento. Os catadores são remunerados pelo trabalho de coleta e pela comercialização. A cidade foi a primeira no Brasil a remunerar catadores para o trabalho de coleta, e conseguiu a ampliação da coleta porta a porta com aumento de 60% do volume de material coletado, conforme citado pelo Programa Vida Limpa da Secretaria de Meio Ambiente de Diadema - SP.

A coleta seletiva solidária de Mesquita - RJ é reconhecida pelo Ministério das Cidades como uma das melhores experiências do Estado do Rio de Janeiro. Em 2008 o projeto foi o vencedor do Prêmio do Conselho Empresarial Brasileiro de Desenvolvimento Sustentável (CEBDS) na categoria Administração Pública. A prefeitura operacionaliza a coleta seletiva com catadores. O programa denominado “Coleta Seletiva Solidária” ganhou em 2007 o prêmio outorgado pelo tribunal de contas do Estado do RJ como uma das melhores “Práticas de Gestão do Dinheiro Público” (AGÊNCIA BRASIL).

Em São José dos Campos, também em São Paulo, a coleta seletiva, do lixo domiciliar, foi implantada no ano de 1990, mas conforme o projeto se ampliava em termos de bairros, diminuía a eficiência da coleta, gerando a estagnação do crescimento do material coletado, e conseqüentemente aumento nos custos (RIBEIRO & LIMA, 2000).

Em Florianópolis, capital de Santa Catarina, a coleta seletiva acontece desde 1990. Iniciou com o objetivo de promover a educação ambiental da população em bairros de classe média da cidade. A coleta utilizava o sistema de porta a porta, com visitas duas vezes por semana. Todas as receitas obtidas com a venda dos materiais tinham como destino a entidade comunitária responsável por administrar o programa de coleta, em parceria com a COMCAP, Companhia Melhoramentos da Capital (RIBEIRO & LIMA, 2000). Já em 2005, as receitas eram encaminhadas para duas associações: Associação de Recicladores Esperança (ARESP) e Associação de Coletores de Materiais Recicláveis (ACMR), mas até este mesmo ano o programa não inseria catadores como trabalhadores formais (OROFINO, 2005 apud FERNANDES, 2005). De acordo com Fernandes (2005) a coleta seletiva atendia a 87% da população do município, que conforme dados do IBGE de 2005 estimava 396.778 habitantes no município.

Outra cidade de São Paulo que pode ser citada é Ribeirão Preto. Os programas de coleta seletiva adotam os sistemas de visita em porta a porta e postos de entrega voluntária. O material coletado é enviado para a usina de triagem e a receita recebida

é destinada ao Fundo Social de Ribeirão Preto, órgão responsável por distribuir recursos para instituições assistenciais (RIBEIRO & LIMA, 2000).

## **2.5 CUSTO BENEFÍCIO DA COLETA SELETIVA**

Como visto na seção anterior, as cidades que praticam a coleta seletiva realizam o Serviço de forma diferente umas das outras. Em alguns casos a coleta é feita de porta a porta. Em outros casos existe o apoio de centros de entrega voluntária além da coleta porta a porta. Há ainda a inclusão de catadores no trabalho, através de associações ou cooperativas de catadores, que aliviam o trabalho das empresas responsáveis pela coleta, e das prefeituras destes municípios. Estas diversas formas de operação da coleta diferenciam, em grande parte, o custo benefício de cada município, pois determinam a alocação e a utilização dos recursos disponíveis para a execução da coleta seletiva.

Entre as maneiras de se realizar a coleta seletiva, a visita de porta a porta é a mais custosa já que o consumo de tempo, combustível e desgaste de caminhões é maior que nos outros casos. A adoção de locais estratégicos para entrega voluntária diminui o custo com estes fatores, sendo mais viável para uma empresa coletar somente nestes locais, mas em contrapartida, este método exige que a população esteja conscientizada, motivada e apta para levar o material até os pontos de coleta. Além de ser necessário fazer um estudo para a escolha da localização destes pontos de entrega, garantindo que estejam próximos de centros urbanos para facilitar o acesso da população. Com a utilização deste método a visita porta a porta se restringe a atender os bairros mais afastados dos centros de entrega voluntária, reduzindo o custo de transporte da coleta.

O modelo operacional de mais baixo custo é o que inclui catadores no processo através de políticas públicas voltadas para a inclusão social e geração de renda dos mesmos. Com o trabalho de catadores organizados em associações ou cooperativas se diminui o serviço de coleta de uma empresa, portanto das prefeituras. As próprias associações e cooperativas se encarregam de receber entregas voluntárias e de fazer



coletas em locais estratégicos de aglomeração de materiais como: condomínios e pontos comerciais, e as residências próximas das cooperativas com os catadores formais das organizações, que podem ser divididos em grupos. Além de diminuir o custo da coleta seletiva, os catadores recebem melhores condições de trabalho. Utilizando materiais de proteção contra contaminações. Trabalhando em locais seguros longe de lixões e aterros. Com direitos trabalhistas e salários dignos.

Este último modelo de operacionalizar a coleta seletiva é o que trás o melhor custo benefício para o município. Um exemplo da inclusão de catadores no processo sustentada por políticas públicas que possibilitou resultados favoráveis é o do município de Londrina – PR. A cidade apoiada no Projeto de Lei da Política Nacional de Resíduos Sólidos, inseriu catadores no processo da coleta, e teve como resultado um custo de R\$ 37,00 por tonelada coletada na cidade em 2008, de acordo com pesquisa Ciclosoft 2008. Com 100% da população atendida. A coleta é feita porta a porta pelos catadores. O material é levado para praças, que são chamadas de “Bandeiras”, onde passa o caminhão da prefeitura e recolhe o material. O material é levado para uma associação de catadores. A prefeitura não remunera os catadores, mas atua como patrocinador das agrupações dos catadores doando materiais e equipamentos. O contrato entre empresa terceirizada e prefeitura é chamado de “Contrato Global”. A prefeitura paga um preço fixo pela coleta, não varia conforme a quantidade coletada, fazendo com que a própria empresa que coleta não dispute o lixo com o catador, pelo contrário, a empresa apóia doando carrinhos, sacolas, entre outros. Juntamente com o baixo custo Londrina conseguiu benefícios para os catadores, para a prefeitura, conscientização ambiental da população e eficiência na coleta (MINISTÉRIO DAS CIDADES, 2007).

## **2.6 PESQUISA OPERACIONAL APLICADA À CADEIA REVERSA DOS MATERIAIS**

As empresas especializadas na coleta de resíduos sólidos buscam além de atender as necessidades dos clientes, a redução de custos operacionais com transporte. Por este motivo o uso das técnicas da pesquisa operacional se torna uma

boa alternativa para alcançar soluções de minimização destes custos. Alguns dos principais problemas da coleta de resíduos abordados com a pesquisa operacional são os problemas de localização de facilidades, também conhecidas como instalações ou centros de distribuição, depósitos, e os problemas de roteirização de veículos.

### **2.6.1 PROBLEMA DE LOCALIZAÇÃO DE FACILIDADES**

Para o problema de localização, as decisões envolvem a escolha do número de instalações, os locais de instalação, e a capacidade de cada uma. O que se busca é o local mais apropriado que proporcione a minimização dos custos fixos e variáveis com transporte entre as instalações de coleta, e os pontos de entrega dos materiais, de forma que possibilite a máxima rapidez nos atendimentos (FILHO, 2005).

Os problemas de localização utilizam técnicas de otimização, envolvem variáveis econômicas como custos fixos elevados, e uma análise de retorno de longo prazo. Por estes motivos necessitam de um enorme comprometimento por parte de gestores, pois decisões erradas podem trazer grandes impactos econômicos para a empresa (GOLDBARG & LUNA, 2000).

A escolha dos locais para armazenagem dos materiais que serão encaminhados para a reciclagem, ou reuso, fazem parte das decisões da logística reversa dos materiais. Os depósitos devem estar localizados em pontos estratégicos de forma que possibilitem o atendimento das áreas de demanda. De acordo com Formigoni (2005), o problema de localização deve estar focado em uma das seguintes situações abaixo:

- Localizar  $n$  facilidades partindo do princípio de que ainda não se tem qualquer unidade existente na região considerada.
- Localizar  $k$  facilidades partindo do princípio de que já existem facilidades instaladas na região considerada.
- Reorganizar as capacidades de facilidades existentes e fechar as ociosas.

Segundo Lorena (2009) em sua resenha intitulada “Análise de redes”, os problemas de localização dividem-se em duas categorias:

- Problemas de p-medianas
- Problemas de cobertura

No caso de p-medianas a formulação do problema é baseada na Programação Linear Inteira binária PLI 0-1, cujo algoritmo de solução exata é o Branch-and-Bound. O problema de p-medianas consiste em localizar p lugares ou localizar p facilidades de forma tal que diminua a soma total das distâncias entre os clientes (demandas) e as facilidades, chamar-se-ão medianas. Estas medianas são encontradas em vértices onde a soma das distâncias aos demais vértices são mínimas. Como a formulação do modelo de PLI simplifica o problema de localização, ele é utilizado para dar uma idéia inicial de onde instalar facilidades. Para a formulação se procede primeiro determinando os possíveis pontos de localização das facilidades e a demanda total de cada zona. Pode-se considerar também o tempo de atendimento entre as facilidades e os clientes das zonas. Os clientes serão alocados às facilidades conforme atenderem a restrição de estarem no limite, ou abaixo do limite da distância crítica da facilidade, para garantir um bom atendimento, para tal trata-se de agregar os clientes (demandas) que se busca atender em zonas, o tamanho das zonas variam conforme a especificidade do serviço. Para soluções mais próximas da realidade (portanto mais precisas) é necessário um estudo mais aprofundado sobre a região comercial, a geografia e a rede de transportes da região, aprimorando a definição das restrições do modelo PLI.

O problema de localização aplicado à logística reversa está sendo abordado por diversos autores, entre eles pode-se citar o trabalho de Filho (2006) na busca pela melhor localização de indústrias de reciclagem na cadeia logística do coco verde no estado do Espírito Santo, utilizando como metodologia a programação não linear inteira e linear mista. Outro exemplo é o de Filho (2005). Seu trabalho teve o objetivo de determinar a localização de um conjunto de centros de coleta de pneus inservíveis para encaminhá-los a reciclagem ou disposição final. Tratou-se de uma empresa que

atuava nos estados de São Paulo, Paraná e Santa Catarina. Neste problema foi utilizado um modelo de programação matemática linear inteira. Outro trabalho também na área de pneus usados é o de Rocha (2008), ele buscou determinar a cidade de instalação de uma fábrica de reciclagem, e os melhores pontos de localização para instalação de armazéns, chamados ecopontos, que seriam os centros de recebimento de pneus, em um sistema de logística reversa de pneus descartados no estado do Ceará. A borracha recuperada dos pneus seria destinada à fabricação de uma liga para asfalto. O modelo de abordagem utilizado neste trabalho foi programação linear inteira.

### **2.6.2 PROBLEMA DE ROTEIRIZAÇÃO DE VEÍCULOS**

Em um problema de roteirização de veículos (PRV), tem-se um número finito de pontos (nós) para serem visitados em uma determinada região. O objetivo é encontrar a rota ótima de custo mínimo para a realização de todas as visitas nestes pontos, levando em consideração particularidades como: número de veículos disponíveis, quantidade de mão de obra, número de armazéns, capacidade dos veículos, entre outros. O custo assumido pode ser a distância ou o tempo para atender cada cliente, ou ainda uma combinação dos dois. A Figura 7 retrata este problema, onde em cada aresta ou arco tem um custo associado. Os nós representam os clientes.

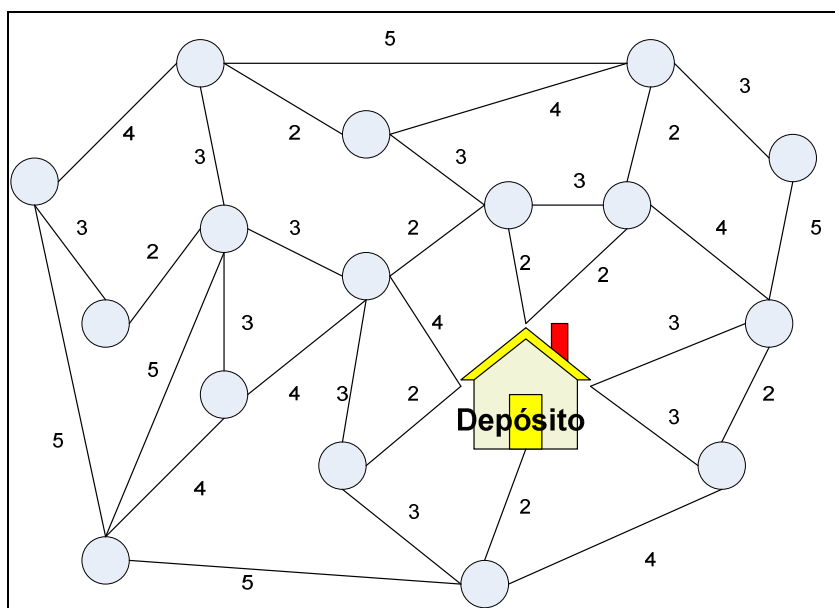


Figura 7 – Clientes distribuídos em uma região  
 Fonte: Elaborado pelo autor

Na maioria dos casos o problema não está em visitar pontos com grandes distâncias de separação dentro de uma região, como em visitar cidades, por exemplo, mas em visitar determinadas ruas, que são chamadas de arcos. Este é o caso da coleta de lixo urbano e coleta seletiva, o interessante é a seqüência dos arcos, onde em cada arco estão diversos pontos de coleta. Na Figura 8, os pontos representam os clientes distribuídos nas ruas, com um único depósito. Nestes casos onde os problemas são definidos para servir a arcos, são compostos por muitos pontos próximos um do outro, em um mesmo arco, já os definidos por pontos, têm a localização dos nós com certa distância de isolamento, e conseqüentemente têm um número menor de pontos. A solução do PRV em ambos os casos retorna a escolha da melhor rota para cada veículo, e caso seja o objetivo do gestor, o problema pode ser definido para encontrar a quantidade de veículos necessários para atender a demanda de cada rota, assim se adquire mais produtividade e redução dos custos com o transporte (FORMIGONI, 2005).

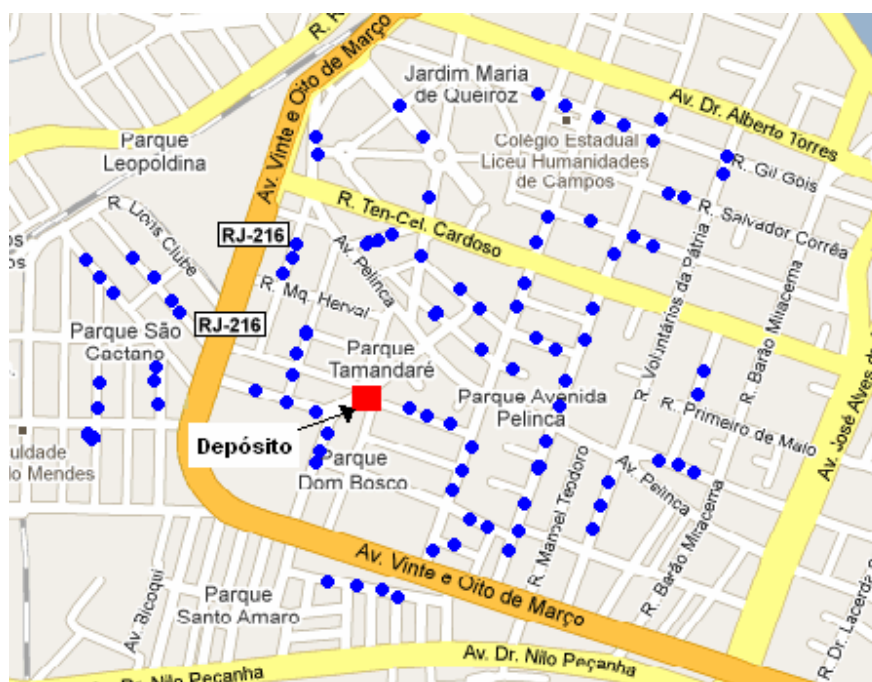


Figura 8 – Clientes distribuídos em arcos  
Fonte: Adaptado (Google Maps)

Os problemas de roteirização têm diversas aplicações, entre elas podem-se destacar além da coleta de lixo urbano e coleta seletiva: a busca de alunos por veículos escolares, distribuição de bebidas, entregas de correspondências, entrega domiciliar de produtos, serviços públicos domiciliares, entre outros. Formigoni (2005) ressalta que os recursos financeiros destinados ao transporte podem chegar, dependendo do negócio, a até 80% do total do custo da empresa. Por este motivo se justifica a alta relevância da busca por soluções de menor custo, que aumentem a eficiência do processo reduzindo a ociosidade dos recursos.

Como os problemas de roteirização de veículos exigem a definição de uma abordagem adequada a cada tipo de situação, são considerados problemas complexos ou difíceis da pesquisa operacional. Bodin e Golden (1981) apud Goldbarg e Luna (2000) propõem uma lista de critérios gerais que precisam ser pesquisados para facilitar a classificação e entendimento do PRV:

- Tempo para servir um determinado nó ou arco
  - Tempo fixo

- Janelas de tempo (tempo determinado para atender um cliente)
- Número de pontos a serem visitados
- Número de veículos da frota
  - Um veículo
  - Mais de um veículo
- Capacidade dos veículos
  - Mesma capacidade para todos
  - Capacidades diferentes
- Natureza da demanda e parâmetros
  - Determinística
  - Estocástica
- Localização dos pontos de visita
- Sentido das vias de trânsito
  - Misto
  - Sentido único
- Turnos de trabalho
- Custos
  - Variáveis (de acordo com a rota)
  - Fixos (investimentos iniciais)
- Objetivo do problema
  - Minimizar custos fixos
  - Minimizar custos de operação na rota
  - Minimizar o número de veículos

De acordo com Magnanti (1981) apud Goldberg e Luna (2000) uma outra classificação acadêmica dos principais problemas de roteirização de veículos é a seguinte:

- **O problema do caixeiro viajante (PCV):** O problema está em encontrar o caminho mais curto que passe por todos os pontos de uma rede, passando uma única vez por cada ponto.

- **O problema do carteiro chinês (PCC):** Consiste em identificar uma rota que minimize a distância total percorrida visitando todas as ligações da rede (arestas) pelo menos uma vez.
- **O problema do carteiro rural (PCR):** Pretende-se necessariamente percorrer determinadas arestas de um grafo e ao final voltar ao ponto de origem, com o menor custo.
- **O problema do M- caixeiro viajante (PCVM):** Este problema é uma variação do PCV onde existe mais de um caixeiro. Cada caixeiro tem uma rota e o ponto de origem e destino é comum a todos.
- **O problema de roteirização com único depósito e múltiplos veículos (PRDMV):** Busca-se a rota de menor custo para cada veículo partindo de um mesmo depósito.
- **O problema de roteirização com múltiplos depósitos e múltiplos veículos (PRMDMV):** Busca-se a rota de menor custo para cada veículo partindo de depósitos em diferentes localizações.

Na visão de Miura (2003) os problemas de roteirização podem variar conforme o número de restrições e variáveis, tornando-se muito complexos até mesmo para um computador. Problemas com um número grande de variáveis necessitará de um computador com capacidade ilimitada de memória para testar todas as opções, pela natureza combinatória do problema.

Tais problemas são chamados de NP-Árduos pela complexidade exponencial no cálculo de uma solução. A busca por uma solução exata é exaustiva e demorada. É preferível aplicar métodos heurísticos de cálculo de soluções, os quais podem chegar a resultados satisfatórios obtendo boas soluções. Na Figura 9 estão as estratégias de solução para problemas de PRV:



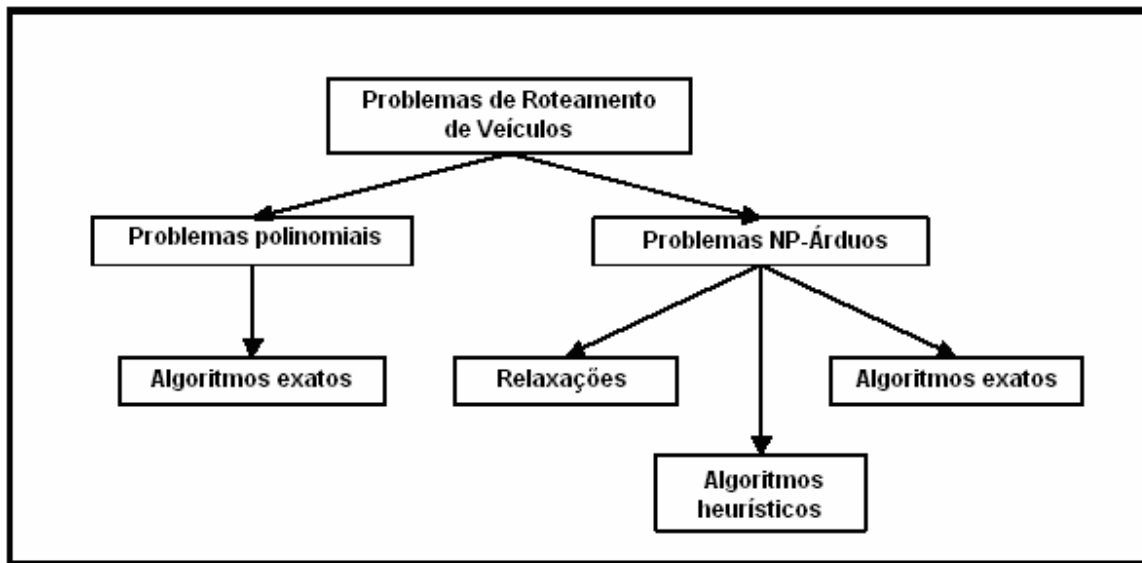


Figura 9 - Estratégias para solução de PRV  
 Fonte: Adaptado (GOLDBARG & LUNA, 2000)

De acordo com o método de abordagem, exato ou heurístico, tem-se uma variedade de formulações de modelos. A escolha da formulação depende do tipo de solução procurada, dos recursos disponíveis da empresa e das particularidades de cada problema. Para uma empresa que deseja apenas uma melhora no serviço atual um algoritmo heurístico é suficiente, mas em casos onde o problema é de pequeno porte e se procura o equilíbrio ótimo dos recursos os métodos exatos são mais utilizados. Em problemas de grande porte as relaxações dos problemas exatos são aplicadas como uma saída para se atingir soluções ótimas.

Segundo Galvão (2005) os métodos de abordagem exatos e heurísticos do PRV podem ser:

#### **Métodos Exatos:**

- Métodos com base em programação dinâmica;
- Métodos com base em programação inteira;
- Formulação por particionamento de conjuntos;
- Formulação por fluxos de veículos.

**Métodos Heurísticos:**

- Algoritmos Construtivos;
- Algoritmos de Melhoria Iterativa;
- Algoritmos de Duas Fases;
- Algoritmos de Otimização Incompleta;
- Meta-heurísticas.

Os problemas de PRV são abordados dentro da logística reversa no retorno dos Bens de pós-consumo ou pós-venda. Os métodos mais comuns usados são os heurísticos e os exatos com relaxações, implementados em softwares voltados para o gerenciamento de rotas e dimensionamento do número de veículos. Assim como na logística direta é necessário fazer um planejamento das rotas pensando na redução dos custos, na logística reversa acontece da mesma forma. O que muda é o sentido do transporte dos materiais. A logística reversa antes era composta pelo fluxo reverso dos materiais oriundos de troca de pedidos, ou defeitos, e em poucos casos de materiais de coleta seletiva, mas com o aumento da preocupação ambiental a coleta seletiva ganhou destaque na logística reversa, a ponto de hoje em dia muitos pensarem somente em ciclo reverso dos materiais recicláveis quando escutam falar de logística reversa.

A coleta de resíduos sólidos é um alvo freqüente dos estudos envolvendo PRV. O trabalho de Matos (2001), por exemplo, implementou uma heurística para o planejamento das rotas de coleta de resíduos sólidos em Conselho de Viseu, no Pará. Já o trabalho de Saltorato e Moccellin (1998) abordou o problema de roteirização de veículos na coleta de resíduos sólidos da cidade de São Carlos- SP. Neste caso foram escolhidos vários algoritmos diferentes entre heurísticos e exatos para resolver o problema. Outro exemplo na logística reversa é o de Cardoso e Azevedo (2007), neste trabalho o objetivo foi programar as rotas dos veículos que faziam o transporte dos resíduos e co-produtos provenientes das atividades industriais de uma siderúrgica, para um local adequado sem prejuízos ambientais. Utilizando o *software*

*Router* para solução. Este software fornece relatórios de desempenho e custos que auxiliam na tomada de decisão em problemas de roteirização de veículos.

### **3. ESTUDO DE CASO - A EMPRESA**

A empresa objeto deste estudo será mencionada por Empresa X neste trabalho, no desejo de manter o sigilo da empresa diante das informações que serão apresentadas no decorrer do mesmo. Trata-se de uma empresa que atua no ramo de limpeza pública no município de Campos dos Goytacazes. Além da coleta de lixo comum, a empresa declara realizar a coleta seletiva em 53 bairros da cidade, em parceria com a Prefeitura, há aproximadamente quatro anos. Este número representa 68 % do total de 78 bairros existentes na cidade, (segundo dados do IBGE, Censo Demográfico 2000). Este trabalho focou o estudo no primeiro elo da logística reversa de pós-consumo, para a indústria de reciclagem. O serviço de coleta seletiva desenvolvido pela empresa, não se estende à coleta de lixo comum.

Em 2005 a empresa realizava a coleta seletiva no centro da cidade com dois caminhões que também eram usados na coleta do lixo comum. Em 2009 já se observou uma melhoria com a utilização de caminhões usados exclusivamente para a coleta de materiais recicláveis. O uso dos mesmos caminhões usados na coleta de lixo comum trazia a contaminação do material reciclável com o chorume, armazenado no fundo das caçambas, aumentando o trabalho de limpeza dos mesmos para a reciclagem, as figuras 10 e 11 mostram o tipo de caminhão usado na coleta em 2005 e em 2009 respectivamente:



Figura 10 – Caminhão utilizado em 2005  
Fonte: Projeto Gestão Compartilhada do Lixo – UENF



Figura 11 – Caminhão utilizado em 2009  
Fonte: Projeto Gestão Compartilhada do Lixo – UENF

Para a realização da coleta seletiva a empresa conta com quatro caminhões com capacidades de armazenamento diferentes. Dois caminhões são de propriedade da Empresa e dois são de subcontratadas. Os caminhões da Empresa são do modelo Mercedes Bens 710, enquanto que os das subcontratadas têm capacidade maior, são Mercedes Bens 11 13. Todos com caçamba gradeada para armazenamento dos

materiais. A empresa conta com quatro motoristas: dois funcionários da própria Empresa X e dois da subcontratação. Em cada caminhão ficam dois ajudantes que coletam o material e um motorista. Todos os ajudantes são contratados da Empresa X. Os motoristas funcionários da empresa dirigem os caminhões da empresa, os outros dois motoristas são autônomos, ou seja, eles são os próprios donos dos caminhões. Cada caminhão tem uma rota específica para cada dia da semana. Quando estão com um volume considerável os caminhões descarregam o material na SACI (Sociedade de Apoio a Criança e ao Idoso). O material é doado para esta instituição que está atualmente gerenciada por uma empresa privada da cidade, que atua no ramo de revenda de materiais recicláveis. Uma parte fixa da receita das vendas desta empresa é encaminhada para a instituição fundadora da SACI. Esta instituição recebe este valor e o transforma em cestas básicas, as quais são destinadas para entidades filantrópicas.

A tabela 2 mostra as quantidades de material coletado através da pesagem dos caminhões no mês de julho de 2009. Segundo informações da Empresa X o caminhão é pesado cheio e depois descontado o valor do peso do caminhão vazio. A frequência da pesagem varia de caminhão para caminhão considerando que as capacidades são diferentes.

TABELA 2 – Quantidade e frequência das pesagens

Dias	KUJ-7445		KUF-1611		DYI 6983		EBH - 1586		Total Líq/Dia (Kg)
	Peso Bruto (Kg)	Peso Líq. (Kg)	Peso Bruto (Kg)	Peso Líq. (Kg)	Peso Bruto (Kg)	Peso Líq. (Kg)	Peso Bruto (Kg)	Peso Líq. (Kg)	
01/07/09							5.530	1.130	1.130
02/07/09	10.160	1.750			5.650	1.250			3.000
03/07/09			10.160	2.380			5.920	1.520	3.900
04/07/09					5.390	990			990
05/07/09									
06/07/09	10.190	1.780							1.780
07/07/09			9.850	2.070					2.070
08/07/09							5.320	920	920
09/07/09	10.230	1.820			5.410	1.010			2.830
10/07/09							5.570	1.170	1.170
11/07/09									
12/07/09									
13/07/09	10.210	1.800							1.800
14/07/09					5.350	950			950
15/07/09			10.020	2.240			5.340	940	3.180

16/07/09	10.630	2.220			5.490	1.090			3.310
17/07/09							5.410	1.010	1.010
18/07/09									
19/07/09									
20/07/09	10.190	1.780							1.780
21/07/09									
22/07/09							5.710	1.310	1.310
23/07/09	10.320	1.910	10.140	2.360					4.270
24/07/09					5.960	1.560	5.550	1.150	2.710
25/07/09									
26/07/09									
27/07/09	10.450	2.040							2.040
28/07/09									
29/07/09									
30/07/09	10.450	2.040	10.160	2.380	5.500	1.100	5.320	920	6.440
31/07/09							6.010	1.610	1.610
<b>Total Jul./09</b>		<b>17.140</b>		<b>11.430</b>		<b>7.950</b>		<b>11.680</b>	<b>48.200</b>

Fonte: Dados fornecidos pela Empresa X

A quantidade de material coletado por mês fica em média 39.172Kg, este valor corresponde a aproximadamente 0,7% do total de lixo domiciliar e comercial gerado ao mês na cidade, que de acordo com o secretário de serviços públicos de Campos dos Goytacazes, Zacarias Albuquerque, em uma entrevista realizada para a prefeitura no dia 28 de julho de 2009, é de cerca de 6000 toneladas. Esta pequena porcentagem justifica a necessidade de se conscientizar a população quanto a separação dos materiais para a coleta seletiva, e do aumento dos investimentos na área da coleta seletiva, para ampliar o serviço de coleta. As figuras 12 e 13 evidenciam a quantidade de material coletada por mês e por caminhão durante um período de 30 dias respectivamente:

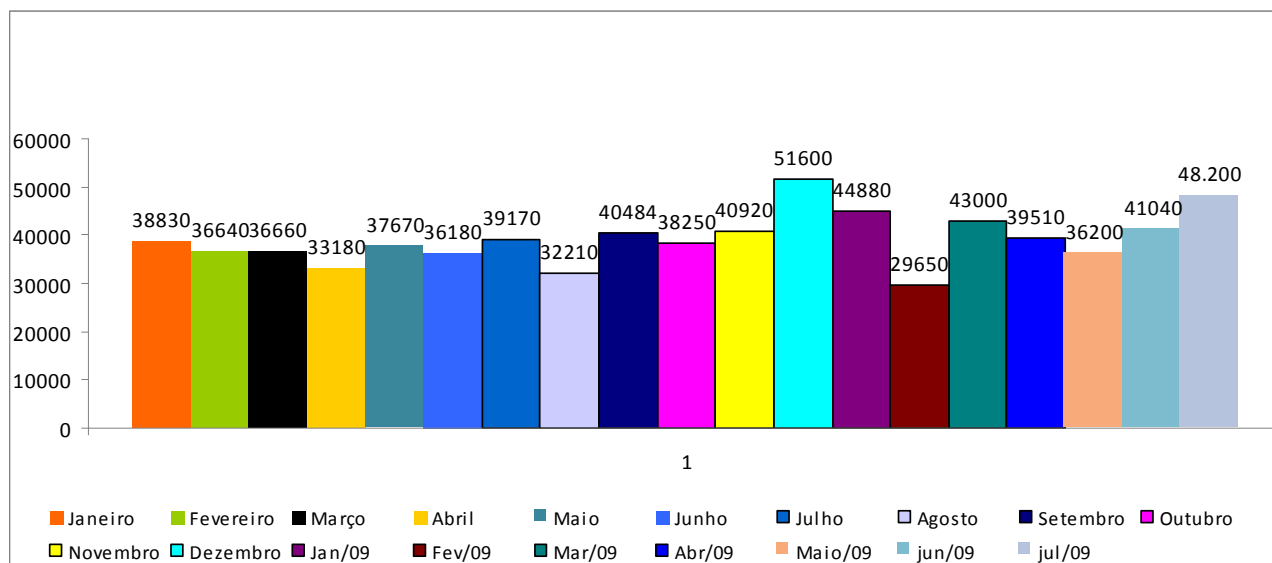


Figura 12 - Demonstrativo Mensal dos anos 2008/ 2009  
Fonte: Dados fornecidos pela Empresa X

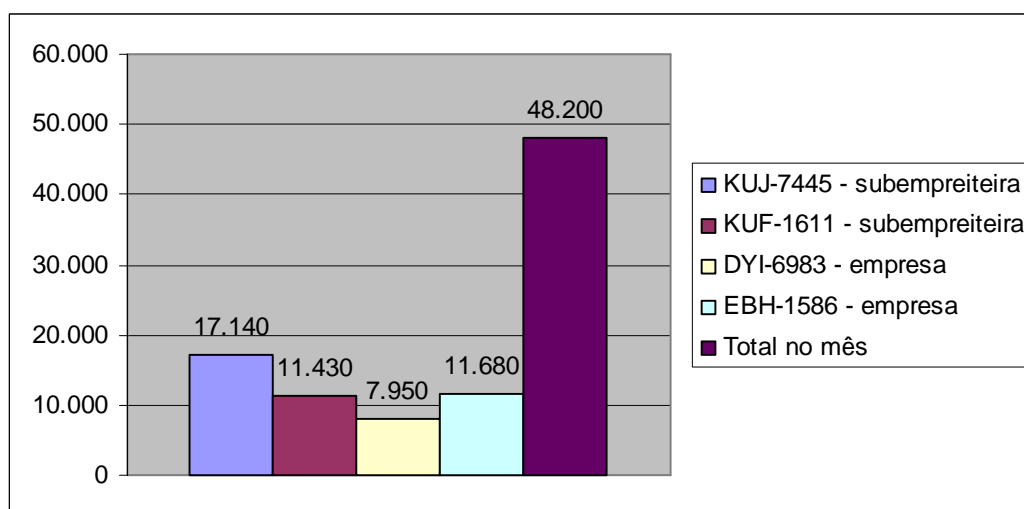


Figura 13 - Quantidade coletada de material no mês de julho de 2009  
Fonte: Dados fornecidos pela Empresa X

Para a realização do trabalho de coleta os caminhões saem às 07h00min todos os dias da sede da empresa, e retornam somente no final do expediente, às 17h00min. Durante o almoço os funcionários costumam almoçar próximos das rotas de coleta. Quando é preciso descarregar o caminhão, ele segue diretamente para a Codin, bairro da cidade onde se encontra atualmente o aterro controlado, neste local o material é pesado e depois encaminhado para a SACI. Quando não é possível cumprir a rota por motivos imprevistos, os pontos de coleta passam para outro

caminhão que tenha mais disponibilidade, caso não haja disponibilidade a coleta fica para a próxima semana.

A escolha das rotas foi feita seguindo o senso comum, para minimização das distâncias. Não se tem notícia sobre o critério de escolha dos primeiros bairros, mas se sabe que a partir deles o critério utilizado para a ampliação dos bairros foi a inclusão de bairros vizinhos aos atendidos. As rotas não sofrem quaisquer alterações em função das demandas dos bairros. A empresa não reportou utilizar nenhum sistema computacional de gerenciamento de rotas. As rotas são fixas, sofrendo alterações somente com imprevistos.

Cada funcionário recebe um treinamento no momento da admissão: Treinamento de integração de novos colaboradores. Depois de determinado período recebem uma reciclagem dentro do PPRA (Programa de Prevenção de Riscos Ambientais).

Como os motoristas das subcontratadas são os próprios donos dos caminhões, recebem um salário, estabelecido por contrato, diferente dos motoristas da empresa. Dentro deste valor os motoristas cobrem as despesas dos caminhões com combustível e manutenção.

Um incentivo que a Empresa X disponibiliza para a população é a entrega de adubo em troca do material reciclável, esta entrega é feita uma vez por semana, em bairros escolhidos alternadamente.

A cobertura dos 53 bairros para coleta seletiva é distribuída entre os caminhões disponíveis conforme ilustrado na tabela 3. Identifica-se que um único bairro é atendido por dois caminhões da empresa devido a sua extensão:

TABELA 3 – Quantidade de bairros por caminhão

<b>KUJ-7445</b>	<b>KUF-1611</b>	<b>DYI-6983</b>	<b>EBH-1586</b>
<b>(Subcontratada)</b>	<b>(Subcontratada)</b>	<b>(Empresa)</b>	<b>(Empresa)</b>
10	12	16	16

Fonte: Dados Fornecidos pela Empresa X



De acordo com avaliação da Empresa X os bairros que geram a maior quantidade de material reciclável são os bairros das rotas dos caminhões das subcontratadas, por este motivo um número menor de bairros foi alocado a estes caminhões. No Anexo A pode-se ver a lista de todos os bairros que fazem parte das rotas dos caminhões.

### 3.1 CÁLCULO DO CUSTO ATUAL

Como se trata de uma empresa contratada da prefeitura, espera-se que a preocupação com os custos supere a de uma empresa comum, pois os serviços são pagos com o dinheiro público, e contabilizados com outros setores de serviços confiados à prefeitura para prestação de contas.

Para estimar o custo total com transporte na realização da coleta seletiva na cidade, serão considerados os seguintes fatores:

- **Custos Fixos:** Mão de obra e materiais utilizados pelo pessoal de apoio.
- **Custos Variáveis:** Combustível e manutenção dos caminhões.

#### 3.1.1 MÃO DE OBRA

A Empresa X conta com 12 pessoas trabalhando para a realização da coleta. Os salários estão na tabela 4 a seguir:

TABELA 4 – Custo com mão de obra

<b>Trabalhadores</b>	<b>Salários</b>	<b>Quantidade</b>	<b>Total de salários</b>
Motorista (Empresa)	R\$985,60	2	R\$1.971,20
Motorista (Autônomo)	R\$3.690,00	2	R\$7.380,00
Ajudante	R\$514,60	8	R\$4.116,80
<b>Total de Salários</b>			<b>R\$13468,00</b>

Fonte: Dados Fornecidos pela Empresa X

### 3.1.2 MATERIAIS UTILIZADOS PELO PESSOAL DE APOIO

Para a realização da coleta os ajudantes necessitam de equipamentos de proteção individual (EPI): luvas e botas de borracha, protetor solar, calças e camisas, bonés, além de capas de chuva e tênis de segurança. Os valores estão na tabela 5. Como o estudo foca somente os custos com o transporte dos materiais da coleta até o ponto de armazenamento, somente os materiais utilizados pelos trabalhadores foram considerados. Equipamentos como prensas, contêineres e coletores não foram contabilizados.

TABELA 5 – Custo por mês com EPIs

<b>Materiais</b>	<b>Preço Unitário</b>	<b>Quantidade</b>	<b>Preço Total</b>
Par de Luvas de PVC c/ forro 36 cm	R\$ 7,00	8	R\$ 56,00
Par de Botas de PVC cano logo com planilha de aço	R\$ 24,50	8	R\$ 196,00
Capa contra chuva	R\$ 15,80	8	R\$ 126,40
Creme Protetor Solar (Luvex ou Marvaro)	R\$ 35,00	8	R\$ 280,00
Camisa Polibrim - Santista	R\$ 20,00	8	R\$ 160,00
Calça Polibrim - Santista	R\$ 40,00	8	R\$ 320,00
Boné Polibrim - Santista	R\$ 10,00	8	R\$ 80,00
Avental de PVC	R\$ 18,40	8	R\$ 147,20
Tênis de Segurança	R\$ 64,00	8	R\$ 512,00
<b>Total</b>			<b>R\$ 1.877,60</b>

Fonte: Empresa X e sites diversos

### 3.1.3 COMBUSTÍVEL

Para o cálculo do custo com combustível foi preciso estimar a distância percorrida por cada caminhão e rota, no final somar as distâncias percorridas durante a semana de todos os 4 caminhões. Para estimar as distâncias percorridas foi utilizado o software gerador de rotas, disponibilizado para uso gratuito na rede pelo Google chamado Google Maps. Este recurso é capaz de gerar rotas considerando mão dupla e mão única das principais ruas, bastando colocar os endereços de origem e destino, possibilitando ainda a entrada com vários destinos, gerando uma rota dentro de uma rede de pontos, mostrando a distância total da rota.

As rotas foram geradas pelo Google Maps após a entrada com o nome das ruas na ordem de visita da coleta seletiva que a Empresa X informou para a realização deste trabalho, exceções no cumprimento das rotas não foram consideradas. Foi considerado como ponto de partida, às 07:00h da manhã, a localização da garagem da Empresa X. A rota da tarde de um caminhão, se inicia de onde parou às 11:00h para almoço, continuando a coleta às 12:00h até às 16:00h. No final do expediente cada caminhão retorna para a Empresa X, isto porque o horário de almoço não altera a rota. Foi necessário entrar com as rotas das manhãs separadas das rotas das tardes devido a uma limitação do sistema do Google Maps, ele aceita no máximo 25 ruas para cada rota. Para se obter a distância total de cada dia da semana foram somadas as distâncias das rotas da manhã e da tarde. Em alguns casos somente com a rota da manhã ou da tarde já superava o limite de ruas. Nestes casos além da separação por manhã e tarde também foi preciso fazer a continuação da rota separadamente. As figuras 14 e 15 ilustram as rotas geradas pelo Google Maps de um caminhão da subcontratada (KUJ-7445) em uma rota de quarta feira de manhã e a tarde respectivamente:

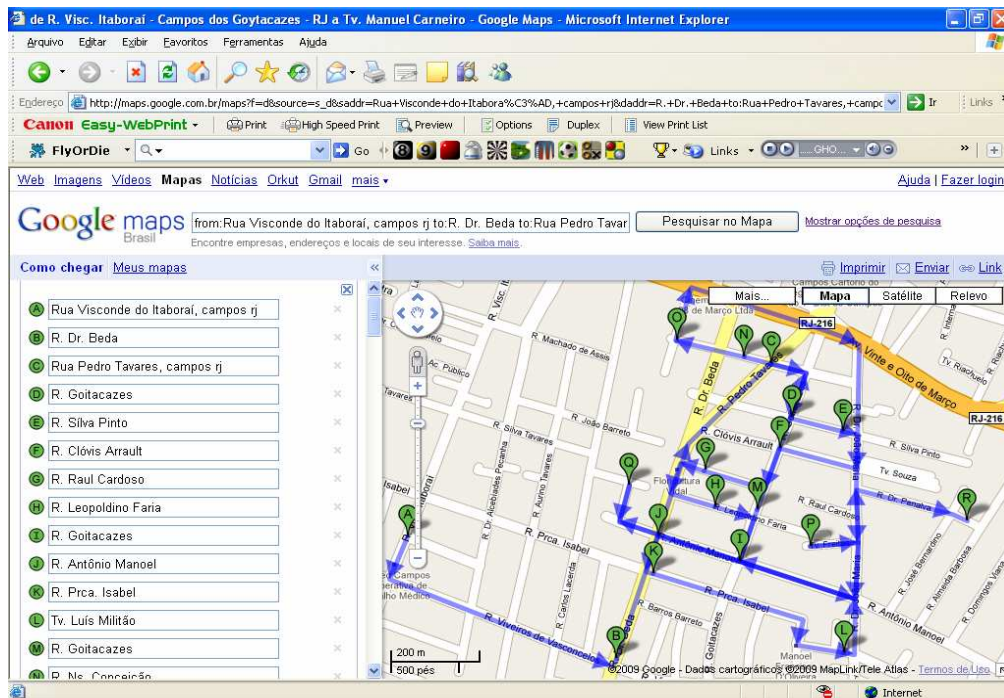


Figura 14 – Rota da manhã de quarta feira (KUJ-7445)  
Fonte: Rota gerada pelo Google Maps

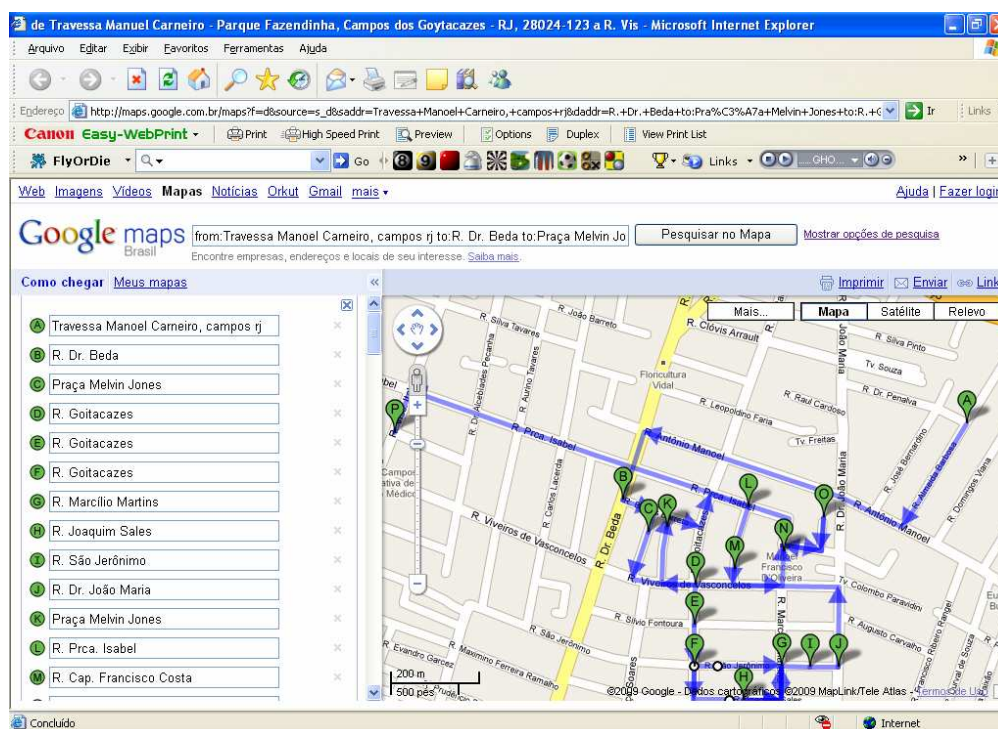


Figura 15 – Rota da tarde de quarta feira (KUJ-7445)  
Fonte: Rota gerada pelo Google Maps

Depois de feitas todas as visualizações das rotas de todos os caminhões no Google Maps, separando o percurso das manhãs das tardes, as distâncias foram somadas como se mostra na tabela 6:

TABELA 6 – Distâncias percorridas

<b>Caminhão</b>	<b>Segunda (Km)</b>	<b>Terça (Km)</b>	<b>Quarta (Km)</b>	<b>Quinta (Km)</b>	<b>Sexta (Km)</b>	<b>Total</b>
DYI-6983 (Empresa)	69	63,2	28,2	30,4	15,1	205,9
EBH-1586 (Empresa)	28,4	54,1	27,3	72,7	67	249,5
KUF-1611 (Subcontratada)	56,9	28,1	21,3	24,6	24,5	155,4
KUJ-7445 (Subcontratada)	18,7	26,2	13,8	30,4	34,9	124
<b>Total</b>	<b>173</b>	<b>171,6</b>	<b>90,6</b>	<b>158,1</b>	<b>141,5</b>	<b>734,8</b>

Fonte: Google Maps

Considerando o valor de R\$ 2,10 por litro de Diesel no período da realização deste estudo, e que cada caminhão percorre, em média, 3 quilômetros por litro, tem-se o valor estimado de custo de combustível por semana, e por mês conforme a tabela 7:

TABELA 7 – Distâncias percorridas por semana/mês

<b>Caminhão</b>	<b>Total Km /Semana</b>	<b>Custo / Semana</b>	<b>Total Km / Mês</b>	<b>Custo / Mês</b>
DYI-6983 (Empresa)	205,9	R\$ 144,13	823,6	R\$ 576,52
EBH-1586 (Empresa)	249,5	R\$ 174,65	998	R\$ 698,6
KUF-1611 (Subcontratada)	155,4	R\$ 108,78	621,6	R\$ 435,12
KUJ-7445 (Subcontratada)	124	R\$ 86,80	496	R\$ 347,2
<b>Total</b>	<b>734,8</b>	<b>R\$ 514,36</b>	<b>2939,2</b>	<b>R\$ 2057,44</b>

Fonte: Google Maps

O valor de custo com combustível encontrado se refere a todos os caminhões como forma de informar o custo das rotas. Contudo no cálculo do custo da empresa com coleta seletiva não foi considerado o custo de combustível dos caminhões das subcontratadas devido a este custo estar incluído no valor pago aos motoristas das subcontratadas. Neste caso o custo semanal é estimado em **R\$ 318,78** e o mensal em **R\$ 1275,12**.

### 3.1.4 MANUTENÇÃO DOS CAMINHÕES

Para o cálculo do custo da manutenção dos caminhões, assim como no custo de combustível, serão considerados somente os dois caminhões da Empresa X, pois os custos de manutenção com os caminhões das subcontratadas já foram incluídos no valor do salário pago aos motoristas donos dos caminhões. Na tabela 8 estão os custos que cada caminhão teve nos meses de julho, agosto e setembro de 2009. Considerando troca de óleo e troca de equipamentos como: lanternas, lâmpadas, arruelas e porcas, entre outros. Os caminhões estão em ótimo estado de conservação, portanto não apresentam problemas graves para manutenção.

TABELA 8 – Custo de manutenção dos caminhões

	07/2009	08/2009	09/2009	Custo Total
DYI-6983	12 litros de óleo (troca de óleo) 1 lanterna	Nenhum custo	12 litros de óleo (troca de óleo)	R\$ 289,00
EBH-1586	Nenhum custo	12 litros de óleo (troca de óleo) materiais diversos (lâmpadas, lanternas, arruelas e porcas)	Revisão Preventiva	R\$ 1913,7
<b>Custo dos caminhões nos três meses</b>				<b>R\$ 2202,7</b>
<b>Média de custo por mês</b>				<b>R\$ 734,2</b>

Fonte: Dados fornecidos pela Empresa X

### 3.1.5 CUSTO TOTAL

O somatório dos custos mensais na coleta seletiva é mostrado na tabela 9:

TABELA 9 – Custo total mensal

Itens	Custo mensal (R\$)
Mão de obra	<b>13468,00</b>
Materiais utilizados pelo pessoal de apoio	<b>1877,60</b>
Combustível	<b>1275,12</b>
Manutenção dos caminhões	<b>734,2</b>
<b>Somatório</b>	<b>17354,92</b>

Fonte: Empresa X e sites diversos

Conforme pode ser visto na tabela 9, o custo total mensal foi estimado em R\$ 17354,92. Entre as cidades pesquisadas na seção 2.2 este valor se assemelha com o custo mensal de Recife – PE, R\$ 18900,00. Uma comparação em relação ao custo mensal por tonelada coletada mostra que o custo da Empresa X é bem maior, cerca de R\$ 443,04 por tonelada, considerando 39.171Kg coletadas em média por mês. Enquanto que Recife tem o custo de R\$ 140,00 por tonelada, e consegue coletar aproximadamente 135 toneladas ao mês. Quanto ao custo por tonelada coletada a

Empresa X mais se assemelha ao custo da cidade do Rio de Janeiro, a qual tem o custo de R\$ 487,37 por tonelada, o quinto maior na lista das cidades pesquisadas.

Mantendo fixo o custo do combustível e manutenção dos caminhões é possível fazer uma análise a respeito do custo da subcontratação:

TABELA 10 – Comparação de custos

<b>Itens (empresa)</b>	<b>Custo mensal (R\$)</b>	<b>Pago a subcontratada (R\$)</b>
2 motoristas	<b>1971,20</b>	<b>7.380,00</b>
Combustível 2 caminhões	<b>1275,12</b>	
Manutenção 2 caminhões	<b>734,2</b>	
<b>Custo Total</b>	<b>3980,52</b>	<b>7.380,00</b>

Fonte: Empresa X

Comparando o custo dos dois caminhões da empresa juntamente com o salário dos motoristas e o custo da subcontratação é possível observar um valor muito abaixo do que é pago para subcontratar os serviços dos motoristas autônomos, ou seja, a empresa teria uma economia de R\$ 7.380,00 – R\$ 3.980,52 = R\$ 3.399,48 mensais se ao invés de subcontratar os motoristas autônomos, comprasse mais dois caminhões e contratasse mais dois motoristas para serem funcionários da empresa X. O custo com a compra de dois caminhões novos seriam cobertos pela economia do término da subcontratação por volta de 35 meses, ou seja, dois anos e onze meses (Figura 16). Considerando que cada caminhão tenha o preço de R\$ 60.000,00.

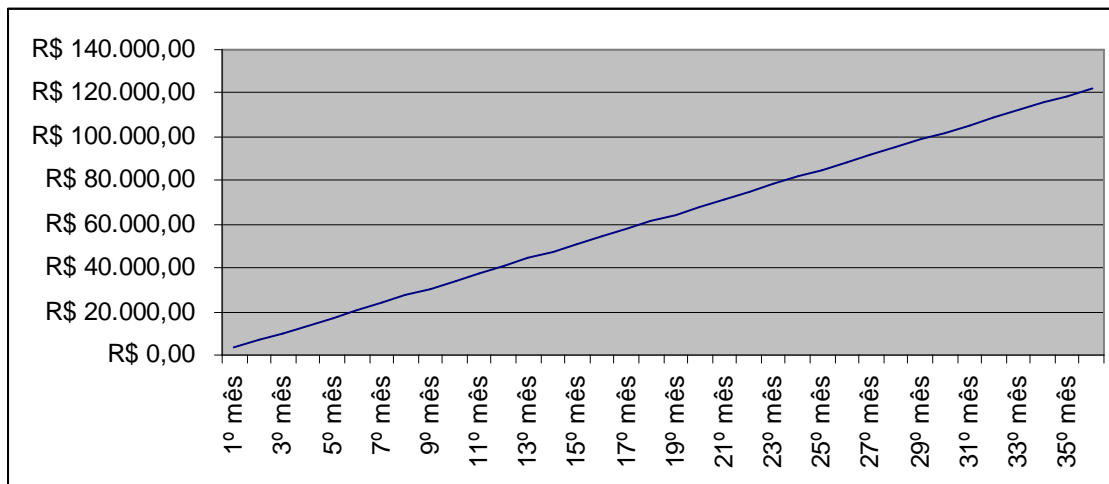


Figura 16 – Tempo para pagar dois caminhões com a economia do término do subcontrato  
Fonte: Análise do autor

Através destas comparações foi possível evidenciar que o custo da Empresa X está alto para a quantidade de material coletado, ou seja, pode-se melhorar o processo do serviço para que a relação custo/quantidade coletada seja menor. Como é sabido que boa parte dos custos provém do transporte na coleta, se optou por propor melhorias neste aspecto. Uma abordagem para o problema é a aplicação da Pesquisa Operacional, mais precisamente, do Problema de Roteirização de Veículos e Localização de Facilidades / Instalações, os quais serão definidos nas subseções seguintes para o caso específico da Empresa X.

### 3.2 DEFINIÇÃO DO PROBLEMA DE ROTEIRIZAÇÃO DA EMPRESA

Como visto na seção 2, subseção 2.6.2, são apresentadas algumas variações do problema de roteirização de veículos. No caso da Empresa X, o problema tem as seguintes características:

- Tipo de operação: Coleta;
- Localização da demanda: Nos arcos;
- Tempo para servir um determinado arco: Variável;
- Número de veículos da frota: Quatro veículos;



- Capacidade dos veículos: Heterogênea, dois tipos de capacidades diferentes;
- Restrições dos Veículos: Volume de materiais;
- Natureza da demanda e parâmetros: Estocásticos;
- Sentido das vias de trânsito: Varia entre misto e sentido único;
- Turnos de trabalho: 8 horas de trabalho por dia;
- Custos considerados: Variáveis e fixos;
- Objetivo do problema: Minimizar a distância total percorrida.

Para melhor identificação das restrições e entendimento do problema foi acompanhada uma rota de coleta no caminhão KUF-1611 durante a coleta no bairro Pelinca, a qual é realizada todas as quartas feiras pela manhã. Durante este acompanhamento foi observado o percurso do caminhão e verificado que algumas ruas são visitadas mais de uma vez, aumentando o custo do transporte. Sabe-se que para uma rota otimizada a repetição de ruas deve ser evitada, com exceção dos casos onde não há outra saída para outro vértice. Para propor melhoria no roteirização da coleta decidiu-se focar o estudo na rota deste bairro que foi acompanhado. O método de solução que fosse identificado para este caso, seria aplicável a todas as rotas dos caminhões, visto que o problema se repete nas outras rotas com as mesmas características. No primeiro momento, se observou a localização das ruas que obrigatoriamente o caminhão deveria passar. A empresa informou as ruas onde se encontravam as residências que participavam da coleta seletiva, ou seja, as demandas. Na Figura 17 tem-se o mapa do bairro Pelinca e bairros próximos, com as ruas de visita obrigatória em destaque, bem como a indicação do sentido das mesmas:

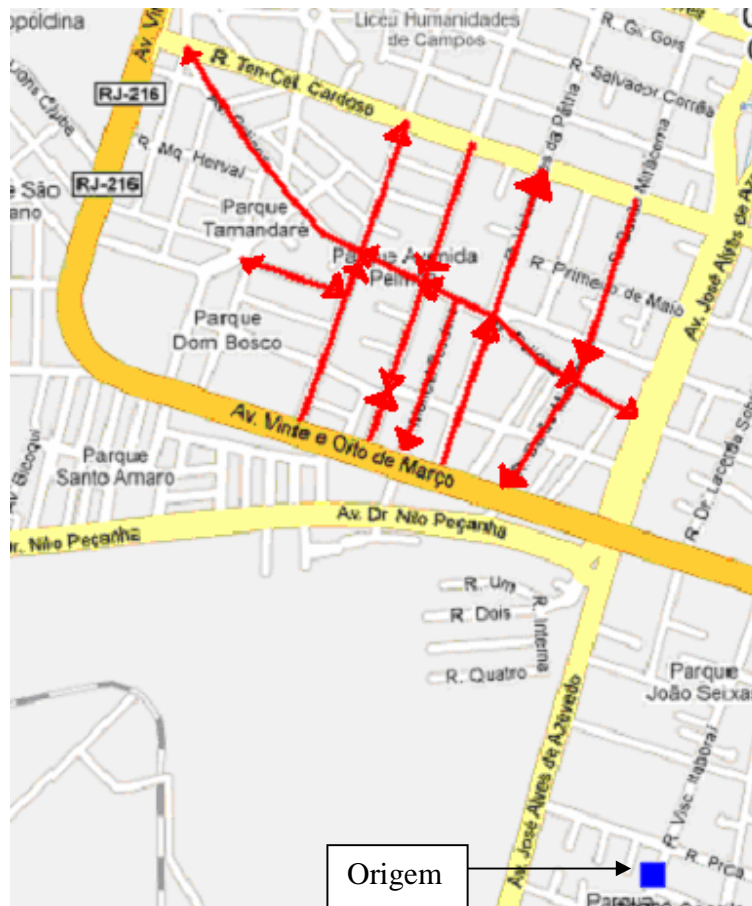


Figura 17– Mapa das ruas com obrigatoriedade de visitas no bairro Pelinca  
 Fonte: Adaptado Google (2009)

O problema de encontrar uma rota de menor custo para a Empresa X tem a particularidade de ter dentro da malha rodoviária, um conjunto de ruas que necessariamente devem ser percorridas. Este caso se enquadra no Problema do Carteiro Rural Orientado, e está desta forma classificado, o qual busca percorrer um subconjunto dentro de um conjunto de arestas de um grafo, onde as arestas podem ter dupla direção ou sentido único, com um único depósito, sendo o ponto de origem o mesmo de destino. Algumas arestas não obrigatórias podem ser necessárias para a criação do percurso.

Para resolver o Problema do Carteiro Rural é necessário o conhecimento da teoria de grafos. O primeiro passo é formar grupos de vértices de arestas obrigatórias, depois selecionar um vértice em cada grupo de vértices e aplicar o algoritmo do problema do caixeiro viajante, em seguida considerando que o grafo é orientado

aplica-se o algoritmo de custo mínimo. Com base na pesquisa sobre este modelo chegou-se a conclusão que a utilização dele pode ser indicada para resolver o problema de roteirização da empresa.

### 3.3 UMA PROPOSTA DE ABORDAGEM PARA LOCALIZAÇÃO DE UM PONTO DE ENTREGA VOLUNTÁRIA

Na seção 2, subseção 2.6.1 foram mencionadas duas abordagens para o problema de localização: p-medianas e cobertura. No caso da empresa X poderia se utilizar o modelo de p-medianas para propor a localização de pontos de entrega voluntária em dois ou três bairros da cidade que apresentem maior demanda, ou seja, bairros atendidos pela rota do caminhão KUJ-7445 por exemplo, buscando reduzir a coleta porta a porta nestes bairros. O Problema de p-medianas é resolvido através do modelo abaixo. O objetivo é encontrar as melhores p localizações dentre as n localidades candidatas.

$$\begin{aligned} \text{Min} \quad & \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n d_{ij} x_{ij} + \sum_j f_j y_j \\ & \sum_{j=1}^n x_{ij} = 1, \quad i = 1, \dots, n \\ & \sum_{j=1}^n y_j = p \quad j = 1, \dots, n \\ & x_{ij} \leq y_j, \quad i, j = 1, \dots, n \\ & x_{ij} \in \{0,1\}, \quad i, j = 1, \dots, n \\ & y_j \in \{0,1\}, \quad j = 1, \dots, n \end{aligned}$$

onde:

$i$  = Um vértice de demanda de material reciclável.

$j$  = Um vértice candidato para ponto de entrega voluntária.

$p$  = Número de medianas ou ponto de entrega voluntária.

$n$  = Número total de vértices.

$f_j$  = Custo da instalação da mediana.

$y_j$  = Variável de decisão para inclusão do custo da instalação da mediana  $j$ .

$d_{ij}$  = Distância entre os vértices.

$x_{ij}$  = Variável de decisão para alocação do nó  $i$  a mediana  $j$ .

O número de medianas significa a quantidade de pontos de entrega voluntária que se quer localizar,  $n$  representa o número total de concentrações de demandas dentro de um bairro (vértices), e  $d_{ij}$  as distâncias entre cada concentração de demanda. O  $x$  é uma variável inteira e binária onde  $x_{ij} = 1$  se o nó  $i$  é atendido pela mediana  $j$ , e  $x_{ij} = 0$ , caso contrário;  $x_{jj} = 1$  se o nó  $j$  é uma mediana e  $x_{jj} = 0$ , caso contrário. O  $y_j$  é uma variável inteira e binária onde  $y_j = 1$  se o nó  $j$  é uma mediana e  $y_j = 0$  caso contrário. O  $f_j$  é o custo associado à mediana  $j$ .

Os vértices são pontos de concentração de demanda que podem ser escolhidos para os locais de instalação de pontos de entrega voluntária. Caso o estudo seja para localização de um ponto apenas na cidade, os vértices são melhores representados pelos bairros. Neste caso as concentrações de demandas são os bairros. Mas considerando a distância de um bairro a outro um único ponto de entrega não é suficiente para atender outros bairros, mesmo que sejam próximos, pois o transporte dos materiais para outro bairro é difícil para os moradores e catadores, os quais nem sempre dispõem de meios de transporte para percorrer grandes distâncias com determinado volume de material reciclável. A escolha da localização destes pontos ou centros de entrega, tem o objetivo de minimizar a necessidade do percurso de caminhões porta a porta nos bairros, onde estiver instalado um ponto de entrega de materiais, limitando o percurso de um caminhão a apenas este ponto para a coleta e,

caso haja necessidade, visitar nestes bairros as ruas mais distantes dos pontos de entrega.

Com o objetivo de ilustrar o problema de p-medianas para o caso da Empresa X, resolveu-se utilizar o software Logware versão 4.0 (figura 18). O módulo PMED tem embutido o algoritmo de p-medianas, para a escolha do melhor local de instalação para um ponto de entrega voluntária em uma região que envolve o bairro da Pelinca. Este software foi desenvolvido por Ronald H. Ballou (2005) para finalidades educacionais. Trata-se de um software para resolver problemas logísticos. Além do módulo PMED ele contém módulos para roteirização de veículos, calcula a distância aproximada entre dois pontos, resolve problemas de programação linear, entre outros recursos, de acordo com o módulo escolhido. Na figura 19 tem-se a representação da região considerada com os pontos azuis indicando os vértices de demanda de cada rua, com um total de 51 pontos.

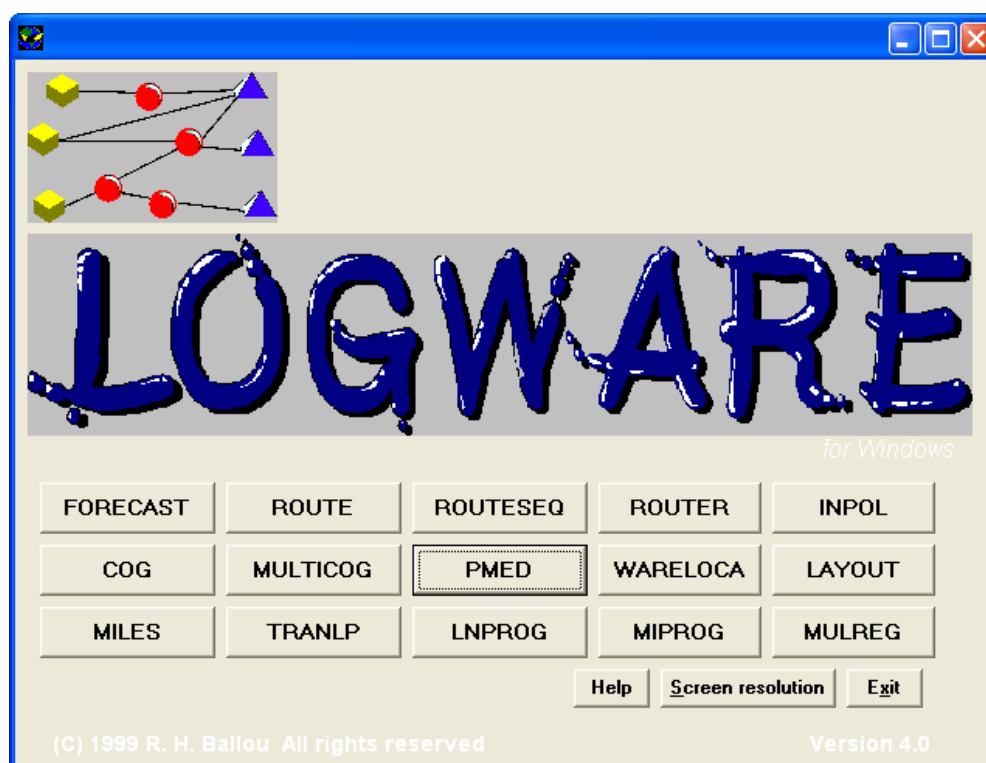


Figura 18– Interface do software Logware  
Fonte: (BALLOU, 2005)

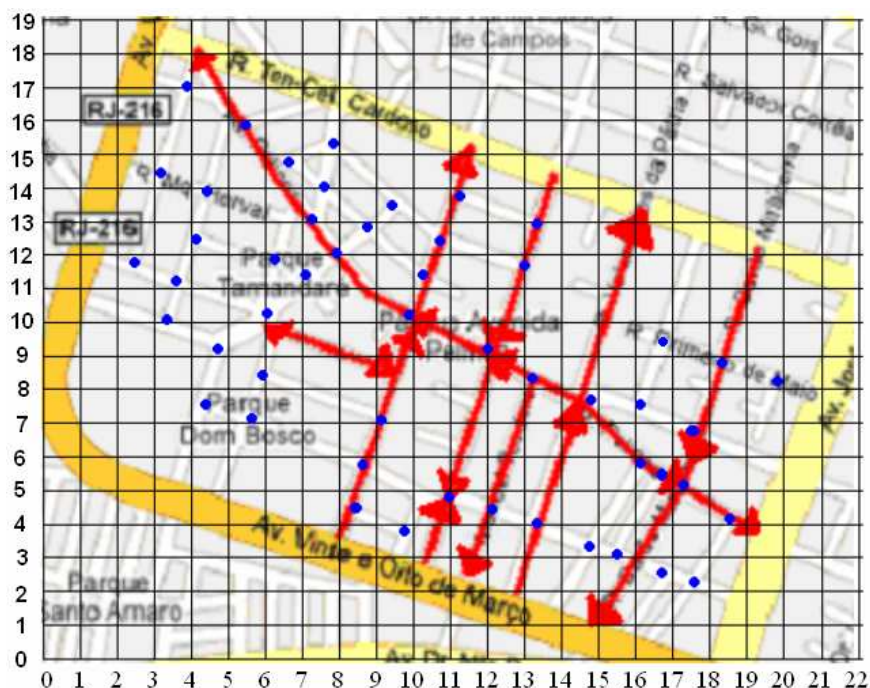


Figura 19– Vértices distribuídos em região considerada  
 Fonte: Adaptado – Google Maps

A entrada dos dados no sistema é feita da seguinte forma: Entrada com o nome do problema, escalas horizontais e verticais, o número de pontos que se deseja localizar uma instalação, registro de cada vértice com a opção de coordenada: se com latitude e longitude ou com grade linear de coordenadas, o volume da demanda, a taxa de transporte e o custo fixo associado para a instalação. A figura 20 mostra a entrada de dados para o problema. O custo com a operação de transporte da garagem até cada ponto candidato a mediana, foi incluído no valor do aluguel do local, estimado em R\$600,00. O custo com transporte de cada ponto candidato foi calculado com base na distância entre a garagem dos caminhões até cada ponto. Tendo como referência que o caminhão percorre 3 quilômetros por litro, e que o litro de diesel custava R\$ 2,10, obteve-se o valor de R\$ 0,70 por quilômetro. A taxa de transporte por unidade de distância não foi considerada, pois os caminhões de coleta não percorrerão todos os vértices. São os moradores que levarão o material até o ponto de entrega, portanto para funcionar o software foi escolhido um valor ínfimo para o campo de taxa de transporte. Foi utilizado o sistema de grade linear de coordenadas para representar a localização dos vértices. Como não se tem notícia

sobre a demanda específica de cada vértice, e por necessitar de um estudo complexo e detalhista que dispersaria dos objetivos deste trabalho, optou-se por um volume de 100Kg comum a todos os vértices para efeito de solucionar o problema. O software possibilita o estudo com no máximo 15 vértices para escolha do local de instalação. Marcado com um X todos os vértices candidatos que se procura escolher. Neste problema marcou-se 15 vértices candidatos para a escolha de um único vértice.

Point no.	Point label	X coordinate	Y coordinate	Volume	Transport rate	Fixed cost	Candidate sites
1	M1	2,5	11,9	100	0,0001	0	
2	M2	3,1	14,5	100	0,0001	0	
3	M3	3,2	10	100	0,0001	615.7	X
4	M4	3,7	11,1	100	0,0001	0	
5	M5	3,9	17	100	0,0001	0	
6	M6	4	12,5	100	0,0001	617.1	X
7	M7	4,3	7,6	100	0,0001	0	
8	M8	4,3	14	100	0,0001	0	
9	M9	4,8	9,1	100	0,0001	0	
10	M10	5,3	15,9	100	0,0001	620.2	X
11	M11	5,9	8,3	100	0,0001	0	
12	M12	6	10,2	100	0,0001	615.3	X
13	M13	6,1	11,9	100	0,0001	0	
14	M14	6,7	14,9	100	0,0001	0	
15	M15	7,1	11,9	100	0,0001	615.5	X
16	M16	7,1	13	100	0,0001	0	

Figura 20– Interface para entrada de dados  
Fonte: (BALLOU, 2005)

A figura 21 mostra o resultado do problema com a escolha do vértice M19 para a localização de um ponto de entrega voluntária. O custo da escolha deste vértice para mediana seria de R\$607,80. O valor de R\$7,80 se refere ao custo de combustível do percurso do caminhão desde a saída do depósito até o local escolhido para entrega voluntária e retorno ao depósito. O custo do percurso deve ser multiplicado pelo número de vezes que seja necessário realizar este percurso. Vale ressaltar que os custos com armazenamento de material não foram considerados. O valor do aluguel poderia ser desconsiderado caso a prefeitura estivesse disponibilizando os locais candidatos para a escolha de um ponto para entrega voluntária.

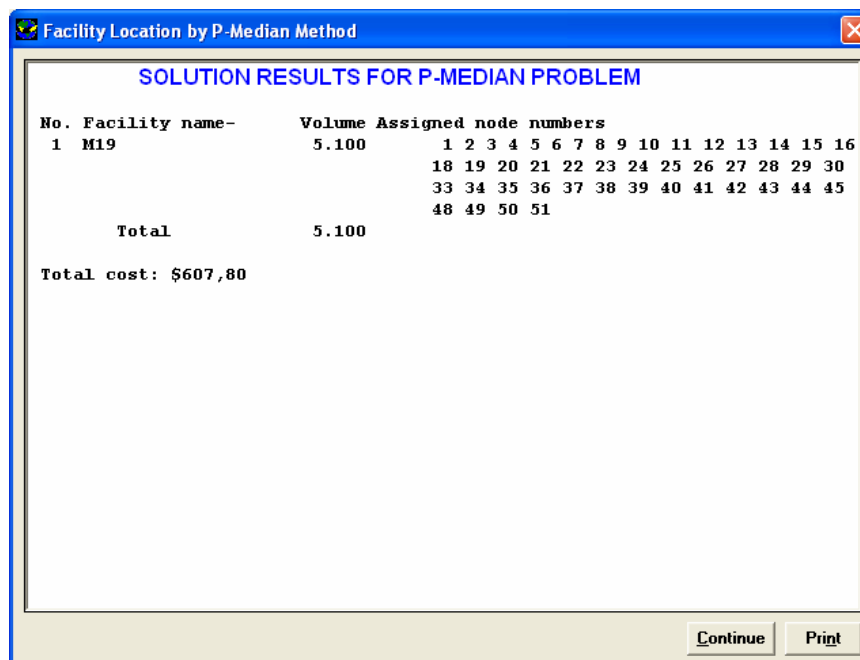


Figura 21– Resultado do problema  
Fonte: (BALLOU, 2005)

A localização pode ser vista através do gráfico da figura 22 e na figura 23 no mapa da região. O ponto escolhido tem coordenadas (8,12).

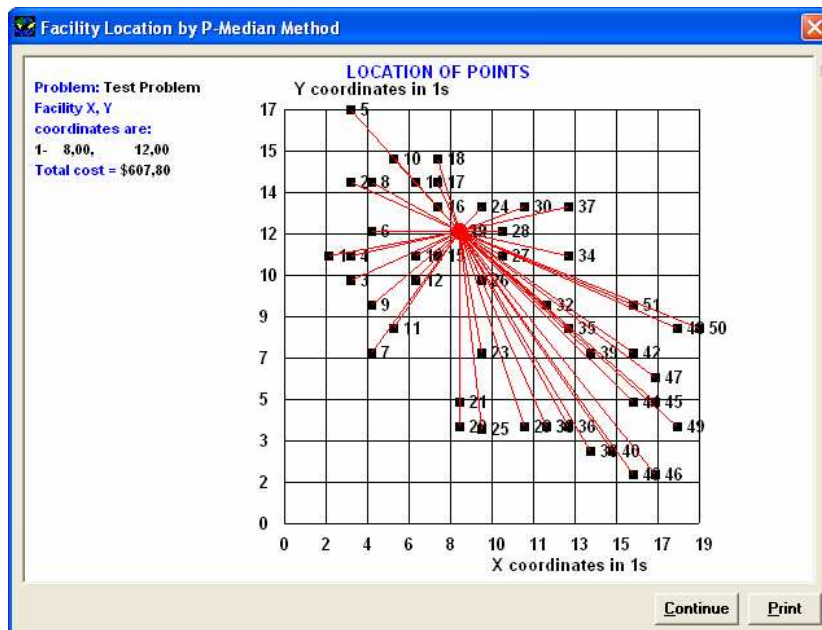


Figura 22– Ilustração do local escolhido para a entrega voluntária  
Fonte: (BALLOU, 2005)



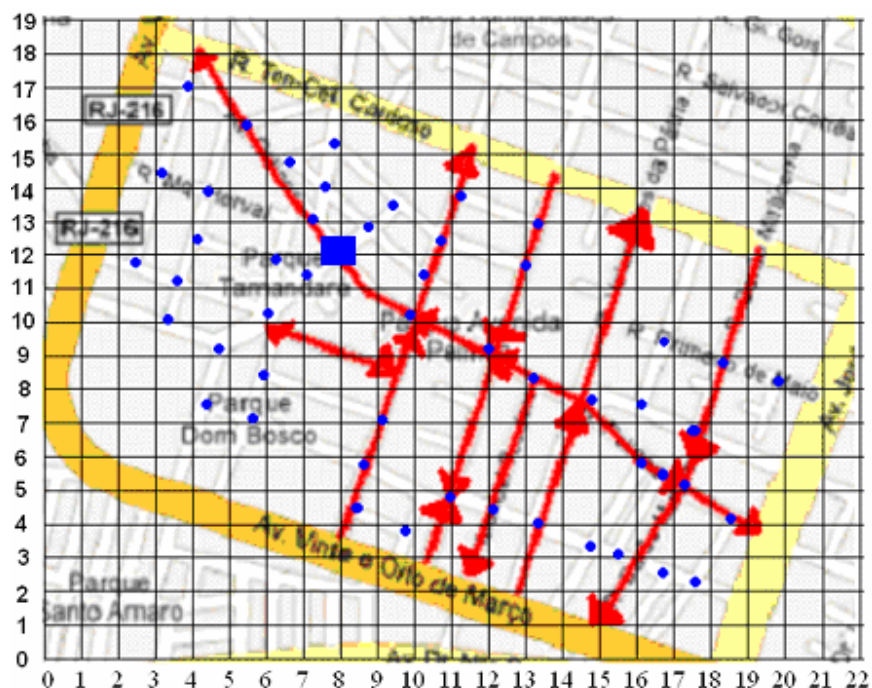


Figura 23– Mapa com local escolhido  
 Fonte: Adaptado – Google Maps

Com os resultados do uso do modelo de p-medianas através do software Logware se buscou diminuir a distância para os moradores entregarem os materiais recicláveis e a redução do percurso do caminhão nesta região. O menor custo com combustível também foi considerado. Este modelo mostrou-se viável para ser usado em bairros mais extensos com grandes demandas.

### 3.4 PROPOSTAS DE MELHORIAS NO PROCESSO

#### 3.4.1 MELHORIAS ERGONÔMICAS

Verificou-se uma grande dificuldade dos ajudantes na hora de elevar o saco ou “bega” (saco grande usado para recolher material reciclável) pesado para dentro do caminhão, sendo necessária a ajuda de um ajudante na parte superior do caminhão, para pegar o saco enquanto o segundo ajudante o levanta. Este problema poderia ser resolvido com a instalação de uma roldana, uma corda e um gancho na parte traseira da caçamba, esta roldana ajudaria a elevar o saco até a caçamba com a manipulação

dos ajudantes, evitando o desgaste físico dos mesmos. Outra medida para solucionar este problema é a utilização de uma rampa para facilitar a colocação do saco dentro do caminhão. Outra forma de solução seria a utilização de caminhões que dão a possibilidade de abaixar a carroceria até o chão para colocar o material dentro. Essas medidas visam melhores condições de trabalho para os ajudantes. De acordo com dados da Previdência Social a LER, Lesão por Esforço Repetitivo, afeta a rotina de trabalho e a vida pessoal de mais de 19 milhões de pessoas em todo o mundo, provocando também a diminuição de lucros das empresas com a redução da produtividade, retrabalho e desmotivação dos funcionários.

### **3.4.2 MELHORAS OPERACIONAIS**

Como observado no decorrer do trabalho há um alto custo na fase de coleta, isso acontece devido à falta de implementação de técnicas para aumentar a eficiência do serviço, principalmente no que diz respeito ao transporte. A empresa coleta baixa quantidade de material e em contrapartida não aplica uma gestão voltada para a redução de custos, prejudicando o custo/benefício para a prefeitura que contratou a empresa X a fim de realizar este serviço, podendo trazer risco à continuidade da coleta. Para mudar este cenário são propostas algumas mudanças operacionais, objetivando aumentar o custo/benefício para a prefeitura e empresa contratada, e ao mesmo tempo proporcionar a inclusão social de catadores de materiais recicláveis.

O primeiro passo a ser dado é a implantação de uma política de redução de custos referente às rotas de coleta. Para isso podem ser usados softwares de gerenciamento de rotas que permitiriam a escolha das rotas de menores custos, estes pacotes prontos têm implementado algoritmos de programação linear e inteira, e algoritmos heurísticos para resolver problemas de roteirização de veículos. A escolha do software depende da necessidade da empresa e do custo. Alguns exemplos de softwares para resolver tais problemas são: DSS, EZ-Router, Fleetrouter, Micro Veh, Plan, Paragon, Roadnet, Routeassist, Router, Truckstops, entre outros.

Com base na análise do custo da subcontratação, foi possível verificar que é mais vantajoso para a empresa fechar o contrato com os dois motoristas e comprar dois caminhões novos, e contratar dois motoristas para serem funcionários da empresa. Esta mudança acarretará um lucro de R\$ 3.339,48 mensais depois de quitada a compra dos caminhões.

Um custo com transporte que poderia ser evitado é a ida dos caminhões ao aterro controlado da cidade, o qual se localiza no bairro Codin, para pesar o material coletado quando os caminhões estão cheios. O aterro fica cerca de 8,5 Km do centro da cidade. Se fossem instaladas balanças semelhantes no local de descarregar o material na SACI, evitaria o percurso dos caminhões ao aterro, reduzindo o custo com combustível e tempo de deslocamento.

Outro problema é a baixa quantidade de material coletada por rota devido à porcentagem pequena de casas que separam os materiais para a coleta, sendo a contribuição dos condomínios mais significativa a olho nu. Para aumentar a participação da população na coleta seletiva é necessário investir em educação ambiental através da mídia popular, ou seja, estações de rádio e TV locais que têm abrangência de um grande número de pessoas, principalmente aquelas que passam boa parte do tempo em casa, como forma de educar a população sobre a importância de separar e como separar o material reciclável em secos e molhados. A separação por tipo de material seria a melhor forma de separação, pois facilitaria o trabalho do ajudante agilizando o processo, mas esta separação por tipo pode ser esperada quando a população já se encontra em um nível de conscientização ambiental superior a que se encontra a população da cidade neste momento. Durante o acompanhamento da coleta no bairro Pelinca foi observado a tentativa dos ajudantes em separar os materiais coletados por tipo dentro do caminhão, como meio de organizar o volume na caçamba, mas uma dificuldade nesta tarefa é a falta de espaço no caminhão, que acaba misturando um tipo de material com outro. Em alguns casos os ajudantes não tentam separar devido à quantidade misturada coletada. Para resolver este problema poderiam ser colocadas baias de separação na caçamba do caminhão, quando a população estivesse mais conscientizada. Assim o ajudante teria

mais motivação em separar o material, sabendo que ele não seria misturado novamente, evitando que seu trabalho e tempo tenham sido perdidos. Esta medida também estimularia a população a sempre separar o material por tipo, considerando que é desmotivador para quem separa ver todo o material ser colocado dentro do caminhão sem separação alguma.

Além da educação ambiental, a divulgação do programa de coleta seletiva deve ser mais intensificada, pois apesar dos 53 bairros atendidos na coleta, muitas pessoas destes bairros ainda desconhecem a existência do programa, segundo informações da empresa X.

A coleta seletiva pode ser realizar com a parceria do poder público, empresa contratada, associações de catadores e comunidade em geral. Se a coleta porta a porta for implantada com a participação do catador trás maior participação da população. O contato direto do catador com o morador cria um compromisso em dois sentidos: primeiro o morador tem que separar o material para o catador que agora tem nome, e segundo que ao se entregar em sacola plástica transparente os resíduos recicláveis (resíduo seco), “força-se” a população a entregar o material em melhor qualidade. É uma ótima metodologia de conscientização ambiental defendida por vários recicladores.

#### **4 CONCLUSÕES**

O estudo possibilitou compreender o problema específico de uma coleta de resíduos, em particular a abordagem da empresa na realização da coleta seletiva. Possibilitou ter uma medida das restrições que deverão ser consideradas na formulação matemática do problema, e suas particularidades, identificando a classificação, dentro das diversas variações de problemas de roteirização de veículos. Portanto se propôs a localização de centros de entrega voluntária, como uma maneira de reduzir o percurso dos caminhões, e conseqüentemente o custo com combustível e tempo de deslocamento, utilizando um modelo de p-mediana. Sugeriu melhorias nas operações de coleta como previsto, no que se relaciona aos esforços do pessoal

que ajuda na coleta com os caminhões. A redução em custos e tempo a ser atingida pode ser utilizada para ampliar a coleta seletiva a mais bairros, e gerenciar melhor futuras instalações de usinas de triagem de lixo sólido que venham a ser construídas na cidade, e amenizar as maiores distâncias a serem percorridas para um novo aterro sanitário. Pode-se dizer que os objetivos foram alcançados mesmo não chegando à implantação dos modelos matemáticos apresentados, pois o foco inicial do trabalho consistiu em identificar pontos de possíveis melhorias para minimização dos custos com a operação do transporte de material reciclável.

## **5 SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS**

Este trabalho identifica a aplicação de métodos de localização e roteirização formulados por modelos de Programação Linear Inteira e/ou mista, cujos algoritmos de solução exata apresentam bom desempenho para poucas variáveis, sendo necessário investimentos em abordagens de algoritmos heurísticos ou metaheurísticos, a fim de conseguir boas soluções com maior rapidez. A proposta resultante é aplicar os métodos de pesquisa operacional que vem sendo utilizadas desde Beltrami e Bodin (1972), na resolução do problema de roteirização de veículos. Além de fazer um acompanhamento do desempenho de implementações de tais modelos em um ou mais bairros. Comparar o custo destas rotas modificadas pelo modelo de solução com as rotas adotadas pela empresa X, e medir seu desempenho.

A localização de pontos de entrega voluntária é outro fator importante que reduz custos da coleta seletiva e merece ser estudado com mais detalhes para a localização de alguns pontos espalhados pela cidade. Considerando não somente a minimização das distâncias para entrega de material nestes pontos, como também os custos de instalação e manutenção dos mesmos, pois a cidade tem um território extenso, e com uma população considerável, que justifica o uso destes pontos de entrega, como forma de contribuir para a realização da coleta seletiva de uma forma menos custosa e mais participativa.

## REFERÊNCIAS

AGENCIA BRASIL. Disponível em <[www.agenciabrasil.gov.br/noticias/2008/01/28/materia.2008-01-28.1150574466/view](http://www.agenciabrasil.gov.br/noticias/2008/01/28/materia.2008-01-28.1150574466/view)>. Acessado em: 10 de Dez. de 2009.

ANDRADE, E. L. *Logística Empresarial*. (2004). Disponível em <[hermes.ucs.br/carvi/cent/dpei/.../Log%EDstica%20empresarial.pdf](http://hermes.ucs.br/carvi/cent/dpei/.../Log%EDstica%20empresarial.pdf)>. Acesso em: 27 de Jun. de 2009.

Avental em PVC forrado. Disponível em <[http://www.seton.com.br/aanew/produtos/detalhe\\_mc.asp?sitegrpid=31&merchandiseid=A050&ckmenu=m%5B0%5D](http://www.seton.com.br/aanew/produtos/detalhe_mc.asp?sitegrpid=31&merchandiseid=A050&ckmenu=m%5B0%5D)> . Acessado em: 24 de Out. de 2009.

BALLOU, R. H. *Logística Empresarial*. São Paulo: Editora Atlas, 1993. 388 p.

BALLOU, R. H. *Gerenciamento da Cadeia de Suprimentos / Logística Empresarial*. São Paulo: Editora Bookman, 2005. 616 p.

BELTRAMI, E.J.; BODIN, L. D. *Networks and Vehicle Routing for Municipal Waste Collection, Networks* 4, 65-94, 1972.

BRASIL. Projeto de Lei nº. 1991/2007. Disponível em <[www.camara.gov.br/sileg/MostrarIntegra.asp?CodTeor=501911](http://www.camara.gov.br/sileg/MostrarIntegra.asp?CodTeor=501911)>. Acesso em: 18 de Out. de 2009.

BODIN, L. D. e GOLDEN, B. *Classification in Vehicle Routing and Scheduling, Networks* 11, 97-108, 1981.

Bota em PVC Preta cano longo. Disponível em <[http://www.proteshop.com.br/mostra\\_produto.asp?produto=343](http://www.proteshop.com.br/mostra_produto.asp?produto=343)>. Acessado em: 24 de Out. de 2009.

Capa de chuva. Disponível em <<http://www.quebarato.com.br/busca.htm?og=301&kw=capa+de+chuva>>. 24 de Out. de 2009.

CARDOSO, P. A.; AZEVEDO, A. C. L.. *Roteamento de Veículos Como Ferramenta Para a Gestão Sustentável de Resíduos*. In: XXVII ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, Foz do Iguaçu - PR. 2007. Anais do XXVII ENEGEP.

DORNIER, P. P. et. al. *Logística e Operações Globais*. São Paulo: Editora Atlas, 2000. 721 p.

EPI-06 - Luva de PVC C/ Forro e Palma Áspera 36cm. Disponível em <[http://www.lojamais.com.br/Loja/Emp\\_MostraProd.aspx?codProduto=150320&codemp=2367](http://www.lojamais.com.br/Loja/Emp_MostraProd.aspx?codProduto=150320&codemp=2367)>.

Acessado em: 24 de Out. de 2009.

FERNANDES, M. Coleta Seletiva de Resíduos Sólidos Urbanos: Um Estudo da Gestão dos Programas de Florianópolis/SC, Belo Horizonte/MG e Londrina/PR. (2005) Disponível em <[http://www.aedb.br/seget/artigos07/1434\\_ARTIGO%20DA%20DISSERTACAO.pdf](http://www.aedb.br/seget/artigos07/1434_ARTIGO%20DA%20DISSERTACAO.pdf)> . Acesso em: 19 de Out. de 2009.

FILHO, A. J. S. Localização de Indústrias de Reciclagem na Cadeia Logística Reversa do Coco Verde. 2006. 129f. Dissertação de Mestrado em Engenharia Civil - Universidade Federal do Espírito Santo. Vitória-ES, 2006.

FILHO, L. S. N. R. A Logística Reversa de Pneus Inservíveis: O Problema da Localização dos Pontos de Coleta. 2005. 99f. Dissertação de Mestrado em Engenharia de Produção - Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis-SC, 2005.

FORMIGONI, E. E. Resolução De Problemas De Roteamento de Veículos na Entrega de Produtos da Indústria Avícola. 2005. 127f. Dissertação de Mestrado em Ciências no Programa de Pós-Graduação em Métodos Numéricos em Engenharia - Universidade Federal do Paraná. Curitiba-PR, 2005.

GALVÃO, R. D. Modelos Matemáticos para o Planejamento Estratégico em Logística. In: XL SIMPÓSIO BRASILEIRO DE PESQUISA OPERACIONAL, João Pessoa-PB, 2005. Anais do XL SBPO.

GOLDBARG, M. C.; LUNA, H. P. L. Otimização Combinatória e Programação Linear. Rio de Janeiro : Editora Campus Ltda, 2000.

GOOGLE MAPS. Disponível em <<http://maps.google.com.br/>>. Acesso em: Ago. de 2009.

LEITE, P. R. *Logística Reversa: meio ambiente e competitividade*. São Paulo: Prentice Hall, 2005. 250p.

LEITE, P. R. *Logística Reversa*. Disponível em <<http://www.abmbrasil.com.br/cim/download/Paulo-Leite-Logistica2003.pps#5>>. Acesso em: 24 de Jun. de 2009.

LORENA, L. A. N. *Análise de Redes*. Disponível em <<http://www.dpi.inpe.br/cursos/ser301/referencias/analise-de-redes.pdf>> Acesso em: 24 de Jun. de 2009.

MAGNANTI, T. L. *Combinatorial Optimization and Vehicle Fleet Planning: Perspectives and Prospects, Networks* 11, 179-214, 1981.

MATOS, A. C. B. *Otimização de Rotas: Aplicação à Recolha de Lixo do Conselho de Viseu*. Disponível em < <http://www.ipv.pt/millennium/Millennium24/7.pdf> > Acesso em: 27 de Jun de 2009.

MINISTÉRIO DAS CIDADES. (2007) Disponível em <[www.mp.go.gov.br/portalweb/hp/9/docs/rsudoutrina\\_19.pdf](http://www.mp.go.gov.br/portalweb/hp/9/docs/rsudoutrina_19.pdf)>. Acessado em: 10 de Dez. de 2009.

MIURA, M. Resolução de um Problema de Roteamento de Veículos em uma Empresa Transportadora. 2003, 89f. Trabalho de Conclusão de Curso de Engenharia de Produção – Universidade de São Paulo. São Paulo-SP, 2003.

PESQUISA CICLOSOFT 2006. CEMPRE. Disponível em <[http://www.cempre.org.br/ciclossoft\\_2006.php](http://www.cempre.org.br/ciclossoft_2006.php)>. Acesso em: 18 de Out. de 2009.

PESQUISA CICLOSOFT 2008. CEMPRE. Disponível em <[http://www.cempre.org.br/ciclossoft\\_2008.php](http://www.cempre.org.br/ciclossoft_2008.php)>. Acesso em: 18 de Out. de 2009.

PREFEITURA DE CAMPOS DOS GOYTACAZES. Usina de reciclagem vai absorver mão-de-obra dos catadores de lixo na Codin. Disponível em <<http://www.campos.rj.gov.br/noticia.php?id=20041>>. Acesso em: 01 de Nov. de 2009.

PROGRAMA VIDA LIMPA. Disponível em <<http://www.semarh.al.gov.br/foruns-e-eventos/catador-cidadao/apresentacoes/Diadema.pdf>> Acesso em: 10 de Dez. de 2009.

PIASSI, L. M. Estudo dos Programas de Reciclagem da USP/São Carlos e da UFSCAR Através da Logística Reversa e Gestão do Conhecimento. 2008. 183f. Dissertação de Mestrado da Escola de Engenharia de São Carlos da Universidade de São Paulo. São Carlos-SP, 2008.

PILEGGI, G. C. F.; ROSA, R. O. *Avaliação da Logística de distribuição de produtos em uma empresa de e-commerce*. **Revista Gepros**. Bauru-SP. v. 2, ano 2, p.149-160, jan.- abril. 2007.



RIBEIRO, H.; BENSON, G. R. *Panorama da Coleta Seletiva no Brasil: Desafios e Perspectivas A Partir de Três Estudos de Caso. Revista de Gestão Integrada em Saúde do Trabalho e Meio Ambiente - Interfacehs*. Uberlândia - MG. V.2, Ago. 2007.

RIBEIRO, T. F.; LIMA, S. C. *Coleta Seletiva de Lixo Domiciliar - Estudo de Casos Caminhos de Geografia - Revista Online*. Uberlândia - MG. p.50-69, Dez. 2000.

ROCHA, B. O. Utilização de Modelos de Localização para Dinamização do Fluxo Reverso de Pneus Inservíveis. 2008, 141f. Dissertação de Mestrado em Engenharia de Transportes - Universidade Federal do Ceará. Fortaleza-CE, 2008.

SALTORATO, P.; MOCCELLIN, J. V. *Alternativas Para o Roteamento de Veículos na Coleta de Resíduos Sólidos em São Carlos-SP*. In: XVIII ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, Niterói-RJ.1998. Anais do XVII ENEGEP.

SECRETARIA DE ESTADO DE CIENCIA, TECNOLOGIA E INOVAÇÃO – SECTI – FUNDAÇÃO CECIERJ. Disponível em [http://www.cederj.edu.br/atlas/campos\\_tab1.htm](http://www.cederj.edu.br/atlas/campos_tab1.htm)>. Acesso em 02 de Nov. de 2009.

Tênis de segurança. Disponível em <http://www.quebarato.com.br/busca.htm?og=301&kw=T%EAnis+de+Seguran%E7a>>. Acesso em: 24 de Out. de 2009.

TIRADO-SOTO M. Aplicação dos Conceitos da Logística Reversa nas Instituições de Ensino Superior. Estudo de Caso: Projeto Piloto de Coleta Seletiva na UENF. 2006, 148f. Dissertação Mestrado em Engenharia de Produção - Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro, Centro de Ciência e Tecnologia, Laboratório de Engenharia de Produção. Campos dos Goytacazes - RJ, 2006.

TIRADO-SOTO, M.; MORALES, G. *Logística Reversa: Uma Visão Empresarial para a Reciclagem de Produtos Pós-Consumo*. Campos dos Goytacazes - RJ: UENF/CCT/LEPROD, 2005 (Publicação Técnica).

VASQUES A. G. A Logística Reversa Como Fator De Competitividade Para A Indústria. Disponível em <http://www.montebelloeventos.com.br/abertura3r.ppt>>. Acessado em: 10 de Nov. de 2009.

## Anexo A - Relação de Bairros assistidos com o programa de coleta seletiva

Caminhões Sub-empresas	
KUJ-7445	KUF-1611
Parque Rosário I	Parque Goytacazes
Parque Aurora I	Parque Baixa Grande
Parque Rosário II	Parque Flamboyant
Parque Aurora II	Parque Santo Amaro
Parque Fazendinha	Parque Pelinca
Parque João Maria	Parque Tamandaré
Parque IPS	Parque Dom Bosco
Parque Alphaville	Parque São Caetano
Parque Turf Club I	Centro
Parque Turf Club II	Parque Tarcísio Miranda
	Parque Horto
	Parque Califórnia

Caminhões - Empresa	
DYI-6983	EBH-1586
Parque Jardim Carioca	Parque Leopoldina
Parque Vicente Dias	Parque Caju
Parque Esplanada	Parque Nova Brasília
Parque São José	Parque Esplanada
Parque Santa Helena	Parque Donana
Parque Cidade Luz	Parque Pecuária
Parque Guarus	Parque Santa Cruz
Parque Lebret	Parque Penha
Parque Jockey I	Parque Imperial
Parque Jockey II	Parque Santo Antônio
Parque Prazeres	Parque Varanda de Visconde
Parque São Jorge	Parque Tropical
Parque Lapa I	Parque Bela Vista
Parque Lapa II	Parque Corrientes
Parque Calabouço	Parque Julião Nogueira
Parque Alvorada	Parque Ururá