O ESTUDO DO CONSÓRCIO ENTRE MUNICÍPIOS DE PEQUENO PORTE PARA DISPOSIÇÃO FINAL DE RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS UTILIZANDO SISTEMA DE INFORMAÇÕES GEOGRÁFICAS

Mauro Kenji Naruo

Dissertação apresentada à Escola de Engenharia de São Carlos da Universidade de São Paulo, como parte dos requisitos para obtenção do título de Mestre em Engenharia Civil com ênfase em Transportes

ORIENTADOR: Prof. Dr. Edson Martins de Aguiar

São Carlos
2003

Ficha catalográfica preparada pela Seção de Tratamento
da Informação do Serviço de Biblioteca – EESC/USP

N237e Naruo, Mauro Kenji
O estudo do consórcio entre municípios de pequeno porte para disposição final de resíduos sólidos urbanos utilizando sistema de informações geográficas / Mauro Kenji Naruo. -- São Carlos, 2003.

Dissertação (Mestrado) -- Escola de Engenharia de São Carlos-Universidade de São Paulo, 2003.
Área: Transportes.
Orientador: Prof. Dr. Edson Martins de Aguiar.

1. Área de proteção ambiental. 2. Aterro sanitário. 3. Consórcio intermunicipal. 4. Localização de facilidades. 5. Logística. 6. Planilha de custos. 7. Resíduo sólido urbano. 8. Roteirização. 9. Sistema de informações geográficas. I. Título.

FOLHA DE JULGAMENTO

Candidato: Engenheiro **MAURO KENJI NARUO**

Dissertação defendida e julgada em 07-07-2003 perante a Comissão Julgadora:

Prof. Dr. **EDSON MARTINS DE AGUIAR (Orientador)**
(Escola de Engenharia de São Carlos/USP)

Aprovado

Prof. Assoc. **VALDIR SCHALCH**
(Escola de Engenharia de São Carlos/USP)

APROVADO

Prof. Dr. **CLÁUDIO BARBIERI DA CUNHA**
(Escola Politécnica/USP)

Aprovado

Prof. Assoc. **JOSÉ REYNALDO ANSELMO SETTI**
Coordenador do Programa de Pós-Graduação em
Engenharia de Transportes

Prof. Assoc. **MURILO ARAUJO ROMERO**
Vice-Presidente em exercício da Comissão de Pós-Graduação da EESC

*Aos meus pais Kiyoshi e Iochico, de inabalável
indole e inigualável dedicação, ao meu irmão
Keniti, de invejável paciência e perseverança,
pessoas em quem sempre me espelharei, e também, a
minha sempre Cíntia, sempre.*

AGRADECIMENTOS

Primeiramente, só tenho que agradecer aos meus pais, que sob sacrifício tiraram do suor e da terra a oportunidade que eles não tiveram, mas fizeram questão de dar aos seus filhos. Ao meu irmão, por ser o espelho de toda a minha vida na luta por oportunidades que outrora, sob sol escaldante, nem nos atrevíamos a sonhar.

Ao Prof. Edson, pela orientação e pelo desafio que foi proposto neste trabalho.

Agradeço de forma generalizada, a todas as Prefeituras e empresas privadas e públicas, pela disposição em fornecer as informações necessárias para o desenvolvimento desta pesquisa de mestrado.

À Fundação de Amparo à Pesquisa e Ensino do Estado de São Paulo, FAPESP, pela oportunidade concedida através da bolsa de mestrado.

Aos professores e funcionários do Departamento de Transportes da Escola de Engenharia de São Carlos – USP, pelo suporte para as atividades de pesquisa e também pela amizade.

A todos os amigos e colegas da pós-graduação. Em especial, aos amigos que iniciaram o mestrado naquele mesmo ano em que o Departamento de Transporte não seria mais o mesmo, e também aos companheiros de república.

A Cintia, por me dar a oportunidade de compartilhar este momento especial de realização e todos os outros que estão por vir.

"Não devemos ter medo dos confrontos. Até os planetas se chocam e do caos nascem as estrelas."

Charles Chaplin

SUMÁRIO

Lista de figuras.....	9
Lista de tabelas.....	11
Lista de abreviaturas e siglas.....	13
RESUMO	15
ABSTRACT	16
1. Introdução	17
2. Objetivos	23
2.1. Objetivo Principal	23
2.2. Objetivos secundários	23
3. Consórcio Intermunicipal.....	24
3.1. Introdução	24
3.2. Consórcio Intermunicipal.....	25
3.3. Atuação do Consórcio Intermunicipal.....	28
3.3.1. Consórcio Intermunicipal para Resíduos Sólidos.....	30
4. Resíduos Sólidos	32
4.1. Resíduos Sólidos	32
4.1.1. Definições.....	32
4.1.2. Classificação	34
4.2. Gerenciamento Integrado de RSU	36
4.2.1. O conceito de Integração	36
4.2.2. Modelo de Gerenciamento Integrado de RSU	38
4.3. Destinação de RSU.....	44
4.3.1. Princípio dos 3 R's.....	47
4.3.2. Processos intermediários para segregação	49
4.3.3. Processo intermediário para tratamento térmico.....	50
4.3.4. Disposição Final	51
5. Abordagem Logística	56
5.1. O trabalho no contexto da logística	56
5.2. Análise de redes logísticas.....	59
5.2.1. Localização de instalações.....	60
5.2.2. Roteirização e programação	64
6. SIG Sistema de Informações Geográficas.....	72
6.1. Definições.....	72
6.2. Dados em um SIG	73
6.3. A ferramenta computacional no SIG	76
6.3.1. Características.....	76

6.3.2.	<i>Softwares</i> : pacotes comerciais	77
6.4.	Aplicabilidade do SIG	80
7.	Materiais e Método	83
7.1.	Sobre o método	83
7.2.	Definições estratégicas	85
7.3.	Aquisição de dados	86
7.3.1.	Dados georeferenciados	86
7.3.2.	Dados gerais dos municípios	87
7.4.	Dimensionamento da coleta de RSU nas cidades	93
7.5.	Pré-processamento de dados no SIG	96
7.5.1.	Dados espaciais	96
7.5.2.	Dados não-espaciais	97
7.6.	Gerenciamento de dados: importação para o TransCAD	98
7.7.	Seleções de locais sem restrições	100
7.8.	Definição das situações	101
7.9.	Localização dos aterros	102
7.10.	Roteirização	104
7.10.1.	Situações sem ET	106
7.10.2.	Situações com ET	107
7.11.	Dimensionamento das ETs	107
7.12.	Dimensionamento dos Aterros	110
7.12.1.	Aterro Sanitário em Valas	111
7.12.2.	Aterro Convencional	112
7.12.3.	Componentes dos Dimensionamentos	112
7.13.	Cálculo dos Custos para cada Situação Definida	114
7.13.1.	Os custos considerados	115
7.13.2.	Planilhas elaboradas	117
7.14.	Avaliação das situações definidas	121
8.	Estudo de caso	122
8.1.	A Área Escolhida como Estudo de Caso	122
8.2.	Considerações na aplicação do método	124
8.3.	Informações da área de estudo	127
9.	Resultados e discussões	129
9.1.	Resultados Intermediários	129
9.1.1.	Dimensionamentos	129
9.1.2.	Localização dos aterros	131
9.1.3.	Roteirização dos veículos	140
9.2.	Resultado Final	145
9.2.1.	Resultados Obtidos de Outras Etapas	147
9.2.2.	Resumo dos Resultados com os Custos	148
9.2.3.	Análise dos resultados	151

10.	Conclusões e Recomendações.....	155
11.	Referência Bibliográfica	159
	ANEXOS	167
	APÊNDICES	176

Lista de figuras

FIGURA 1.1 – Evolução da qualidade dos aterros de resíduos em todos os municípios do Estado de São Paulo	19
FIGURA 1.2 - Evolução da qualidade dos aterros de resíduos nos municípios de até 25.000hab do Estado de São Paulo	19
FIGURA 1.3 – Distribuição dos municípios por extrato populacional	20
FIGURA 3.1 – Aspectos atrativos do consórcio intermunicipal.....	26
FIGURA 4.1 – Roteiro para elaboração de Plano de Gerenciamento Integrado de Resíduos Sólidos	41
FIGURA 4.2 – O Gerenciamento Integrado de Resíduos Sólidos	43
FIGURA 4.3 – Alcance dos serviços de limpeza urbana e/ou coleta de lixo prestados nos municípios do Brasil.....	44
FIGURA 4.4 – A abrangência das formas de destinação de lixo coletado nos distritos brasileiros	45
FIGURA 4.5 – O trajeto dos RSU e os processos envolvidos em seu manejo.....	46
FIGURA 4.6 – Símbolo representativo do Princípio dos 3 R's.....	47
FIGURA 4.7 – Padrões de cores para os diferentes resíduos.....	50
FIGURA 4.8 – As fases do aterro sanitário e os sistemas de proteção ambiental	53
FIGURA 4.9 – Tipos de aterros sanitários segundo o método de execução das células de lixo (executado em uma jornada de trabalho).....	54
FIGURA 5.1 – Fluxo de produtos na cadeia de suprimento e retorno	57
FIGURA 5.2 – O triângulo da tomada de decisões no planejamento logístico	59
FIGURA 5.3 – Representação do espaço real na forma de rede	60
FIGURA 6.1 – Objetos espaciais em representação vetorial e matricial	74
FIGURA 6.2 – Representação topológica básica: nós, arcos e polígonos	75
FIGURA 6.3 – Dados armazenados em <i>layers</i> (camadas) no SIG.....	76
FIGURA 6.4 – SIG no processo de decisão no planejamento estratégico	81
FIGURA 7.1 – Fluxograma do método.....	84
FIGURA 7.2 – Gráfico da Projeção da Taxa de Crescimento Populacional do Estado de São Paulo (2010 até 2020).....	89
FIGURA 7.3 – Os pontos de controle escolhidos para importação dos dados espaciais para o TransCAD.....	99
FIGURA 7.4 – Triangulação formada pelos pontos de controle escolhidos para importação do mapa rodoviário do DER-SP.....	99
FIGURA 7.5 – Escolha de nós fora das restrições de zona urbana e águas superficiais.	101

FIGURA 7.6 – Janela de entrada de dados para a rotina de localização do TransCAD.	102
FIGURA 7.7 – Codificação utilizada para cada situação definida.	102
FIGURA 7.8 – Janela de entrada de dados para a rotina de roteirização do TransCAD.	104
FIGURA 7.9 – Tabela com a frota de veículos por aterro e capacidade de carga de cada modelo.	106
FIGURA 7.10 – Modelo criado para as ETs.	108
FIGURA 7.11 – Silo adotado no trabalho com sistema de pesagem acoplada.	108
FIGURA 8.1 – Localização da APA de Corumbataí.	122
FIGURA 8.2 – APA de Corumbataí.	123
FIGURA 9.1 – Custo de Implantação de Aterro Sanitário (sem equipamentos).	130
FIGURA 9.2 – Custo de Implantação de Aterro Sanitário (com equipamentos).	130
FIGURA 9.3 – A configuração obtida para a Situação 11.	132
FIGURA 9.4 – A configuração obtida para a Situação 12.	133
FIGURA 9.5 – A configuração obtida para a Situação 13.	134
FIGURA 9.6 – A configuração obtida para a Situação 14.	135
FIGURA 9.7 – A configuração obtida para a Situação 21.	136
FIGURA 9.8 – A configuração obtida para a Situação 22.	137
FIGURA 9.9 – A configuração obtida para a Situação 23.	138
FIGURA 9.10 – A configuração obtida para a Situação 24.	139
FIGURA 9.11 – Custo unitário por tonelada de RSU produzido do Sistema Consorciado segundo o número de aterros.	152
FIGURA 9.12 – Custo unitário médio por tonelada de RSU produzido do Sistema Consorciado segundo a situação definida e os componentes dos custos	153

Lista de tabelas

TABELA 1.1 – Enquadramento das instalações de destinação de lixo em função dos valores de IQR e IQC	18
TABELA 4.1 - Classificação dos resíduos sólidos quanto ao grau de biodegradabilidade	34
TABELA 4.2 - Classificação dos resíduos sólidos quanto à periculosidade	34
TABELA 4.3 - Classificação segundo a origem dos resíduos sólidos e a responsabilidade pelo seu gerenciamento	35
TABELA 4.4 – Modalidades de coleta seletiva	49
TABELA 5.1 – Modelos estático-determinísticos da localização de instalações	63
TABELA 5.2 – Características dos problemas de roteirização e programação	65
TABELA 5.3 – Os problemas básicos de roteirização pura	66
TABELA 5.4 – Característica dos problemas básicos de roteirização pura.....	67
TABELA 5.5 – Os problemas básicos de programação de veículos	68
TABELA 5.6 – Os problemas básicos de programação de tripulação	68
TABELA 5.7 – Os problemas de roteirização e programação	69
TABELA 5.8 – Estratégias de solução para os problemas de roteirização e programação.....	70
TABELA 6.1 – Funções características de uma ferramenta SIG.....	78
TABELA 6.2 – Critérios para seleção de ferramentas SIG	79
TABELA 6.3 – <i>Softwares</i> de SIG disponíveis no mercado	80
TABELA 7.1 – Estimativa da População Flutuante - 2000.....	88
TABELA 7.2 – Faixas mais utilizadas da geração <i>per capita</i> de Resíduos Sólidos	90
TABELA 7.3 – Semanas padrões utilizadas no cálculo da geração de RSU para os dimensionamentos ao longo dos 15 anos de planejamento.....	90
TABELA 7.4 – Cálculo da quilometragem da malha viária de coleta de RSU	92
TABELA 7.5 – Critérios utilizados para divisão nos setores de coleta	93
TABELA 7.6 – Produção de RSU e o acúmulo nos dias de coleta.....	95
TABELA 8.1 – A avaliação da condição de destinação final de RSU na APA de Corumbataí	124
TABELA 8.2 – As ETs definidas e municípios atendidos.....	126
TABELA 9.1 – A configuração obtida para a Situação 11	132
TABELA 9.2 – A configuração obtida para a Situação 12	133
TABELA 9.3 – A configuração obtida para a Situação 13	134
TABELA 9.4 – A configuração obtida para a Situação 14	135

TABELA 9.5 – A configuração obtida para a Situação 21	136
TABELA 9.6 – A configuração obtida para a Situação 22	137
TABELA 9.7 – A configuração obtida para a Situação 23	138
TABELA 9.8 – A configuração obtida para a Situação 24	139
TABELA 9.9 – Veículo de transbordo: distância e tempo gastos (Situação 11)	140
TABELA 9.10 – Veículo de transbordo: distância e tempo gastos (Situação 12)	141
TABELA 9.11 – Veículo de transbordo: distância e tempo gastos (Situação 13)	141
TABELA 9.12 – Veículo de transbordo: distância e tempo gastos (Situação 14)	142
TABELA 9.13 – Roteirização para veículo de transbordo: resultados no formato para cálculo de custos	142
TABELA 9.14 – Roteirização para veículo de coleta: resultados sintetizados no formato para cálculo de custos	144
TABELA 9.15 – Roteirização para veículo de coleta: resultados sintetizados no formato para cálculo de custos (cont.)	145
TABELA 9.16 – Entrada na planilha de custos: valores sintetizados de produção de RSU e população para cada situação	146
TABELA 9.17 – Entrada na planilha de custos: valores sintetizados da implantação de ETs para cada situação	146
TABELA 9.18 – Entrada na planilha de custos: valores sintetizados da implantação de Aterros para cada situação	147
TABELA 9.19 – Entrada na planilha de custos: tempo de trabalho dos equipamentos nos aterros para cada situação	148
TABELA 9.20 – Custos do transporte com veículo de coleta até destino	149
TABELA 9.21 – Custos de operação da coleta para cada situação	149
TABELA 9.22 – Custos do transporte com veículo de transbordo: Aterro-ET-Aterro	149
TABELA 9.23 – Custos total das componentes de operação	150
TABELA 9.24 – Custos de operação dos Aterros e ETs	150
TABELA 9.25 – Custos de investimentos na implantação dos aterros e ETs	150
TABELA 9.26 – Custos total final de todas as componentes	151

Lista de abreviaturas e siglas

3R's	- Redução, Reutilização e Reciclagem
ABNT	- Associação Brasileira de Normas Técnicas
APA	- Área de Proteção Ambiental
CAIXA	- Caixa Econômica Federal
CB	- Caminhão Basculante
CEMPRE	- Compromisso Empresarial para Reciclagem
CEPAM	- Centro de Estudos e Pesquisas de Administração Municipal
CETESB	- Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental
CONAMA	- Conselho Nacional do Meio Ambiente
DER - SP	- Departamento de Estrada de Rodagem do Estado de São Paulo
DOU	- Diário Oficial da União
EESC	Escola de Engenharia de São Carlos
ESRI	Environmental Systems Research Institute, Inc.
ET	- Estações de Transferência
FGV	- Fundação Getúlio Vargas
FNMA	- Fundo Nacional do Meio Ambiente
h	- hora
hab.	- habitante
IBAM	- Instituto Brasileiro de Administração Municipal
IBGE	- Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
INPE	- Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais
IPT	- Instituto de Pesquisas Tecnológicas
IPTU	- Imposto Predial Territorial Urbano
IQC	- Índice de Qualidade de Usinas de Compostagem
IQR	- Índice de Qualidade de Aterro de Resíduos
kg	- quilograma
km	- quilometro
LEV	Locais de entrega voluntária
m	- metro
m ²	- metro quadrado
m ³	- metro cúbico
min	- minuto

MMA	- Ministério do Meio Ambiente
NBR	- Norma Brasileira Registrada
PAD	- Polietileno de Alta Densidade
PGIRS	- Plano de Gerenciamento Integrado de Resíduos Sólidos
PEV	Postos de entrega voluntária
PRV	- Problema de Roteirização de Veículos
RE	- Retroescavadeira
RSM	- Resíduos Sólidos Municipais
RSU	- Resíduos Sólidos Urbanos
RSS	- Resíduos de Serviço de Saúde
SAD	- Sistemas de Apoio à Decisão
SADE	- Sistemas de Apoio à Decisão Espacial
SIG	- Sistemas de Informações Geográficas
SMA	- Secretaria do Meio Ambiente (Estado de São Paulo)
SEDU/PR	- Secretaria Especial de Desenvolvimento Urbano da Presidência da República
SELUR	- Sindicato das Empresas de Limpeza Urbana no Estado de São Paulo
t	- tonelada
TAC	- Termo de Compromisso de Ajustamento de Conduta
TE	- Trator de Esteira
un	- unidade
UNICEF	- Fundo das Nações Unidas para a Infância
veic	- veículo

RESUMO

NARUO, M. K. (2003). *O Estudo do consórcio entre municípios de pequeno porte para disposição final de Resíduos Sólidos Urbanos, utilizando Sistema de Informações Geográficas*. São Carlos. 283 p. Dissertação (Mestrado) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo.

Os consórcios são conhecidos pelo aumento da capacidade de realização que confere aos participantes, e maior eficiência no uso dos recursos disponíveis, o que auxiliaria os pequenos governos locais para solucionar a escassez de recursos. Este trabalho apresenta o estudo do sistema consorciado intermunicipal para destinação dos resíduos sólidos urbanos, para auxiliar os municípios de pequeno porte na solução da inadequada destinação do lixo, responsáveis por constantes impactos ambientais. Os estudos foram realizados através de análises de custos com enfoque logístico, no nível estratégico de localização de facilidades e roteirização e programação da frota. Os estudos foram possíveis, com o auxílio do software TransCAD, uma ferramenta de Sistema de Informações Geográficas. Através do TransCAD, foi realizado a localização dos aterros sanitários, obedecendo-se as restrições impostas, e a roteirização da frota de veículos, que levassem ao menor custo logístico. Para se chegar à situação de menor custo, diversas configurações foram consideradas, nas quais foram variados o número de aterros que atendem os municípios, e a presença ou não de estações de transferência de resíduos. O método desenvolvido promoveu a análise de custos da implantação e operação do sistema consorciado, que consiste desde a coleta de resíduos, até a disposição final em aterros sanitários. Os resultados deste trabalho comprovaram quantitativamente que o consórcio é mais eficiente do que a solução isolada para cada município.

Palavras-chave: Área de Proteção Ambiental; aterro sanitário; consórcio intermunicipal; localização de facilidades; logística; planilha de custos; Resíduo Sólido Urbano; roteirização; Sistema de Informações Geográficas.

ABSTRACT

NARUO, M. K. (2003). *The study of the consortium among small cities for the final destination of urban solid waste, using Geographical Information System*. São Carlos. 283 p. Dissertação (Mestrado) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo.

The consortium are known by the growth of the accomplishment capacity that grants to the participants, and larger efficiency in the use of the available resources, what would aid the small local governments to solve the lack of resources. This work presents the study of the intermunicipal consortium system for the destination of the urban solid waste, to aid the small cities to solve the inadequate destination of the waste, responsible for constant environmental damages. The studies were developed through the costs analysis with logistics focus, on the strategic level of facilities location and the vehicle routing. The studies were possible with the aid of the software TransCAD, a tool of Geographical Information System. Through the TransCAD, being obeyed the imposed restrictions, the location of the sanitary landfill was made, and vehicles routing, to take to the lowest logistics cost. To reach the situation of lowest cost, several configurations were considered, in which the number of sanitary landfill for the cities were varied, and the inclusion or not the solid waste transfer stations. The developed method promoted the cost analysis of the implantation and operation of the consortium system, from the waste collection, until the final disposition in sanitary landfills. The results of this work proved quantitatively that the consortium is more efficient than the isolated solution for each city.

Keywords: Environmental Protection Area; sanitary landfill; intermunicipal consortium; facility location; logistics; costing spreadsheet; Urban Solid Waste; routing; Geographical Information System.

---

1. INTRODUÇÃO

Este capítulo descreve a condição de inadequação na destinação de resíduos sólidos dos municípios de pequeno porte, e os problemas ocasionados pelo seu mau gerenciamento. As informações, aqui apresentadas, foram importantes para que o trabalho que levou a esta dissertação fosse proposto.

A sociedade moderna, devido ao seu crescimento populacional e a evolução dos padrões de produção e consumo, enfrenta problemas causados pelo lixo. Quando o lixo não é tratado e disposto de forma adequada, pode causar a contaminação do solo e da água, gerar odores, ou ainda, atrair e propiciar a proliferação de espécies patogênicas e vetores. Dessa forma, conforme a Secretaria do Meio Ambiente do Estado de São Paulo (SMA), (SÃO PAULO, 1998a), a questão do lixo envolve aspectos ambientais, sanitários e de saúde pública. Problemas sociais também estão associados ao lixo. Segundo o *Inventário Estadual de Resíduos Sólidos Domiciliares - 1999* da SMA (SÃO PAULO, 2000a), a presença de catadores em lixões denuncia sérios problemas de ordem social e de saúde pública e vem preocupando organismos nacionais e internacionais sendo, inclusive, objeto de programas específicos como o programa *Criança no lixo - Nunca mais*, coordenado pelo Fundo das Nações Unidas para a Infância (UNICEF).

Desde 1997, o governo do Estado de São Paulo tem mostrado uma nova postura em relação ao lixo urbano consolidada no Programa Estadual de Resíduos Sólidos. Através da Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental (CETESB), órgão da SMA, o governo instituiu dois instrumentos: o Inventário Estadual de Resíduos Sólidos Domiciliares e o Termo de Compromisso de Ajustamento de Conduta (TAC).

Segundo a SMA (SÃO PAULO, 2001b), o **TAC** é “*um título executivo extrajudicial estabelecido em comum acordo com as administrações municipais, definindo prazos e atividades a serem realizadas por cada município, para a regularização ambiental das instalações de destinação de lixo em operação*”.

O Inventário Estadual de Resíduos Sólidos Domiciliares é um instrumento de avaliação para diagnosticar a situação da destinação do lixo no Estado de São Paulo. Segundo a SMA (SÃO PAULO, 2001b), esta avaliação é realizada através de um formulário padronizado e inovador, que consiste na análise não subjetiva de 41 itens de caracteres locacional, estrutural e operacional de instalações de destino do lixo. A reunião destas análises compõe o *Índice de Qualidade de Aterro de Resíduos* (IQR) e o *Índice de Qualidade de Usinas de Compostagem* (IQC). Estes índices são utilizados para avaliar as instalação de destinação de resíduos, segundo a **TABELA 1.1**.

TABELA 1.1 – Enquadramento das instalações de destinação de lixo em função dos valores de IQR e IQC

IQR ou IQC	Enquadramento
$0,0 \leq IQ\_ \leq 6,0$	Condições Inadequadas
$6,0 < IQ\_ \leq 8,0$	Condições Controladas
$8,0 < IQ\_ \leq 10,0$	Condições Adequadas

Fonte: SÃO PAULO (2001b)

O Inventário é divulgado anualmente pela CETESB, conforme o estabelecido na Resolução SMA 13, de 27 de fevereiro de 1998 (SÃO PAULO, 1998b), desde 1997, sendo o último com os dados de 2000. Os resultados desta política têm sido surpreendentes, como pode ser visto através da evolução da qualidade dos aterros nos municípios, como representado no gráfico da **FIGURA 1.1**.

As instalações de aterros para resíduos que estavam impróprias diminuíram entre 1997 e 2000, de 78,8% para 47,0% e as adequadas aumentaram de 3,7% para 30,4%. A melhoria alcançada foi mais significativa ao avaliar as cidades com até 25.000hab, pequeno porte, e que produzem até 10 t/dia de lixo. De acordo com o gráfico da **FIGURA 1.2**, os pequenos municípios que estavam inadequados eram de 85,4% e passaram a ser em 2000 de 44,6%. E os adequados que eram de apenas 1,1% passa-

ram a ser 32,4% neste inventário. Demonstrando uma melhora significativa ao longo destes 4 anos.

Fonte: Adaptado do Inventário Estadual de Resíduos Sólidos Domiciliares (SÃO PAULO, 2001b)
Gráfico construído com dados da população de 01 de agosto de 2000 (IBGE, 2000b)

FIGURA 1.1 – Evolução da qualidade dos aterros de resíduos em todos os municípios do Estado de São Paulo

Fonte: Adaptado do Inventário Estadual de Resíduos Sólidos Domiciliares (SÃO PAULO, 2001b)
Gráfico construído com dados da população de 01 de agosto de 2000 (IBGE, 2000b)

FIGURA 1.2 - Evolução da qualidade dos aterros de resíduos nos municípios de até 25.000hab do Estado de São Paulo

Apesar da melhora percentual para os pequenos municípios, em números, eles ainda são 198 cidades em situação inadequada. E estes representam 65,3% do total de 303 municípios do Estado de São Paulo com as instalações impróprias para a disposição de resíduos. Assim sendo, a grande maioria dos municípios com inadequação são de pequeno porte. Esta análise numérica é importante, pois cada cidade representa um potencial foco de agressão ambiental. Na **FIGURA 1.3**, podemos ver a distribuição dos municípios de São Paulo e do Brasil por extrato populacional. Se fosse possível estender o problema do lixo para o Brasil a situação seria mais crítica, pois a percentagem de municípios de pequeno porte é maior para todo o território nacional (79%) se comparado com o Estado de São Paulo (69%).

Fonte: Gráfico construído com dados da população de 01 de agosto de 2000 (IBGE, 2000b)

FIGURA 1.3 – Distribuição dos municípios por extrato populacional

Dos 5.507 municípios brasileiros, 645 pertencem ao Estado de São Paulo, que é o mais industrializado e com a maior densidade demográfica no Brasil. A dimensão dos seus problemas ambientais é inerente à sua grandeza, bem como os desafios que surgem para o seu desenvolvimento sustentável. A situação dos resíduos sólidos não difere deste panorama. De acordo com a SMA (SÃO PAULO, 1998a), para os municípios de pequeno porte com disposição inadequada de lixo, que geram quantidades inferiores ou iguais a 10 t/dia de lixo, inviabiliza-se soluções técnicas onerosas para cada um isoladamente. Um aterro sanitário, por exemplo, é uma tecnologia inviável dentro do orçamento de um município de pequeno porte, devido ao alto custo de instalação e operação, além da ociosidade de equipamentos ocasionados com sua implantação.

Para os municípios, como os citados anteriormente, conforme a SMA (SÃO PAULO, 1998a), torna-se cada vez mais promissora a possibilidade da união de dois ou mais parceiros em busca de soluções conjuntas para a destinação dos resíduos sólidos. Dentro destas formas de soluções conjuntas está o consórcio intermunicipal. Para BORGES (2001): *“o consórcio possibilita a ampliação e o fortalecimento das capacidades gerenciais dos municípios pela soma de suas capacidades administrativa, técnica e financeira, disponíveis em cada comunidade, como melhor forma de garantir solução satisfatória com integração de investimentos municipais e estaduais”*.

De acordo com o manual elaborado pelo Instituto de Pesquisas Tecnológicas e o Compromisso Empresarial para Reciclagem (IPT-CEMPRE), denominado *Lixo municipal: Manual de Gerenciamento Integrado*, coordenado por D'ALMEIDA & VILHENA (2000), as ações regionalizadas, na forma de consórcios, parcerias ou outra solução conjunta, ampliam os benefícios e reduzem os custos. Este ponto de vista de solução em parceria também é considerado no roteiro para se elaborar o Plano de Gerenciamento Integrado de Resíduos Sólidos (PGIRS) do manual do Fundo Nacional do Meio Ambiente (FNMA), (BRASIL, 2000).

No texto da CETESB denominado *PROPOSIÇÕES BÁSICAS PARA UMA POLÍTICA BRASILEIRA DE LIMPEZA PÚBLICA* (1978) já se enfatizava: *“... a consecução de formas sanitárias e economicamente adequadas para a disposição final do lixo pode exigir, face às peculiaridades regionais, soluções conjuntas, abrangendo mais de um município, tornando-se os serviços, matéria de interesse interlocal ou intermunicipal. No que se refere à associação de municípios para a prestação de serviços de interesse comum, deve ser considerado, como igualmente válido, a implementação de convênios que promovam a constituição de consórcio intermunicipal, instalado sob forma autárquica, ou pela constituição de empresa intermunicipal”*.

Na bibliografia pesquisada, verificou-se a existência de consórcios intermunicipais para a disposição final dos resíduos em aterros sanitários, como é o caso do Consórcio Quiriri no Estado de Santa Catarina (TEIXEIRA & JACOBI, 2000), além de outros que estão encontrados em CRUZ (2001) e exemplificados posteriormente neste trabalho. Mas, não foram encontrados estudos com enfoque logístico para a elaboração destes sistemas consorciados na literatura consultada. Por exemplo, se estudos de planeja-

---

mento fossem feitos, envolvendo o cálculo do número ideal de aterros com a sua melhor localização, além da roteirização e programação de frotas de transporte dos resíduos, os custos poderiam ser qualificados, quantificados, analisados e minimizados.

Perante a escassez de informação e as poucas experiências no Brasil, se faz necessário desenvolver análises logísticas como descritas acima. Os ferramentais científicos utilizados neste estudo são fundamentais para auxiliar no gerenciamento dos resíduos sólidos. Principalmente para apoiar a administração de pequenas prefeituras na tomada de decisões, para a elaboração de um sistema consorciado de destinação de resíduos sólidos como potencial solução para a questão do lixo e promoção do desenvolvimento sustentável, de forma viável.

Com base no que foi discutido neste capítulo introdutório, esta pesquisa foi desenvolvida e está apresentada nos capítulos subseqüentes desta dissertação.

No Capítulo 2, desta dissertação, é apresentado em poucos parágrafos, o objetivo desta pesquisa. A revisão bibliográfica, abordando o consórcio intermunicipal, os resíduos sólidos e sua destinação, a logística e o Sistema de Informações Geográficas, está nos Capítulo 3 ao Capítulo 6. Nestes capítulos, se busca ter o entendimento dos assuntos aos quais esta pesquisa está envolvida.

Na seqüência, o Capítulo 7 descreve os materiais empregados e o método desenvolvido e aplicado nesta pesquisa. Nesta parte da dissertação, é apresentado o fluxograma geral, para que se tenha uma visão do método elaborado para o estudo do consórcio intermunicipal, como uma solução para destinação de resíduos em aterros sanitários. Além da visão geral do fluxo, cada processo é detalhado ao longo do capítulo.

No Capítulo 8, o estudo de caso, onde o método foi aplicado, é apresentado. Sendo que os resultados obtidos com a aplicação do método, e suas discussões, encontram-se no Capítulo 9, anterior ao Capítulo 10, onde as conclusões desta pesquisa podem ser encontradas.

---

2. OBJETIVOS

2.1. Objetivo Principal

O presente trabalho tem como objetivo principal, estudar o sistema consorciado intermunicipal de destinação de resíduos sólidos urbanos (RSU), através da análise de custos com enfoque logístico, no nível estratégico de localização de aterros e de roteirização e programação de frota, com auxílio de um Sistema de Informações Geográficas (SIG).

2.2. Objetivos secundários

A pesquisa tem como objetivos secundários:

- desenvolver o método para alcançar a avaliação quantitativa do sistema consorciado intermunicipal, através de planilha de custos;
  - servir de apoio à decisão na elaboração e análise de sistemas consorciados para destinação de RSU;
  - avaliar a eficiência do *software* TransCAD, a ser utilizado como ferramenta de SIG de apoio à decisão espacial, nas análises logísticas propostas nesta pesquisa.
-

3. CONSÓRCIO INTERMUNICIPAL

Este capítulo apresenta o estudo bibliográfico realizado sobre o consórcio intermunicipal. São descritas aqui, a conceituação de consórcio, a sua importância na solução de problemas e as formas de aplicação, dentre eles, para a destinação dos resíduos.

3.1. Introdução

A Constituição Federal do Brasil de 1988 (BRASIL, 2002) em seu Artigo 18, confere autonomia aos entes da organização político-administrativas da República Federativa do Brasil, que compreende a União, os Estados, o Distrito Federal e os Municípios. No Artigo 23, confere competência comum a União, Estado, Distrito Federal e Municípios: *“... proteger o meio ambiente e combater a poluição em qualquer de suas formas; preservar as florestas, a fauna e a flora; ...”*. E no Artigo 255, a Constituição prevê que *“todos têm direito ao meio ambiente ecologicamente equilibrado, bem de uso comum do povo e essencial à sadia qualidade de vida, impondo-se ao poder público e à coletividade o dever de defendê-lo e preservá-lo para as presentes e futuras gerações”*.

A Constituição garante ao brasileiro o direito ao meio ambiente resguardado, e prevê a todos os entes federados, entre eles os municípios, o dever de zelar por este direito e autonomia para alcançar este objetivo. Mas, segundo CRUZ (2001), apesar da autonomia concedida aos municípios, isto não significa que estes disponham de recursos financeiros, materiais e humanos para a implementação de ações de proteção ao meio ambiente. Para esta autora, os municípios pequenos não possuem recursos suficientes para a implantação de serviços mais complexos, sendo dependentes em relação aos grandes municípios ou municípios-pólo. Assim, os governos locais devem assumir novos papéis e responsabilidades para mudar este quadro. De acordo com ZULAUF (2001), cabe ao município não só assumir claramente sua parte, mas também, estabe-

---

lecer parcerias com os demais entes federados, principalmente outros municípios para conduzir ações voltadas ao fiel cumprimento dos preceitos constitucionais.

Conforme CRUZ (2001), vários municípios têm inovado e criado novas formas de prestação de serviços e de organização, assim como de articulação. Os poderes locais começaram a discutir alguns de seus problemas conjuntamente, ou seja, através do que se conhece como *cooperação horizontal* ou *cooperação intermunicipal*. Segundo esta mesma autora, este tipo de união tem se colocado como alternativa para a racionalização do modelo de gestão, sendo o consórcio intermunicipal uma destas formas.

É necessário salientar que existem inúmeras formas de “cooperação” ou “parcerias” intermunicipais: as associações, as agências, os fóruns, as empresas, as autarquias, as redes e as câmaras municipais, que são diferentes do consórcio intermunicipal (CRUZ, 2001). Como o consórcio intermunicipal tem sido o método adotado para maioria das cooperações, os conceitos dele serão discutidos neste trabalho.

3.2. Consórcio Intermunicipal

Segundo o dicionário HOUAISS (2001), a palavra consórcio origina-se do latim *consortium* e significa “*associação, participação, comunidade de bens*”, e é definido como sendo um “*grupo de empresas autônomas que têm operações comuns*”.

Os consórcios são definidos por MEIRELLES (199-?)¹ *apud* CRUZ (2001) como “*acordos firmados entre entidades estatais, autárquicas, fundacionais ou paraestatais, sempre da mesma espécie, para realizações de objetivos de interesse comum dos participantes, mediante a utilização de recursos materiais e humanos que cada um dispõe*”.

Assim, as parcerias entre pessoas públicas na forma de consórcio, em sua essência, apenas podem ser implantadas na mesma esfera de poder: município com município, estado com estado, autarquia com autarquia. Segundo CRUZ (2001), apesar da lei prever todas estas possibilidades, os mais comuns são firmados entre os poderes municipais: *consórcio intermunicipal*. Conforme a autora, os consórcios intermunicipais

---

¹ MEIRELLES, H. L. (199-?). **Direito Administrativo Brasileiro**. São Paulo, Malheiros.

têm sido difundidos no Brasil, como parcerias entre governos locais, principalmente entre pequenas e médias cidades adjacentes, sendo que a proximidade física pode determinar a viabilidade da implantação dos consórcios.

Esta difusão da cooperação ao nível de administração local se deve à necessidade de superar os desafios ocasionados pela descentralização das políticas públicas, autonomia concebida a partir da Constituição de 1988. Para alcançar o objetivo e progredir, sem estar sujeito a uma esfera superior de governo, os municípios empenharam-se em racionalizar o modelo da gestão pública através da implementação de consórcios intermunicipais.

Por diversos aspectos o consórcio intermunicipal se torna atraente, principalmente para modernizar a administração pública e torná-la capaz de cumprir com suas obriga-

Fonte: Adaptado de BORGES (2001), CRUZ (2001) e VAZ (1997)

FIGURA 3.1 – Aspectos atrativos do consórcio intermunicipal

ções constitucionais. Segundo BORGES (2001), CRUZ (2001) e VAZ (1997), a implantação desta forma de cooperação intermunicipal torna diversos resultados positivos possíveis para a racionalização da gestão municipal, graças a características como os descritos na **FIGURA 3.1**: amplificação do alcance das políticas públicas e eficiência do uso de recursos.

De acordo com BORGES (2001), todo modelo de gerenciamento municipal deve ser compatível com a realidade local. E também, a réplica de um método de consórcio existente depende de diversos fatores como a conjuntura política e institucional, a realidade local, o interesse dos envolvidos, a clareza dos parceiros na identificação de problemas e a consciência da impossibilidade de solucionar os problemas individualmente (CRUZ, 2001).

É necessário deixar claro, que um consórcio é apenas um *acordo pactual* entre os parceiros para reunir recursos financeiros, técnicos e humanos que cada um não dispõe isoladamente. Segundo LEITE (1995)² *apud* CRUZ (2001), o consórcio “*não tem personalidade jurídica capaz de direitos e obrigações. Trata-se de meros ajustes. Os municípios, separadamente, é que têm personalidade jurídica, mas a união deles pelo consórcio não cria uma nova personalidade jurídica. Todas as despesas e responsabilidades são assumidas pelos municípios consorciados*”. De acordo com a SMA (SÃO PAULO, 1998a), o consórcio é um ajuste institucional entre os municípios que para efetivá-lo, basta uma lei autorizadora votada pela Câmara Municipal de cada município interessado, antes da sua formalização.

Quando a forma de cooperação intermunicipal exerce direitos e obrigações em seu próprio nome, neste caso, ela já assume o caráter de uma sociedade. Conforme LEITE (1995)² *apud* CRUZ (2001), quando a intenção não é mais apenas reunir recursos, mas a produção através da parceria, é necessário a constituição de uma pessoa jurídica, podendo ser uma *sociedade civil* ou *comercial*. Segundo o mesmo autor, esta pessoa jurídica, “*cujas criação foi previamente autorizada pelas câmaras municipais dos participantes, é detentora de direito e obrigações e, portanto, pode assumir o que*

---

² LEITE, L. G. (1995). **Repasse financeiro de entidades governamentais e não-governamentais aos Consórcios intermunicipais**. In: FUNDAÇÃO PREFEITO FARIA LIMA – CEPAM. *Consórcio intermunicipal: estudos, pareceres e legislação básica*. Informativo Jurídico n. 11. São Paulo FPFL – CEPAM, ano X.

---

for necessário para a execução dos seus objetivos (contratar pessoal, comprar e vender bens, contrair empréstimos), observada, evidentemente, a legislação pertinente”.

Segundo CRUZ (2001), o consórcio intermunicipal tem sido utilizado como *nome fantasia* da sociedade civil, sendo que nestes casos, representavam pessoas jurídicas sem fins lucrativos. No texto, a autora adotou o termo consórcio para as duas formas de cooperação, o pacto e a sociedade civil, sendo flexível em relação às determinações legais e acatando a forma coloquial. Esta atitude é seguida também por VAZ (1997), que em seu artigo publicado, afirmou que “*os consórcios intermunicipais possuem personalidade jurídica, estrutura de gestão autônoma e orçamento próprio*”. Independentemente de assumir ou não responsabilidades jurídicas, o consórcio tem o objetivo maior de resolver problemas, através da união de seus participantes e de maneira eficiente com o objetivo do bem comum.

Um esclarecimento mais detalhado destas duas formas de “consórcio”, pacto ou sociedade civil, está apresentado no **ANEXO A**. Neste anexo, são discutidas três outras formas de cooperação: câmara intermunicipal, rede e agência intermunicipal. Este anexo é a transcrição da TABELA 3 encontrada em CRUZ (2001), na qual estão descritos os modos de cooperações por meio de definições das formas de parcerias, do financiamento, dos recursos humanos e materiais, das características, da estrutura organizacional básica, etc.

3.3. Atuação do Consórcio Intermunicipal

A cooperação intermunicipal é um poderoso ferramental para os governos locais, visto que ampliam a sua capacidade de ação e otimizam seus recursos. As áreas para implantação de consórcios são muito amplas e não se restringem apenas a união dos recursos, mas também, a variedade de objetivos que podem ser alcançados com este tipo de união. Segundo VAZ (1997), vão desde simples ações pontuais até programas de longo prazo que tem forte influência sobre o futuro dos municípios. Algumas das possibilidades de atuação do consórcio intermunicipal são exemplificados por este autor, como sendo:

-
- **Serviços públicos:** os municípios podem oferecer serviços em conjunto nas áreas de abastecimento e nutrição (campanhas de complementos nutricionais), cultura (ônibus-biblioteca), esporte, lazer, assistência social, aparelhamento do corpo de bombeiros e saneamento. Como exemplos, existem na área de cultura (CRUZ, 2001): Consórcio Intermunicipal de Cultura da Região de Campinas-SP, Consórcio Intermunicipal de Cultura do Litoral Norte-SP, Consórcio Intermunicipal de Cultura da Região entorno de Brasília-DF, Consórcio Intermunicipal de Cultura da Região Metropolitana de Belo Horizonte-MG, Consórcio Intermunicipal de Cultura da Região Metropolitana de Curitiba-PR. Outro tipo de consórcio citado pela autora é o Consórcio Intermunicipal da Alta Mogiana-Coman (região de Franca-SP) para alimentação escolar e desenvolvimento;
  - **Saúde:** este tipo de operação conjunta tem sido motivo de diversos consórcios. Visto que requerem grandes investimentos, podendo ser impossível a implantação para um município isoladamente ou, quando construídas, os equipamentos podem ficar ociosos, devido ao pequeno porte da cidade. Alguns exemplos: Consórcio Intermunicipal do Alto São Francisco (sede em Luz-MG, com mais 26 cidades), Consórcio Intermunicipal da Microrregião do Médio Jequitinhonha (Programa de Saúde Mental Descentralizado, sede em Araguaí-MG), Consórcio Intermunicipal de Saúde da Região Centro do Estado (sede em Santa Maria-RS, “Programa você que sabe tudo sobre sexo, vamos falar sobre Aids”);
  - **Obras Públicas:** os casos mais comuns, nesta área, ocorrem nas regiões de divisa entre municípios, principalmente em áreas conurbadas, para canalização de cursos d’água e obras viárias. O autor VAZ (1997) afirma existirem experiências com municípios do Recôncavo Baiano - BA;
  - **Atividades-meio:** as atividades-meio (complementares) das prefeituras também podem ser realizadas através do consórcio. É o caso da informática, para compartilhar equipamentos, desenvolver sistemas informatizados entre os parceiros e treinamento de pessoal. Exemplo: Consórcio Intermunicipal de Informática da Região de São João da Boa Vista-SP (CRUZ, 2001);
  - **Meio Ambiente:** nesta área se busca a recuperação ou preservação do meio ambiente: manejo de recursos hídricos, saneamento básico, lixo e enchentes. Alguns exemplos de CRUZ (2001): Consórcio Intermunicipal das Bacias dos Rios Piracicaba e Capivari (sede em Americana-SP), Consórcio Intermunicipal das Bacias do Alto Tamanduateí e Represa Billings (Consórcio do ABC, sede em Santo André-SP), Consórcio Intermunicipal de Tratamento de Resíduos Sólidos Urbanos – Ci-
-

---

tresu (sede em Três Passos – RS), Consórcio Intermunicipal da Bacia Hidrográfica do Alto Rio Negro Catarinense (Consórcio Quiriri, sede em São Bento do Sul-SC);

- **Desenvolvimento Regional:** existem vários propósitos aos quais podem ser implementadas ações conjuntas nesta área: incentivo a atividades econômicas (agricultura, industrialização, etc), prevenção de “guerra fiscal” entre os municípios, e no campo de turismo. A autora CRUZ (2001) apresenta alguns exemplos: Consórcio Intermunicipal de Produção e Abastecimento (CINPRA, sede em São Luís-MA), Câmara do Grande ABC (sede em Santo André-SP), Associação dos Municípios da Microrregião do Vale do Aço (Programa Vale dos Peixes, sede em Ipatinga-MG).

Os casos citados anteriormente são exemplos de consórcios que podem ou não estar atuando além do contexto no qual está incluído. O importante da apresentação acima é quantificar os esforços que se tem desenvolvido através deles, para que os propósitos comuns sejam atingidos.

3.3.1. Consórcio Intermunicipal para Resíduos Sólidos

O manejo dos resíduos sólidos nas cidades é executado, ainda hoje, com muito empirismo e improvisações em vez de soluções planejadas. Segundo BORGES (2001), os administradores municipais vêem o problema dos resíduos sólidos como sendo apenas de coleta e transporte do lixo. Eles ignoram que é uma questão a ser tratada com visão sistêmica, na qual se deve dar a devida atenção a todas as partes constituintes, principalmente o destino final do lixo. Estes governos locais são induzidos a agir de modo simplista por falta de uma estrutura organizacional adequada, de profissionais capacitados e inaptidão para o gerenciamento.

O descaso em relação à destinação inadequada dos resíduos sólidos, em lixões a céu aberto, e os problemas conseqüentes de ordem sanitária, social, ambiental e de saúde públicas são conhecidos. De acordo com BORGES (2001), o desafio está em dar soluções técnicas e sanitárias adequadas, condizentes com a realidade financeira e recursos humanos disponíveis em cada município.

Dentro de soluções possíveis para o gerenciamento dos resíduos sólidos, BORGES (2001) menciona o que se denomina de sistemas integrados. Conforme esta autora, para a destinação do lixo, havendo condições técnicas e financeiras favoráveis, a organização dos serviços nas microrregiões pode extrapolar a solução individual para a solução integrada, por exemplo, consórcios. Segundo a SMA (SÃO PAULO, 1998a), a adoção de soluções conjuntas para a implantação e operação de sistemas de destinação de lixo, ou apenas operação, sob a responsabilidade direta ou não de dois ou mais municípios, tem como objetivo a economia de escala.

Na destinação dos resíduos sólidos por alguma forma de cooperação intermunicipal, a obtenção do ganho de escala freqüentemente consiste em soluções que resultam em instalações centralizadas e conseqüente custos de transportes maiores. Por exemplo, se obtém economia, quando se constrói um aterro sanitário para atender várias cidades no lugar de um aterro para cada localidade. Porém, para deslocar os resíduos das cidades até o ponto de disposição, os veículos percorrerão distâncias maiores do que aquelas percorridas nos casos de aterros próprios e próximos a cada município. Desta forma, conforme a SMA (SÃO PAULO, 1998a), a cooperação intermunicipal deve ser implementada com estudo de viabilidade econômica, avaliando-se os custos das instalações de destinação, coleta e transportes dos resíduos sólidos para as soluções isolada e compartilhada.

Nesta pesquisa, busca-se dar subsídios para a quantificação dos custos de um sistema consorciado para destinação do lixo, através de análises de localização e transportes, que conduzam ao menor custo logístico dentro das diversas possibilidades para o consórcio. Estas análises são realizadas por meio da simulação em um software de SIG.

Para cada consórcio, o estudo técnico específico é necessário, se realmente se busca a economia de escala, pois cada localidade tem sua peculiaridade. E, já está implícito também que, o bem comum está acima de interesses políticos. E, neste ponto de vista, além dos estudos técnicos específicos, é importante lembrar que, para o sucesso de um sistema consorciado, é necessário que haja a criação de legislação específica pelos poderes locais envolvidos, que garanta a continuidade do projeto ao longo dos governos. Pois, sempre haverá pressão contra da população, já que os resíduos são gerados e depositados em municípios diferentes.

---

4. RESÍDUOS SÓLIDOS

Este capítulo apresenta os conceitos básicos relacionados aos resíduos sólidos e, em seguida, é abordado o tema sobre o seu gerenciamento integrado, com indicações para a resolução das questões do lixo. No final são apresentados alguns processos convencionais de destinação dos resíduos sólidos urbanos: desde o princípio dos 3 R's até a disposição final.

4.1. Resíduos Sólidos

Na publicação, *Lixo municipal: Manual de Gerenciamento Integrado* do IPT-CEMPRE coordenada por D'ALMEIDA & VILHENA (2000), o *lixo* e *resíduo sólido* têm o mesmo significado, adotando-se preferencialmente o termo lixo. Para GUIMARÃES (2000), quando o lixo de uma comunidade precisa ser destinado, ele passa a ser chamado de resíduo sólido. E, neste trabalho é adotado preferencialmente o termo resíduo sólido, pois a sua destinação está sendo tratada.

Para melhor compressão do tema sobre os resíduos sólidos, a seguir são apresentadas as suas definições, a classificação, o gerenciamento integrado e a destinação dos resíduos sólidos.

4.1.1. Definições

De acordo com o dicionário da língua portuguesa HOUAISS (2001), a palavra *lixo*, em português, tem origem obscura e controversa. Segundo este dicionário, não há fonte segura da origem deste vocábulo, há quem sugira o latim tardio *lixa* “cinza ou água misturada com cinza”, ou ainda, existe a hipótese de estar relacionado com o radical *lix-* da família de *lixa* e *lixívia*. Na língua espanhola, a palavra equivalente é *basura*, e em inglês é denominado de *refuse* ou *garbage*, modernamente têm-se utilizado o ter-

---

mo *solid waste* (OLIVEIRA (1969)³ *apud* SCHALCH *et al.* (1990)). Como tradução mais próxima do termo inglês *solid waste* para o português, tem-se o *resíduo sólido*. A palavra *resíduo* tem origem do latim *residuuum*, que significa o resto de determinadas substâncias, e *sólido* é incorporado para diferenciá-lo de líquidos e gases (BIDONE & POVINELLI, 1999).

Entre vários conceitos encontrados na literatura, pode-se definir os RESÍDUOS SÓLIDOS (2000) como: “(1) *Todos os resíduos sólidos ou semi-sólidos que não têm utilidade, nem valor funcional ou estético para o gerador e são originados em residências, indústrias, comércio, instituições, hospitais e logradouros públicos; (2) Material inútil, indesejado ou descartado, cuja composição ou quantidade de líquido não permite que se escoe livremente*”.

Para efeito da norma *NBR 10.004 – Resíduos Sólidos*, a Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT, 1987a) define resíduos sólidos como sendo: “*resíduos nos estados sólido e semi-sólido, que resultam de atividades da comunidade de origem: industrial, doméstica, hospitalar, comercial, agrícola, de serviços e de varrição. Ficam incluídos nesta definição os lodos provenientes de sistemas de tratamento de água, aqueles gerados em equipamentos e instalações de controle de poluição, bem como determinados líquidos cujas particularidades tornem inviável o seu lançamento na rede pública de esgotos ou corpos de água, ou exijam para isso soluções técnica e economicamente inviável em face à melhor tecnologia disponível*.”

Vale salientar que a definição de resíduos sólidos na NBR 10.004 não contempla o Princípio dos 3 R's: **Redução**, **Reutilização** e **Reciclagem**. E, o termo *resíduos hospitalares*, a partir de dezembro de 1987, foi substituído por *resíduos de serviço de saúde* (RSS) pela norma NBR 10.004 (SCHALCH, 1995⁴ *apud* SCHALCH & LEITE, 2000). Atualmente, encontra-se entre as definições da norma *NBR 12.807 – Manuseio de resíduos de serviço de saúde: procedimento* (ABNT, 1993).

---

³ OLIVEIRA, W. E. (1969). **Introdução ao problema do lixo**. *Revista DAE*, São Paulo, n. 74, p. 58 - 69.

⁴ SCHALCH, V. (1995). **Atividades envolvidas no gerenciamento de resíduos sólidos**. In: Tauk-Tornisielo, S. M. *et al.* *Análise ambiental: estratégias e ações*. São Paulo, T. A. Queiroz, Fundação Salim Farah Maluf/Rio Claro, Centro de Estudos Ambientais, UNESP. p. 231 - 237.

4.1.2. Classificação

De acordo com GOMES (1989), a caracterização dos resíduos sólidos é importante para qualquer projeto da área, pois através dela se faz a classificação, que é uma ferramenta para superar as dificuldades encontradas para solucionar o problema dos resíduos sólidos.

TABELA 4.1 - Classificação dos resíduos sólidos quanto ao grau de biodegradabilidade

Classificação	Tipo de Resíduo Sólido
Facilmente degradável – F.D	Matéria orgânica
Moderadamente degradável – M.D	Papel, papelão e outros produtos celulósicos
Difícilmente degradável – D.D	Trapo, couro, borracha e madeira
Não-degradável – N.D	Vidro, metal, plástico, pedras, terra e outros

Fonte: SCHALCH *et al.* (1990) e GOMES (1989)

Devido a sua relevância, existem na literatura vários critérios para classificar os resíduos sólidos. Estas formas de classificação podem ser encontradas em D'ALMEIDA & VILHENA (2000), GUIMARÃES (2000), SCHALCH & LEITE (2000), BIDONE & POLVINELLI (1999), SCHALCH *et al.* (1990), GOMES (1989) e ABNT (1987a), e estão apresentadas a seguir, segundo os critérios de:

- a) **natureza física:** *seco* ou *molhado*.
- b) **composição química:** *orgânico* ou *inorgânico*.
- c) **grau de biodegradabilidade:** conforme a **TABELA 4.1**.

TABELA 4.2 - Classificação dos resíduos sólidos quanto à periculosidade

Categoria	Característica apresentada
Classe I (Perigosos)	Apresentam risco à saúde pública ou ao meio ambiente, caracterizando-se por possuir uma ou mais das seguintes propriedades: inflamabilidade, corrosividade, reatividade, toxicidade e patogenicidade.
Classe II (Não-inertes)	Podem ter propriedades como: combustibilidade, biodegradabilidade ou solubilidade, porém, não se enquadram como resíduo classe I ou III.
Classe III (Inertes)	Não têm constituinte algum solubilizado em concentração superior ao padrão de potabilidade das águas.

Fonte: NBR 10.004 (ABNT, 1987a)

Obs.: Consultar também: NBR 10.005, NBR 10.006, NBR 10.007 (ABNT, 1987b, 1987c, 1987d)

TABELA 4.3 - Classificação segundo a origem dos resíduos sólidos e a responsabilidade pelo seu gerenciamento

Classificação	Origem	Responsável
Domiciliar	Vida diária das residências	Prefeitura
Comercial	Estabelecimentos comerciais e de serviços	Prefeitura ⁽¹⁾
Público	Limpeza pública urbana e de áreas de feiras livres	Prefeitura
Resíduos de serviços de saúde (RSS)	Resíduos sépticos de serviços de saúde	Gerador
Portos, aeroportos e terminais ferroviários e rodoviários	Resíduos sépticos que podem veicular doenças provenientes de outras localidades	Gerador
Industrial	Indústrias (maioria dos resíduos classe I)	Gerador
Agrícola	Agricultura e pecuária	Gerador
Entulho	Construção civil	Gerador

⁽¹⁾ A prefeitura é responsável por quantidades pequenas (menores que 50kg), de acordo com a legislação municipal específica. Quantidades maiores são de responsabilidade do gerador.

Fonte: “Lixo Municipal: Manual de Gerenciamento Integrado” (D’ALMEIDA & VILHENA, 2000)

- d) **periculosidade de um resíduo:** característica esta que, em função de suas propriedades físicas, químicas ou infecto-contagiosas, pode apresentar riscos potenciais à saúde pública e ao meio ambiente (ABNT, 1987a). Esta classificação está na **TABELA 4.2**.
- e) **origem:** classifica-se de acordo com o gerador do resíduo, como observado na **TABELA 4.3**. Este critério de classificação é útil também para definir o responsável pelo seu gerenciamento.

Os resíduos que são considerados nos estudos da presente pesquisa são aqueles classificados segundo a origem, na qual as prefeituras têm a responsabilidade pelo seu gerenciamento. Este grupo de resíduos é conhecido na literatura como Resíduo Sólido Urbano (RSU), Lixo Municipal ou Resíduo Sólido Municipal (RSM). As duas últimas definições estão em D’ALMEIDA & VILHENA (2000). Nesta pesquisa é utilizado o termo Resíduo Sólido Urbano, pois ele é o termo técnico adotado pelas normas da ABNT (ABNT, 1985, 1992).

Segundo a norma *NBR 8.419 – Apresentação de projetos de aterros sanitários de resíduos sólidos urbanos* (ABNT, 1992), Resíduos Sólidos Urbanos são: “*resíduos sólidos gerados num aglomerado urbano, excetuados os resíduos industriais perigosos, hospitalares sépticos e de aeroportos e portos*”. É conveniente lembrar que os resí-

duos hospitalares sépticos passaram a se chamar *Resíduos de Serviço de Saúde*, a partir da NBR 12.807 – *Manuseio de resíduos de serviço de saúde: procedimento* (ABNT, 1993). Os RSU são, portanto, aqueles gerados no ambiente urbano e constituídos pelos materiais de origem domiciliar, de estabelecimentos de comércio, de varrição e de feiras livres, e resíduos sólidos de outros geradores que não apresentam periculosidade efetiva ou potencial à saúde humana ou ao meio ambiente, sendo de responsabilidade exclusiva das prefeituras, desde a coleta até a destinação final.

4.2. Gerenciamento Integrado de RSU

No gerenciamento de RSU, para a solução do problema do lixo não existe a melhor técnica a se utilizar: recuperação de recicláveis, compostagem, incineração ou aterro sanitário. Mas sim, a necessidade de determinar em que proporção é mais apropriado conjugar estas técnicas e o melhor modo de articulá-las (RELIS & DOMINSKI, 1990⁵ *apud* D'ALMEIDA & VILHENA, 2000). Esta visão mais ampla é a proposta do gerenciamento integrado de RSU para superar os desafios do correto manejo dos resíduos sólidos.

4.2.1. O conceito de Integração

De acordo com o dicionário HOUAISS (2001), o vocábulo *integrar* significa “*incluir(-se) um elemento num conjunto, formando um todo coerente; unir-se, formando um todo harmonioso; completar-se, complementar-se*”. Deste modo, a integração ocorre quando existe uma “simbiose” entre as partes envolvidas, na qual a sobrevivência do todo depende. Assim, para uma atividade ser integrada, as ações que a envolvem devem ser articuladas e implementadas de maneira combinada para alcançar o seu sucesso.

O gerenciamento integrado de RSU é um conjunto articulado de ações normativas, operacionais, financeiras e de planejamento que uma administração municipal desenvolve – com base em critérios sanitários, ambientais, sociais e econômicos – para reduzir, coletar, segregar, reutilizar, reciclar, tratar e dispor o resíduo de uma cidade.

---

⁵ RELIS, P.; DOMINSKI, A. (1990). ***Beyond the crisis: integrated waste management***. Santa Bárbara, Gildea Resource Center / Community Environmental Council. 48 p.

Este conceito é adaptado de D'ALMEIDA & VILHENA (2000), acrescentando-se o aspecto social que envolve a redução e reaproveitamento de materiais.

É relevante considerar o aspecto social, porque envolve a solução de graves problemas como a dos catadores em lixões, principalmente trabalhadores infanto-juvenis, assunto tratado pelo Fórum Nacional Lixo & Cidadania (UNICEF & CAIXA, 2001). As palavras reduzir, reutilizar e reciclar (3 R's) também foram incluídas no conceito, pois, segundo as autoras SOARES & GRIMBERG (1998), a gestão sustentável dos resíduos sólidos pressupõe o princípio dos 3 R's.

O gerenciamento de RSU é integrado quando segue os princípios de:

- **Integração das ações:** todas as ações e operações influenciam umas às outras. Uma coleta mal planejada ocasiona o aumento do custo de transporte, afetando o nível de serviço. Conseqüentemente, o cliente fica insatisfeito, diminuindo a credibilidade do modelo de gerenciamento adotado;
- **Adequação à realidade:** o modelo de gerenciamento e as tecnologias escolhidas precisam estar compatíveis com a realidade do município, satisfazendo os anseios da comunidade local. A geração do resíduo depende do tamanho da população, e de suas características culturais, econômicas e sociais, do grau de urbanização e dos seus hábitos de consumo;
- **Proteção ambiental e à vida humana:** através da garantia obtida com manejo apropriado dos resíduos sólidos, assegura-se um meio ambiente saudável e de melhor qualidade de vida aos indivíduos de hoje e às gerações futuras;
- **Melhoria contínua:** o processo evolutivo do gerenciamento, mantido consistentemente por vários anos seguidos através de pequenas melhorias, é mais provável de conduzir ao sucesso do que tentativas de obtê-lo em um único grande salto tecnológico (D'ALMEIDA & VILHENA, 2000).

A administração governamental é uma peça fundamental no gerenciamento integrado do RSU. Ela tem sua responsabilidade constitucional pela destinação adequada do lixo. Ela é responsável não somente pela articulação das ações e sua implementação, mas também de fixar os parâmetros que conduzem ao correto gerenciamento. Assim sendo, compor o Modelo de Gerenciamento Integrado dos RSU é de sua competência.

4.2.2. Modelo de Gerenciamento Integrado de RSU

Para auxiliar os governos locais com a gerência dos RSU, é necessário que eles trabalhem na concepção de um Modelo de Gerenciamento. Esta estruturação ajuda na compreensão da problemática do lixo através de uma retratação do processo, desde o diagnóstico da situação atual do lixo na comunidade, até a implementação de ações para solucionar os seus problemas de maneira integrada.

Existem inúmeros Modelos de Gerenciamento Integrado de RSU. LEITE (1997) apresentou em sua tese, exemplos internacionais da comunidade européia, do Japão, entre outros, e fez uma proposta de modelo para o Brasil. Porém, sem desmerecer as tentativas de estabelecer modelos genéricos, segundo D'ALMEIDA & VILHENA (2000), nenhuma sugestão ou consultoria substitui o conhecimento que está no cidadão e em sua administração municipal. Isto se supõe ser devido às peculiaridades de cada comunidade. Assim, a elaboração do Modelo de Gerenciamento e a implementação das ações são decerto, responsabilidade do governo local amparado por parcerias com setores da sociedade civil, empresarial e tecnológica.

De acordo com D'ALMEIDA & VILHENA (2000), o governo municipal enfrenta diversas dificuldades de âmbito administrativo na concepção de um Modelo de Gerenciamento de Resíduos Sólidos, como apresentadas a seguir:

- inexistência de uma política brasileira de limpeza pública;
- limitações de ordem financeira, como orçamentos inadequados, fluxos de caixa desequilibrados, tarifas desatualizadas, arrecadação insuficiente e inexistente de linhas de crédito específicas;
- deficiência na capacitação técnica e profissional, do gari ao engenheiro-chefe;
- descontinuidade política e administrativa;
- ausência de controle ambiental.

Para superar este problema, uma das soluções pode ser encontrada na publicação intitulada *Modelo de Gestão dos Resíduos Sólidos Urbanos* (BRASIL, 2001b) do Fundo Nacional do Meio Ambiente (FNMA). Neste documento, o FNMA apresenta instruções para o governo municipal trabalhar no modelo de gerenciamento dos RSU. Nele, discutem-se: o planejamento estratégico; o arcabouço legal; a estrutura operacional,

jurídica, administrativa, financeira e técnica; a política de recursos humanos; a fiscalização; e a comunicação e mobilização comunitária.

Conforme o manual do IPT-CEMPRE (D'ALMEIDA & VILHENA, 2000), as ações prioritárias, que podem ser combinadas, para se estabelecer um Modelo de Gerenciamento Integrado de RSU são:

- **Coletar e dar destino adequado a todo RSU gerado:** eliminação de lixões com construção imediata de aterro sanitário e recuperar áreas degradadas;
- **Buscar formas de segregação e tratamento dos resíduos que atendem a claros requisitos ambientais e econômicos:** segregação para reciclagem e reutilização, além de buscar eficientes tratamentos físicos, químicos e biológicos dos resíduos para se diminuir a toxicidade.
- **Realizar campanhas de educação ambiental:** sensibilização e conscientização da população sobre a questão do lixo, desde a geração até a manutenção da limpeza da cidade, dentro da escola e na comunidade.
- **Incentivar a redução e a não geração dos resíduos:** o primeiro passo para resolver o problema do lixo é de evitar a sua geração.

O modelo de gerenciamento Integrado de RSU pode ser planejado em um documento conhecido como *Plano de Gerenciamento Integrado de Resíduos Sólidos* (PGIRS). Ele é definido, segundo o FNMA, em seu manual para apresentação de propostas do Edital FNMA 02/2000 (BRASIL, 2000), como sendo: “*Documento que aponta e descreve as ações relativas ao manejo de resíduos sólidos contemplando os aspectos referentes à geração, segregação, acondicionamento, coleta (convencional ou seletiva), armazenamento, transporte, tratamento e disposição final, bem como a proteção à saúde pública*”.

A expressão, *Plano de Gerenciamento Integrado de Resíduos Sólidos*, bem como a sua definição, originou-se da Resolução do CONAMA nº 005 de 5 de agosto de 1993 (BRASIL, 1993). No parágrafo II do artigo 3º desta Resolução, a expressão utilizada é “*Plano de Gerenciamento de Resíduos Sólidos*”. No contexto desta Resolução são considerados os resíduos de serviço de saúde, portos, aeroportos, terminais ferroviários e rodoviários, diferindo do manual do FNMA (BRASIL, 2000). O FNMA aproveitou

este instrumento para auxiliar o gerenciamento do RSU e RSS na situação de responsabilidade da administração municipal. A inclusão dos resíduos de serviço de saúde no PGIRS se deve ao fato de alguns municípios realizarem a sua coleta e a disposição, mesmo o seu gerenciamento não sendo qualificado como de sua competência (D'ALMEIDA & VILHENA, 2000).

No manual do FNMA (BRASIL, 2000), há o roteiro estruturado de como deve ser elaborado o PGIRS. O FNMA é um dos principais instrumentos de financiamento da Política Nacional do Meio Ambiente, vinculado ao Ministério do Meio Ambiente. O objetivo do roteiro para elaboração do PGIRS foi a de dar apoio financeiro na elaboração e implantação de Planos de Gerenciamento Integrado de Resíduos Sólidos, para os municípios com população urbana entre 20 e 50 mil habitantes que participaram do Edital FNMA 02/2000 (BRASIL, 2000). Apesar do roteiro ter este objetivo primário, ele tem uma serventia maior, é útil como orientação para toda proposta de elaboração e implantação de ações que visem o uso racional e sustentável dos recursos naturais, incluindo a manutenção, melhoria e recuperação da qualidade ambiental, elevando as condições de vida da população.

No próprio manual do FNMA (BRASIL, 2000), como em D'ALMEIDA & VILHENA (2000), outras expressões são utilizadas como sinônimos do Plano de Gerenciamento Integrado de Resíduos Sólidos (PGIRS). São elas: Plano Diretor de Resíduos Sólidos, Plano de Gestão de Resíduos Sólidos, Plano de Resíduos Sólidos, ou, Plano de Gerenciamento Integrado do Lixo Municipal, Plano Diretor de Lixo Municipal e Plano de Gestão do Lixo Municipal.

Segundo o FNMA (BRASIL, 2000), o PGIRS deve ser elaborado em três fases:

- **Diagnóstico da situação atual dos serviços:** faz-se nesta fase a caracterização geral do município e dos resíduos sólidos. Além de levantar características sociais, administrativas, de disposições legais, de infraestrutura, da estrutura operacional, financeiras, de educação ambiental e propostas existentes na área de limpeza pública;

- **Prognóstico:** baseado no diagnóstico e em propostas existentes, antecipa-se a tendência da configuração futura do gerenciamento dos resíduos sólidos no horizonte do Plano;
- **Proposições:** indica-se as alternativas pré-selecionadas ou já definidas das ações voltadas ao gerenciamento integrado de resíduos sólidos.

A **FIGURA 4.1** representa a estrutura para elaboração do Plano de Gerenciamento Integrado de Resíduos Sólidos. De acordo com D'ALMEIDA & VILHENA (2000), é importante compreender que as ações que se pretendem realizar, definidas dentro do PGIRS, devem ser vistas como metas a serem alcançadas a curto, médio e longo prazos, visto que a resolução do problema é um processo evolutivo de melhoria contínua e não revolucionário. Para cada ação existem várias alternativas, tanto com relação a locais das instalações, como a aspectos técnico-operacionais (roteirização, coleta,

Fonte: Adaptado de D'ALMEIDA & VILHENA (2000)

FIGURA 4.1 – Roteiro para elaboração de Plano de Gerenciamento Integrado de Resíduos Sólidos

transporte, etc). E conforme os mesmos autores, a seleção das alternativas das ações pode ser realizada baseada em quatro critérios:

- **Critério econômico-financeiro:** para definir, razoavelmente, custos mínimos, taxa de retorno, custo/benefício e viabilidade financeira e tarifária do negócio (ou outro objetivo econômico-financeiro);
- **Critério ambiental:** para assegurar que em todas as alternativas adotadas os recursos naturais (água, ar, solo, flora e fauna) do município e da região estejam sendo preservados;
- **Critério social:** para estabelecer índices sobre efeitos positivos na saúde, segurança, educação, de manutenção e geração de emprego, renda, lazer, ascensão social e outros benefícios, expressos de modo equitativo, notadamente na população afetada pela inserção regional da alternativa;
- **Critério político-gerencial:** para otimizar modelos alternativos de cooperação, parcerias e acordos compensatórios, necessários à inserção regional da alternativa proposta, assegurando a receptividade, apoio e boa convivência com entidades (municipal, estadual, federativa e privada) e comunidades presentes na área geográfica influenciada.

É importante salientar que não adianta apenas selecionar a melhor alternativa para cada ação na elaboração do PGIRS, pois pode não ser o mais apropriado para a realidade do município. Portanto, se deve montar diferentes cenários com as alternativas estudadas. Este processo permite uma visão das possibilidades para gerenciar de forma integrada os RSU. Segundo D'ALMEIDA & VILHENA (2000), estes cenários permitirão não somente visualizar o grau de integração entre as ações nas diferentes combinações, mas também selecionar a melhor alternativa, através de uma análise comparativa (custo, grau de impacto ambiental ou social, etc).

A **FIGURA 4.2** representa o ciclo de melhoria contínua do Gerenciamento Integrado de RSU (e RSS, quando a competência da gerência for também da prefeitura). O ciclo ilustra desde o diagnóstico e a elaboração do PGIRS, até ações para não geração ou redução de resíduos. Ele auxilia o profissional a formular e revisar o Plano de Gerenciamento Integrado de Resíduos Sólidos, através da indicação das ações que podem ser realizadas. É importante lembrar que a implementação das ações deve ser compa-

Fonte: Adaptado de D'ALMEIDA & VILHENA (2000)

FIGURA 4.2 – O Gerenciamento Integrado de Resíduos Sólidos

tível com as necessidades e possibilidades de cada município, sobretudo a disponibilidade de recursos financeiros e humanos (D'ALMEIDA & VILHENA, 2000). A administração municipal deve também estipular no PGIRS, os procedimentos da melhoria contínua, avaliação → redefinição → ampliação das ações, objetivando um maior compromisso e adequação ambiental, social e à saúde pública.

4.3. Destinação de RSU

Para conseguir um adequado gerenciamento dos resíduos sólidos, é necessário conhecer o caminho do RSU até a sua disposição. O Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2002) realizou o levantamento dos serviços de limpeza pública, coleta e destinação do lixo no Brasil, e disponibilizou o resultado na Pesquisa Nacional de Saneamento Básico. Esta pesquisa está baseada no censo do IBGE do ano de 2000.

Segundo D'ALMEIDA & VILHENA (2000), em 1997, a coleta de lixo no Brasil ocorria em aproximadamente 70% dos municípios, sendo que esta porcentagem em 1990 foi de 64% e em 1981 de 49%. Baseado na Pesquisa Nacional de Saneamento Básico do IBGE (2002), 99,3% dos municípios realizavam a coleta do lixo em 2000. Isto representa quase que a totalidade dos municípios, demonstrando um avanço no gerenciamento do RSU, se comparado com os anos anteriores. Porém, apenas 8,2% dos municípios tem coleta seletiva e 6,4% tem reciclagem, necessitando ainda de muito trabalho nesta área. Os dados sobre a coleta de lixo e limpeza urbana do IBGE (2002) estão ilustrados na **FIGURA 4.3**.

Fonte: Pesquisa Nacional de Saneamento Básico - 2000 IBGE (2002)

FIGURA 4.3 – Alcance dos serviços de limpeza urbana e/ou coleta de lixo prestados nos municípios do Brasil

A proporção do lixo coletado para os tipos de unidades de destino

Fonte: Pesquisa Nacional de Saneamento Básico - 2000 IBGE (2002)

FIGURA 4.4 – A abrangência das formas de destinação de lixo coletado nos distritos brasileiros

De acordo com D'ALMEIDA & VILHENA (2000), no censo de 1991 do IBGE, a disposição a céu aberto, em lixão, representava a destinação de 76% do lixo coletado; 13% para aterro controlado e 10% para aterro sanitário.

Este quadro melhorou, segundo a pesquisa do IBGE (2002), baseado no censo de 2000. A porcentagem do lixo coletado e destinado para lixões diminuiu para 21,2%, e o destinado para aterro controlado aumentou para 37%, bem como para aterro sanitário que subiu para 36,2%. Estes dados estão ilustrados na **FIGURA 4.4**. Apesar da melhoria, a porcentagem destinada de 21,2% para lixões é alta, se for considerado que a opção ambientalmente correta é a inexistência desta forma de destinação. Mesmo o aterro controlado, sendo uma forma menos prejudicial do que o lixão, não garante a proteção ao meio ambiente, pois raramente existe o tratamento do percolado, que é um potencial poluidor do solo e dos mananciais de água potável.

Mesmo no quadro atual, as atividades intermediárias para reaproveitamento de materiais são muito incipientes, em termos numéricos. Segundo a pesquisa do IBGE (2002), menos de 10% dos municípios fazem coleta seletiva e/ou reciclagem e menos de 5% do lixo coletado é destinado a unidades de reaproveitamento (usinas de triagem

FIGURA 4.5 – O trajeto dos RSU e os processos envolvidos em seu manejo

e/ou compostagem). Vide **FIGURA 4.3** e **FIGURA 4.4** respectivamente. Diante destes dados, pode-se desenhar o caminho provável da destinação da maioria do RSU do Brasil como sendo: geração → coleta convencional → disposição final (lixão, aterro controlado ou aterro sanitário). Na **FIGURA 4.5** foi desenhado o fluxograma do caminho do RSU e os processos técnicos que existem, ou deveriam existir, e outros que não deveriam existir para o seu manejo. Apenas para esclarecer a figura, o *transporte diferenciado* pode ser entendido como sendo aquele realizado em um veículo diferente, ou não, da coleta convencional, necessário para deslocar os resíduos entre dois processos consecutivos localizados em pontos geográficos diferentes.

Para melhor compreensão dos processos de destinação dos RSU, alguns dos temas relevantes presentes na **FIGURA 4.5** são discutidos na sequência deste trabalho.

4.3.1. Princípio dos 3 R's

A ordem mundial é de minimizar a produção de resíduos. Esta idéia foi difundida com a Agenda 21, documento elaborado por 170 países na ECO-92, encontro realizado no Rio de Janeiro (UNICEF & CAIXA, 2001). Segundo a AGENDA 21 (1997), em seu capítulo 21, o manejo ambientalmente saudável dos resíduos deve ir além do simples depósito ou aproveitamento por métodos seguros dos resíduos gerados. Ele deve buscar resolver a causa fundamental do problema, procurando mudar os padrões não sustentáveis de produção e consumo. Assim, foi estabelecido o princípio dos 3 R's, nesta ordem: **Reduzir** ao mínimo os resíduos (consumo de produtos e o desperdício de materiais); **Reutilizar** e **Reciclar** os materiais ao máximo (**FIGURA 4.6**).

Fonte: D'ALMEIDA & VILHENA (2000)

FIGURA 4.6 – Símbolo representativo do Princípio dos 3 R's

A redução dos resíduos, o primeiro do R's, consiste em atitudes como: diminuir o consumo de produtos supérfluos; consumir produtos que gerem o mínimo de resíduos; e aproveitar ao máximo o produto (evitar desperdício). Com estas atitudes se evita a geração de resíduos, além do desperdício de matéria-prima e de energia. Esta é a melhor alternativa para proteção do meio ambiente. Porém, como destacado por UNICEF & CAIXA (2001), a implantação deste princípio tem grandes desafios, pois significa interferir na sensação de liberdade e felicidade de pessoas ou no direito de consumir.

Na atual sociedade, a *pessoa* se confunde com o *consumidor* que, cada vez mais cria novas necessidades de consumo. Por isso, o enfoque da redução dos resíduos deve estar em programas de caráter cultural para mudanças de hábitos da população. Para SOARES & GRIMBERG (1998), é preciso que se estabeleça um vínculo entre as pessoas e o meio ambiente, de forma a criar novos valores e sentimentos que mudem as atitudes. Além da educação ambiental (conscientização), para UNICEF & CAIXA (2001), os programas também devem atuar no aspecto legal, através de leis que minimizem a produção de descartáveis pela indústria. Lembrando que a indústria, é a

---

que menos está interessada na redução de consumo, pois vai de encontro com os ideais consumistas das quais eles são dependentes.

A reutilização é a segunda atividade na hierarquia dos 3 R's. Antes de transformar um bem adquirido em lixo, há a possibilidade de reutilizá-la, com o objetivo de aumentar a vida útil do produto. Para a disseminação da reutilização é necessário apoiar os estabelecimentos que façam a recuperação, restauração, acondicionamento, compra e revenda de produtos usados: brechós, sebos, recuperadora de móveis, compra e venda de equipamento de informática, etc. A UNICEF & CAIXA (2001) lembra da importância de incentivar trocas comunitárias para o reaproveitamento de objetos, em feiras específicas, estimulando “artistas” no reuso de materiais descartados.

A terceira atividade dos 3 R's é a reciclagem, que consiste na transformação de diferentes resíduos gerados e separados em matéria prima para novos produtos. Segundo UNICEF & CAIXA (2001) foi criada uma crença entorno da reciclagem, como sendo a panacéia para os problemas do lixo. É inegável que ela reduz o consumo de recursos naturais e energia e pode ser um processo menos poluente, mas não reduz a geração de lixo. Segundo as autoras SOARES & GRIMBERG (1998), raramente se questiona o atual padrão de produção, não enfocando a diminuição do desperdício e nem da geração desenfreada de lixo.

Para fins de apresentação de nomenclatura, vale lembrar que, o processo de transformação do resíduo orgânico (material putrescível) existente no lixo em *composto*, adubo humificado, é um método de reciclagem, mas usualmente é conhecido como compostagem.

Existe a hierarquia no princípio dos 3 R's: Redução → Reutilização → Reciclagem. Porém, é importante salientar que é impossível que uma elimine a outra. E também, que a aplicação do princípio resolva o problema do lixo. Isto porque, na prática, acabar com o consumo é irreal, reutilizar os produtos pra sempre é impossível e reciclar todos os resíduos é inviável. Os resíduos gerados podem ser reduzidos com a aplicação dos 3 R's, mas nunca eliminados, e sempre haverá a necessidade de encontrar um local para destiná-los. Por isso o gerenciamento integrado dos RSU se completa ao abordar desde o princípio dos 3 R's até a disposição final em aterros sanitários.

4.3.2. Processos intermediários para segregação

Para possibilitar a reutilização e reciclagem do resíduo produzido, é necessário que ele seja separado, e este método é conhecido como segregação. Os processos conhecidos para segregação são a *coleta seletiva* e a *triagem em usinas* (Usinas de Triagem). A coleta seletiva é o processo pela qual há a separação dos materiais na fonte pelo gerador com posterior coleta dos materiais separados. A usina de triagem é o local de separação de materiais após a coleta convencional de RSU (D'ALMEIDA & VILHENA, 2000).

Na coleta seletiva, obtêm-se materiais separados de melhor qualidade para reaproveitamento, do que aqueles obtidos na usina de triagem, visto que não há a contaminação do material inorgânico pelo orgânico, e vice-versa, contrário ao que ocorre na usina. A contaminação pode chegar a inviabilizar o reaproveitamento do produto da usina por ser de baixa qualidade (SOARES & GRIMBERG, 1998). Segundo D'ALMEIDA & VILHENA (2000) existem quatro modalidades de coleta seletiva, como pode ser visto na **TABELA 4.4**. Este processo normalmente exige a construção de um *galpão de triagem* para receber, separar, prensar, picar e enfardar ou embalar os recicláveis. Em alguns casos pode se fazer o pré-beneficiamento para agregar valor ao material segregado, como, por exemplo, a lavagem, a retirada de rótulos e a separação por cor.

A Resolução do CONAMA nº 275 de 25 de abril de 2001 (BRASIL, 2001a), a partir da publicação no Diário Oficial da União (DOU) em 19 de junho de 2001, estabeleceu o

TABELA 4.4 – Modalidades de coleta seletiva

Classificação	Característica
Porta-a-porta (ou domiciliar)	Similar a coleta convencional, onde o morador coloca o material segregado em recipientes pré-estabelecidos em frente à residência.
Postos de entrega voluntária (PEV) Locais de entrega voluntária (LEV)	Neste sistema, o morador se desloca até locais fixos do município para depositar os recicláveis em recipiente específicos com <i>cores padrões</i> para cada material
Postos de Troca	Nesta modalidade o material entregue em pontos fixos é trocado por algum bem ou benefício: alimento, descontos, vales, material construção, etc.
Catadores	O material é coletado e/ou segregado por trabalhadores autônomos em toda cidade e revendido para reciclagem.

Fonte: Adaptado de D'ALMEIDA & VILHENA (2000)

Código de cores: RESOLUÇÃO CONAMA nº 275 de 25 de Abril de 2001

Identificação para coletores e transportadores & programas de coleta seletiva

Fonte: Adaptado de (BRASIL, 2001a)

FIGURA 4.7 – Padrões de cores para os diferentes resíduos

novo padrão de cores para os diferentes tipos de resíduos. Este código de cores foi criado para auxiliar na coleta seletiva e na educação ambiental. Além de servir de referência para identificar coletores e transportadores dos diferentes resíduos. Como pode ser visto na **FIGURA 4.7**.

As Usinas de Triagem, onde ocorre o processo de segregação após a coleta convencional, quando estão conjugadas ao processo de compostagem, são chamadas de Usinas de Triagem e Compostagem (GALVÃO JÚNIOR, 1994). Apesar da coleta seletiva ser um processo melhor que a usina, pela eficiência na separação de materiais e baixa contaminação, a implantação deste sistema é demorado, pois necessita do processo de conscientização da população para que se realize a separação nos domicílios. Segundo GALVÃO JÚNIOR (1994) a usina de triagem é uma alternativa à coleta seletiva. Assim, dentro do gerenciamento integrado do RSU, pode dispor-se de usinas de triagem para que se possa diminuir os resíduos a serem aterrados, antes que se consiga implantar a coleta seletiva por completo.

4.3.3. Processo intermediário para tratamento térmico

De acordo com os autores D'ALMEIDA & VILHENA (2000), diversos processos de tratamento térmico de RSU têm surgido nos últimos anos, envolvendo a aplicação de incineração, plasma, pirólise e gaseificação. A incineração é o que está disponível em

---

escala comercial dentro dos processos de tratamento térmico de RSU. Os demais estão em fase experimental, e não será salientado neste trabalho.

Conforme D'ALMEIDA & VILHENA (2000), o tratamento térmico é um processo onde pode se ter: assepsia do material, redução de volume, aproveitamento da energia contida no resíduo. Este tratamento pode ser classificado em dois tipos: o de baixa temperatura e o de alta temperatura. Os tratamentos a baixa temperatura ocorrem em uma temperatura em torno de 100°C e visam principalmente a assepsia do resíduo sólido, razão pela qual é utilizado normalmente para tratamento de Resíduos de Serviços de Saúde (RSS). A baixa temperatura, a massa orgânica praticamente não se altera, podendo ter uma leve redução em volume. Os tratamentos a alta temperatura normalmente ocorrem em temperaturas acima de 500°C onde se objetiva principalmente a redução da massa orgânica (70%) e volume (90%) e também a assepsia.

Além da vantagem da redução do volume para disposição final, a incineração pode ser usada na recuperação de energia contida nos resíduos, para geração de vapor d'água e energia elétrica. A grande desvantagem está no seu alto custo, mas D'ALMEIDA & VILHENA (2000) destaca que, como os custos da disposição em aterros sanitários tendem a se elevar com o tempo nos grandes centros urbanos (uso do solo: valorização, e falta de locais adequados), a incineração com geração de energia e vapor d'água pode se tornar atraente economicamente. Porém, este não é o caso das cidades de pequeno porte. A SMA (SÃO PAULO, 1998a) destaca que a incineração de RSU, devido ao alto custo, é adotada nas cidades onde foram esgotadas todas as outras possibilidades de destinação dos resíduos.

4.3.4. Disposição Final

A disposição final de qualquer resíduo é o solo (GUIMARÃES, 2000). Segundo alguns autores: BIDONE & POVINELLI (1999), D'ALMEIDA & VILHENA (2000) e GUIMARÃES (2000), existem três tipos de disposição final: lixão (vazadouros a céu aberto), aterro controlado e aterro sanitário. Os conceitos são apresentados a seguir:

---

i) Lixão

Neste método precário de disposição final, os RSU são simplesmente descarregados sobre o solo, sem medidas de proteção ao meio ambiente ou à saúde pública (BIDONE & POVINELLI, 1999). Essa forma de disposição promove a proliferação de vetores de doenças, geração de maus odores, poluição do solo e de mananciais superficiais e subterrâneos pelo chorume. Acrescenta-se a isso o problema social e de saúde pública referente à presença de famílias inteiras garimpando o lixo em condições insalubres. Apesar de ser o pior tipo de disposição de resíduos sólidos, cerca de 22% dos resíduos coletados no Brasil ainda são nele destinados, conforme dados da *Pesquisa Nacional de Saneamento Básico – 2000* (IBGE, 2002).

ii) Aterro Controlado

Segundo a norma *NBR 8.849 – Apresentação de projetos de aterros controlados de resíduos sólidos urbanos* (ABNT, 1985), o Aterro Controlado é definido como: “*técnica de disposição de resíduos sólidos urbanos no solo, sem causar danos ou riscos à saúde pública e à segurança, minimizando os impactos ambientais, método este que utiliza princípios de engenharia para confinar os resíduos sólidos, cobrindo-os com uma camada de material inerte na conclusão de cada jornada de trabalho*”. Este método, apesar de ser melhor que o lixão, ainda está longe de ser a melhor alternativa, pois, mesmo na NBR 8.849 (ABNT, 1985), não se prevê sistemas como a de drenagem e remoção do percolato, não garantindo a proteção do solo e mananciais de água potável. Conforme os dados da *Pesquisa Nacional de Saneamento Básico – 2000* (IBGE, 2002), 37% dos resíduos coletados no país são destinados para aterros controlados.

iii) Aterro sanitário

Segundo a *NBR – 8.419 Apresentação de projetos de aterros sanitários de resíduos sólidos urbanos* (ABNT, 1992), o Aterro Sanitário é definido como: “*técnica de disposição de resíduos sólidos urbanos no solo, sem causar danos ou riscos à saúde pública e à segurança, minimizando os impactos ambientais, método este que utiliza princípios de engenharia para confinar os resíduos sólidos à menor área possível e reduzi-los ao*

Fonte: D'ALMEIDA & VILHENA (2000)

FIGURA 4.8 – As fases do aterro sanitário e os sistemas de proteção ambiental

menor volume permissível, cobrindo-os com uma camada de terra na conclusão da cada jornada de trabalho, ou a intervalos menores, se necessário”.

Comparando a NBR 8.849 (ABNT, 1985) e a NBR 8.419 (ABNT, 1992), verifica-se que o aterro sanitário é a solução ambientalmente confiável. Além de todos os critérios de engenharia para confinar o RSU que o aterro controlado possui, um aterro sanitário exige sistema de drenagem e remoção de percolato, sistema de tratamento do percolato, impermeabilização inferior e superior do aterro e sistema de drenagem de gás. Diferença esta mencionada também em D'ALMEIDA & VILHENA (2000). O esquema ilustrativo do aterro sanitário, nas fases de preparação, execução e conclusão com as soluções técnicas de proteção ambiental, encontra-se na **FIGURA 4.8**.

Como solução adequada para disposição do lixo é indicado o aterro sanitário, como acontece no manual do IPT-CEMPRE (D'ALMEIDA & VILHENA, 2000). Apesar dos aterros sanitários sofrerem resistência no meio técnico e na própria sociedade em face dos riscos ambientais que podem apresentar, conforme ASSIS (1999), para a atual

Fonte: Adaptado de BIDONE & POVINELLI (1999) e CETESB (SÃO PAULO, 1997a)

FIGURA 4.9 – Tipos de aterros sanitários segundo o método de execução das células de lixo (executado em uma jornada de trabalho)

realidade de manejo de resíduos sólidos, os aterros sanitários ainda se apresentam como alternativa viável. Pois, com a aplicação das modernas técnicas de engenharia disponíveis para a sua implantação e operação, além da observância das leis e normas na elaboração dos projetos, pode-se garantir um alto grau de proteção ao meio, tornando essa forma de disposição de resíduo confiável e aplicável até o presente. De acordo com a SMA (SÃO PAULO, 1998a), o aterro sanitário é um método completo, pois não apresenta rejeitos ou refugos a serem tratados em outras instalações.

Os aterros sanitários podem ser classificados de acordo com o método de execução. A CETESB dentro de suas atribuições, elaborou a *Apostila Ambiental de Aterro Sanitário* (SÃO PAULO, 1997a), descrevendo o aterro sanitário e os sistemas de proteção ambiental, além das instalações de apoio, equipamentos e o processo de encerramento do aterro. E, a **FIGURA 4.9** ilustra os tipos de aterros sanitários, segundo esta apostila, cuja classificação está baseada no método de execução das células de lixo.

iv) Aterro sanitário em valas

O aterro sanitário convencional, descrito na seção anterior, normalmente exige a disponibilidade de equipamentos: tratores de esteiras, pás-carregadeiras, retroescavadeiras e caminhões basculantes. Isto inviabiliza este tipo de solução para muitos municípios de pequeno porte. Segundo a *Apostila Ambiental de Aterro Sanitário em Valas* da CETESB (SÃO PAULO, 1997b), o menor trator de esteiras disponível no mercado opera até 150 toneladas de lixo por dia. Em municípios que produzem menos de 10 toneladas por dia, o equipamento fica ocioso na maioria do tempo.

Como solução ao problema, a CETESB (SÃO PAULO, 1997b) recomenda o aterro sanitário em valas para as cidades de pequeno porte, que são trincheiras de pequenas dimensões que podem ser executadas por equipamentos existentes no próprio município. Uma retroescavadeira de menor porte acopláveis em um trator, existentes na maioria das prefeituras, escava as trincheiras, o caminhão da própria coleta deposita o resíduo, e a cobertura pode ser realizada manualmente por alguns funcionários sem a necessidade de compactação.

De acordo com a CETESB, no aterro sanitários em valas, se forem seguidos os procedimentos para a correta operação, os volumes de percolados gerados serão pequenos e podem ser mantidos acumulados dentro da própria célula (SÃO PAULO, 1997b). E, os gases gerados pelo lixo se dissipam para a atmosfera sem necessidade de um sistema especial de coleta, pois a profundidade da vala é pequena. Todavia, o sistema de drenagem de águas pluviais é a medida necessária de proteção, pois a água de chuva infiltrada pode carrear o percolado para fora da célula de lixo. A cobertura dos resíduos, após a jornada de trabalho, também é necessária para evitar a infiltração de águas de chuva, a proliferação de vetores patogênicos e a presença de animais.

---

5. ABORDAGEM LOGÍSTICA

Os estudos logísticos a serem desenvolvidos neste trabalho englobam a localização de instalações e a roteirização e programação de frota ligados aos processos de destinação de RSU. O gerenciamento de RSU está situado dentro da logística reversa. A seguir, o presente trabalho é identificado dentro dos conceitos de logística.

5.1. O trabalho no contexto da logística

Na literatura, a *logística* é tratada como atividade da empresa produtora de bens e serviços. Muito dos enfoques e exemplos da bibliografia envolvem empresas de manufatura, onde a logística é estudada para auxiliá-los em sua gerência. Mas a logística não se resume a isto, e seus conceitos e aplicações podem ser utilizados na solução de problemas como o abordado neste trabalho: gerenciamento integrado de RSU. Segundo BALLOU (2001), os princípios e conceitos de logística podem ser aplicados às áreas como a prestação de serviços, militar, até mesmo, gestão ambiental. Dentro do conceito amplo de gestão ambiental, encontra-se o gerenciamento de RSU, que pode ser incluído no ramo da logística denominado na literatura como *logística reversa*.

De acordo com BALLOU (2001) e ROGERS & TIBBEN-LEMBKE (1998), a *logística* é definida pelo *US Council of Logistic Management* como: “*processo de planejamento e controle de fluxo eficiente e economicamente eficaz de matérias-primas, estoque em processo, produtos acabados e informações relativas desde o ponto de origem até o ponto de consumo, com o propósito de atender às exigências dos clientes*”. E, ROGERS & TIBBEN-LEMBKE (1998) estabelece que a *logística reversa* envolve todas as atividades da logística tradicional, mas elas operam de maneira reversa, e a define como: “*processo de planejamento e controle de fluxo eficiente e economicamente eficaz de matérias-primas, estoque em processo, produtos acabados e informações relativas desde o ponto de consumo até o ponto de origem, com o propósito de recuperar*

---

valor ou dar disposição adequada". A logística tradicional e a reversa estão representadas na **FIGURA 5.1** através do fluxo de produtos.

Fonte: Adaptado de KOKKINAKI *et al.* (2000)

FIGURA 5.1 – Fluxo de produtos na cadeia de suprimento e retorno

Após o setor industrial se ocupar durante muito tempo da obtenção de matéria-prima para produção de bens e sua distribuição, ele necessitou dar atenção ao canal reverso, caminho de volta de seu produto, pressionado pela concorrência na busca de produtos ambientalmente corretos. A logística reversa inclui processos de coleta, segregação, reutilização, remanufatura, reciclagem e compostagem, redistribuição e disposição do produto ou resíduo deste, conforme KOKKINAKI *et al.* (2000). O gerenciamento de RSU pode ser identificado como sendo parte da logística reversa, através de processos, desde a coleta até a disposição, além das atividades intermediárias de reaproveitamento, como pode ser visto na **FIGURA 5.1**.

Para BALLOU (2001) o estudo sistemático da gestão logística conduz a dois temas. Em primeiro lugar estão as *tarefas de planejamento, organização e controle* para atingir os objetivos da empresa. O *planejamento* refere-se à decisão dos objetivos da empresa, a *organização* é relativo à coleta e ao posicionamento dos recursos da empresa para realizar seus objetivos, e o *controle* refere-se à mensuração do desempenho da empresa e à tomada de ações corretivas, quando o desempenho não estiver alinhado aos objetivos. Em segundo lugar, para se fazer um planejamento eficaz, é útil ter uma visão dos objetivos da empresa, ter conceitos e princípios para mostrar como alcançá-los e ter ferramentas que ajudem a escolher cursos alternativos de ação.

Os conceitos apresentados por BALLOU (2001) servem não apenas para o setor industrial, mas são úteis também no gerenciamento do RSU pela administração pública, isto é, o RSU pode ser estudado com o enfoque da gestão logística. O governo local é uma empresa que se depara com as tarefas de planejamento, organização e controle em suas diversas áreas de atuação e, busca ser eficaz e eficiente em sua gestão, da mesma forma que diversas empresas do setor privado.

De acordo com BALLOU (2001), o núcleo da tarefa de planejamento logístico é o triângulo de tomada de decisões de *transportes, estoque e localização*, necessário para atender os níveis de serviços ao cliente. A atividade conhecida na literatura como *localização de instalações* (número, tamanho e localização) está dentro das *decisões de localização*. E a *roteirização e programação de frota* estão dentro das *decisões de transporte*. Segundo o mesmo autor, estas decisões podem ser tomadas em níveis *estratégico, tático e operacional*, diferenciados pelo horizonte de tempo para o planejamento. O planejamento no nível de decisão estratégica é considerado como sendo de longo prazo, no qual o horizonte de tempo é maior que um ano. O planejamento tático tem um alcance geralmente menor que um ano. E, o planejamento operacional é a tomada de decisões rotineira cuja frequência é diária ou horária. O que foi discutido, está representado na **FIGURA 5.2**.

Através dos estudos logísticos (localização, roteirização e programação) das alternativas consorciadas para destinação de resíduos, pretende-se dar subsídios às decisões estratégicas municipais dentro do gerenciamento integrado do RSU. Assim, a presente pesquisa é desenvolvida no nível estratégico de planejamento. Recordando que, a

Fonte: Adaptado de BALLOU (2001)

FIGURA 5.2 – O triângulo da tomada de decisões no planejamento logístico

análise de localização de instalações está inserida nas decisões de localização e a roteirização e programação fazem parte das decisões de transporte.

5.2. Análise de redes logísticas

A análise espacial tem inúmeras aplicações práticas quando podem ser identificadas redes para apoiar na definição e estudo de problemas. LORENA (2001) define as redes como sendo um conjunto de pontos (nós ou vértices) e linhas (arcos ou arestas) que representam graficamente vias públicas, conexões de água, telefonia e outros. As redes para modelos de transporte descrevem em geral os diferentes tipos de vias e suas intersecções, como ilustrado na **FIGURA 5.3**. Os nós podem ser representações de clientes, instalações (fábricas, depósitos, etc, fornecedores do cliente) e cruzamentos de vias. E os arcos podem ser interpretados como as vias que interligam estes nós para o fluxo de algum produto e/ou pessoa.

As análises logísticas de localização de instalações, bem como de roteirização e programação, são problemas de carácter espacial. E, conforme LORENA (2001), são problemas que podem ser modelados em rede, na qual o conceito espacial de distância é usado, combinado com informações de demandas e capacidades de serviço. As medidas de distâncias envolvidas na formulação analítica dos modelos de localização, roteirização e programação são importantes e são divididas em três categorias (TOMPKINS *et al.*, 1996): - *distância retilínea*: as distâncias são medidas ao longo de

FIGURA 5.3 – Representação do espaço real na forma de rede

caminhos que são ortogonais; - *distância euclidiana*: as distâncias são medidas ao longo de caminhos retos entre dois pontos e; - *distâncias em rede*: as distâncias são medidas ao longo do atual (real) caminho entre dois pontos.

5.2.1. Localização de instalações

A localização de instalações, também conhecida como localização de facilidades, é a primeira atividade da análise logística deste trabalho. Através dela encontra-se o melhor arranjo para as instalações do sistema consorciado. Este procedimento é necessário para garantir que a análise subsequente de roteirização e programação de veículos se apóie na melhor opção de localização, o que levará ao menor custo logístico para a alternativa elaborada. Portanto, esta análise tem caráter primordial. De acordo com WANKE (2001), localizar as instalações dá forma, estrutura e conformidade ao sistema logístico.

A decisão da localização de instalações é elemento crítico no planejamento em nível estratégico para uma série de empresas públicas e privadas (OWEN & DASKIN, 1998). Segundo LACERDA (1999), é um problema comum e dos mais importantes para os profissionais de logística. Sua importância decorre dos altos investimentos envolvidos e dos profundos impactos que as decisões de localização têm sobre os custos logísticos. Dependendo de cada caso, as instalações podem representar um

elevado investimento em ativos fixos, de difícil reversão em curto e médio prazo, implicando em elevados custos de realocação da instalação (WANKE, 2001).

Segundo DREZNER (1995), os problemas de localização tratam de decisões sobre onde localizar uma ou mais instalações de forma a otimizar um certo critério, como o de minimizar o custo de transporte, prover todos os clientes com certo nível de serviço, capturar a maior parcela do mercado, etc. Este tipo de problema logístico está sujeito também a restrições de capacidade das instalações e demanda dos clientes.

Para auxiliar o profissional na tomada de decisões sobre o planejamento logístico, elaboraram-se estratégias para solução dos problemas de localização. BALLOU (2001) classificou e limitou as categorias destas estratégias, como é descrito a seguir:

- **Por força direcionadora:** a localização é determinada segundo um fator que é mais crítico que outros: econômico, de acessibilidade, etc;
- **Por número de localizações:** na escolha do número de instalações deve-se considerar as forças competitivas de demanda entre instalações, efeitos de consolidação de estoque e custos de instalação e transporte;
- **Por escolhas discretas:** através dos métodos discretos se encontra a melhor localização, a partir de uma lista de escolhas possíveis que tenham sido pré-selecionadas por critérios razoáveis. Já, os métodos contínuos exploram cada possibilidade de localização ao longo de um espaço contínuo de opções e selecionarão a melhor;
- **Por grau de agregação de dados:** os dados podem ser agregados para gerenciar e chegar a uma solução prática dos problemas de localização, que envolvem um número muito grande de configurações de projetos de rede a serem avaliados;
- **Por horizonte de tempo:** quando o planejamento de localização é de curto prazo, em um único período de tempo, o modelo de localização é chamado estático. No caso que se considera o planejamento para multiperíodos, os modelos são chamados de dinâmicos.

Segundo BALLOU (2001), desenvolver técnicas para localizar instalações tem sido uma área comum de pesquisa. Porém, OWEN & DASKIN (1998) entendem que encontrar um modelo de localização robusto é uma questão difícil, dada a complexidade do pro-

blema. Para demonstrar estas limitações e/ou aptidões encontradas em diferentes métodos de solução, OWEN & DASKIN (1998) fizeram uma revisão na literatura sobre os modelos de localização. Eles apresentaram a pesquisa classificando os problemas de localização de acordo com os seguintes modelos: *estático-determinísticos*, *dinâmicos* e *estocásticos*.

Nos modelos estático-determinísticos: os parâmetros de entrada são constantes e de valores conhecidos e o problema leva a uma simples solução, que é implementada para um ponto específico no tempo. Na **TABELA 5.1** estão os modelos estático-determinísticos e seus objetivos básicos, apresentados por OWEN & DASKIN (1998). Segundo estes autores, a maioria das publicações sobre a teoria de localização focaliza os problemas estático-determinísticos, pois são extremamente difíceis de se resolver. Assim, as formulações têm razoável caráter de pesquisa, mas não captura muitas das características dos problemas de localização do mundo real. De acordo com os mesmos autores, a natureza estratégica da localização de facilidades requer que os modelos considerem aspectos de incertezas futuras.

OWEN & DASKIN (1998) apresentaram em seu artigo, pesquisas que lidam explicitamente com as incertezas da localização de instalações. A primeira de duas categorias, de modelos que tratam da incerteza é o *modelo dinâmico*, que considera o comportamento incerto do futuro no horizonte de planejamento, para solucionar problemas como a de realocação de facilidades existentes em um planejamento de longo prazo: multiperíodo.

O segundo é o *modelo estocástico*, que trata as incertezas de inúmeros parâmetros (variáveis) de entrada como os tempos de viagem, custos de construção, locais de demanda, quantidades demandadas. Este modelo pode ser dividido em duas outras categorias: *probabilística* e *planejamento do cenário*. Na abordagem probabilística, há a explícita consideração da distribuição de probabilidade associada às variáveis do acaso. E, a abordagem do planejamento do cenário considera um conjunto de possíveis valores futuros para os diversos parâmetros que são gerados pelos “*tomadores de decisão*”.

TABELA 5.1 – Modelos estático-determinísticos da localização de instalações

	Modelo	Objetivo
Median problems (Problema das medianas)	<i>P-median</i> (P-medianas)	minimizar a distância total entre os clientes e as instalações. A distância é ponderada pela quantidade demandada pelos clientes.
	<i>Maximum capture problem</i> (Problema de máxima captura – p-mediana modificado)	maximizar o número de novos clientes capturados ou maximizar a quota do mercado de varejistas adicionado, na presença de outras firmas. Obs.: Todas as firmas trabalham com o mesmo produto e os clientes preferenciam as firmas mais próximas
Covering problem (Problemas da cobertura)	<i>Location set covering problem</i> (Problema da cobertura de um conjunto de clientes)	minimizar o custo de localização na qual um nível especificado de cobertura dos clientes é obtido. Basicamente se busca minimizar o número de facilidades necessárias para cobrir todos os clientes dentro de uma distância especificada (limite – garantir certo nível de serviço ao cliente).
	<i>Maximal covering problem</i> (Problema da máxima cobertura)	maximizar a quantidade de clientes cobertos pelo serviço dentro de uma distância aceitável, localizando um número fixo de instalações.
Center problems (Problema de centros)	<i>P-center problem (minimax)</i> (Problema de centro)	minimizar a máxima distância entre os clientes e a facilidade mais próxima. Quando a localização da instalação está restrita ao nó (vértice) da rede tem-se o problema de centro de vértice. Caso se permita a localização em qualquer lugar da rede o problema é de centro absoluto.
	- <i>vertex center problem</i> (problema de centro de vértice);	
	- <i>absolute center problem</i> (problema de centro absoluto)	
Outros	<i>Fixed charge facility location problem</i> (Problema de localização de custo fixo)	adiciona um custo fixo (aquisição, construção) aos problemas de p-mediana
	<i>Location-allocation problems</i> (problema de localização-alocação)	baseados nas formulação básicas dos problemas de localização, simultaneamente localiza-se as instalações e aloca-se fluxos entre as instalações e os clientes
	<i>Antimedian problem</i> (Problema de antimediana)	maximizar a distância média entre a instalação e o cliente
	<i>Anticenter problem</i> (Problema de antcentro)	maximiza a mínima distância entre a instalação e os clientes
	<i>P-dispersion problem</i> (Problema da P-dispersão)	maximiza a distância mínima entre qualquer par de instalações

Fonte: Adaptado de OWEN & DASKIN (1998)

Além da apresentação dos problemas de localização de facilidades, fundamentada na classificação dos modelos, como a realizada por OWEN & DASKIN (1998), existe aquela apresentada por BALLOU (2001). Este autor classifica os problemas com base nos seguintes métodos de solução: *métodos exatos*, *métodos de simulação* e *métodos heurísticos*. Os *métodos exatos* referem-se àqueles procedimentos com capacidade de garantir uma solução matemática ótima para o problema de localização ou, pelo menos, uma solução de acurácia conhecida. Os *métodos de simulação* referem-se a uma representação matemática de um sistema logístico por demonstrações algébricas

e lógicas, que podem ser manipuladas por um computador. Os métodos de simulação tentam descobrir a melhor rede, por meio de aplicações repetidas do modelo, onde a qualidade dos resultados depende da habilidade do discernimento do usuário em selecionar as localizações a serem analisadas. Os *métodos heurísticos* podem ser denominados como qualquer princípio ou conceito que contribui para reduzir o tempo médio de pesquisa de uma solução, também chamados de *regras* que guiam a solução do problema.

Os métodos exatos e heurísticos podem diferenciar no tipo de solução e na representação do problema real. Através dos métodos exatos as soluções podem ser ótimas matematicamente, mas o modelo pode estar longe de representar a situação real. As heurísticas permitem uma melhor representação dos problemas reais com menor tempo de processamento e memória computacional necessária, mas com soluções aproximadas (BALLOU, 2001). O autor LORENA (2001), apresentou em seu trabalho, sua experiência com um algoritmo baseado em método heurístico de melhora de soluções combinada com heurística Lagrangeana, para solução de problema de localização-alocação. Segundo o autor, os resultados foram satisfatórios, mas considerou que sua heurística poderia ser computacionalmente excessiva para problemas grandes.

5.2.2. Roteirização e programação

A localização de facilidades tem caráter primordial, pois dá forma, estrutura e conformidade ao sistema logístico. Após determinar o local das instalações, a tarefa de roteirização e programação é realizada neste trabalho. Esta análise subsequente de transportes é de grande importância nas decisões do planejamento logístico.

Para BALLOU (2001), os custos de transporte variam tipicamente entre um terço e dois terços do total dos custos logísticos, sendo assim, o transporte é geralmente o elemento mais importante dentro das atividades logísticas. Reduzir o custo dos transportes e melhorar o serviço ao cliente, através da busca dos melhores trajetos que um veículo deve fazer em uma rede viária, o qual minimizará o tempo ou distância, é um problema freqüente de decisão. Todavia, as decisões de transporte se expressam em uma variedade de formas, entre as principais estão a roteirização e a programação.

BODIN *et al.* (1983) retrataram o estado-da-arte sobre a roteirização e a programação. Nesta publicação fundamental, os autores pesquisaram aproximadamente 700 trabalhos, culminando em um estudo completo sobre os conceitos, problemas de roteirização e programação e seus métodos de solução. Todos os sistemas de roteirização e programação têm como saída básica, essencialmente o mesmo: para cada veículo ou tripulante, uma *rota* e um *programa* é providenciado. Em linhas gerais, a *rota* especifica a seqüência de locais a serem visitados, e o *programa* identifica os tempos nos quais as atividades nestes locais serão realizadas.

TABELA 5.2 – Características dos problemas de roteirização e programação

Características	Possibilidades
1. Tamanho da frota disponível	- um veículo - vários veículos
2. Tipo da frota disponível	- homogênea (somente um tipo de veículo) - heterogênea (vários tipos de veículos) - veículos especiais (dividido em compartimentos, etc)
3. Garagem dos veículos	- um único depósito - vários depósitos
4. Natureza da demanda	- determinística - probabilística - parcialmente satisfeita
5. Localização da demanda	- nos nós (não necessariamente em todos) - nos arcos (não necessariamente em todos) - misto
6. Característica da rede	- não-orientada - orientada - mista - euclidiana
7. Restrições de capacidade do veículo	- impostas (todos os veículos com mesma capacidade) - impostas (veículos com diferentes capacidades) - não impostas (capacidade ilimitada)
8. Tempos máximos de rotas	- impostos (todas as rotas com o mesmo tempo máximo) - impostos (rotas com diferentes tempos máximos) - não impostos
9. Operações envolvidas	- somente coletas - somente entregas - mistas - entregas com 'quebras' (permitidas ou proibidas) - volta carregada
10. Custos	- variáveis ou custos de roteirização - fixos de operação ou custos de aquisição de veículos - custos comuns de transporte
11. Objetivos	- minimizar os custos totais de roteirização - minimizar a soma dos custos fixos e variáveis - minimizar o número necessário de veículos - maximizar a função utilidade (baseada no serviço ou na conveniência) ou, (baseada nas prioridades do cliente)

Fonte: BODIN *et al.* (1983)

As características dos problemas de roteirização e programação podem ser vistas na **TABELA 5.2**. Elas estão apresentadas de acordo com critérios e descrições que podem ser utilizados para modelar os problemas reais. Os diferentes problemas de roteirização e programação podem ser apresentados dentro de uma classificação. Segundo BODIN *et al.* (1983), os problemas podem ser divididos primeiramente em três grupos: (1) roteirização pura, (2) programação e (3) roteirização e programação; e depois subdivididos de acordo com um esquema detalhado de classificação. A classificação utilizada pelos autores nos três grupos citados é o mais clássico da literatura e estão apresentados a seguir com os diferentes tipos de problemas.

i) Roteirização pura de veículos

A roteirização pura de veículos é um problema espacial, onde não há relações de precedência entre as atividades envolvidas nem há restrições de tempo para as atividades.

TABELA 5.3 – Os problemas básicos de roteirização pura

Problema	Descrição
Caixeiro viajante	Consiste em determinar uma rota de mínimo custo que passe por todos os nós de uma rede exatamente uma vez. É um problema de cobertura de nós. Se o custo é simétrico, ou seja, se o custo de viajar entre dois nós não depende da direção da viagem, é caso de <i>problema de caixeiro viajante simétrico</i> , de outra forma é <i>problema de caixeiro viajante assimétrico</i> ou <i>direcionado</i> .
Carteiro chinês	Este caso requer a determinação uma rota e custo mínimo que passe por todos os arcos de uma rede pelo menos uma vez. É um problema de cobertura de arcos. Este problema é chamado <i>direcionado</i> ou <i>não-direcionado</i> , dependendo se o arco é direcionado ou não.
Múltiplos caixeiros viajantes	É uma generalização do problema de caixeiro de viajante na qual é necessário se considerar mais de um caixeiro viajante (ex.: veículos). Os M veículos da frota originam e terminam suas rotas de um depósito comum. Não há restrições sobre o número de nós que cada um pode visitar, exceto que cada veículo visite no mínimo um nó.
Roteirização em nós: único depósito, vários veículos	É conhecido com problema clássico de roteirização de veículos (PRV). É uma generalização do problema de caixeiro viajante, onde a frota de veículos parte de um depósito central e serve todos os nós, com o objetivo de minimizar a distância total percorrida pela frota.
Roteirização em nós: vários depósitos, vários veículos	É uma generalização do problema anterior, com vários depósitos, ao invés de um. Neste problema, cada veículo é alocado a um único depósito, ou seja, origina e termina a viagem no mesmo depósito.
Roteirização em nós: único depósito, vários veículos, demanda estocástica	É idêntico ao PRV, exceto que a demanda não é conhecida com certeza, assim ela pode originar de uma distribuição de probabilidade específica.
Carteiro chinês capacitado	É uma generalização do problema do carteiro chinês, onde há a restrição de capacidade dos veículos.

Fonte: Adaptado de BODIN *et al.* (1983)

des. O problema é basicamente um conjunto de nós ou arcos que devem ser atendidos por uma frota de veículos. O objetivo é construir um conjunto de rotas viáveis e de baixo custo, um para cada veículo. Os casos clássicos de problemas de roteirização pura, como o caixeiro viajante e carteiro chinês e suas variações, estão na **TABELA 5.3**. E, as características singulares dos problemas, segundo algumas restrições, estão na **TABELA 5.4**.

TABELA 5.4 – Característica dos problemas básicos de roteirização pura

Problema	Número de roteiros	Localização dos clientes	Limite de capacidade nos veículos	Número de depósitos	Tipo de demanda
Caxeiro viajante	um	nós	não	um	determinística
Carteiro chinês	um	arcos	não	um	determinística
Múltiplos caixeiros viajantes	múltiplos	nós	não	um	determinística
Roteirização em nós: único depósito, vários veículos	múltiplos	nós	sim	um	determinística
Roteirização em nós: vários depósitos, vários veículos	múltiplos	nós	sim	múltiplos	determinística
Roteirização em nós: único depósito, vários veículos, demanda estocástica	múltiplos	nós	sim	um	estocástica
Carteiro chinês capacitado	múltiplos	arcos	sim	um	determinística

Fonte: Adaptado de BODIN *et al.* (1983)

ii) Programação

O problema de programação pode ser visto como um problema de roteirização, lidando com restrições adicionais de tempo que necessitam ser consideradas, quando várias atividades precisam ser realizadas. Os problemas de programação são divididos em dois casos: *programação de veículos* e *de tripulação*. A criação da seqüência para as atividades dos veículos no espaço e no tempo é o cerne da programação de veículos. Já na programação de tripulação a preocupação primária é criar a seqüência para o movimento da tripulação no espaço e no tempo, ou seja, prover de pessoal o movimento do veículo desejado (BODIN *et al.*, 1983).

TABELA 5.5 – Os problemas básicos de programação de veículos

Problema	Descrição
Um único depósito	Consiste no particionamento dos nós (tarefas) de uma rede acíclica em um conjunto de rotas, de maneira que uma determinada função custo seja minimizada. Cada rota corresponde à programação de um veículo. Uma função objetivo que minimiza o número de rotas, efetivamente minimiza os custos de capital desde que o número de veículos necessários seja igual ao de rotas.
Restrições de tamanho de rota	Estes problemas consistem nas considerações de restrições de tempo e distância máxima de viagem, que na prática, representam a necessidade de reabastecimento e manutenção de veículos.
Múltiplos tipos de veículos	Consideram as diferentes características dos veículos para realizarem as tarefas. Normalmente a característica considerada é a capacidade do veículo.
Múltiplos depósitos	Consiste em problemas com veículos que realizam tarefas a partir de diferentes depósitos. Os veículos devem sair de e chegar ao mesmo depósito e para o tamanho da frota de cada depósito deve se especificar um mínimo e o máximo.

Fonte: Adaptado de BODIN *et al.* (1983)

Conforme BODIN *et al.* (1983) as restrições que determinam a complexidade do problema de programação no mundo real são: (1) limite de tempo que um veículo pode estar em serviço antes de retornar ao depósito para reabastecimento ou manutenção; (2) certas tarefas podem ser realizadas apenas por tipos de veículos específicos; (3) a presença de diferentes depósitos dos veículos. Estes autores apresentaram, baseadas

TABELA 5.6 – Os problemas básicos de programação de tripulação

Problema	Descrição
Programação de pessoal para um local fixo	Neste problema divide o dia de trabalho em T períodos e especifica-se uma demanda para cada trabalhador para cada período de tempo. Procura-se encontrar um conjunto de <i>programas</i> com trabalhadores para cobrir todas as tarefas. É assumido que pode haver intercâmbio entre os trabalhadores, e que cada trabalhador pode ser desalocado no final de um período de trabalho e que outro pode ser alocado ao serviço em cada começo de um período.
Programação de veículos e tripulação em transporte público	Consiste em determinar a alocação ótima de veículos a um conjunto de viagens programadas de linhas, e determinar também as jornadas de trabalho das tripulações, considerando que as trocas de serviço e de turno só podem ser realizadas em pontos específicos de trajetos das linhas.
Programação de tripulação no transporte aéreo	É semelhante à programação de tripulações em veículos, uma vez que as tabelas de horários de partida e chegada das rotas aéreas nos diversos pontos são definidas a priori e, portanto, conhecidas e determinadas.
Programação de pessoal em turnos de revezamento	Consiste na programação diária variando de um dia para o outro, havendo um rodízio de turno de pessoal, em função de restrições trabalhistas, e equilíbrio do esforço de trabalho, etc. A necessidade de revezamento no cumprimento das tarefas ocorre pela necessidade de uma uniformização da carga e das condições de trabalho para atividades que percebam a mesma remuneração.

Fonte: Adaptado de BODIN *et al.* (1983)

nestas restrições, alguns problemas de programação de veículos descritas na **TABELA 5.5**.

Basicamente a programação de tripulação é similar a de veículos, porém envolve geralmente restrições mais complicadas, como parada para refeição de funcionários, regulamentação trabalhista, etc. Alguns exemplos destes problemas apresentados por BODIN *et al.* (1983) podem ser vistos na **TABELA 5.6**.

iii) Roteirização e programação

Os problemas de roteirização e programação envolvem relações de precedência entre as atividades envolvidas e também restrições de janelas de tempo para as atividades (horário de atendimento, etc). O problema pode ser considerado como uma combinação dos problemas de roteirização com os de programação. Segundo DINIZ (2000),

TABELA 5.7 – Os problemas de roteirização e programação

Problema	Descrição
Ônibus escolares	Consiste no problema de um grupo de escolas, cada qual com seu conjunto de paradas de ônibus que tem vinculado, para cada ponto, um dado número de estudantes e uma janela de tempo correspondente aos horários para pegar os alunos nas paradas e leva-los até a escola. O principal objetivo é minimizar os custos de transporte para o município.
Caminhões: Cavalo mecânico - carreta com carga completa	O termo <i>carga completa</i> significa que a carreta é engatada ao cavalo mecânico e é transportado direto da origem ao destino. A carga na carreta tem um único destino. A capacidade do cavalo mecânico corresponde a apenas uma carreta. Este problema envolve restrições de precedência.
Caminhões: Cavalo mecânico - carreta com carga parcial	Semelhante ao anterior, mas a carga não precisa ser completa. Assim, a carga da carreta pode ser separada entre diferentes origens e destinos.
Serviços de coleta de resíduos domiciliares e de varrição de ruas	Semelhante ao problema do carteiro chinês, porém com restrições de capacidade dos veículos, de duração máxima da jornada e de janelas de tempo associadas aos horários de proibição de estacionamento, de forma a possibilitar a execução do serviço de varrição. Em geral, o objetivo consiste na minimização da frota ou um objetivo correlato, por exemplo, de minimização do tempo morto total, para uma frota conhecida.
<i>Dial-a-ride</i> : transporte especial de pessoas	Sistema o transporte é obtido pedindo por telefone. Cada usuário tem local de origem e destino diferentes e, eventualmente horários e faixas horárias de saída e chegada. A precedência entre as tarefas é uma restrição decisiva para a viabilidade da solução.
Aeronaves	Consiste em programas simultaneamente rotas aéreas (início – escalas – fim), com alocação de aeronaves e definição de tabelas de horários, levando em consideração dados de demanda entre os pares de cidades, frequência do serviço desejado, vôos diretos vs com escalas, etc. Esse problema envolve tanto o transporte de pessoas, como cargas e encomendas.

Fonte: Adaptado de BODIN *et al.* (1983)

estes problemas combinados freqüentemente surgem na prática e são representativos de muitas aplicações do mundo real. Os principais problemas combinados apresentados na literatura por BODIN *et al.* (1983) estão apresentados na **TABELA 5.7**.

Para a solução dos problemas de roteirização e programação, encontram-se na literatura diversas estratégias e métodos de solução. BODIN & GOLDEN (1981) classificaram estas estratégias de solução para os problemas de roteirização e programação em sete categorias, como é descrito na **TABELA 5.8**.

ASSAD (1988) identificou três direções para o desenvolvimento de método de solução para problemas com restrições mais complexas e realistas: (1) adaptar ou desenvolver alguma heurística conhecida e consagrada, (2) uso de técnicas de programação ma-

TABELA 5.8 – Estratégias de solução para os problemas de roteirização e programação

Estratégia	Descrição
Agrupar primeiro – roteiriza depois	Procedimento este que agrupam a demanda dos nós e/ou arcos primeiro e então desenvolvem rotas econômicas sobre cada agrupamento como segundo passo.
Roteiriza primeiro – agrupa depois	Primeiro uma grande rota ou ciclo, geralmente infactível, é criada, na qual incluem-se todas as entidades de demanda nos nós e/ou arcos. Depois, a grande rota é particionada em rotas menores, mas factíveis..
Economias ou inserções	Procedimento que constroem uma solução de tal maneira que a cada passo do procedimento uma configuração corrente, que é possivelmente infactível, é comparada com uma configuração alternativa que pode também ser infactível. A configuração alternativa é aquela que produz a maior economia termos de alguma função critério, tal como o custo total, ou que insira de forma menos custosa entidades de demanda ainda não inseridas na rota(s) em construção. O processo é finalmente concluído com uma configuração factível.
Melhoria / troca	Procedimento heurístico que, em cada etapa, uma solução factível é alterada, resultando e outra solução factível com o custo total reduzido. Este procedimento continua até que não sejam mais possíveis reduções adicionais no custo
Programação matemática	Esta abordagem requer algoritmos que sejam diretamente baseadas em formulação matemática do problema em questão. Esta classe de abordagem engloba as estratégias e solução do PCV e suas variações, na maioria programação inteira.
Otimização interativa	Este procedimento tem propósito geral na qual um alto grau de interação humana é incorporado no processo de solução do problema. A idéia está na experiência do tomador de decisões que tem a capacidade de fixar os parâmetros e injetar correções subjetivas no modelo baseadas no conhecimento e intuição.
Métodos exatos	Procedimentos para problemas de roteirização de veículos que incluem técnicas especializadas de <i>branch and bound</i> , programação inteira mista e programação linear inteira.

Fonte: Adaptado de BODIN & GOLDEN (1981)

temática e, (3) heurísticas seqüenciais ou de decomposição. Por exemplo, o método de solução dos problemas de roteirização no *software* TransCAD foi desenvolvido com a adaptação do método de economias de CLARKE & WRIGHT (1964)⁶, incorporando novas restrições e condicionantes de YELLOW (1970)⁷ e SOLOMON (1986)⁸ (CALIPER, 1996a).

O método de solução é semelhante aos encontrados para problemas de localização de facilidades. A diferença está na aplicação do método para modelos específicos de cada tipo de problema, ou de localização, ou roteirização e programação. Segundo CUNHA (1997), os métodos de solução para os problemas de roteirização e programação podem ser classificados em: (1) *métodos exatos*, os quais possibilitam a obtenção da solução ótima; (2) *métodos heurísticos*, que geram soluções aproximadas, porém chegam a solução de modo mais rápido; (3) *métodos emergentes*, que reúnem as técnicas mais recentes e avançadas, não tradicionais, baseadas em sistemas especialistas, ou métodos de busca ou iterativos (como por exemplo algoritmos genéticos e busca tabu).

---

⁶ CLARKE, G.; WRIGHT, J. W. (1964). **Scheduling of vehicles from central depot to a number of delivery points.** *Operations Research*, v.12, n.4, p.568-581.

⁷ YELLOW, P. (1970). **A computational modification to the saving method of vehicle scheduling.** *Op. Res. Quar.*, v.21, p.281-283.

⁸ SOLOMON, M. M. (1986). **On the worst-case performance of some heuristics for the vehicle routing and scheduling problem with time windows constraints.** *Networks*, v.16, p.161-174.

---

6. SIG SISTEMA DE INFORMAÇÕES GEOGRÁFICAS

O Sistema de Informações Geográficas (SIG) foi utilizado na análise dos problemas logísticos deste trabalho, devido a sua facilidade para manipular informações espaciais quase que instantaneamente. A ferramenta SIG utilizada nesta pesquisa foi o *software* TransCAD, que possui rotinas logísticas de localização de facilidades e roteirização e programação de frota. Neste capítulo, os conceitos de SIG e as aplicações são apresentados.

6.1. Definições

As definições para o Sistema de Informações Geográficas (SIG) diferem entre si, na inclusão ou não de algum componente, na característica e/ou aplicação dentro de um contexto. Uma síntese das definições para os SIG, encontrada na literatura, é dada por MEULEN (1992)⁹ *apud* FONTES (2001), que os considera como sendo “*um sistema computacional que combina o gerenciamento, a análise geográfica-estatística e a apresentação cartográfica de um banco de dados georeferenciados*”.

O SIG é abordado geralmente na literatura, enfocando seus conceitos no sistema computacional. Porém, partindo do princípio de que um sistema para ser implementado, não basta apenas um *software* que trabalhe com um banco de dados e mapas digitalizados, é importante que exista recurso humano qualificado, um objetivo no seu uso e interação com outras áreas dentro da organização. Portanto, NAZÁRIO (1998) define SIG de uma forma mais ampla, como “*uma coleção de software, hardware, dados geográficos e profissionais para facilitar o processo de tomada de decisão que envolve o uso de informações georeferenciadas na organização*”. Isto é, o SIG para

---

⁹ MEULEN, G. G. (1992). **Geographical information and decision support system**. *Comput., Enviro. and Urban Systems*, v.16, p.187-193.

---

ser completo necessita pelo menos ser constituído por cinco componentes: *software*, *hardware*, dados geográficos, profissionais qualificados e o contexto organizacional.

6.2. Dados em um SIG

O uso de SIG no Brasil tem como limitante, de acordo com NAZÁRIO (1998), a escassez de uma base de dados confiável e atualizado, tanto em relação a dados espaciais (mapas digitalizados) quanto a dados demográficos e sócio-econômicos. Falta por parte da administração pública uma política que incentive e estabeleça regras e responsabilidades, no que diz respeito à preparação e disponibilização de um banco de dados.

A qualidade das informações de origem é extremamente importante. A confiabilidade das decisões tomadas, a partir das análises realizadas no SIG, é limitada pela acurácia do banco de dados. Assim, conforme ROMA & SOUZA (2001), não se deve economizar esforços na fase de aquisição de dados.

Segundo ROMA & SOUZA (2001), em um ambiente SIG, pode se identificar duas classes de dados: os *espaciais* e os *não-espaciais* (atributos). Os dados espaciais são a representação de objetos em forma de pontos, linhas e áreas. Os atributos são necessários para completar com informações não-espaciais cada objeto espacial e, normalmente são armazenados na forma de tabelas com informações alfanuméricas quantitativas e qualitativas. Por exemplo, um ponto pode representar a intersecção (nó) de duas vias (arcos), e os atributos são informações como a presença ou não de uma fábrica, cliente ou depósito neste ponto. E no caso de uma fábrica, *atributos* como a quantidade produzida, a frota de veículos, o número de funcionários, custos, entre outros, podem ser associados.

Os dados espaciais possuem duas estruturas de representação: o *raster* e o *vetorial*; como representado na **FIGURA 6.1**. Segundo FONTES (2001), na representação matricial (*raster*), o objeto espacial se encontra em formato matricial, organizado como uma malha de células, *pixels* (abreviatura para elementos de imagem), que associada aos valores numéricos podem representar algum aspecto do ambiente da área em estudo. Nesta forma de representação os pontos passam a ser os *pixels*, as linhas são

---

FIGURA 6.1 – Objetos espaciais em representação vetorial e matricial

uma sequência de *pixels* adjacentes e enfileiradas, com orientação relacionada à forma, e as áreas são representadas por aglomerados de *pixels* adjacentes (EASTMAN, 1995). A dimensão da célula, *pixel*, define a precisão do processo (nível de resolução).

Na estrutura de representação vetorial (*vector*), os dados espaciais são expressos na forma vetorial, ou seja, a forma é definida graficamente através de nós (pontos), arcos (linhas definidas por segmentos de reta interligando pontos), e polígonos (áreas delimitadas por segmentos de reta). Os pontos possuem coordenadas (x,y) correspondentes ao sistema de referência do mapa original (latitude, longitude; coordenadas UTM; etc).

O estudo das conexões entre objetos espaciais é chamado topologia. Segundo PEZZOTTI *et al.* (1994), toda a representação vetorial da forma dos objetos é constituída por três elementos topológicos básicos: nós, arcos e polígonos. As relações espa-

Fonte: Adaptado de PEZZOTTI *et al.* (1994)

FIGURA 6.2 – Representação topológica básica: nós, arcos e polígonos

ciais entre estes elementos são freqüentemente armazenados na forma de tabelas, como ilustrado na **FIGURA 6.2**.

No SIG existem certas atividades técnicas essenciais para trabalhar com os dados. ROMA & SOUZA (2001) consideram estas atividades como sendo os elementos funcionais, e estão descritos a seguir:

- **Aquisição de dados:** identificação e coleta dos dados requeridos para a aplicação no sistema. Segundo SILVA (1998), quando os dados necessitam ser coletados em campo, diz-se que ele é obtido de *fonte primária*. No caso de os dados já existirem, eles são considerados de *fonte secundária* derivada de fonte primária;
- **Pré-processamento:** tratamento das informações para que possam ser incorporadas ao SIG. Duas das principais tarefas incluem a conversão para o formato adequado ao SIG e identificação da locação dos objetos nos dados originais de forma sistemática;
- **Gerenciamento de dados:** contém as funções de gerenciamento que governam a criação e o acesso à base de dados. Estas funções fornecem métodos consistentes para entrada, atualização, descarte e recuperação das informações;
- **Tratamento e análise:** contém as operações analíticas que trabalham com o conteúdo da base de dados, visando derivar novas informações;
- **Geração de produtos:** atividade que fornece os resultados que podem ser apresentados na forma de relatórios estatísticos, mapas temáticos e gráficos de várias espécies.

6.3. A ferramenta computacional no SIG

Como abordado anteriormente, o Sistema de Informações Geográficas é confundido com a ferramenta computacional. Aliás, nem mesmo se referencia ao *hardware*, atendo-se ao *software*. Quando se fala nas características de um SIG, comumente são apresentadas as funções de um *software* como sendo do sistema, que na definição mais ampla de NAZÁRIO (1998), a parcela computacional seria apenas um dos componentes. Como o sistema computacional é o cerne de um SIG e, de acordo com DINIZ (2000), ele nasceu e se desenvolveu com a evolução dos computadores, é compreensível que o enfoque seja dado a ele. A seguir, os conceitos encontrados na literatura como sendo de SIG, mas que na verdade se concentram na ferramenta computacional, são apresentadas. Nas seções seguintes, o termo ferramenta SIG é utilizado para referenciar o componente computacional do SIG.

6.3.1. Características

Segundo GIS (2001), o portal de informação da internet sobre Sistema de Informações Geográficas, criado pela ESRI (*Environmental Systems Research Institute*), a ferramenta computacional de SIG combina *layers* (camadas) de informações sobre um local para proporcionar a sua melhor compreensão (**FIGURA 6.3**). Como estes *layers*

Fonte: GIS (2001)

FIGURA 6.3 – Dados armazenados em *layers* (camadas) no SIG

podem ser combinados, depende do propósito: encontrar um novo local para alguma instalação, análise de danos ambientais, roteirização de veículos, entre outros.

Conforme TABACZENSKI (1995), as características encontradas em uma ferramenta SIG são: *“potencial de integração com o usuário, capacidade de cruzamento de informações geográficas (entre layers), velocidade de operação, capacidade de simulações e versatilidade de apresentação de informações espaciais”*.

De um modo mais amplo, baseado em conceitos encontradas na literatura, DAVIS & CÂMARA (2001) indicam as principais características como sendo:

- *“inserir e integrar numa única base de dados, informações espaciais provenientes de dados cartográficos, dados censitários e cadastro urbano e rural, imagens de satélite, redes e modelos numéricos de terrenos”*;
- *“oferecer mecanismos para combinar as várias informações, através de algoritmos de manipulação e análise, bem como para consultar, recuperar, visualizar e plotar o conteúdo da base de dados georeferenciados”*.

Segundo, os mesmos autores, existem funções que são características em qualquer *software* de SIG. E elas estão apresentadas na **TABELA 6.1**. De acordo com estes autores, todas estas funções podem ser agrupadas em categorias, para facilitar a comparação entre as diferentes ferramentas. As categorias básicas são: entrada de dados, gerenciamento e/ou recuperação de informação, manipulação e análise e, exibição e/ou produção de saídas. Estas classes são parte dos elementos funcionais apresentados por ROMA & SOUZA (2001), discutido anteriormente. Estes últimos autores dividem as categorias de acordo com as atividades técnicas que envolvem o processamento dos dados, enquanto, DAVIS & CÂMARA (2001), classificam em função da ferramenta computacional.

6.3.2. Softwares: pacotes comerciais

Segundo NAZÁRIO (1998), no Brasil existe uma grande variedade de *softwares* de SIG disponíveis. Eles vão desde os *desktop mapping* até *softwares* que possuem algoritmos que são capazes de executar tarefas, tais como: roteirização, estudo de localização, obtenção de matriz de distâncias, entre outras.

TABELA 6.1 – Funções características de uma ferramenta SIG

Funções	
1.	Representar graficamente informações de natureza espacial, associando a estes gráficos informações alfanuméricas tradicionais. Representar informações gráficas sob a forma de vetores (pontos, linhas e polígonos) e/ou imagens digitais (matrizes de <i>pixels</i>)
2.	Recuperar informações com base em critérios alfanuméricos, à semelhança de um sistema de gerenciamento de bancos de dados tradicional, e com base em relações espaciais topológicas, tais como continência, adjacência e interceptação
3.	Realizar operações de aritmética de polígonos, tais como união, interseção e diferença. Gerar polígonos paralelos (<i>buffers</i>) ao redor de elementos ponto, linha e polígono
4.	Limitar o acesso e controlar a entrada de dados através de um modelo de dados, previamente construído
5.	Oferecer recursos para a visualização dos dados geográficos na tela do computador, utilizando para isto uma variedade de cores
6.	Interagir com o usuário através de uma interface amigável, geralmente gráfica
7.	Recuperar de forma ágil as informações geográficas, com o uso de algoritmos de indexação espacial
8.	Possibilitar a importação e exportação de dados de/para outros sistemas semelhantes, ou para outros softwares gráficos
9.	Oferecer recursos para a entrada e manutenção de dados, utilizando equipamentos como mouse, mesa digitalizadora e <i>scanner</i>
10.	Oferecer recursos para a composição de saídas e geração de resultados sob a forma de mapas, gráficos e tabelas, para uma variedade de dispositivos, como impressoras e <i>plotters</i>
11.	Oferecer recursos para o desenvolvimento de aplicativos específicos, de acordo com as necessidades do usuário, utilizando para isto alguma linguagem de programação, inclusive possibilitando a customização da interface do SIG com o usuário

Fonte: Adaptado de DAVIS & CÂMARA (2001)

O *software* TransCAD da Caliper tem funções de um SIG onde estão integradas várias rotinas de análises logísticas de transportes. Segundo CALIPER (1996a), o TransCAD possui modelos que resolvem problemas de roteirização de veículos, roteirização em arcos, fluxo em redes, particionamento e agrupamento e localização de facilidades.

Segundo PELIZARO (2000), em sua pesquisa para avaliação dos *softwares* de roteirização, o TransCAD demonstrou ser uma ferramenta robusta, apresentando soluções cerca de 20% superior as melhores soluções encontradas na literatura revisada. Já em outro trabalho, ROSE (2001) comparou três ferramentas SIG com aplicações específicas aos transportes, conhecidos como SIG-T: UfosNet v.3.5.1, ArcView v.3.1 e TransCAD v.3.2. Segundo a autora, todos os três atenderam as funções para serem considerados um *software* SIG. Mas, para ser um SIG-T, o ArcView não possuía todas as ferramentas necessárias. Nestas avaliações, segundo critérios da autora, a quantidade

TABELA 6.2 – Critérios para seleção de ferramentas SIG

Recursos desejáveis dos softwares	
1.	Possibilidades de customização da interface com o usuário (redefinição da estrutura de menus e diálogos; inclusão de funções desenvolvidas pelo usuário)
2.	Flexibilidade da modelagem de dados
3.	Existência ou não de linguagem de programação para desenvolvimento de aplicativos; complexidade e completeza da linguagem de programação
4.	Existência ou não de versão em português; disponibilidade de documentação e/ou material de treinamento em português
5.	Armazenamento dos dados em base de dados geográfica contínua ou necessidade de fracionamento em mapas
6.	Existência ou não de restrições e controles de integridade na conexão gráfico-alfa
7.	Existência ou não de sistemas de indexação espacial, para recuperação rápida de informações gráficas; tipo de sistema de indexação espacial
8.	Disponibilidade de aplicações prontas, desenvolvidas por terceiros, na área de interesse do projeto
9.	Capacidades de importação e exportação de dados
10.	Possibilidades de operação em redes heterogêneas de equipamentos (utilização simultânea de equipamentos de diversos fabricantes diferentes)
11.	Capacidades de produção de saídas: mapas, cartas, mapas temáticos, gráficos, relatórios, etc.
12.	Recursos para conversão de dados
13.	Capacidades de operação simultânea por diversos usuários
14.	Aderência a padrões de fato ou de direito, principalmente nas áreas de bancos de dados e intercâmbio de informações
15.	Recursos de gerenciamento de <i>backups</i> e recuperação de dados
16.	Existência ou não de linguagem de consulta à base gráfica/alfanumérica
17.	Recursos de processamento de polígonos (operações de união, interseção, etc.)
18.	Recursos de detecção e correção de falhas nos dados gráficos (<i>edge-matching</i> , eliminação de <i>undershoots</i> e <i>overshoots</i> , etc.)
19.	Variedade de tipos de dispositivos de saída (<i>plotters</i> e impressoras) e de entrada (<i>scanners</i> , mesas digitalizadoras, etc.)
20.	Confiabilidade comercial e técnica do representante e sua equipe de suporte.

Fonte: Adaptado de DAVIS & CÂMARA (2001)

de rotinas avançadas de SIG e específicas de transportes era superior no TransCAD se comparado aos demais programas.

Devido a grande diversidade de programas computacionais disponíveis, DAVIS & CÂMARA (2001) recomendam analisar certas características deste pacote, conforme cada interesse, antes de alguma aquisição. Os recursos dos softwares devem ser investigados e testados para examinar a sua adequação às necessidades do projeto. Os critérios recomendados pelos autores estão descritos na **TABELA 6.2**.

A **TABELA 6.3** apresenta as ferramentas SIG comuns e disponíveis no mercado. Nesta tabela, DAVIS & CÂMARA (2001) deixaram intencionalmente de fora os sistemas CAD e aqueles de sensoriamento remoto. Todos os softwares relacionados possuem condições para interligação de dados gráficos com dados alfanuméricos, armazenados em base de dados próprios ou não.

TABELA 6.3 – Softwares de SIG disponíveis no mercado

SIG (Fabricante)	Estrutura de dados	Banco de Dados	Sistema operacional	Observações
APIS\IC (APIC Systems)	Vetorial, Matricial	Orientado a objeto	UNIX, Windows	Produzido na França, tem muitas instalações na Euro- pa
ARC/INFO (ESRI)	Vetorial Topológica, Matricial	Relacional	UNIX, Windows	Produtos complementares incluem o ArcCAD (apoiado em AutoCAD) e o ArcView (ferramenta de consulta)
Autodesk World (AutoDesk)	Vetorial	Relacional	Windows	Capaz de ler diretamente arquivos de diversos SIG
DBMapa (MaxiData)	Vetorial	xBASE	Windows	Apoiado no MaxiCAD
Genasys (Genasys)	Matricial vetorial	Relacional	UNIX, Windows	–
GIS Plus (Caliper)	Vetorial	Relacional	Windows	O TransCAD , especializado em transportes, é baseado no GIS Plus
IDRISI (Clark University)	Matricial	Proprietário	Windows	Muito voltado para aplica- ções ambientais
MapInfo (MapInfo)	Vetorial	Proprietário, xBASE	Windows	Principalmente utilizado como ferramenta de <i>Desk- top Mapping</i>
Maptitude (Caliper)	Matricial vetorial	Relacional	Windows	Mais usado como <i>Desktop Mapping</i>
MGE (Intergraph)	Vetorial matricial	Relacional	UNIX, Windows	Baseado no sistema de CAD MicroStation
SPRING (INPE)	Vetorial, Matricial	Relacional	UNIX, Windows	Permite uma integração en- tre vetores e imagens
Vision*GIS (System House)	Vetorial matricial	Relacional	UNIX	Pioneiros no armazenamen- to de gráficos dentro do banco de dados relacional

Fonte: Adaptado de DAVIS & CÂMARA (2001)

6.4. Aplicabilidade do SIG

Os SIG surgiram nos anos 60, quando pesquisadores e estudantes universitários buscavam representar a geografia da Terra, utilizando uma base de dados geográfica, e

depois exibí-la em um terminal de saída de um computador: monitor, impressora (KORTE, 1997). Segundo FONTES (2001), como evolução de sua utilização, observou-se nos anos 70 sua aplicação como instrumento de gerenciamento de informações geográficas e, na última década, devido à necessidade de manipular um maior volume de dados em uma variedade de situações, vem-se desenvolvendo como um Sistema de Apoio à Decisão (SAD).

Dentro deste contexto e da logística, o SIG tem diversas aplicações. NAZÁRIO (1998) destaca a análise de sistemas logísticos e o uso em Sistemas de Apoio à Decisão Espacial (SADE). O uso de SAD tem aumentado significativamente na logística. Estes sistemas podem ser definidos como de apoio à decisão logística, utilizando dados espaciais, e são caracterizados pela conjunção de sistemas especialistas com ferramentas SIG. Os *softwares* de localização e de roteirização estão dentro desta classe.

No processo de planejamento, a aplicação do SIG pode ser localizada como sendo no nível de decisão estratégica como observado em KLISKEY (1995), observe a **FIGURA**

Fonte: Adaptado de KLISKEY (1995)

FIGURA 6.4 – SIG no processo de decisão no planejamento estratégico

---

6.4. O autor também enfatiza que o SIG tem a capacidade de resolver questões ambientais, visto a possibilidade de projetar cenários do meio ambiente e suas mudanças, em função da facilidade do sistema de manipular dados.

Segundo SILVA (1998), o SIG é capaz de gerar informações que permitem chegar em soluções de modo rápido e preciso para vários problemas, auxiliando no processo de tomada de decisões em diversos campos de conhecimento, tais como: geologia, hidrologia, agricultura, engenharia civil, a de transportes, urbana, de minas, etc.

Logo, o SIG é um instrumento capaz de auxiliar na tomada de decisões no nível de planejamento estratégico, e dentro de um contexto da solução de problemas ambientais, através da geração de informações instantâneas, para a elaboração e escolha de alternativas. Baseado nestas possibilidades, o *software* TransCAD é utilizado nesta pesquisa. Pois, ele é uma poderosa ferramenta SIG voltada a transportes, um SIG-T, que possui as rotinas logísticas de localização de facilidades, roteirização e programação de veículos.

---

7. MATERIAIS E MÉTODO

Neste capítulo é exposto o método desenvolvido para atingir o objetivo de avaliar os sistemas consorciados de destinação de RSU em aterros sanitários, através de análises logísticas com o auxílio de uma ferramenta SIG.

7.1. Sobre o método

O método aplicado nesta pesquisa servirá como base de apoio à decisão na análise e consolidação de sistemas consorciados para destinação de RSU. A pesquisa tem o enfoque no planejamento logístico, no nível estratégico, para auxiliar as decisões de localização de aterros e de transporte dos RSU. É importante destacar que o método empregado é apenas uma das ações necessárias, dentro de uma diversidade de atividades para alcançar o gerenciamento integrado de RSU.

Nesta pesquisa, parte do trabalho foi desenvolvida dentro de um ambiente SIG. O *software* que foi utilizado como ferramenta foi o SIG-T TransCAD da *Caliper Corporation*, versão 3.2. Este *software* específico para atividades de transporte possui, além das funções básicas de uma ferramenta SIG, heurísticas específicas para solucionar os problemas de roteirização e programação de frota, bem como os de localização de instalações.

A manipulação de alguns dados necessários na importação para o TransCAD, dimensionamento de fases do processo, bem como a análise de custos, foram realizados com o auxílio de planilhas do *Microsoft Excel 2000*.

O fluxograma do método de trabalho é representado na **FIGURA 7.1**. Ele foi desenvolvido dentro de conceitos apresentados na revisão bibliográfica. Nesta figura está representado desde o reconhecimento do problema, até a avaliação final do sistema

---

FIGURA 7.1 – Fluxograma do método

escolhido para resolvê-lo. Nas fases intermediárias, têm a aquisição de dados, os dimensionamentos dos processos de coleta, dos aterros e das estações de transferência (ETs), as análises logísticas com o TransCAD e o cálculo dos custos considerados.

Os resultados do método criado são os valores de custos de diversas configurações elaboradas do sistema consorciado intermunicipal, que são avaliados para que as de-

vidas decisões sobre o gerenciamento dos RSU possam ser tomadas. Para se alcançar os resultados, primeiro, é necessário definir o horizonte de planejamento, para direcionar a aquisição dos dados que caracterizam a área de estudo, neste período. Conforme o método, com as informações obtidas, faz-se o dimensionamento das componentes do sistema: aterros, ETs, coleta dos RSU; além de importar os dados georeferenciados para o *software* TransCAD. E dentro do ambiente SIG, se definem as diversas situações para o sistema, que serão analisadas através das rotinas logísticas de localização e roteirização do TransCAD. Na sequência, através dos resultados intermediários dos dimensionamentos e das análises no TransCAD, se faz os cálculos de custos das diversas situações elaboradas, para que finalmente se possa avaliar quantitativamente os sistemas consorciados.

Nos itens subseqüentes cada atividade do método é descrita com mais detalhe.

7.2. Definições estratégicas

Neste método, para a solução dos problemas de destinação inadequada dos RSU, foi previsto o sistema consorciado intermunicipal para o horizonte de 15 anos, ou seja, o planejamento é de caráter estratégico. As ações previstas envolvem o dimensionamento da coleta de RSU nas cidades, o transporte pós-coleta até o destino final e a disposição em aterros sanitários.

O dimensionamento da coleta foi estimado de modo teórico, pois as cidades de pequeno porte não possuem dados confiáveis, ou simplesmente não os têm. Assim, mesmo que simplificado, elaborou-se uma estratégia para o seu dimensionamento. Dentro do horizonte de 15 anos de planejamento, o dimensionamento da coleta foi realizado para cada intervalo de 5 anos.

O transporte pós-coleta é diferenciado de acordo com cada situação, isto é, pode existir o transporte com o veículo de coleta direto até o aterro ou até uma ET, de onde um veículo de transbordo, com maior capacidade, realiza a consolidação de carga e percorre o restante do trajeto até o aterro. O dimensionamento do transporte foi realizado através de análises logísticas no TransCAD.

Como elemento intermediário que influi no custo de transporte, foi considerada a possibilidade de se ter ETs para consolidar o RSU, antes de transportá-lo até os aterros. As estações foram dimensionadas para serem de pequeno porte, e com silos de acúmulo de material para amortizar a variação da quantidade de RSU ao longo de uma semana.

Para a destinação do RSU, o aterro sanitário foi escolhido como solução adequada. Sendo que, para a capacidade de aterro de até 10t/dia de RSU, a solução escolhida foi a de aterro em vala e acima deste valor adotou-se o aterro convencional de superfície.

Os dimensionamentos foram realizados com auxílio de planilhas do Excel.

7.3. Aquisição de dados

Os dados fundamentais necessários neste método são aqueles relativos aos que caracterizam a área de estudo: os dados espaciais georeferenciados e informações gerais dos municípios.

7.3.1. Dados georeferenciados

Para utilização da ferramenta SIG, o TransCAD, nas análises logísticas de localização de aterros e roteirização de veículos, foi necessário adquirir dados espaciais na forma de mapas digitais com georeferenciamento da área de estudo.

O mapa adquirido para a pesquisa é do Departamento de Estradas de Rodagem do Estado de São Paulo (DER-SP), (SÃO PAULO, 2000b). Este mapa está em CD ROM, na forma de arquivo digital denominado mapa_rodoviário em formato (*.dgn), gerado através do MicroStation na versão SE. O arquivo utilizado já se encontrava convertido no formato AutoCAD 2000 (*.dwg), cuja cópia estava disponível no Departamento de Transportes da Escola de Engenharia de São Carlos da Universidade de São Paulo (EESC – USP), onde se desenvolveu a presente pesquisa. Detalhes sobre o arquivo do DER-SP estão no **ANEXO B**.

Este mapa contém as localizações das cidades e as rodovias que as interligam, além dos limites da zona urbana das cidades, e a representação das mananciais superficiais (rios, lagos, córregos, etc). Estes dois últimos dados foram úteis para que a localização das instalações fosse mais realista. Isto é, os locais que se encontrassem dentro destas áreas foram excluídos, de forma que não ocorresse a localização de aterros em local impróprio.

7.3.2. Dados gerais dos municípios

i) População

Para se conseguir os valores de RSU produzidos nas cidades, foi indispensável obter os valores de população. Inicialmente foi necessário determinar a população residente na área urbana das cidades. A população residente nas cidades, para o ano de 2000, foi obtida através de consulta à “Tabela 202 - *População residente por sexo e situação*” do IBGE (2000b).

Como as cidades do estudo de caso se localizavam em uma região de grande potencial turístico, foi necessário determinar também a população flutuante. Para se obter este dado, foi necessário fazer algumas suposições, pois não foi encontrado um banco de dados com estas informações. Assim, foi realizada uma pesquisa bibliográfica para encontrar um método para estimar estes valores. Dentro da literatura pesquisada, GODINHO (1988) sugere um método de cálculo da população flutuante, que se hospeda em domicílios particulares de uso ocasional, dado este que está contemplado no censo do IBGE. O domicílio de uso ocasional é “*o domicílio particular permanente que na data de referência servia ocasionalmente de moradia, ou seja, usado para descanso de fins de semana, férias ou outro fim, mesmo que, na data de referência, seus ocupantes ocasionais estivessem presentes*” (IBGE, 2000e). Para o caso dos domicílios coletivos (hotéis, pousadas, etc), GODINHO (1988) diz que é de fácil estimativa, pois bastaria somente o levantamento das vagas máximas disponíveis. E a população seria determinada pelo número de vagas nas hospedagens, mais o produto do número de domicílios ocasionais pela taxa de ocupação domiciliar do IBGE para cada localidade.

Neste trabalho, para as cidades conhecidas pela sua qualidade turística, foi determinado o número de vagas em hospedagens, através de consulta por telefone e páginas oficiais das cidades na internet. Com este valor, estimou-se parte da população flutuante, considerando que cada vaga representasse uma pessoa. E, além disso, com base no número de domicílios de uso ocasional nas cidades, encontrado na “Tabela 1310 - *Domicílios recenseados por espécie e situação do domicílio*” (IBGE, 2000a), e a ocupação média dos domicílios da “Tabela 1311 - *Número de domicílios e média de moradores em domicílios particulares ocupados*” (IBGE, 2000a), calculou-se o restante da população flutuante. Na **TABELA 7.1** apresenta-se o esquema da estimativa da população flutuante, e os itens considerados.

Determinada a população em um ano específico, a fase seguinte foi a de determinar a população ao longo do horizonte de planejamento de 15 anos: 2003 até 2017. Para isto, calculou-se a taxa de crescimento populacional. Como não existiam valores específicos desta taxa para as cidades do estudo de caso, utilizou-se como referência a taxa de crescimento populacional para o Estado de São Paulo. O IBGE (2000c) fornece as taxas de crescimento para as unidades da federação, somente até o ano de

TABELA 7.1 – Estimativa da População Flutuante - 2000

Cidades	Domicílios Ocasionais (domic) ⁽¹⁾	Média de moradores (hab/domic) ⁽²⁾	População Ocasional (hab)	Vagas em Hospedagens (vagas) ⁽³⁾	População Flutuante (hab)
Águas de São Pedro	626	3,01	1.885	1.702	3.587
Analândia	275	3,56	979	256	1.235
Barra Bonita	264	3,53	932	1.308	2.240
Brotas	466	3,46	1.613	2.287	3.900
Charqueada	238	3,76	895	-	895
Corumbataí	35	3,45	121	-	121
Dois Córregos	331	3,47	1.149	-	1.149
Ipeúna	272	3,55	966	-	966
Itirapina	1.145	4,12	4.718	-	4.718
Mineiros do Tietê	289	3,66	1.058	-	1.058
Santa Maria da Serra	23	3,66	85	-	85
São Pedro	695	3,43	2.384	1.787	4.171
Torrinha	77	3,44	265	-	265

Fonte: ⁽¹⁾ Tabela 1310 - Domicílios recenseados por espécie e situação do domicílio (IBGE, 2000a)

⁽²⁾ Tabela 1311 - Número de domicílios e média de moradores em domicílios particulares ocupados (IBGE, 2000a)

⁽³⁾ Dados levantados através de pesquisa nas páginas oficiais dos municípios reconhecidos como turísticos (estâncias hidromineral, turística, climática, etc) e consultas por telefone.

2010, sendo necessário estimar para os demais anos, para que se complete os 15 anos. Para isto, utilizou-se como referência, a taxa de crescimento do Brasil estimada pelo IBGE (2000d) até o ano de 2050. Analisando os dados do IBGE, verificou-se que a taxa para o Estado de São Paulo é sempre maior que a do Brasil, sendo que a diferença está caindo ao longo dos anos. Assim, realizou-se primeiro o estudo de tendência para a diferença entre as taxas de São Paulo e do Brasil até o ano de 2020. A partir disto, projetou-se a taxa que faltava para o Estado de São Paulo entre os anos de 2010 e 2020, somando-se na taxa existente para o Brasil, a tendência da diferença entre as taxas do Brasil e São Paulo, neste período. Este estudo está representado no gráfico da **FIGURA 7.2**.

ii) Produção de RSU

Para dimensionar a coleta de RSU, os aterros e as ETs, é preciso saber as quantidades de RSU produzidas nas cidades. Para determinar estes dados, foram utilizados os valores de geração *per capita* indicados pelo *Manual de Gerenciamento Integrado de Resíduos Sólidos* elaborado pelo Instituto Brasileiro de Administração Municipal (IBAM), com o patrocínio da Secretaria Especial de Desenvolvimento Urbano da Presidência da República (SEDU/PR), (ZVEIBIL, 2001). Estes valores são apresentados

FIGURA 7.2 – Gráfico da Projeção da Taxa de Crescimento Populacional do Estado de São Paulo (2010 até 2020)

TABELA 7.2 – Faixas mais utilizadas da geração *per capita* de Resíduos Sólidos

Tamanho da Cidade	População urbana (hab)	Geração <i>per capita</i> (kg/hab/dia)
Pequena	Até 30 mil	0,50
Média	De 30 mil a 500 mil	De 0,50 a 0,80
Grande	De 500 mil a 5 milhões	De 0,80 a 1,00
Megalópole	Acima de 5 milhões	Acima de 1,00

Fonte: ZVEIBIL (2001)

na **TABELA 7.2**. O produto deste valor pela população determinada anteriormente, é igual a produção de RSU. No caso do cálculo do RSU produzido pela população flutuante, considerou-se um acréscimo de 70% para os dimensionamentos, como sugerido no manual do IBAM (ZVEIBIL, 2001). Segundo este manual, os turistas produzem esta porcentagem a mais de resíduos em relação aos moradores locais. Com base neste cálculo, chegou-se a capacidade produtiva diária de RSU da população residente e turística.

Como a geração de resíduos pela população flutuante ocorre em dias de feriado, finais de semana e férias, foi necessário determinar a ocorrência destes dias ao longo dos 15 anos, para calcular a produção de RSU da cidade, de forma realista. Assim, trabalhou-se com ‘semanas padrões’ como são descritas na **TABELA 7.3**. A ocorrência destas semanas, ao longo dos anos deste estudo, pode ser observada no **APÊNDICE A**.

TABELA 7.3 – Semanas padrões utilizadas no cálculo da geração de RSU para os dimensionamentos ao longo dos 15 anos de planejamento

Semanas Padrões	Dias da Semana ⁽¹⁾							Dias de feriado Oficial / férias
A	DOM	SEG	TER	QUA	QUI	SEX	SÁB	Sem feriado ou férias
B	DOM	SEG	TER	QUA	QUI	SEX	SÁB	Feriado Oficial na segunda
C	DOM	SEG	TER	QUA	QUI	SEX	SÁB	Feriado Oficial na terça-feira ⁽²⁾
D	DOM	SEG	TER	QUA	QUI	SEX	SÁB	Feriado Oficial na quarta-feira
E	DOM	SEG	TER	QUA	QUI	SEX	SÁB	Feriado Oficial na quinta-feira ⁽²⁾
F	DOM	SEG	TER	QUA	QUI	SEX	SÁB	Feriado Oficial na sexta-feira
G	DOM	SEG	TER	QUA	QUI	SEX	SÁB	Semana de férias

⁽¹⁾ Nos dias, em **negrito**, somou-se na produção de RSU normal a da população flutuante (turistas).

⁽²⁾ Quando o feriado é na terça e na quinta, considerou-se que existe um feriado prolongado.

Com base na informação de quanto os residentes ou turistas são capazes de produzir em um determinado dia de uma semana padrão, e tendo o conhecimento da ocorrência de cada tipo de semana padrão ao longo dos 15 anos, determinou-se a produção de RSU nas cidades. E derivado deste dado, determinou-se também, a taxa média de crescimento da produção de resíduos nas cidades ao longo dos anos, com data base de referência no primeiro ano, 2003. Este dado foi necessário para o dimensionamento dos aterros.

iii) Malha viária urbana da cidade

Para o dimensionamento da coleta nas cidades, foram levantadas as plantas das malhas viárias de todas as sedes urbanas. Através delas, pôde-se determinar a distância percorrida na atividade de coleta, fazendo-se a medição manualmente nas plantas. Porém, nem toda a malha é percorrida pelos veículos de coleta, pois existem muitos loteamentos inabitados, sem serviço de coleta, com caráter de especulação imobiliária. Para fazer um ajuste nos valores, tomou-se como base os dados fornecidos pelas prefeituras sobre os terrenos vazios, sem construção, existentes na cidade. Cadastro este que existe para a cobrança de IPTU nas cidades.

Como não havia dados nos municípios, sobre a quilometragem real de coleta, foi necessário adotar uma estratégia. Para a cidade que tivesse a menor porcentagem de terrenos vazios, considerou-se que não havia redução na quilometragem de coleta, ou seja, a coleta seria realizada em toda a extensão da malha viária urbana. E, para a cidade que teve a maior porcentagem de terrenos vazios, foi possível levantar, junto a prefeitura da cidade, os bairros vazios, e assim pôde-se medir, em planta, a malha real de coleta. Deste modo, havia dois pontos extremos indicando a porcentagem de redução na malha viária total. Com isto, relacionando a redução na malha viária com a porcentagem de terrenos vazios, projetou-se linearmente a redução na malha total para as demais cidades, para se obter a malha de coleta. Esta estimativa pode ser observada na **TABELA 7.4**.

Após determinar a malha de coleta das cidades, calculou-se o crescimento desta malha, visto que o período de 15 anos é longo e não poderia ser considerado constante. Assim, como não se encontrou na literatura um método que determinasse esse crescimento, foi adotada uma taxa de crescimento da malha como sendo a mesma taxa de

TABELA 7.4 – Cálculo da quilometragem da malha viária de coleta de RSU

Cidades	Terrenos		Vazios		Malha Total (km)	Redução na malha (%) ⁽⁴⁾	Malha Coleta (km)
	Total	Ocupados	Vazios	(%)			
Analândia	3.570	1.300	2.270	63,59%	62,03	26,91%	45,34
São Pedro	21.000	8.286	12.714	60,54%	154,33	25,18%	115,46
Águas de São Pedro	3.327	1.427	1.900	57,11%	56,55	23,24%	43,41
Brotas	10.211	4.935	5.276	51,67%	112,78	20,16%	90,05
Ipeúna	2.700	1.378	1.322	48,96%	22,50	18,62%	18,31
Charqueada	5.110	3.006	2.104	41,17%	44,87	14,21%	38,49
Corumbataí	880	520	360	40,91%	11,30	14,06%	9,71
Mineiros do Tietê	5.920	3.910	2.010	33,95%	55,19	10,12%	49,61
Santa Maria da Serra	1.936	1.285	651	33,63%	22,46	9,93%	20,23
Torrinha	3.400	2.402	998	29,35%	40,82	7,51%	37,75
Dois Córregos	9.111	6.854	2.257	24,77%	121,68	4,92%	115,70
Barra Bonita	13.000	10.000	3.000	23,08%	239,11	3,96%	229,65
Itirapina (Broa)	1.503	1.261	242	16,10%	18,02	0,00%	18,02
Itirapina (Cidade)	3.529	2.961	568	16,10%	42,31	0,00%	42,31

⁽²⁾ Vazio máximo:	Analândia	63,59%	62,03	26,91%	45,34
⁽³⁾ Vazio mínimo:	Itirapina	16,10%	60,33	0,00%	60,33

⁽¹⁾ Dado fornecido pelo setor de cadastro de IPTU das Prefeituras dos municípios.

⁽²⁾ Para a cidade com vazio máximo, a redução na malha foi medido em planta.

⁽³⁾ Para a cidade com vazio mínimo, a redução na malha foi adotado como nenhuma.

⁽⁴⁾ Para as demais cidade, a redução na malha foi calculado através de uma relação linear entre a porcentagem de vazios e a redução, tendo os valores máximos e mínimos definidos anteriormente.

crescimento da população. Isto significa que a variação da densidade demográfica ao longo do período de planejamento não foi considerada.

iv) Coordenadas geográficas e distâncias entre as cidades

Os dados georeferenciados fornecidos pelo DER-SP, mesmo corretos, poderiam ser distorcidos na fase de importação para o TransCAD. Para aferir a correta transferência destes dados para o SIG, foi necessário adquirir dois dados: as coordenadas geográficas das cidades e a distância entre elas. As coordenadas oficiais de longitude e latitude foram conseguidas através do IBGE (2001). Já, as distâncias entre alguns municípios foram obtidas com a leitura do hodômetro do veículo, aproveitando o trajeto realizado para adquirir a planta da malha viária dos municípios. Estes dados foram confrontados com os obtidos no TransCAD, após a importação do mapa da área de estudo.

7.4. Dimensionamento da coleta de RSU nas cidades

Houve uma tentativa inicial de levantar os dados de coleta das cidades, porém as prefeituras não possuíam, em sua maioria, a manutenção destas informações. Isto se deve ao fato dos municípios serem de pequeno porte, e assim, não apresentarem estrutura ou mesmo a consciência da necessidade de manter estes dados. Na falta desta informação, foi elaborado um procedimento para dimensionar teoricamente a coleta nas cidades.

O dimensionamento da coleta foi realizado para três períodos diferentes: 2003 até 2007, 2008 até 2012 e 2013 até 2017. Com a coleta dimensionada foi possível derivar informações para localizar os aterros, dimensionar o transporte dos resíduos até os destinos (aterros e ETs) e compor a planilha de custos da coleta.

A primeira etapa no dimensionamento da coleta foi definir a frequência e os setores de coleta. Para que se tivesse uma qualidade de serviço para as cidades em estudo, turísticas em sua maioria, foi levantada a necessidade de que a frequência de coleta fosse diária nos centros das cidades, e em dias alternados nos demais setores. Para a divisão dos setores e determinação das respectivas áreas, foi adotada a condição encontrada na **TABELA 7.5**. Pelo critério adotado, as cidades foram divididas em 3 setores: centro, setor A e setor B. Sendo que 1/4 (25%) da área urbana com coleta é considerada como o centro. E o restante é dividido em duas partes, cada qual com 3/8 (37,5%). Tanto a malha de coleta como a produção básica de RSU foi dividida proporcionalmente ao tamanho do setor, com exceção dos resíduos excedentes, característi-

TABELA 7.5 – Critérios utilizados para divisão nos setores de coleta

Setores	Divisão da malha de coleta	Divisão da produção de RSU			Dias de coleta na semana
		População residente	População flutuante (Turistas)		
		Básica ⁽¹⁾	Básica ⁽¹⁾	Excedente de 70% ⁽²⁾	
Centro	1/4	1/4	1/4	1/2	SEG - SÁB
A	3/8	3/8	3/8	1/4	SEG / QUA / SEX
B	3/8	3/8	3/8	1/4	TER / QUI / SAB

⁽¹⁾ A Produção básica de RSU é obtida multiplicando a população pela geração *per capita* (ZVEIBIL, 2001).

⁽²⁾ Os turistas geram um excedente de 70% de resíduos além da produção básica, equivalente a população residente (ZVEIBIL, 2001).

cos de atividades dos turistas. Neste caso, foi considerado que 1/2 (50%) deste excedente gerado se concentrava no centro das cidades – em restaurantes, lanchonetes, lojas – e a outra metade seria produzido igualmente nos demais setores. A produção básica de RSU, indicada na **TABELA 7.5**, é aquela calculada a partir do produto da geração *per capita* pela população.

Depois de definida a frequência e os setores de coleta, a quantidade diária coletada foi determinada para cada semana padrão. Para isto, foi necessário seguir a distribuição da geração dos resíduos e o acúmulo destes nos dias de coleta ao longo de cada semana padrão, como é descrito na **TABELA 7.6**. Para esclarecer a tabela, considere como modelo a semana padrão E. Neste tipo de semana, o feriado caiu na quinta-feira, assim, é considerado que existe um feriado prolongado na sexta. No domingo e no sábado, sempre haverá turistas, e com o feriado, têm-se também na quinta e na sexta. Assim, nestes quatro dias, haverá a produção de resíduos da população residente e de turistas, e esta geração foi denominada de PICO. Nos demais dias, a produção foi considerada NORMAL. Para exemplificar a quantidade coletada, na segunda-feira desta mesma semana padrão E, no setor A, terá o acúmulo dos resíduos produzidos no sábado, no domingo e na segunda, ou seja, a produção de 2 dias de PICO e 1 dia NORMAL.

Para o cálculo das horas de trabalho, dois parâmetros de cálculo foram adotados: taxa de repetição da coleta e a velocidade dos veículos. Estes dados foram adotados com base nos dados da dissertação de DELUQUI (1998), na qual se estudou a roteirização de veículos de coleta utilizando o TransCAD. Através de questionários, a autora conseguiu os valores da velocidade de coleta de aproximadamente 30 cidades de médio porte. A média destes valores foi de 11,53 km/h. Além deste dado, DELUQUI (1998) determinou, para o estudo de caso de seu trabalho, que a repetição do percurso em ruas já coletadas era na média de 35%, valor este obtido utilizando-se o TransCAD. Apesar destes valores não terem sido medidos nas pequenas cidades do estudo de caso, estes foram utilizados como referência para os cálculos, por serem únicos.

TABELA 7.6 – Produção de RSU e o acúmulo nos dias de coleta

Semana	Dias da semana:	DOM	SEG	TER	QUA	QUI	SEX	SAB	TOTAL
Padrão	Produção de RSU ⁽¹⁾ :	P	N	N	N	N	N	P	P N
	Coleta de RSU ⁽²⁾ :		P N	P N	P N	P N	P N	P N	P N
A	CENTRO		1 1	0 1	0 1	0 1	0 1	1 0	2 5
	Setor A		2 1		0 2		0 2		2 5
	Setor B			1 2		0 2		1 1	2 5
B	CENTRO		2 0	0 1	0 1	0 1	0 1	1 0	3 4
	Setor A		3 0		0 2		0 2		3 4
	Setor B			2 1		0 2		1 1	3 4
C	CENTRO		2 0	1 0	0 1	0 1	0 1	1 0	4 3
	Setor A		3 0		1 1		0 2		4 3
	Setor B			3 0		0 2		1 1	4 3
D	CENTRO		1 1	0 1	1 0	0 1	0 1	1 0	3 4
	Setor A		2 1		1 1		0 2		3 4
	Setor B			1 2		1 1		1 1	3 4
E	CENTRO		1 1	0 1	0 1	1 0	1 0	1 0	4 3
	Setor A		2 1		0 2		2 0		4 3
	Setor B			1 2		1 1		2 0	4 3
F	CENTRO		1 1	0 1	0 1	0 1	1 0	1 0	3 4
	Setor A		2 1		0 2		1 1		3 4
	Setor B			1 2		0 2		2 0	3 4
G	CENTRO		2 0	1 0	1 0	1 0	1 0	1 0	7 0
	Setor A		3 0		2 0		2 0		7 0
	Setor B			3 0		2 0		2 0	7 0

P = PICO: Produção de resíduos em dias com turistas (resíduos da população residente + flutuante)

N = NORMAL: Produção de resíduos em dias sem turistas (resíduos da população residente)

⁽¹⁾ De acordo com a semana padrão, são os dias que tem produção de pico ou normal

⁽²⁾ De acordo com a semana padrão, são os acúmulos das produções de pico e normal no dia de coleta

No dimensionamento da coleta, foram considerados veículos com capacidade de carga de 5 t, e em alguns casos, de 3 t. Conhecendo-se a distribuição da quantidade diária coletada de RSU para cada semana padrão e cada setor de coleta, buscou-se uma frota padrão para cada cidade, com o menor número possível de veículos e viagens

necessárias até o destino (aterros ou ETs), para conseguir atender a demanda de RSU e realizar o serviço dentro da jornada de trabalho padrão de 7h 20min (sete horas e vinte minutos). Conhecendo-se a velocidade de coleta, a quilometragem percorrida com repetição e a frota, calculou-se as horas trabalhadas por veículo.

O dimensionamento da coleta teve como objetivo, determinar os seguintes dados, que foram utilizados em outros cálculos do trabalho:

- frota de veículos de coleta;
- número de viagens da frota;
- horas de trabalho: jornada padrão diária até 7h 20min e possíveis horas extras;
- quantidade de resíduos coletados nos dias das semanas padrões, para dimensionar a capacidade de acúmulo das ETs.

7.5. Pré-processamento de dados no SIG

Nesta fase os dados espaciais e não-espaciais necessários para as análises de localização e roteirização no TransCAD foram organizadas de forma sistemática, para fácil gerenciamento. Nos próximos itens, estão descritos estes dados.

7.5.1. Dados espaciais

Para converter o mapa digital adquirido do DER-SP para arquivos geográficos do TransCAD, foram necessárias algumas manipulações no arquivo realizadas no AutoCAD 2000. Primeiro, foi necessário retirar os dados espaciais excedentes antes de isolar as informação em 3 camadas (*layers*): as vias com os nós, as áreas urbanas e a representação das águas superficiais (rios, lagos, represas, etc).

No primeiro *layer*, com os arcos que representariam as rodovias e os nós que seriam os centros geográficos das cidades, foram mantidos os elementos que somente representavam a área do estudo de caso. Para que não haja inconsistência ao importar o arquivo para o TransCAD, todas as conexões entre os arcos foram verificadas manualmente. Como o mapa rodoviário apresentava somente as rodovias e não as vias urbanas, foram criados arcos lineares entre o nó que representava o centro geográfico

da cidade até a intersecção da rodovia mais próxima. Além disso, através do comando *divide* e *break* do AutoCAD, as vias da área de estudo foram divididas em segmentos de aproximadamente 2 km, para se criar os pontos ao longo das rodovias, onde se poderia local os nós candidatos para aterros e ETs.

As áreas urbanas e as representações das águas superficiais foram isoladas cada qual em um *layer*. Como apresentado anteriormente, através destas informações foram selecionados no TransCAD somente os nós onde não teriam restrições para localizar os aterros sanitários e ETs.

7.5.2. Dados não-espaciais

Os atributos, ou dados não-espaciais, são arquivos que são anexados posteriormente aos arquivos geográficos do TransCAD, para acrescentar informações necessárias utilizadas nas análises logísticas. As informações de interesse deste trabalho estavam relacionadas aos nós que representavam as cidades e aterros, e aos arcos que retratavam as rodovias.

No caso dos nós, os seguintes atributos foram organizados neste trabalho:

- *Nomes das cidades da área de estudo nos nós que os representam.* Este dado foi inserido, por digitação, diretamente nas tabelas do arquivo geográfico dos nós. Esta informação serviu, além de indicar visualmente os locais nas saídas gráficas, como referência para conectar outras tabelas com informações ao arquivo geográfico;
- *Número total de viagens dos veículos coletores de RSU determinado com o dimensionamento da coleta para cada cidade.* Para inserir esta informação no TransCAD, foi criada uma tabela no Excel e exportado na forma de arquivo com extensão *.dbf. O número de viagens foi utilizado como peso na localização de aterros na situação em que foi considerado que o transporte até os aterros, seria realizado com os próprios veículos de coleta, ou seja, sem as ETs;
- *A quantidade de RSU a ser coletada nos nós que representam as ETs.* Este dado também foi criado no Excel e exportado em arquivo *.dbf. Este dado foi utilizado para realizar a roteirização do veículo de transporte, que faz a coleta nas ETs. Ele limita o tamanho da rota, através da capacidade do veículo.

No caso dos arcos, as seguintes informações foram estruturadas:

- Classificação das vias segundo o DER-SP. Este dado foi digitado diretamente na tabela do arquivo geográfico dos arcos que representavam as rodovias. A hierarquização das vias foi necessária apenas para servir de referência para escolher a velocidade de tráfego adotada para os veículos. Esta classificação já se encontrava representada no mapa rodoviário do DER-SP.
- Velocidade de tráfego de caminhão nas rodovias. Esta informação também foi digitada diretamente na tabela. A escolha das velocidades foi feita de modo subjetivo, de acordo com a hierarquia, situação das rodovias e o porte do caminhão, de modo que representasse melhor a realidade.

Além dos dados relacionados aos nós e arcos, o TransCAD tem como entrada outra tabela para que se façam as análises de roteirização. Esta tabela possui dados sobre os veículos de transporte dos resíduos das ETs, ou das cidades, até os aterros. Esta tabela pode ser criada através do TransCAD, bem como ser criada em Excel e depois importado para o TransCAD como arquivo de extensão *.dbf.

7.6. Gerenciamento de dados: importação para o TransCAD

Após a aquisição dos dados e o seu pré-processamento, o passo seguinte dentro do SIG foi o de importar os dados espaciais da área de estudo para o TransCAD: sedes urbanas, rodovias, áreas urbanas e águas superficiais. Para isto, inicialmente adequou-se o arquivo de saída do AutoCAD para que seja compatível com o TransCAD, exportando-o no formato *.dxf.

Na sequência, foram definidos os parâmetros para a importação do arquivo no TransCAD. O arquivo original do DER-SP foi criado dentro do sistema de projeção policônica (SÃO PAULO, 2000b). Porém, o TransCAD utilizado nesta pesquisa não reconhece esta projeção. Assim, como alternativa, foram utilizadas 3 coordenadas geográficas conhecidas como referência para a importação do arquivo no TransCAD. Este software permite a importação arbitrária dos dados espaciais, através do relacionamento de 3 coordenadas cartesianas XY com as respectivas coordenadas globais de longitude e

FIGURA 7.3 – Os pontos de controle escolhidos para importação dos dados espaciais para o TransCAD.

latitude das localidades (**FIGURA 7.3**). Para que reduzisse as distorções, foram escolhidas 3 coordenadas formando um triângulo onde a área de interesse estivesse contida. A visualização dos pontos de controle escolhidos pode ser obtida pela **FIGURA 7.4**.

Como salientado anteriormente, para avaliar a qualidade da importação, foram confrontados os valores das coordenadas globais oficiais de latitude e longitude das cida-

FIGURA 7.4 – Triangulação formada pelos pontos de controle escolhidos para importação do mapa rodoviário do DER-SP.

des, encontrados no IBGE (2001), com aquelas que o TransCAD forneceu após a importação do arquivo do AutoCAD. Outro parâmetro utilizado, para fazer a mesma análise, foi a da distância entre as localidades, confrontando a leitura da distância no hodômetro do carro com as fornecidas pelo TransCAD.

7.7. Seleções de locais sem restrições

Na literatura, GUIMARÃES (2000), entre outros autores, utilizaram o SIG para trabalhar com as restrições geoambientais e identificar as áreas potenciais para instalação de aterros sanitários. Para atender a estas restrições, o autor considerou aspectos geotécnicos, geológicos, hidrológicos, entre outros. Outros trabalhos específicos podem ser vistos também em RANIERI (2000), CINTRA & BARRETO (1997), GRECCHI (1998). Porém, nesta pesquisa, todos os fatores geoambientais não puderam ser encontrados na forma de dados georeferenciados, limitando-se às restrições do zoneamento urbano e corpos d'água.

Segundo a CETESB (SÃO PAULO, 1997a), a distância mínima recomendada para instalação de aterros sanitários em relação aos corpos d'água é de 200m e de 2.000m no caso de áreas urbanizadas.

Para que estas restrições pudessem ser manipuladas com o auxílio do TransCAD, após a importação dos dados espaciais, foi necessário utilizar algumas ferramentas. Para fazer a seleção dos nós ao longo das rodovias sem restrições para localização dos aterros no TransCAD, utilizou-se a ferramenta *Bands*, com a qual foram criadas as áreas restritas, conforme critérios da CETESB (SÃO PAULO, 1997a). E com a ferramenta *Selection by Location* do TransCAD, os nós potenciais para localização de aterros foram escolhidos. As áreas restritas e os nós escolhidos podem ser visualizados na **FIGURA 7.5**.

FIGURA 7.5 – Escolha de nós fora das restrições de zona urbana e águas superficiais.

7.8. Definição das situações

Para a localização dos aterros, foi necessário estabelecer as situações em que o sistema poderia ser configurado. Foram identificadas para este trabalho, dois parâmetros que definiram as situações possíveis. Um deles foi a consideração da existência, ou não, de Estações de Transferências no sistema, e o outro foi o número de aterros.

A ET modifica as análises de localização, pois, com a consolidação de carga de resíduos, a visita pelo caminhão de transporte é única para cada localidade, no caso deste trabalho. Isto significa que, na análise de localização dos aterros nesta situação, não se considera a adoção de nenhum peso para as localidades. Já, no caso sem as estações, onde o próprio caminhão de coleta transporta os resíduos até os aterros, o peso considerado é o número de viagens realizadas. Isto significa que a cidade com o maior número de viagens dos veículos coletores até o aterro tem peso maior, e o aterro foi localizado mais próximo desta cidade, com o objetivo de reduzir os custos logísticos.

FIGURA 7.7 – Codificação utilizada para cada situação definida.

A quantidade de aterros é o parâmetro que serviu para criar as situações diversas, que levou a identificação do número ideal de aterros, com ou sem ET, para o sistema de menor custo. Para organizar e facilitar o trabalho, foi criada uma codificação utilizada para identificar cada situação criada, como pode ser visto na **FIGURA 7.7**.

7.9. Localização dos aterros

Para trabalhar com as rotinas de localização, foi necessário preparar um conjunto de dados de entrada, que são gerenciados através da janela do TransCAD que é mostrado na **FIGURA 7.6**. Para preparar estas informações, é necessário executar as atividades na seqüência apresentada a seguir:

FIGURA 7.6 – Janela de entrada de dados para a rotina de localização do TransCAD.

- 1) Facility Settings: selecionar os nós candidatos (sem restrições) para localizar os aterros;
- 2) Client Settings: selecionar os nós com os clientes servidos (cidades ou ETs);
- 3) Cost-of-Service-matrix: criar a matriz de custos de serviço (distância e tempo) entre os nós candidatos e os clientes;
- 4) Weight (client): criar o peso para cada cliente. Item este necessário apenas no caso onde a ET não foi considerada. E neste caso, o peso utilizado foi o número total das viagens realizadas pelos veículos de coleta das cidades até os aterros, no intervalo de 15 anos. Este dado foi resultado do dimensionamento da coleta nas cidades.

A análise logística de localização de aterros pode ser realizada em duas frentes, na qual as situações foram divididas, conforme a consideração ou não de ETs. A diferenciação está na adoção dos pesos, e consideração de quem seria o cliente. No caso sem ET, os clientes são as próprias cidades geradoras de RSU, do contrário, são os nós onde foram locadas as estações. Para cada frente de análise, foi variado o número de aterros (*New facilities*), configurando uma situação diferente para cada caso.

Para as análises, a função objetivo (*Objective*), de minimização dos custos logísticos, adotada para a localização dos aterros, foi a de minimizar o custo médio de serviço. E, o custo minimizado foi o da distância percorrida, pois influi diretamente no cálculo dos custos operacionais.

Neste trabalho, as ETs não foram consideradas como existentes em todas cidades, pois elas se tornam ociosas para cidades de pequeno porte. Assim, buscou-se o menor número possível de estações. O procedimento para diminuir as estações foi o de redefinir as localizações dos aterros, após verificar que algumas cidades poderiam compartilhar as ETs, devido a sua proximidade geográfica. Na localização dos aterros, para efeito de cálculo, as ETs foram consideradas locadas nos centros geográficos das cidades. Mas, depois de locados os aterros, nós externos ao limite da zona urbana das cidades foram escolhidos para localizar as ETs, tendo como influência, a proximidade da localização do respectivo aterro que as servem.

Como resultado das análises de localização, para cada situação definida, os locais dos aterros foram definidos, cada qual com o seu respectivo agrupamento de clientes servidos.

7.10. Roteirização

Depois de localizados os aterros, a análise logística do transporte destes resíduos até os aterros foi efetuada. A roteirização foi realizada para três períodos diferentes: 2003 até 2007, 2008 até 2012 e 2013 até 2017. Sendo que o último ano de cada período foi utilizado como referência para fazer as roteirizações. E, além de serem analisadas nos três períodos, as situações definidas foram estudadas também para cada semana padrão. Assim, foram obtidas as rotas e as programações da frota para todas as condições no período de estudo.

Para trabalhar com as rotinas de roteirização, foi preparado um conjunto de dados de entrada que são gerenciados através da janela mostrada na **FIGURA 7.8**. Estas infor-

Vehicle Routing with Time Windows

Routing Matrix File: VRP Distance Matrix File

Vehicle Table: VEICULO

Stop Layer: Nós+NOS_AUX+LIXO_12

Stop Settings (2 depots, 10 stops)

Depot Set: Aterros

Stop Set: E.T.s

Name: NOME

Demand: [2007A]

Depot Assigned: DEPOT_ID

Open Time: OPEN_TIME

Close Time: CLOSE_TIME

Fixed Time: FIXED_TIME

Time per Unit: TIME_UNIT

Vehicle Settings (3 records)

Vehicle Set: Vehicle

Depot ID: DEPOT_ID

Type: TYPE

Capacity: CAPAC_T

Cost: COST_RS

Vehicles: NUM_VEIC

Routing Options

Maximum Route Length (hrs): 7.33

☐ Include Backhauls

Buttons: OK, Cancel, Options..., Settings...

FIGURA 7.8 – Janela de entrada de dados para a rotina de roteirização do TransCAD.

mações foram criadas, seguindo a seqüência apresentada a seguir:

- 1) Depot Set: selecionar os nós que representam os aterros;
- 2) Stop Set: selecionar os nós com os clientes servidos, cada qual identificado com o aterro que o serve;
- 3) Routing Matrix File: através da seleção dos aterros e clientes, criar a matriz de custos de serviço (distância e tempo);
- 4) Open e close time: para cada aterro e cliente foi definido o horário de início e fim de expediente. Adotou-se inicialmente como sendo das 6h às 18h, podendo ser alterado para que permita a otimização com uma nova roteirização;
- 5) Fixed time: para cada aterro define-se um tempo fixo, para que se realize o serviço de descarregamento dos resíduos do veículo, e para cada cliente, um tempo fixo de carregamento. Este tempo foi adotado como sendo de 20min para os dois casos;
- 6) Time per unit: foi definido além do tempo fixo, um tempo variável por tonelada de RSU manipulado nas instalações. O valor adotado foi de 0,5min/t de resíduos sólidos;
- 7) Demand: para cada situação definida, através da análise de roteirização, variando a demanda média de resíduos para cada cliente, conforme o período e a semana padrão, foi possível dimensionar as rotas e programações para todas as condições ao longo dos 15 anos. Os valores utilizados de demandas dos resíduos foram obtidos do dimensionamento das coletas;
- 8) Vehicle Settings: Para dimensionar as rotas, o TransCAD trabalha com uma tabela de veículos, onde se especifica a capacidade de carga e a quantidade de cada modelo de veículo existente em cada aterro. A tabela utilizada nesta pesquisa é apresentada na **FIGURA 7.9**. Os tipos existentes de veículos foram levantados, pesquisando fornecedores.
- 9) Maximum Route Length: o TransCAD trabalha com restrições para as rotas, que podem ser o tempo de jornada de trabalho do motorista, a autonomia do tanque de combustível, etc. Neste trabalho foi adotado que o limitante de uma frota seria a jornada diária de trabalho de 7h 20min.

Como resultado das análises de roteirização, dentro de cada situação definida, as rotas e a programação dos veículos foram encontradas para cada período e semana

ID	DEPOT_ID	TYPE	MODELO	CAPAC_T	NUM_VEIC	COST_RS
1	101	11	RANDON 45m3 13.5t	13.50	5	154000.00
2	101	28	EZC 200/25 9.60t	9.60	5	140440.00
3	101	12	GRIMALDI 12.5t	12.50	5	140000.00
4	101	13	GRIMALDI 25.0t	25.00	2	173000.00
5	101	14	RANDON 55m3 16.5t	16.90	5	175000.00
6	101	0	Adaptado	26.00	1	0.00
11	263	11	RANDON 45m3 13.5t	13.50	5	154000.00
12	263	28	EZC 200/25 9.60t	9.60	5	140440.00
13	263	12	GRIMALDI 12.5t	12.50	5	140000.00
14	263	13	GRIMALDI 25.0t	25.00	2	173000.00
15	263	14	RANDON 55m3 16.5t	16.90	5	175000.00
16	263	0	Adaptado	28.00	1	0.00

FIGURA 7.9 – Tabela com a frota de veículos por aterro e capacidade de carga de cada modelo.

padrão. Além disso, foi possível determinar a frota, a distância percorrida e o tempo gasto em cada rota. Estes últimos valores foram utilizados nas análises de custos.

Do mesmo modo que a localização, as roteirizações foram divididas também em duas frentes de trabalho descritas a seguir: com e sem ETs.

7.10.1. Situações sem ET

Para as situações definidas sem ETs, a roteirização foi mais simples, pois foi necessário analisar somente o caso do transporte de resíduos direto da cidade até os aterros com o veículo de coleta.

A roteirização consistiu apenas em determinar a rota e a programação de um veículo saindo da cidade, descarregando o veículo no respectivo aterro, e retornando à cidade. Esta análise foi apenas uma complementação do dimensionamento do serviço de coleta nas cidades. Com a roteirização, a distância percorrida e o tempo gasto por veículo na ida e volta do aterro foram obtidos. Nesta situação, não foi necessária a análise por período e semana padrão, pois já havia sido levada em consideração, quando se determinou a frota e o número de viagens através do dimensionamento da coleta.

7.10.2. Situações com ET

Para cada situação definida com ETs, com os aterros já locados, foi avaliada inicialmente, a necessidade real das estações. Caso o aterro estivesse localizado muito próximo da estação, foi tomada a decisão de que o transporte seria realizado direto da cidade com os próprios veículos coletores, sem a necessidade de implantar uma estação. Esta condição fez com que se identificasse três linhas distintas de roteirização:

- o transporte direto aos aterros com o veículo de coleta;
- o transporte dos resíduos com o veículo de coleta até as ETs;
- o transporte com veículo de transbordo que sai do aterro e recolhe nas ETs.

Os dois primeiros casos caíram na situação do item anterior, sem ET. Já, o caso do transporte que recolhe os resíduos nas ETs, as análises foram realizadas para cada período e semana padrão, variando os valores de demanda de resíduos nas ETs, para cada caso. A quantidade diária a se recolher na estação é a média para cada semana padrão. Para isto ser possível, as estações foram dimensionadas considerando as sobras de resíduos na semana mais crítica no período de 15 anos.

7.11. Dimensionamento das ETs

Depois de definidas as configurações das ETs, compartilhadas ou não, estas foram dimensionadas. O dimensionamento constituiu em determinar a infraestrutura necessária e o respectivo custo com investimentos.

O tipo de ET escolhida para o projeto foi a com silo de acúmulo de resíduos. Para fazer a pesagem dos RSU, foi adotado que existiria um sistema com células de carga no próprio silo, de modo que houvesse o controle da quantidade recolhida diariamente em cada silo, bem como o depositado pelo veículo de coleta. O modelo de ET utilizado para os dimensionamentos bem como o silo, estão representados respectivamente nas **FIGURA 7.10** e na **FIGURA 7.11**.

O princípio de funcionamento da ET é o mais simples possível. No carregamento do silo, o veículo coletor deposita os resíduos diretamente nos silos, e o responsável da estação marca o peso através da leitura no sistema de pesagem com células de car-

FIGURA 7.10 – Modelo criado para as ETs.

ga. E, no momento da descarga para o veículo de transbordo, o responsável controla a quantidade de resíduos transferidos verificando a leitura no sistema de pesagem. Como descrito anteriormente, a quantidade de resíduos recolhidos na estação será constante e de valor igual à média gerada na semana, o que implica em sobras nos dias de pico.

Desenho Esquemático do Silo

FIGURA 7.11 –Silo adotado no trabalho com sistema de pesagem acoplada.

Para dimensionar a ET, o princípio básico está na capacidade de acúmulo dos silos para a situação crítica, dentro do planejamento de 15 anos. E, este crítico foi considerado como a produção de RSU na semana padrão G do último ano, assim, a capacidade de acúmulo máximo do silo foi estimada considerando as sobras que permanecerão no dia de pico desta semana.

A principal diferença entre as ETs estava na quantidade de silos que cada uma necessitava. E o número de silos necessários para cada estação foi calculado de acordo com o volume de RSU destinado à estação, dividido pela capacidade de um silo. Os resíduos podem ter origem de uma cidade ou mais de uma, no caso da situação de estação compartilhada.

Para os cálculos, primeiro foi determinado o volume de RSU a ser acumulado na Estação, com base nos resultados do dimensionamento das coletas nas cidades. E depois, com base no modelo da **FIGURA 7.10**, foi calculada a necessidade de infraestrutura: áreas e construções. As componentes consideradas no dimensionamento das ETs foram desde a desapropriação do terreno até o sistema de pesagem com células de carga. A seguir as componentes adotadas estão descritas:

- **Desapropriação do terreno:** a área a ser desapropriada foi calculada com as medidas básicas indicadas no modelo da estação. E os valores de custos de desapropriação dos terrenos foram considerados como de lotes urbanos, pois foram locados próximos ao limite da zona urbana;
- **Terraplenagem:** foi considerado que existe uma inclinação natural na área de implantação da ET de aproximadamente 23% na direção da largura da estação. E, assim, foi calculado que haverá uma movimentação de terra de $27,3 \text{ m}^3$ a cada metro linear no comprimento da estação;
- **Cercamento:** foi adotado o fechamento ao longo de todo o perímetro em alambrado de 2m de altura, com mourões espaçados a cada 2,5m;
- **Pavimentação:** as áreas de circulação dos veículos de coleta e transbordo, carga e descarga de RSU respectivamente, foram dimensionadas com cobertura de pedregulho;
- **Drenagem Superficial:** canaletas de drenagem das águas pluviais foram adotadas ao longo de todo o perímetro, e para proteção dos taludes;

- **Estrutura de concreto do Silo:** a estrutura do silo foi dimensionada com um muro de arrimo para contenção, e sobre ele foi colocado um piso para a descarga do RSU. E, para suportar os silos carregados, foram adotadas vigas, pilares e a fundação em bloco;
- **Cobertura sobre a área do silo:** foi considerada uma cobertura em estrutura de aço, com altura suficiente para o basculamento do caminhão coletor;
- **Edificações:** foram consideradas com áreas variáveis de acordo com o tamanho da estação. Além da portaria e sanitário, foi previsto um depósito para guardar materiais de limpeza da estação;
- **Sistema de pesagem:** o silo foi considerado com base em chapa maciça de aço com nervuras, e fechamento lateral com estrutura de alambrado. A altura dela foi limitada em 2m, 50cm acima da altura limite adotada para o RSU, que foi de 1,5m para facilitar a movimentação do resíduo sem necessidade de equipamento pesado. E, sob cada silo, foi adotado um sistema com 4 células de carga ligadas a um visor para leitura do peso. O silo seria dotado de abertura inferior com dispositivo de fechamento mecânico que permita controlar a descarga de RSU.

Os valores adotados e os resultados destes dimensionamentos podem ser vistos nas planilhas desenvolvidas nesta pesquisa no APÊNDICE G. A maioria dos valores de custos foi tirada da revista CONSTRUÇÃO MERCADO (2002) da PINI. Alguns valores, como o custo de terrenos, foram obtidos consultando-se imobiliárias através de telefonemas, e outros custos foram obtidos junto a fornecedores. As consultas datam do 3º bimestre do ano de 2002.

7.12. Dimensionamento dos Aterros

O método de dimensionamento utilizado para os aterros, diferiu em relação ao das ETs. No caso das estações, independente das situações definidas, as estações eram sempre as mesmas, servindo às mesmas cidades, assim o dimensionamento foi personalizado para cada estação. Já, no caso dos aterros, para cada situação nova definida, o grupo de cidades que destinavam os resíduos ao aterro variava, assim, preferiu-se fazer um dimensionamento generalizado para diversos aterros com faixas de capacidade variando em um intervalo de 0,5t/dia à 160t/dia de RSU. Isto também aju-

daria na visualização do comportamento dos custos em relação ao tamanho dos aterros. Além disso, o trabalho de LIMA & PIZA (1999) foi desenvolvido desta forma, tanto que foi utilizado como modelo para realizar os cálculos nesta pesquisa.

O dimensionamento desenvolvido para os aterros leva em consideração o crescimento da geração de RSU dentro dos 15 anos, utilizando-se a taxa média de crescimento da produção de resíduos (APÊNDICE E). Os cálculos deste crescimento da geração de resíduos ao longo dos anos, e o total produzido em 15 anos estão na Planilha 01a do APÊNDICE H. Como soluções, foram adotados dois tipos de aterros, primeiro, até a capacidade diária de 10t/dia, foi considerado o aterro sanitário em valas, e acima deste valor, o aterro sanitário convencional de superfície.

Para os dimensionamentos descritos na sequência, foram adotados os parâmetros indicados pela CETESB em suas duas publicações sobre o assunto: *Aterro Sanitário* (SÃO PAULO, 1997a) e *Aterro Sanitário em Valas* (SÃO PAULO, 1997b). O trabalho de LIMA & PIZA (1999) também serviu de guia para a adoção de métodos de cálculo deste trabalho.

7.12.1. Aterro Sanitário em Valas

O aterro sanitário em valas é um sistema simplificado, onde se evita altos gastos com equipamentos pesados alocados diariamente, ou sistemas de tratamento de percolados, que na maioria das vezes, para esta solução é dispensável, segundo a CETESB (SÃO PAULO, 1997b).

Para cada faixa de capacidade de recebimento diário de RSU do aterro, foi adotado uma vida útil da vala que variou de 28 dias à 3,5 dias, do menor aterro para o maior, respectivamente. Isto significa que a retroescavadeira tem um ciclo de visita ao aterro igual ao intervalo de tempo entre cada escavação de vala. No intervalo de tempo entre as escavações, o equipamento poderia ser utilizado para outras finalidades.

Basicamente, nesta solução adotada, não se considerou nenhum sistema de drenagem de gases, pois a CETESB (SÃO PAULO, 1997b) supõe que, devido à pequena profundidade das valas, o gás se dissipa naturalmente com o tempo. Baseado nesta mesma publicação da CETESB, não se adotou também nenhum sistema de drena-

gem, impermeabilização da base do aterro e tratamento do percolato, pois, segundo esta instituição, cuidados como o correto sistema de drenagem das águas precipitadas, faz com que não haja formação suficiente do percolato para infiltrar no solo.

As valas foram consideradas com 3m de profundidade e de largura, com comprimento variável segundo o ciclo de abertura de valas (vida útil), e a quantidade diária de resíduos. Para dimensionar a área útil do aterro, uma folga construtiva de 1,5m foi considerada entre as valas (Planilha 02a e 02b do APÊNDICE H).

7.12.2. Aterro Convencional

Os cuidados tomados com o dimensionamento do aterro sanitário convencional, em relação a proteção ambiental, foram a consideração dos sistemas de drenagem de gases e percolados, a impermeabilização da base do aterro e o sistema de tratamento do percolato em lagoas de estabilização.

Para a determinação da área útil do aterro foi adotado o mesmo fator utilizado por LIMA & PIZA (1999), o aproveitamento do aterro (A_p), que consiste na razão entre a quantidade de RSU depositada no aterro na vida útil de 15 anos pela área útil ocupada, ou seja: $A_p = C_{15} / A_u$. O aproveitamento adotado foi entre 3 a $8t/m^2$, para aterros de 10t/dia a 160t/dia, respectivamente. Com a área útil e o volume total ocupado pelo RSU no formato de um cubo, calculou-se a altura do aterro, que foi utilizada para saber o comprimento dos tubos de drenagem dos gases. Mantendo-se a altura do aterro constante, o cubo foi transformado em formato de tronco de pirâmide, com talude a 45° , e assim, determinou-se um valor mais realista para a área útil do aterro (base). Com este novo valor de área útil, calculou-se as necessidades de impermeabilização da base do aterro, do volume de percolato a ser coletado e o seu sistema de drenagem.

7.12.3. Componentes dos Dimensionamentos

Além das áreas úteis ocupadas pelo aterro propriamente dito, outras áreas foram consideradas: áreas anexas e áreas entorno do aterro. As áreas anexas com as edificações, estações de tratamento do percolato e outras facilidades, foram adotadas e calculadas segundo o tamanho de cada aterro e suas necessidades, como pode ser visto

na Planilha 01b do APÊNDICE H. E, além das áreas anexas, foi considerada uma área afastada da cerca de 10m para circulação entorno do aterro.

Determinados a área total ocupada pelos aterros, foi realizado o dimensionamento das partes componentes, consideradas para os aterros: cerca, edificações, galpões, terraplenagem, acesso, drenagem superficial, drenagem de gases e percolado, impermeabilização da base do aterro, tanque de tratamento do percolado, desapropriação e equipamentos. Cada um dos itens é descrito a seguir:

- **Desapropriação do terreno:** a área a ser desapropriada foi calculada com relação a área total do aterro. E o custo dos terrenos foram considerados como de áreas rurais, pois estão locadas afastadas das cidades, que têm características rurais a sua volta;
- **Terraplenagem:** este é um item complicado de se determinar, dependendo de detalhes da topografia de cada aterro. E, como este projeto tem caráter estratégico, tal detalhamento não é necessário, mesmo porque, a avaliação real do local se faz em fases posteriores, quando se decide trabalhar no projeto, depois do estudo de viabilidade econômica. Como simplificação, adotou-se, do mesmo modo que LIMA & PIZA (1999), um fator de volume movimentado por área. Sendo considerado, neste trabalho, o valor de $0,4\text{m}^3/\text{m}^2$;
- **Cercamento:** foi adotado o fechamento ao longo de todo o perímetro com 5 fios de arame farpado, com mourões espaçados a cada 2,5m;
- **Acesso:** para chegar até o aterro, foi considerada a construção de acesso com 8m de largura com 100m de comprimento com cobertura de pedregulho;
- **Drenagem Superficial:** ao longo de todo o perímetro, para proteção dos taludes dos aterros convencionais, e para não ocorrer escoamento de água para dentro dos aterros em valas abertas, foram adotadas canaletas de drenagem das águas de chuva;
- **Edificações e Galpão:** foram consideradas com áreas variáveis de acordo com o tamanho e necessidade de cada aterro. Para os aterros, foram consideradas a necessidade de portaria, vestiário e sanitários, refeitórios, escritórios, depósitos fechados e galpão para veículos. Algumas destas facilidades não constaram em aterros de menor capacidade;

- **Impermeabilização da base do aterro:** a solução adotada foi a de utilizar geomembrana mais simples ao longo de toda a base do aterro, com 30cm de proteção mecânica em argila compactada sobre ela;
- **Drenagem de gases:** a forma adotada para a drenagem de gases, utilizado para o dimensionamento, foi a de tubos de concreto furado espaçados de 30m e envolto por brita, ao longo de toda área útil do aterro, com uma sobra de 2m em seu topo acima da altura do aterro. Os diâmetros dos tubos foram variados de 200mm até 400mm, para os aterros de 10t/dia até 160t/dia, respectivamente;
- **Drenagem de percolado:** o sistema adotado foi o de canaletas na forma de espinha de peixe, onde o dorso foi espaçado de 15m entre elas, e as espinhas inclinadas de 45° em relação ao dorso, também foram espaçadas de 15m. O canal de drenagem foi considerado com seção retangular de 0,16m², preenchida por brita, e seu fundo e lateral protegidos com a geomembrana da impermeabilização da base do aterro;
- **Sistema de Tratamento do Percolado:** apesar de não ser a melhor solução, como simplificação, foram adotadas as lagoas de estabilização (anaeróbia-facultativa-estabilização), protegidas por 2mm de geomembranas de Polietileno de Alta Densidade (PAD). O tamanho das lagoas foi dimensionado de acordo com o volume de percolado determinado através do Método Suíço, cuja formulação se encontra na Planilha 04 do APÊNDICE H.

Os valores adotados e os resultados destes dimensionamentos podem ser vistos nas planilhas desenvolvidas nesta pesquisa no APÊNDICE H. Os valores de custos adotados foram tirados na maioria da revista CONSTRUÇÃO MERCADO (2002) da PINI. Outros valores foram obtidos com consultas por telefone em imobiliárias e fornecedores, e datam do 3º bimestre do ano de 2002.

7.13. Cálculo dos Custos para cada Situação Definida

Para se fazer as avaliações das situações definidas pelo método, foram analisados os custos, desde a operação de coleta nas cidades, passando pela ET, e o transporte com o caminhão de transbordo, até a operação nos aterros. Para se calcular estes custos, a planilha elaborada pela Fundação Getúlio Vargas (FGV), através de consul-

toria para o Sindicato das Empresas de Limpeza Urbana (SELUR, 2001b), foi utilizada como referência.

A planilha da SELUR foi estudada linha a linha, e adaptada para esta pesquisa. Para o cálculo de custos, foram utilizadas as planilhas da FGV criadas para o serviço de coleta de RSU. Para calcular os gastos da operação de coleta, as planilhas foram utilizadas quase sem modificações, e nos casos das operações dos aterros, ETs e veículos de transbordo, as planilhas foram criadas como adaptações destas de coleta. A estrutura básica das planilhas da SELUR não foi alterada para nenhum dos casos, necessitando somente modificar a forma de entrada de alguns dados, como a frota, a jornada de trabalho (mão-de-obra) e equipamentos. Os resultados das planilhas foram padronizados na forma de custo unitário, para que as avaliações, por análise comparativa das situações, fossem feitas na etapa final deste método.

7.13.1. Os custos considerados

As planilhas foram preparadas para considerar os custos com gastos operacionais diretos e indiretos, além de despesas com gastos administrativos. Neste trabalho, foram seguidas as recomendações encontradas no trabalho da SELUR (2001a). A seguir, os tipos de gastos levados em conta estão descritos.

i) Gastos operacionais diretos

- **Mão-de-obra operacional:** foram incorporados gastos com salários, horas extras, encargos sociais, vale refeição, vale cesta, vale transporte, assistência médica e insalubridade, atendendo a Convenção Coletiva de Trabalho para o sindicato de Araraquara (SELUR, 2002);
- **Veículos:** considerou-se gastos com combustível, manutenção, pneus e câmaras, lubrificação e lavagem;
- **Uniformes:** para cada função foi escolhido um conjunto de vestimentas;

ii) Gastos operacionais indiretos

- **Mão-de-obra de auxiliares, supervisores e fiscais:** foram incorporados gastos com salários, horas extras, encargos sociais, vale refeição, vale cesta, vale transporte, assistência médica e insalubridade;
- **Veículos:** considerou-se gastos com consumo de combustível, manutenção, pneus e câmaras, lubrificação e lavagem;

iii) Depreciação e despesas de capital

A depreciação e as despesas de capital incidem nos custos diretos e indiretos, sobre os equipamentos.

- **Depreciação:** a depreciação do equipamento incide sobre a parcela do investimento inicial P , sem o valor residual representado pelo percentual k sobre P . A depreciação mensal foi obtida pelo método linear, de acordo com a fórmula $(1-k) \times P / n$, onde n é o número de meses de vida útil do equipamento;
- **Despesas de capital:** isto representa o custo sobre o capital investido em equipamentos. Este gasto foi obtido através do Coeficiente de Remuneração C , sobre o capital investido P , que pode ser escrito na forma da **EQUAÇÃO 7.1**:

$$C = \frac{2 + (n-1) \times (k+1)}{24 \times n} \times j \quad \text{EQUAÇÃO 7.1}$$

onde: j é a taxa anual de juros de 12% a.a. (serviços de utilidade pública).

iv) Despesas administrativas

- **Gastos administrativos:** este valor foi calculado como acréscimo percentual sobre todos os custos diretos e indiretos e demais despesas apresentadas anteriormente.

Os custos de implantação de aterros e ETs já haviam sido encontrados anteriormente nas fases de dimensionamento. Assim, os valores específicos para cada situação, foram obtidos desta análise anterior e inseridos nas planilhas de custos, para avaliação das diversas situações.

7.13.2. Planilhas elaboradas

Para cada situação definida foi criado um arquivo com dez categorias de planilhas, sendo uma com o resumo dos dados de entrada para cada situação, seis comuns para todos com os dados independentes das situações, três com os cálculos para cada situação, e uma com o resumo dos custos e despesas alcançadas para cada situação.

i) Planilha com resumo dos dados de entrada para caracterizar cada situação

Esta planilha foi criada diferentemente da elaborada pela FGV (SELUR, 2001b), que não a tinha. Esta planilha teve a função de fornecer os valores específicos para cada situação na forma de dados de entrada nas planilhas de cálculo dos custos. Os dados nesta planilha foram sintetizados, dentro de cada situação, para cada “agrupamento” de municípios que destinam os RSU para um mesmo aterro. Esta planilha fornece os seguintes dados para cada aterro:

- **Informações gerais:** população urbana residente e quantidade mensal média de resíduos produzidos por período de dimensionamento (cada 5 anos), a produção diária média de RSU no primeiro ano, e a produção total de RSU nos 15 anos de planejamento;
- **Operação com os veículos de coleta:** jornadas de trabalho, horas extras, distância percorrida na coleta e até a ET (ou aterro) e frota, por período de dimensionamento (cada 5 anos);
- **Operação com os veículos de transbordo:** jornadas de trabalho, horas extras, distância média percorrida para percorrer as ETs e frota, por período de dimensionamento (cada 5 anos);
- **Resumo do dimensionamento de cada aterro:** custo unitário da implantação, quantidade de equipamentos necessários, as horas trabalhadas com os equipamentos calculadas com base na produtividade e jornada de trabalho. A produtividade foi adotada da literatura como sendo de 35 toneladas de resíduos por hora de trabalho (BRETAS, 1982), e de 25m³ de vala escavada por hora para retroescavadeira (CARDOSO, 2002). Para os aterros em valas o único equipamento considerado foi a retroescavadeira, fazendo as valas a cada ciclo de escavação. No caso do aterro convencional, foi considerado o trator de esteira trabalhando segundo sua produtividade, além de uma retroescavadeira e

um caminhão basculante auxiliando o trabalho em 50% das horas do trator de esteira;

- **Resumo do dimensionamento para as estações:** custo unitário de implantação de cada grupo de estações servindo seu respectivo aterro, custo do equipamento de pesagem para cada grupo de estações. Neste resumo não aparece a jornada de trabalho, ou seja, a mão-de-obra, pois foi considerada suficiente a presença de apenas um encarregado por estação em tempo integral.

Estes dados foram obtidos dos resultados das planilhas de dimensionamento das etapas anteriores deste método: dimensionamento da coleta, aterro e ET. Estas informações estão apresentadas da **TABELA 9.13** até a **TABELA 9.19** do capítulo 9.

A jornada de trabalho mencionada acima equivale a 7h e 20min de serviço. E ela é considerada nos cálculos, em número de jornadas necessárias para executar cada operação. Se todos os veículos de coleta dos municípios de um agrupamento, trabalham no total 16 jornadas por dia, e a guarnição da coleta é formada de 1 motorista e 3 coletores, isto significa que haverá 16 motoristas e 48 coletores diariamente.

ii) Planilhas com dados gerais independentes das situações

Estas planilhas são formadas por um total de seis, contendo os valores de salários, custos diversos de insumos, parâmetros, etc. Estas planilhas são as mesmas criadas pela FGV, a menos de alguns acréscimos que contemplam as operações nos aterros, nas ETs e no transbordo do RSU das estações para os aterros. As planilhas são descritas sumariamente a seguir:

- 1. Base: ela contempla os dados básicos obtidos das empresas associadas da SELUR, como consumo de combustível, vida útil de equipamentos, manutenção, etc.
- 2a. Encargos: esta planilha elaborada pela FGV, tem os valores dos encargos sociais no setor de limpeza urbana;
- 2b. Mão-de-obra: nesta planilha é determinada a composição salarial em conformidade com cada função, considerando o salário base, horas extras, insalubridade, vale cesta, vale transporte, vale refeição e convênio médico;

- 3. Veículos e equipamentos: apresenta para cada veículo ou equipamento, o custo, a vida útil, o valor residual e a manutenção dentro da vida útil, gasto com IPVA, consumo de combustível, seguros e os valores de insumos (combustível, lubrificação, pneus e câmaras e lavagem);
- 4. Uniformes: especificação dos uniformes padrões para cada função, além do custo unitário de cada parte do uniforme;
- 5. Parâmetros: nesta planilha estão as porcentagens para absenteísmos e reserva de equipamento, além dos valores de taxas adotadas pelas empresas de limpeza urbana referentes aos impostos, remuneração de capital e administrativo (calculado à partir da planilha 1. Base).

Estas planilhas, com algumas adaptações para o estudo de caso deste trabalho, podem ser vistos no APÊNDICE K.

iii) Planilhas com os cálculos de custos para cada situação

Estas planilhas são formadas por um total de três categorias. A primeira calcula todos os gastos referentes à operação com o veículo de coleta, a segunda com a operação de transporte por meio dos veículos de transbordo entre o aterro e as ETs. E, por último, na terceira planilha, são determinados os custos com a operação e implantação dos aterros e ETs. Neste método, utilizou-se uma planilha de cada categoria para analisar cada agrupamento (aterro e os municípios atendidos por ele), ou seja, no caso que existam 2 aterros em uma situação, serão necessários 2 planilhas de cada uma das 3 categorias para se chegar aos resultados. Na seqüência há uma breve descrição das planilhas.

- 6. Coleta: a seqüência de cálculo inicia-se com os custos diretos da operação de coleta, seguido dos custos indiretos de supervisão e fiscalização deste serviço. No final, são calculados os gastos com a operação de transporte dos resíduos após a coleta urbana, ou seja, o deslocamento do veículo carregado até uma ET ou direto para o aterro. O cálculo desta operação não foi realizado em planilha isolada da coleta propriamente dita, pois, como o veículo utilizado é o mesmo, existem despesas que não são divisíveis, como seguros, depreciação e remuneração de capital sobre este equipamento. E, a mão-de-obra também é a mesma, não tendo uma jornada de trabalho isolada para cada operação.

Dentro desta planilha foi possível separar apenas os custos diretos, entre as operações de coleta e transporte de RSU depois da coleta, para análise comparativa entre as situações definidas na fase final deste método;

- 7. Transbordo: Aterro → ETs → Aterro: esta planilha contempla os custos com o transporte dos resíduos, com veículos de maior capacidade que recolhem os resíduos nas ETs e destinam para os aterros. Os veículos são locados nos aterros. Da mesma forma que a planilha anterior, são determinados os gastos diretos da operação e indiretos, com um fiscal desta operação para cada agrupamento de municípios;
- 8. Aterro e ET: para a operação da ET foi necessário considerar apenas o custo direto de um encarregado, a depreciação e o custo de capital do sistema de pesagem no silo. No caso da operação do aterro, além de um encarregado, foi considerada a mão-de-obra direta para operar os equipamentos (trator de esteira, retroescavadeira e caminhão basculante). Todos os equipamentos também tiveram a depreciação e remuneração de capital considerados nos custos com a operação dos aterros. No final desta planilha, são apresentados os custos de implantação de aterros e ETs para cada agrupamento, obtidos com base nos dados de entrada contidos na planilha descrita anteriormente no item 7.13.2.i).

As planilhas, exemplificando os cálculos de custos para a Situação 11, podem ser consultados no APÊNDICE K.

iv) Planilhas com resumo dos custos e despesas alcançadas para cada situação

Esta planilha resume todos os custos calculados, operacionais e de implantação, diretos e indiretos. Os resultados são apresentados divididos qualitativamente segundo a área dos gastos: coleta, transporte após a coleta, transporte de transbordo, operação de aterro e ET, e implantação do aterro e ET. E, quantitativamente, os custos são apresentados por mês ou por tonelada de resíduos, em cada período de 5 anos. Estes resultados também são detalhados para cada agrupamento (aterro), com o custo total além do custo unitário. A planilha resumo obtido para a Situação 11 pode ser vista no APÊNDICE K.

7.14. Avaliação das situações definidas

Terminado o cálculo dos custos através das diversas planilhas, a avaliação das situações definidas foi realizada. Como cada situação é composta de um arquivo Excel, cada qual possuindo as suas planilhas, foi criado outro arquivo em Excel, juntando-se todas as planilhas de resumos dos resultados de cada situação calculada. A análise realizada constituiu-se em confrontar os custos unitários de todas as situações. A primeira avaliação que pode ser feita é verificar qual a situação de menor valor. A segunda análise, caso seja possível, é averiguar se existe uma situação intermediária que represente o mínimo, ou seja, se não existe outra situação definida, com mais ou menos aterros, cujo custo possa ser menor, dentro dos parâmetros e premissas adotadas no método.

Outras análises podem ser feitas, mas qualitativamente, como examinar o comportamento de cada componente de custo com a variação no número de aterros. Verificar o comportamento das situações definidas com e sem ET, de acordo com o número de aterros, também é possível.

O método aqui desenvolvido permite diversas análises, e mais completas do que a avaliação de um dos componentes do custo, o que normalmente se encontra na literatura. Pois, o sistema como um todo pode ser analisado, mesmo que em alguns casos, os resultados se baseiem em algumas simplificações e inferências. Porém, a incerteza será considerada igualmente entre todas as situações, podendo ser compensadas em uma análise comparativa.

8. ESTUDO DE CASO

Neste capítulo, a área escolhida é exposta, além dos motivos que levaram a esta escolha. Além disso, são apresentadas algumas peculiaridades na aplicação do método desenvolvido para a área deste estudo de caso.

8.1. A Área Escolhida como Estudo de Caso

As Áreas de Proteção Ambiental (APAs) são instrumentos da política ambiental, estabelecidas pela Legislação Federal da Política Ambiental: Leis 6.902/81 e 6.938/81 (SÃO PAULO, 1990). As APAs têm como objetivo maior contribuir para a preservação de ecossistemas indispensáveis à sobrevivência de significativas espécies naturais. Deste modo, as ações exercidas nestes locais devem ser orientadas pela maior preo-

Fonte: <http://www.ambiente.sp.gov.br/apas/apa.htm> (SÃO PAULO, 2001a)

FIGURA 8.1 – Localização da APA de Corumbataí

cupação com o disciplinamento do uso e ocupação do solo do que em outros locais. Dentre estas preocupações está a correta disposição e tratamento dos resíduos sólidos.

A APA de Corumbataí, criada pelo Decreto Estadual nº 20.960/83 (SÃO PAULO, 1983), localizada na região central do Estado de São Paulo (**FIGURA 8.1**), é formada por partes de áreas de municípios, dentre estes, 12 municípios foram considerados neste estudo de caso. Além destes municípios, o município de Águas de São Pedro foi incluído neste trabalho, que apesar de estar fora dos limites da APA, está dentro do município de São Pedro, onde destina seu RSU. Estes municípios geram, em média, menos que 10 toneladas por dia, e eles estão representados na **FIGURA 8.2**. Destes municípios, nenhum dispunha adequadamente seus resíduos em 1997, sendo a situação da destinação de resíduos inadequada ou controlada. Segundo a SMA (SÃO PAULO, 2001b), a condição controlada significa que o município atende às exigências mínimas em termos locais, mas implica em significativo potencial de poluição ambiental. Em 2000, houve uma pequena melhora, porém 10 dos 13 municípios, ou

FIGURA 8.2 – APA de Corumbataí

TABELA 8.1 – A avaliação da condição de destinação final de RSU na APA de Corumbataí

Cidade	Pop. Urbana Residente 2003 (hab)	Produção RSU 2003 (t/dia)	IQR ⁽²⁾							
			1997		1998		1999		2000	
Águas de São Pedro ⁽¹⁾	1.964	2,42	0,0	I	2,7	I	4,3	I	4,3	I
Analândia	2.764	1,88	3,9	I	6,7	C	6,3	C	6,3	C
Barra Bonita	36.022	19,05	3,1	I	3,8	I	3,1	I	3,2	I
Brotas	16.820	9,98	4,4	I	7,3	C	8,3	A	8,8	A
Charqueada	12.223	6,47	6,3	C	9,1	A	9,2	A	9,2	A
Corumbataí	1.792	0,94	3,7	I	6,2	C	8,2	A	8,2	A
Dois Córregos	21.102	11,01	4,2	I	7,3	C	8,9	A	7,7	C
Ipeúna	3.594	2,18	5,5	I	6,6	C	7,3	C	7,3	C
Itirapina	11.659	7,72	2,0	I	6,2	C	2,2	I	2,2	I
Mineiros do Tietê	11.433	6,14	5,3	I	6,7	C	5,8	I	5,5	I
Santa Maria da Serra	4.120	2,09	6,1	C	8,0	C	7,5	C	7,5	C
São Pedro	23.397	13,37	0,0	I	2,7	I	4,3	I	4,3	I
Torrinha	7.602	3,91	2,9	I	4,5	I	6,9	C	6,6	C
TOTAL:	154.491	87,18								

Fonte: ⁽¹⁾ Pequeno município turístico que se localiza dentro do município de São Pedro.

⁽²⁾ Inventário Estadual de Resíduos Sólidos Domiciliares: relatório síntese (SÃO PAULO, 2001b)

Condições da instalação de destinação de RSU: A = adequada, C = controlada e I = inadequada.

seja, 70% ainda continuavam em situação de não adequação. Estes municípios de pequeno porte, com os dados de população e da produção de RSU, estimadas para 2003, podem ser vistos na **TABELA 8.1**, assim como a avaliação da condição da disposição final dos resíduos de acordo com a SMA (SÃO PAULO, 2001b).

Como os municípios citados anteriormente, estando dentro de uma APA, apresentam problemas para destinar os resíduos de forma adequada, devido à dificuldade de solucionar os problemas isoladamente já que são de pequeno porte, estes foram escolhidos para se realizar o estudo de caso desta pesquisa.

8.2. Considerações na aplicação do método

Todas as considerações realizadas para desenvolver o trabalho com os municípios da APA de Corumbataí seguiram os procedimentos descritos no capítulo do método. Apenas no que consiste a base para o processo de cálculo, escolheu-se que o consórcio funcionaria de forma que cada aterro, com seu grupo de municípios, formasse um

consórcio independente, dividindo seus custos de acordo com o que cada município produzisse de resíduos. Independente da condição, se estes formariam ou não uma sociedade civil, os consórcios foram considerados sem fins lucrativos.

Como foi destacado em capítulos anteriores, após a fase de importação do arquivo com dados espaciais da APA de Corumbataí do AutoCAD para o TransCAD, fez-se a verificação da qualidade da informação obtida, através de duas comparações.

A primeira comparação consistiu em verificar a diferença das coordenadas oficiais de longitude e latitude conhecidas das sedes dos municípios da APA com aquelas fornecidas pelo TransCAD, após a importação. Através da análise das coordenadas, chegou-se a diferença média no posicionamento das localidades de 0,70 km, e diferença máxima de 1,18 km para um dos municípios (APÊNDICE F). Ao se comparar a diferença média com a distância euclidiana mínima entre as cidades, de 27,0 km, concluiu-se que equivale a um percentual de apenas 2,59%. Caso se compare com a distância euclidiana média de 166,8 km, verifica-se que o percentual é de apenas 0,42%.

A segunda comparação consistiu em confrontar as distâncias em rede entre cidades, obtidas do TransCAD, com os valores de quilometragem obtido através da leitura do hodômetro do carro, nas visitas realizadas em algumas das cidades para obtenção de dados. No caso das distâncias, a diferença média resultante foi de 1,33 km e máxima de 2,58 km (APÊNDICE F), ou em outros parâmetros, a diferença média em relação à distância total medida foi de 5,02% e a máxima de 12,11%.

Presumindo que na análise global do sistema, estes erros são absorvidos pela inexatidão da localização das instalações e inexistência da malha urbana, a importação foi considerada satisfatória para a presente pesquisa. A diferença média de 1,33 km vem confirmar também, que a localização dos nós candidatos para os aterros na rede viária, realizada a cada 2 km, é razoável, pois valores menores já estariam dentro das grandezas dos erros encontrados.

Na etapa subsequente à importação dos dados no TransCAD, foram definidas 8 situações possíveis para se fazer a avaliação do sistema consorciado no estudo de caso. Este número foi definido de acordo com o método, e foi considerado adequado quando

TABELA 8.2 – As ETs definidas e municípios atendidos

ETs	Municípios
ET Barra Bonita	Barra Bonita
ET Brotas	Brotas
ET Charqueada	Charqueada
ET Corumbataí	Analândia, Corumbataí
ET Dois Córregos	Dois Córregos
ET Ipeúna	Ipeúna
ET Itirapina	Itirapina e Broa (bairro isolado)
ET Mineiros do Tietê	Mineiros do Tietê
ET Santa Maria da Serra	Santa Maria da Serra
ET São Pedro	Águas de São Pedro, São Pedro
ET Torrinha	Torrinha

tivesse resultados suficientes para se fazer uma avaliação consistente. As 8 situações foram divididas em 4 com e 4 sem ETs. E, estas situações foram subdivididas, cada qual em casos com 1 a 4 aterros. De acordo com a codificação apresentada anteriormente, as situações definidas foram: 11, 12, 13, 14, 21, 22, 23 e 24.

Nas situações definidas com ETs, foi considerado que algumas cidades trabalhassem compartilhadas, visto que existe uma proximidade geográfica adequada e a produção de RSU era muito pequena, e não justificaria uma estação para cada uma. A **TABELA 8.2** apresenta as configurações definidas para as ETs. Lembrando que, nos casos em que o aterro fosse localizado próximo a alguma cidade, esta trabalharia sem uma ET e faria a destinação dos RSU diretamente ao aterro com os veículos de coleta. Para a análise de localização de aterros, foi considerado que o nó que representava cada cidade seria a referência da localização das estações. Somente após localizados os aterros, definiu-se em qual nó, fora da cidade, seria mais conveniente a instalação das estações, dada a proximidade do aterro à qual se destinaria os resíduos.

Com o mesmo intuito de evitar a ociosidade, para se definir a frota necessária para fazer a coleta nas cidades, foi estudada a possibilidade de que a frota de uma cidade trabalhasse em outra, sem prejuízo na qualidade do serviço. Analisando o tempo de coleta dentro de cada cidade e do deslocamento da frota entre cidades, foi possível verificar que as cidades de Analândia e Corumbataí, bem como São Pedro e Águas de São Pedro, puderam ter frotas em comum.

Na análise de custos da coleta, foi verificado que os parâmetros de manutenção como sendo de 85% do valor dos veículos de coleta em uma vida útil de 60 meses, indicada pela SELUR (2001a), não condizia com a realidade do nosso estudo de caso. Bem como a adoção do valor residual, considerado de 22%, dentro desta mesma vida útil. Esta conclusão foi tirada, sabendo-se que estes parâmetros foram estimados com base em dados de empresas que trabalham em grandes centros urbanos, ou seja, com 2 a 3 turnos de trabalho por dia. E, as pequenas cidades deste estudo de caso podem chegar a não completar uma jornada para a coleta dos resíduos. Assim, como a manutenção e o valor residual do equipamento são função do tempo de trabalho do equipamento, para simplificação, foi adotada uma vida útil de 120 meses, o dobro do indicado pela SELUR (2001a), mantendo-se os parâmetros de manutenção e valor residual dos veículos.

8.3. Informações da área de estudo

As informações básicas levantadas para as cidades da APA de Corumbataí encontram-se divididas de acordo com o assunto nos apêndices localizados no final desta dissertação.

No APÊNDICE B encontra-se exemplificado, o dimensionamento da coleta com os parâmetros adotados.

No APÊNDICE C encontram-se as estimativas da população urbana residente e flutuante das cidades, para o período que inclui os 15 anos de planejamento.

No APÊNDICE D está apresentada a capacidade produtiva diária de RSU das populações residente e flutuante, estimadas para o horizonte de planejamento de 15 anos.

No APÊNDICE E pode ser vista a produção média (anual, mensal e diária) de RSU estimada para cada município, para os 15 anos de planejamento, e a respectiva taxa de crescimento médio da produção de RSU.

No APÊNDICE F estão as coordenadas geográficas oficiais de latitude e longitude, e a distância entre as cidades da APA de Corumbataí, bem como aquelas obtidas no TransCAD após a importação do arquivo do AutoCAD.

No APÊNDICE G e APÊNDICE H, encontram-se os parâmetro adotados no dimensionamento das ETs e dos aterros, respectivamente.

No APÊNDICE K são apresentados os parâmetros adotados nas planilhas de cálculo de custos.

---

9. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Os resultados desta pesquisa podem ser divididos em intermediários e final. Os resultados parciais são aqueles que apóiam outras fases do método até chegar a resolução final, que são as comparações dos custos obtidos para cada situação. Neste capítulo são apresentados os resultados obtidos e a sua discussão.

9.1. Resultados Intermediários

As etapas intermediárias, não menos importante que os resultados finais desta pesquisa, podem ser organizado da seguinte forma: dimensionamentos, localização de aterros e roteirização dos veículos.

9.1.1. Dimensionamentos

Os itens dimensionados, como visto previamente, são o dimensionamento da coleta, dos aterros e das ETs. Os resultados sumarizados da coleta, em número de veículos necessários para fazer a coleta, número de viagens e tempo de coleta em horas de jornada de trabalho, estão na Planilha 04 do APÊNDICE B. E, os resultados dos dimensionamentos dos aterros e as ETs, em termos de infraestrutura necessária e custo com investimentos, estão no APÊNDICE H e APÊNDICE G, respectivamente.

A solução encontrada para o dimensionamento das estações não pode ser validada com valores reais, pois segundo a autora COSTA (1998) que fez o estudo deste tipo de instalações, as menores estações seriam de capacidade para movimentação por volta de 100 t/dia de RSU. Assim não existiam referências, pois nesta pesquisa, a maior estação tem capacidade de 45 t/dia. Porém, considerando que foi utilizado o mesmo

---

FIGURA 9.1 – Custo de Implantação de Aterro Sanitário (sem equipamentos)

raciocínio do dimensionamento dos aterros, cujos resultados puderam ser avaliados, possivelmente os valores encontrados para as ETs não fogem muito da realidade.

Os resultados atingidos para os aterros puderam ser comparados com os do trabalho

FIGURA 9.2 – Custo de Implantação de Aterro Sanitário (com equipamentos)

de LIMA & PIZA (1999), na qual foi baseado o dimensionamento nesta pesquisa. Os autores apresentaram um gráfico, como o representado na **FIGURA 9.1**, e as ordens de grandeza foram as mesmas. Por exemplo, para os aterros de 10t/dia, chegaram a um valor em torno de R\$ 4,5/t de RSU para o caso de aterro em vala, e R\$ 4,0/t para aterro convencional. No resultado desta pesquisa, estes valores foram de R\$ 4,53/t e R\$ 4,30/t, respectivamente. A **FIGURA 9.2**, apresenta os custos da **FIGURA 9.1** acrescido apenas dos custos de equipamentos utilizados nos aterros.

9.1.2. Localização dos aterros

As situações tiveram suas configurações definidas através da análise de localização dos aterros. A rotina logística de localização do TransCAD definiu para cada situação, onde estariam locados os aterros e quais clientes (estações ou cidades) seriam atendidos por eles, e com o menor custo logístico, representado pela menor distância total entre os aterros e seus respectivos clientes. As situações obtidas estão apresentadas nas **TABELA 9.1** até **TABELA 9.8** e **FIGURA 9.3** até **FIGURA 9.10**, ilustrando para cada uma delas, a divisão das estações e cidades. Os relatórios fornecidos pelo TransCAD podem ser consultados no APÊNDICE I.

Para as situações com ETs, estão indicadas as sedes urbanas, para qual ET que cada uma das sedes destina os resíduos, e das ETs, para qual aterro. Quando a sede destina o RSU direto ao aterro, esta é indicada também.

Nas figuras, as ETs já estão ilustradas nos nós definidos após a análise de localização, que foi realizada considerando que ela estaria locada inicialmente, para efeito de cálculo, nos centros geográficos das sedes urbanas.

TABELA 9.1 – A configuração obtida para a Situação 11

Municípios	ETs	Aterro
Barra Bonita	ET Barra Bonita	
Brotas	ET Brotas	
Charqueada	ET Charqueada	
Analândia, Corumbataí	ET Corumbataí	
Dois Córregos	ET Dois Córregos	
Ipeúna	ET Ipeúna	Aterro 01 de 01
Itirapina Itirapina – Broa	ET Itirapina	
Mineiros do Tietê	ET Mineiros do Tietê	
Santa Maria da Serra	ET Santa Maria da Serra	
Águas de São Pedro, São Pedro	ET São Pedro	
Torrinha	- direto para aterro -	

FIGURA 9.3 – A configuração obtida para a Situação 11

TABELA 9.2 – A configuração obtida para a Situação 12

Municípios	ETs	Aterros
Barra Bonita	ET Barra Bonita	
Mineiros do Tietê	ET Mineiros do Tietê	
Dois Córregos	ET Dois Córregos	Aterro 01 de 02
Brotas	ET Brotas	
Torrinha	ET Torrinha	
Santa Maria da Serra	ET Santa Maria da Serra	
Itirapina	ET Itirapina	
Itirapina – Broa		
Analândia, Corumbataí	ET Corumbataí	Aterro 02 de 02
Ipeúna	- direto para aterro -	
Charqueada	ET Charqueada	
Águas de São Pedro, São Pedro	ET São Pedro	

FIGURA 9.4 – A configuração obtida para a Situação 12

TABELA 9.3 – A configuração obtida para a Situação 13

Municípios	ETs	Aterros
Barra Bonita	ET Barra Bonita	
Mineiros do Tietê	- direto para aterro -	Aterro 01 de 03
Torrinha	ET Torrinha	
Dois Córregos	ET Dois Córregos	
Santa Maria da Serra ⁽¹⁾	- direto para aterro -	Aterro 02 de 03
Águas de São Pedro, São Pedro	- direto para aterro -	
Charqueada	ET Charqueada	
Ipeúna	ET Ipeúna	
Brotas	ET Brotas	Aterro 03 de 03
Itirapina	- direto para aterro -	
Itirapina – Broa	- direto para aterro -	
Analândia, Corumbataí	ET Corumbataí	

⁽¹⁾ Faz uma viagem por dia com o veículo coletor, não compensa ter ET

FIGURA 9.5 – A configuração obtida para a Situação 13

TABELA 9.4 – A configuração obtida para a Situação 14

Municípios	ETs	Aterros
Barra Bonita	ET Barra Bonita	
Mineiros do Tietê	- direto para aterro -	Aterro 01 de 04
Dois Córregos	ET Dois Córregos	
Brotas	ET Brotas	
Torrinha	- direto para aterro -	Aterro 02 de 04
Santa Maria da Serra ⁽¹⁾	- direto para aterro -	
Águas de São Pedro, São Pedro	ET São Pedro	
Charqueada	- direto para aterro -	Aterro 03 de 04
Ipeúna ⁽¹⁾	- direto para aterro -	
Itirapina	ET Itirapina	
Itirapina – Broa		Aterro 04 de 04
Analândia, Corumbataí	- direto para aterro -	

⁽¹⁾ Faz uma viagem por dia com o veículo coletor, não compensa ter ET

FIGURA 9.6 – A configuração obtida para a Situação 14

TABELA 9.5 – A configuração obtida para a Situação 21

Municípios	Aterros
Barra Bonita	
Mineiros do Tietê	
Dois Córregos	
Brotas	
Torrinha	
Santa Maria da Serra	
Itirapina	Aterro 01 de 01
Itirapina – Broa	
Analândia,	
Corumbataí	
Ipeúna	
Charqueada	
Águas de São Pedro,	
São Pedro	

FIGURA 9.7 – A configuração obtida para a Situação 21

TABELA 9.6 – A configuração obtida para a Situação 22

Municípios	Aterros
Barra Bonita	Aterro 01 de 02
Mineiros do Tietê	
Dois Córregos	
Brotas	
Torrinha	
Santa Maria da Serra	Aterro 02 de 02
Itirapina	
Itirapina – Broa	
Analândia,	
Corumbataí	
Ipeúna	
Charqueada	
Águas de São Pedro,	
São Pedro	

FIGURA 9.8 – A configuração obtida para a Situação 22

TABELA 9.7 – A configuração obtida para a Situação 23

Municípios	Aterros
Barra Bonita	Aterro 01 de 03
Mineiros do Tietê	
Dois Córregos	
Brotas	Aterro 02 de 03
Torrinha	
Itirapina	
Itirapina – Broa	
Analândia, Corumbataí	
Santa Maria da Serra	Aterro 03 de 03
Ipeúna	
Charqueada	
Águas de São Pedro, São Pedro	

FIGURA 9.9 – A configuração obtida para a Situação 23

TABELA 9.8 – A configuração obtida para a Situação 24

Municípios	Aterros
Barra Bonita	Aterro 01 de 04
Mineiros do Tietê	
Dois Córregos	
Brotas	Aterro 02 de 04
Torrinha	
Santa Maria da Serra	Aterro 03 de 04
Águas de São Pedro,	
São Pedro	
Charqueada	
Ipeúna	Aterro 04 de 04
Itirapina	
Itirapina – Broa	
Analândia,	
Corumbataí	

FIGURA 9.10 – A configuração obtida para a Situação 24

9.1.3. Roteirização dos veículos

Os resultados esperados da roteirização são o tipo e número de veículos necessários, o número de viagens, a quilometragem e o tempo de trabalho, tudo para cada tipo de transporte: coleta → aterro; coleta → ET; ET → aterro. Estes dados foram utilizados para calcular os custos operacionais.

Para lembrar, nos casos das viagens com o veículo de coleta até o ponto de destino, a roteirização foi simples, bastando determinar a distância percorrida e o tempo necessário, pois o número de viagens e os tipos de veículos já haviam sido determinados no dimensionamento da coleta, e já considerando os tipos de semana padrão. No caso em que o veículo de transbordo sai do aterro para recolher nas ETs, foi necessário realizar a roteirização para as semanas padrões em cada situação. Os resultados obtidos estão apresentados abaixo, divididos de acordo com o tipo de transporte, com veículo de transbordo ou com o veículo de coleta.

i) Veículo de transbordo

As tabelas **TABELA 9.9** à **TABELA 9.12** apresentam os resultados parciais de distân-

TABELA 9.9 – Veículo de transbordo: distância e tempo gastos (Situação 11)

Situação 11	Veículo		Semana: 2007 A				Veículo		Semana: 2007 B-F; 2012 ABDF; 2017 A			
Destino	Tipo	Cap. (t)	Rota	Tour #	km	min	Tipo	Cap. (t)	Rota	Tour #	km	min
At. 01 d 01				1	113,80	300				1	113,80	300
At. 01 d 01	13	25	1	3	51,40	147	13 ⁽²⁾	25	1	5	29,20	96
Subtotal:					165,20	447					143,00	396
At. 01 d 01				2	59,50	118				2	59,50	118
At. 01 d 01	13 ⁽²⁾	25	2	4	49,70	151	13	25	2	3	51,40	169
At. 01 d 01				5	29,20	96				4	49,70	151
Subtotal:					138,40	365					160,60	438
TOTAL:					303,60	812					303,60	834

Situação 11	Veículo		Semana: 2007 G; 2012 CEG; 2017 B-G				Valores médios diários ⁽¹⁾					
Destino	Tipo	Cap. (t)	Rota	Tour #	km	min	2007	2012	2017	2007	2012	2017
At. 01 d 01				1	113,80	278						
At. 01 d 01	13	25	1	5	49,70	153						
Subtotal:					163,50	431	164,16	7,27	151,19	6,74	149,84	6,58
At. 01 d 01				2	63,40	142						
At. 01 d 01	13	25	2	3	59,50	150						
At. 01 d 01				4	51,40	152						
Subtotal:					174,30	444	146,91	6,53	161,65	7,33	165,17	7,37
TOTAL:					337,80	875	311,07	13,80	312,84	14,07	315,01	13,95

⁽¹⁾ Valores médios de distância percorrida e tempo gasto com veículo de transbordo

⁽²⁾ Veículo Grimaldi trabalha sem o reboque em alguns casos se transforma em Tipo 12 (12,5t)

TABELA 9.10 – Veículo de transbordo: distância e tempo gastos (Situação 12)

Situação 12	Veículo			Semana: 2007 A-G			Veículo			Semana: 2012 A-G		
Destino	Tipo	Cap. (t)	Rota	Tour #	km	min	Tipo	Cap. (t)	Rota	Tour #	km	min
At. 02 d 02	13	25	1	1	79,20	208	13	25	1	1	79,20	208
At. 02 d 02				2	43,80	119				2	43,80	120
Subtotal:										123,00	327	
At. 01 d 02	13	25	2	3	39,60	90	13	25	2	3	39,60	91
At. 01 d 02				5	29,70	123				5	29,70	124
At. 01 d 02				4	59,70	199				4	59,70	200
Subtotal:					129,00	412					129,00	415
TOTAL:					252,00	739					252,00	743

Situação 12	Veículo			Semana: 2017 A-G			Valores médios diários ⁽¹⁾					
Destino	Tipo	Cap. (t)	Rota	Tour #	km	min	2007		2012		2017	
At. 02 d 02	13	25	1	1	79,20	209	km	h	km	h	km	h
At. 02 d 02				2	43,80	120						
Subtotal:							123,00	329	123,00	5,45	123,00	5,47
At. 01 d 02	13	25	2	3	39,60	91						
At. 01 d 02				5	29,70	124						
At. 01 d 02				4	59,70	200						
Subtotal:					129,00	415	129,00	6,87	129,00	6,92	129,00	6,92
TOTAL:					252,00	744	252,00	12,32	252,00	12,38	252,00	12,40

⁽¹⁾ Valores médios de distância percorrida e tempo gasto com veículo de transbordo

cias percorridas e tempos gastos nas viagens com os veículos de transbordo, para as semanas padrões, e no final, o resultado médio final ponderado pela ocorrência das semanas padrões ao longo do período considerado.

TABELA 9.11 – Veículo de transbordo: distância e tempo gastos (Situação 13)

Situação 13	Veículo		Semana: 2007 A-G				Veículo		Semana: 2012 A-G			
	Destino	Tipo	Cap. (t)	Rota	Tour #	km	min	Tipo	Cap. (t)	Rota	Tour #	km
At. 03 d 03	14	16,9	1	1	62,00	177	14	16,9	1	1	62,00	178
Subtotal:					62,00	177					62,00	178
At. 02 d 03	12	12,5	2	2	30,00	111	12	12,5	2	2	30,00	111
Subtotal:					30,00	111					30,00	111
At. 01 d 03	13	25	3	4	9,90	47	13	25	3	4	9,90	48
At. 01 d 03				3	42,10	139				3	42,10	139
Subtotal:					52,00	186					52,00	187
TOTAL:					144,00	474					144,00	476

Situação 13	Veículo		Semana: 2017 A-G				Valores médios diários ⁽¹⁾											
	Destino	Tipo	Cap. (t)	Rota	Tour #	km	min	2007		2012		2017						
At. 03 d 03	14	16,9	1	1	62,00	178	km	h	km	h	km	h						
Subtotal:					62,00	178							62,00	2,95	62,00	2,97	62,00	2,97
At. 02 d 03	12	12,5	2	2	30,00	111	30,00	1,85	30,00	1,85	30,00	1,85						
Subtotal:					30,00	111												
At. 01 d 03	13	25	3	4	9,90	49	52,00	3,10	52,00	3,12	52,00	3,15						
At. 01 d 03				3	42,10	140												
Subtotal:					52,00	189												
TOTAL:					144,00	478	144,00	7,90	144,00	7,93	144,00	7,97						

⁽¹⁾ Valores médios de distância percorrida e tempo gasto com veículo de transbordo

TABELA 9.12 – Veículo de transbordo: distância e tempo gastos (Situação 14)

Situação 14	Veículo		Semana: 2017 A-G				Valores médios diários ⁽¹⁾					
			Rota	Tour #	2017		2007		2012		2017	
					km	min	km	h	km	h	km	h
At. 04 d 04	14	16,9	1	1	21,10	85						
<i>Subtotal:</i>					21,10	85	21,10	1,42	21,10	1,42	21,10	1,42
At. 03 d 04	13	25	2	2	19,00	46						
<i>Subtotal:</i>					19,00	46	19,00	0,77	19,00	0,77	19,00	0,77
At. 02 d 04	14	16,9	3	3	16,80	44						
<i>Subtotal:</i>					16,80	44	16,80	0,73	16,80	0,73	16,80	0,73
At. 01 d 04				5	19,80	72						
At. 01 d 04	14	16,9	4	4	10,10	36						
<i>Subtotal:</i>					29,90	108	29,90	1,80	29,90	1,80	29,90	1,80
TOTAL:					86,80	283	86,80	4,72	86,80	4,72	86,80	4,72

⁽¹⁾ Valores médios de distância percorrida e tempo gasto com veículo de transbordo

Na **TABELA 9.13**, os resultados foram sintetizados no formato para a fase das análises de custos.

Os primeiros resultados da roteirização dos veículos de transbordo, na maioria das vezes, necessita de retrabalho. A heurística do TransCAD é capaz de solucionar problemas com frota mista, restrição de capacidade de veículo, janela de tempo, múltiplos depósitos, tempo fixo de serviço, tempo variável de serviço e restrição do tamanho da rota (jornada, combustível, etc). Porém, possivelmente, devida a esta complexidade, as primeiras soluções, para cada roteirização realizada, não foram satisfatórias. Visualizando a rota graficamente, é possível determinar que existe uma solução lógica de

TABELA 9.13 – Roteirização para veículo de transbordo: resultados no formato para cálculo de custos

Situação	Destino	N. Veículos - operação (veic/dia)			N. Jornada total médio ⁽¹⁾ (un/dia)			Hora extra total médica ⁽²⁾ (h/dia)			Quilometragem total médica (km/dia)		
		2007	2012	2017	2007	2012	2017	2007	2012	2017	2007	2012	2017
11	At. 01 d 01	2	2	2	2	2	2	-0,87	-0,60	-0,72	311,07	312,84	315,01
	<i>Total:</i>	2	2	2	2	2	2	0,00	0,00	0,00	311,07	312,84	315,01
12	At. 02 d 02	1	1	1	1	1	1	-1,88	-1,87	-1,85	123,00	123,00	123,00
	At. 01 d 02	1	1	1	1	1	1	-0,47	-0,42	-0,42	129,00	129,00	129,00
	<i>Total:</i>	2	2	2	2	2	2	0,00	0,00	0,00	252,00	252,00	252,00
13	At. 03 d 03	1	1	1	1	1	1	-4,38	-4,37	-4,37	62,00	62,00	62,00
	At. 02 d 03	1	1	1	1	1	1	-5,48	-5,48	-5,48	30,00	30,00	30,00
	At. 01 d 03	1	1	1	1	1	1	-4,23	-4,22	-4,18	52,00	52,00	52,00
	<i>Total:</i>	3	3	3	3	3	3	0,00	0,00	0,00	144,00	144,00	144,00
14	At. 04 d 04	1	1	1	1	1	1	-5,92	-5,92	-5,92	21,10	21,10	21,10
	At. 03 d 04	1	1	1	1	1	1	-6,57	-6,57	-6,57	19,00	19,00	19,00
	At. 02 d 04	1	1	1	1	1	1	-6,60	-6,60	-6,60	16,80	16,80	16,80
	At. 01 d 04	1	1	1	1	1	1	-5,53	-5,53	-5,53	29,90	29,90	29,90
	<i>Total:</i>	3	3	3	3	3	3	0,00	0,00	0,00	86,80	86,80	86,80

⁽¹⁾ Número de jornadas padrão de 7h e 20min

⁽²⁾ Valor negativo parcial por aterro representa a hora ociosa em relação ao tempo total de trabalho pago

menor custo. Por outro lado, devido a mesma sofisticação proporcionada pelo TransCAD, fazendo-se alguns ajustes, ou mudando algumas opções, é possível chegar à solução otimizada. Na maioria das vezes, fazendo-se o ajuste na janela de tempo, horário de funcionamento das ETs, foi possível saltar de uma solução para outra melhor. É necessário lembrar que se trabalhou com no máximo 15 nós neste estudo de caso, e quanto maior o número de pontos, mais estes ajustes se tornam difíceis, pois dependem de trabalho manual.

O TransCAD é um *software* que permite análises logísticas de transporte. No caso da distribuição de produtos manufaturados, o veículo sai carregado do depósito, descarrega quantidades pequenas nos clientes, e volta com o veículo vazio. Já no caso do veículo de transbordo de RSU, o veículo sai descarregado do aterro (depósito), coleta nas estações (clientes) e descarrega no aterro. Até este ponto, as rotinas não apresentam problemas.

Porém, há uma limitação na heurística, no caso em que o cliente tem uma quantidade maior do que a capacidade do veículo. A rotina não roteiriza fracionando a carga em dois veículos. Assim, foi necessário criar um veículo fictício, com capacidade igual à quantidade total da carga de RSU. Na prática, significa que haverá um veículo para realizar outra viagem e coletar os resíduos excedentes. No caso em que não foi possível realizar duas viagens com o mesmo veículo, adotou-se a solução de fazer a viagem com um veículo maior, carregando até a sua capacidade, e o excedente seria transportado direto pelo veículo de coleta.

ii) Veículo de Coleta

No caso do transporte de veículos de coleta até as estações ou aterros, diferente do veículo com transbordo, a roteirização consiste em sair carregado da cidade (depósito) e descarregar no cliente (aterro ou ET). Como a origem e o destino são únicos, para todas as cidades, e tendo em vista que não se carrega lixo para dois aterros ou estações, foi roteirizada cada viagem individualmente. E para este caso, o TransCAD não apresentou nenhuma complicação nas soluções, apenas um trabalho manual maior.

Os resultados da etapa de análise de roteirização dos veículos de coleta, que realizaram o transporte de resíduos após a coleta nas cidades, é apresentada nas **TABELA**

TABELA 9.14 – Roteirização para veículo de coleta: resultados sintetizados no formato para cálculo de custos

Situação	Destino	N. Veículos ⁽¹⁾			N. Jornada total médio ⁽²⁾			Hora extra total média ⁽³⁾		
		(veíc)			(un/dia)			(h/dia)		
		2007	2012	2017	2007	2012	2017	2007	2012	2017
11	At. 01 d 01	16	16	16	16	16	16	-32,98	-28,20	-24,01
	<i>Total:</i>	16	16	16	16	16	16	0,00	0,00	0,00
12	At. 01 d 02	10	10	10	10	10	10	-22,25	-19,38	-17,01
	At. 02 d 02	6	6	6	6	6	6	-10,70	-9,18	-7,56
	<i>Total:</i>	16	16	16	16	16	16	0,00	0,00	0,00
13	At. 01 d 03	7	7	7	7	7	7	-10,21	-7,99	-6,14
	At. 02 d 03	5	5	5	5	5	5	-11,98	-10,89	-9,96
	At. 03 d 03	4	4	4	4	4	4	-7,89	-6,95	-6,14
	<i>Total:</i>	16	16	16	16	16	16	0,00	0,00	0,00
14	At. 01 d 04	6	6	6	6	6	6	-7,52	-5,70	-4,14
	At. 02 d 04	4	4	4	4	4	4	-13,36	-12,61	-11,97
	At. 03 d 04	4	4	4	4	4	4	-8,11	-7,12	-6,08
	At. 04 d 04	2	2	2	2	2	2	-2,02	-1,49	-1,03
	<i>Total:</i>	16	16	16	16	16	16	0,00	0,00	0,00
21	At. 01 d 01	16	16	16	17	18	18	0,57	-2,20	2,18
	<i>Total:</i>	16	16	16	17	18	18	0,00	0,00	0,00
22	At. 01 d 02	9	9	9	9	9	9	-7,15	-4,61	-2,20
	At. 02 d 02	7	7	7	7	7	7	-0,93	1,07	2,68
	<i>Total:</i>	16	16	16	16	16	16	0,00	1,07	2,68
23	At. 01 d 03	6	6	6	6	6	6	-4,85	-2,96	-1,07
	At. 02 d 03	5	5	5	5	5	5	-5,81	-4,60	-3,59
	At. 03 d 03	5	5	5	5	5	5	-10,54	-9,21	-8,15
	<i>Total:</i>	16	16	16	16	16	16	0,00	0,00	0,00
24	At. 01 d 04	6	6	6	6	6	6	-4,85	-2,96	-1,07
	At. 02 d 04	5	5	5	5	5	5	-10,54	-9,21	-8,15
	At. 03 d 04	3	3	3	3	3	3	-8,49	-7,84	-7,27
	At. 04 d 04	2	2	2	2	2	2	-1,76	-1,21	-0,76
	<i>Total:</i>	16	16	16	16	16	16	0,00	0,00	0,00

⁽¹⁾ Número real de veículos, já com compartilhamento entre cidades

⁽²⁾ Número de jornadas padrão de 7h e 20min

⁽³⁾ Valor negativo parcial por aterro representa a hora ociosa em relação ao tempo total de trabalho pago

9.14 e TABELA 9.15. Nelas, os valores já se encontram resumidos, considerando desde a coleta até o transporte até o destino, ET ou aterro. Como a operação do veículo de coleta é realizada continuamente pela mesma mão-de-obra, independente se é para coleta na cidade ou transporte fora dela, as jornadas e horas extras já consideram o trabalho como um todo. Apenas as distâncias estão separadas em coleta e após coleta, pois não implica na mão-de-obra, mas interfere no consumo do veículo, ou seja, nos custos operacionais do veículo.

TABELA 9.15 – Roteirização para veículo de coleta: resultados sintetizados no formato para cálculo de custos (cont.)

Situação	Destino	Quilometragem total média APÓS COLETA			Quilometragem total média NA COLETA		
		(km/dia)			(km/dia)		
		2007	2012	2017	2007	2012	2017
11	At. 01 d 01	170,56	191,14	210,05	777,60	823,85	863,63
	Total:	170,56	191,14	210,05	777,60	823,85	863,63
12	At. 01 d 02	74,29	83,93	89,14	482,99	511,72	536,43
	At. 02 d 02	86,55	86,55	96,76	294,61	312,13	327,20
	Total:	160,85	170,49	185,89	777,60	823,85	863,63
13	At. 01 d 03	73,75	76,95	78,68	384,90	407,79	427,48
	At. 02 d 03	110,50	110,50	110,50	209,97	222,46	233,20
	At. 03 d 03	74,18	74,18	74,18	182,73	193,60	202,95
	Total:	258,42	261,63	263,36	777,60	823,85	863,63
14	At. 01 d 04	66,95	66,95	66,95	351,32	372,21	390,19
	At. 02 d 04	48,95	48,95	48,95	131,67	139,50	146,24
	At. 03 d 04	61,92	61,92	66,68	191,98	203,39	213,22
	At. 04 d 04	50,78	50,78	50,78	102,63	108,74	113,99
	Total:	228,59	228,59	233,36	777,60	823,85	863,63
21	At. 01 d 01	1.782,98	1.796,31	1.824,04	777,60	823,85	863,63
	Total:	1.782,98	1.796,31	1.824,04	777,60	823,85	863,63
22	At. 01 d 02	469,65	471,36	477,41	465,00	492,65	516,44
	At. 02 d 02	569,43	579,76	585,35	312,60	331,19	347,19
	Total:	1.039,08	1.051,12	1.062,76	777,60	823,85	863,63
23	At. 01 d 03	169,22	171,28	178,52	351,32	372,21	390,19
	At. 02 d 03	298,16	298,66	298,59	216,31	229,17	240,24
	At. 03 d 03	172,90	180,35	183,65	209,97	222,46	233,20
	Total:	640,28	650,29	660,76	777,60	823,85	863,63
24	At. 01 d 04	169,22	171,28	178,52	351,32	372,21	390,19
	At. 02 d 04	172,90	180,35	183,65	209,97	222,46	233,20
	At. 03 d 04	42,07	42,10	42,09	113,68	120,44	126,25
	At. 04 d 04	85,57	85,89	85,83	102,63	108,74	113,99
	Total:	469,75	479,62	490,09	777,60	823,85	863,63

As tabelas com os resultados de todas as roteirizações apresentadas, foram obtidas do TransCAD, na forma de itinerários e rotas, que podem ser encontradas no APÊNDICE J.

9.2. Resultado Final

A etapa final constituiu em agrupar todas as informações das fases intermediárias, seguindo com a etapa para determinar os custos para cada situação. Finalizados os cálculos dos custos, os seus resultados foram analisados comparando-se os custos por tonelada de cada situação.

TABELA 9.16 – Entrada na planilha de custos: valores sintetizados de produção de RSU e população para cada situação

Situação	Destino	Produção média RSU			Produção total RSU	Produção média RSU	População Urbana Residente		
		(kg/mês)			(t)	(kg/dia)	(hab)		
		2007	2012	2017	15 anos	2.003	2007	2012	2017
11	At. 01 d 01	2.736.743	2.913.449	3.065.062	523.222	87.176	162.872	172.559	180.892
12	At. 01 d 02	1.635.772	1.742.640	1.834.051	313.177	52.179	102.366	108.454	113.692
	At. 02 d 02	1.100.970	1.170.808	1.231.011	210.045	34.996	60.506	64.104	67.200
13	At. 01 d 03	1.256.690	1.339.384	1.410.046	240.735	40.110	80.290	85.065	89.173
	At. 02 d 03	834.117	887.223	932.865	159.319	26.545	47.755	50.595	53.039
	At. 03 d 03	645.936	686.841	722.152	123.168	20.521	34.826	36.898	38.680
14	At. 01 d 04	1.134.416	1.209.222	1.273.176	217.282	36.202	72.275	76.574	80.272
	At. 02 d 04	501.357	533.418	560.874	95.895	15.977	30.091	31.880	33.420
	At. 03 d 04	768.617	817.492	859.540	146.751	24.451	43.412	45.994	48.215
	At. 04 d 04	332.354	353.316	371.472	63.294	10.546	17.094	18.110	18.985
21	At. 01 d 01	2.736.743	2.913.449	3.065.062	523.222	87.176	162.872	172.559	180.892
22	At. 01 d 02	1.570.272	1.672.909	1.760.726	300.609	50.085	98.023	103.853	108.868
	At. 02 d 02	1.166.471	1.240.540	1.304.336	222.613	37.090	64.849	68.706	72.024
23	At. 01 d 03	1.134.416	1.209.222	1.273.176	217.282	36.202	72.275	76.574	80.272
	At. 02 d 03	768.210	817.004	859.021	146.621	24.429	42.841	45.389	47.581
	At. 03 d 03	834.117	887.223	932.865	159.319	26.545	47.755	50.595	53.039
24	At. 01 d 04	1.134.416	1.209.222	1.273.176	217.282	36.202	72.275	76.574	80.272
	At. 02 d 04	834.117	887.223	932.865	159.319	26.545	47.755	50.595	53.039
	At. 03 d 04	435.856	463.687	487.549	83.327	13.883	25.747	27.279	28.596
	At. 04 d 04	332.354	353.316	371.472	63.294	10.546	17.094	18.110	18.985

TABELA 9.17 – Entrada na planilha de custos: valores sintetizados da implantação de ETs para cada situação

Situação	Destino	Cap. Max.	CUSTO Equipamento Pesagem	CUSTO TOTAL s/ equip.	CUSTO TOTAL
		Total Acúmulo RSU nas ETs			
		(t/dia)	(R\$)	(R\$)	(R\$)
11	At. 01 d 01	204,17	R\$ 159.800	R\$ 975.992	R\$ 1.135.792
12	At. 01 d 02	121,37	R\$ 94.000	R\$ 579.547	R\$ 673.547
	At. 02 d 02	85,77	R\$ 65.800	R\$ 396.588	R\$ 462.388
13	At. 01 d 03	77,03	R\$ 56.400	R\$ 316.649	R\$ 373.049
	At. 02 d 03	20,52	R\$ 18.800	R\$ 156.128	R\$ 174.928
	At. 03 d 03	32,95	R\$ 28.200	R\$ 182.831	R\$ 211.031
14	At. 01 d 04	68,36	R\$ 47.000	R\$ 240.610	R\$ 287.610
	At. 02 d 04	25,48	R\$ 18.800	R\$ 106.850	R\$ 125.650
	At. 03 d 04	41,98	R\$ 28.200	R\$ 133.717	R\$ 161.917
	At. 04 d 04	21,49	R\$ 18.800	R\$ 106.658	R\$ 125.458

TABELA 9.18 – Entrada na planilha de custos: valores sintetizados da implantação de Aterros para cada situação

Situação	Destino	Produção média RSU (t/dia)	Quantidade				CUSTO Equipamento (R\$)	CUSTO TOTAL s/ equip. (R\$)	CUSTO TOTAL (R\$)
			Trator Esteira (un)	Balança Rodoviária (un)	Retro- escavadeira (un)	Caminhão Basculante (un)			
11	At. 01 d 01	87,18	1	1	1	1	R\$ 467.174	R\$ 1.081.104	R\$ 1.548.279
12	At. 01 d 02	52,18	1	1	1	1	R\$ 467.174	R\$ 546.690	R\$ 1.013.865
	At. 02 d 02	35,00	1	1	1	1	R\$ 467.174	R\$ 423.401	R\$ 890.575
13	At. 01 d 02	40,11	1	1	1	1	R\$ 467.174	R\$ 667.858	R\$ 1.135.033
	At. 02 d 02	26,54	1	1	1	1	R\$ 386.685	R\$ 498.902	R\$ 885.588
	At. 03 d 03	20,52	0	1	1	1	R\$ 246.374	R\$ 421.935	R\$ 668.309
14	At. 01 d 04	36,20	1	1	1	1	R\$ 467.174	R\$ 619.804	R\$ 1.086.978
	At. 02 d 04	15,98	0	1	1	1	R\$ 196.324	R\$ 351.941	R\$ 548.265
	At. 03 d 04	24,45	0	1	1	1	R\$ 337.906	R\$ 472.144	R\$ 810.050
	At. 04 d 04	10,55	0	1	1	0	R\$ 145.141	R\$ 266.423	R\$ 411.564
21	At. 01 d 01	87,18	1	1	1	1	R\$ 467.174	R\$ 1.081.104	R\$ 1.548.279
22	At. 01 d 02	52,18	1	1	1	1	R\$ 467.174	R\$ 781.498	R\$ 1.248.673
	At. 02 d 02	35,00	1	1	1	1	R\$ 467.174	R\$ 604.883	R\$ 1.072.057
23	At. 01 d 03	40,11	1	1	1	1	R\$ 467.174	R\$ 667.858	R\$ 1.135.033
	At. 02 d 03	26,54	1	1	1	1	R\$ 386.685	R\$ 498.902	R\$ 885.588
	At. 03 d 03	20,52	0	1	1	1	R\$ 246.374	R\$ 421.935	R\$ 668.309
24	At. 01 d 04	30,06	1	1	1	1	R\$ 467.174	R\$ 543.805	R\$ 1.010.979
	At. 02 d 04	22,12	0	1	1	1	R\$ 283.584	R\$ 442.346	R\$ 725.930
	At. 03 d 04	24,45	0	1	1	1	R\$ 337.906	R\$ 472.144	R\$ 810.050
	At. 04 d 04	10,55	0	1	1	0	R\$ 145.141	R\$ 266.423	R\$ 411.564

9.2.1. Resultados Obtidos de Outras Etapas

Antes de iniciar o cálculo dos custos, além das informações contidas nas **TABELA 9.13** à **TABELA 9.15**, foram necessárias as informações contidas nas tabelas **TABELA 9.16** à **TABELA 9.19**, resumo dos resultados de etapas anteriores do método. Todos estes dados foram inseridos na “*Planilha com resumo dos dados de entrada para caracterizar cada situação*” (vide item 7.13.2.i)) de cada arquivo do Excel, de custos referentes a uma situação definida, para poder dar seqüência aos cálculos.

O exemplo de cálculo, para uma das situações de cada planilha de cálculo desenvolvida, para chegar aos valores de custos com base no método apresentado, pode ser consultado no APÊNDICE K. Além de um exemplo de planilha, com os resultados de custos de um arquivo referente a uma das situações.

TABELA 9.19 – Entrada na planilha de custos: tempo de trabalho dos equipamentos nos aterros para cada situação

Equip. ⁽¹⁾	Situação	Destino	Horas trabalhadas ⁽²⁾ (h/mês)			Situação	Destino	Horas trabalhadas ⁽²⁾ (h/mês)		
			2007	2012	2017			2007	2012	2017
TE	11	At. 01 d 01	78	83	88	21	At. 01 d 01	78	83	88
RE			39	42	44			39	42	44
CB			39	42	44			39	42	44
TE	12	At. 01 d 02	47	50	52	22	At. 01 d 02	47	50	52
RE			23	25	26			23	25	26
CB			23	25	26			23	25	26
TE		At. 02 d 02	31	33	35		At. 02 d 02	31	33	35
RE			16	17	18			16	17	18
CB			16	17	18			16	17	18
TE	13	At. 01 d 03	36	38	40	23	At. 01 d 03	36	38	40
RE			18	19	20			18	19	20
CB			18	19	20			18	19	20
TE		At. 02 d 03	24	25	27		At. 02 d 03	24	25	27
RE			12	13	13			12	13	13
CB			12	13	13			12	13	13
TE		At. 03 d 03	18	20	21		At. 03 d 03	18	20	21
RE			9	10	10			9	10	10
CB			9	10	10			9	10	10
TE	14	At. 01 d 04	33	35	36	24	At. 01 d 04	27	29	30
RE			16	17	18			13	14	15
CB			16	17	18			13	14	15
TE		At. 02 d 04	14	15	16		At. 02 d 04	20	21	22
RE			7	8	8			10	11	11
CB			7	8	8			10	11	11
TE		At. 03 d 04	22	23	25		At. 03 d 04	22	23	25
RE			11	12	12			11	12	12
CB			11	12	12			11	12	12
TE		At. 04 d 04	0	0	0		At. 04 d 04	0	0	0
RE			33	35	37			33	35	37
CB			0	0	0			0	0	0

⁽¹⁾ TE: Trator de esteira; RE: Retroescavadeira; CB: Caminhão basculante

⁽²⁾ Produtividade TE: 35 t/h de RSU (Aterro Convencional) Produtividade RE: 20 m³/h de escavação (Aterro em vala)

Obs.: Aterro Convencional: RE e CB trabalha 50% do tempo do TE

9.2.2. Resumo dos Resultados com os Custos

As planilhas desenvolvidas retornaram como resposta os custos para cada componente: operação de coleta, operação dos aterros sanitários e ETs, transporte com veículo de coleta, transporte com veículo de transbordo, implantação de aterros e de estações. As formas utilizadas para apresentar os resultados foram os valores totais de cada componente, dentro do horizonte de planejamento de 15 anos, e os valores unitários por tonelada de resíduos gerados no mesmo período.

Nas tabelas a seguir, encontram-se os resultados parciais para cada componente, e o resultado final.

TABELA 9.21 – Custos de operação da coleta para cada situação

Situação	CUSTO Transporte Veículo de Coleta - Coleta								
	C TOTAL (R\$)			C UNITARIO (R\$/t)					
	2007	2012	2017	2007	2012	2017	Médio		
11	R\$ 237.894	R\$ 239.234	R\$ 240.386	R\$ 86,93	R\$ 82,11	R\$ 78,43	R\$ 82,49		
12	R\$ 262.345	R\$ 263.685	R\$ 264.837	R\$ 95,86	R\$ 90,51	R\$ 86,41	R\$ 90,92		
13	R\$ 275.599	R\$ 276.939	R\$ 278.092	R\$ 100,70	R\$ 95,06	R\$ 90,73	R\$ 95,50		
14	R\$ 290.375	R\$ 291.715	R\$ 292.867	R\$ 106,10	R\$ 100,13	R\$ 95,55	R\$ 100,59		
21	R\$ 244.917	R\$ 252.499	R\$ 255.150	R\$ 89,49	R\$ 86,67	R\$ 83,24	R\$ 86,47		
22	R\$ 252.669	R\$ 254.754	R\$ 257.026	R\$ 92,32	R\$ 87,44	R\$ 83,86	R\$ 87,87		
23	R\$ 271.035	R\$ 272.375	R\$ 273.528	R\$ 99,04	R\$ 93,49	R\$ 89,24	R\$ 93,92		
24	R\$ 283.742	R\$ 285.082	R\$ 286.235	R\$ 103,68	R\$ 97,85	R\$ 93,39	R\$ 98,31		

TABELA 9.20 – Custos do transporte com veículo de coleta até destino

Situação	CUSTO Transporte Veículo de Coleta - Após coleta								
	C TOTAL (R\$)			C UNITÁRIO (R\$/t)			Médio		
	2007	2012	2017	2007	2012	2017			
11	R\$ 4.449	R\$ 4.986	R\$ 5.479	R\$ 1,63	R\$ 1,71	R\$ 1,79	R\$ 1,71		
12	R\$ 4.197	R\$ 4.448	R\$ 4.850	R\$ 1,53	R\$ 1,53	R\$ 1,58	R\$ 1,55		
13	R\$ 6.743	R\$ 6.826	R\$ 6.871	R\$ 2,46	R\$ 2,34	R\$ 2,24	R\$ 2,35		
14	R\$ 5.966	R\$ 5.966	R\$ 6.090	R\$ 2,18	R\$ 2,05	R\$ 1,99	R\$ 2,07		
21	R\$ 46.501	R\$ 46.849	R\$ 47.572	R\$ 16,99	R\$ 16,08	R\$ 15,52	R\$ 16,20		
22	R\$ 27.101	R\$ 27.415	R\$ 27.719	R\$ 9,90	R\$ 9,41	R\$ 9,04	R\$ 9,45		
23	R\$ 16.701	R\$ 16.962	R\$ 17.236	R\$ 6,10	R\$ 5,82	R\$ 5,62	R\$ 5,85		
24	R\$ 12.255	R\$ 12.513	R\$ 12.785	R\$ 4,48	R\$ 4,29	R\$ 4,17	R\$ 4,31		

TABELA 9.22 – Custos do transporte com veículo de transbordo: Aterro-ET-Aterro

Situação	CUSTO Transporte Veículo Transbordo: At-ET-At									
	C TOTAL (R\$)					C UNITÁRIO (R\$/t)				
	2007	2012	2017	2007	2012	2017	Médio			
11	R\$ 38.300	R\$ 38.373	R\$ 38.461	R\$ 13,99	R\$ 13,17	R\$ 12,55	R\$ 13,24			
12	R\$ 40.416	R\$ 40.416	R\$ 40.416	R\$ 14,77	R\$ 13,87	R\$ 13,19	R\$ 13,94			
13	R\$ 51.012	R\$ 51.012	R\$ 51.012	R\$ 18,64	R\$ 17,51	R\$ 16,64	R\$ 17,60			
14	R\$ 63.696	R\$ 63.696	R\$ 63.696	R\$ 23,27	R\$ 21,86	R\$ 20,78	R\$ 21,97			
21	-	-	-	-	-	-	-			
22	-	-	-	-	-	-	-			
23	-	-	-	-	-	-	-			
24	-	-	-	-	-	-	-			

TABELA 9.24 – Custos de operação dos Aterros e ETs

Situação	CUSTO Operação Aterro e/ou E.Transferência									
	C TOTAL (R\$)					C UNITÁRIO (R\$/t)				
	2007	2012	2017	2007	2012	2017	Médio			
11	R\$ 31.879	R\$ 29.041	R\$ 29.666	R\$ 11,65	R\$ 9,97	R\$ 9,68	R\$ 10,43			
12	R\$ 51.130	R\$ 44.788	R\$ 45.468	R\$ 18,68	R\$ 15,37	R\$ 14,83	R\$ 16,30			
13	R\$ 68.638	R\$ 58.793	R\$ 59.527	R\$ 25,08	R\$ 20,18	R\$ 19,42	R\$ 21,56			
14	R\$ 78.376	R\$ 67.370	R\$ 68.126	R\$ 28,64	R\$ 23,12	R\$ 22,23	R\$ 24,66			
21	R\$ 27.507	R\$ 24.669	R\$ 25.294	R\$ 10,05	R\$ 8,47	R\$ 8,25	R\$ 8,92			
22	R\$ 44.419	R\$ 38.077	R\$ 38.757	R\$ 16,23	R\$ 13,07	R\$ 12,64	R\$ 13,98			
23	R\$ 61.330	R\$ 51.486	R\$ 52.220	R\$ 22,41	R\$ 17,67	R\$ 17,04	R\$ 19,04			
24	R\$ 69.020	R\$ 58.014	R\$ 58.770	R\$ 25,22	R\$ 19,91	R\$ 19,17	R\$ 21,44			

TABELA 9.23 – Custos total das componentes de operação

Situação	CUSTO OPERAÇÃO TOTAL									
	C TOTAL (R\$)					C UNITÁRIO (R\$/t)				
	2007	2012	2017	2007	2012	2017	Médio			
11	R\$ 312.522	R\$ 311.633	R\$ 313.993	R\$ 114,19	R\$ 106,96	R\$ 102,44	R\$ 107,87			
12	R\$ 358.087	R\$ 353.337	R\$ 355.571	R\$ 130,84	R\$ 121,28	R\$ 116,01	R\$ 122,71			
13	R\$ 401.992	R\$ 393.571	R\$ 395.502	R\$ 146,89	R\$ 135,09	R\$ 129,04	R\$ 137,00			
14	R\$ 438.412	R\$ 428.746	R\$ 430.779	R\$ 160,19	R\$ 147,16	R\$ 140,55	R\$ 149,30			
21	R\$ 318.926	R\$ 324.017	R\$ 328.016	R\$ 116,53	R\$ 111,21	R\$ 107,02	R\$ 111,59			
22	R\$ 324.190	R\$ 320.247	R\$ 323.502	R\$ 118,46	R\$ 109,92	R\$ 105,55	R\$ 111,31			
23	R\$ 349.067	R\$ 340.824	R\$ 342.983	R\$ 127,55	R\$ 116,98	R\$ 111,90	R\$ 118,81			
24	R\$ 365.017	R\$ 355.608	R\$ 357.790	R\$ 133,38	R\$ 122,06	R\$ 116,73	R\$ 124,06			

TABELA 9.25 – Custos de investimentos na implantação dos aterros e ETs

Situação	IMPLANTAÇÃO					
	ATERROS		E. TRANSFERÊNCIA		TOTAL	
	Investimento (R\$)	C UNITÁRIO (R\$/t)	Investimento (R\$)	C UNITÁRIO (R\$/t)	Investimento (R\$)	C UNITÁRIO (R\$/t)
11	R\$ 1.081.104	R\$ 2,07	R\$ 975.992	R\$ 1,87	R\$ 2.057.096	R\$ 3,93
12	R\$ 970.091	R\$ 1,85	R\$ 976.135	R\$ 1,87	R\$ 1.946.226	R\$ 3,72
13	R\$ 1.588.695	R\$ 3,04	R\$ 655.607	R\$ 1,25	R\$ 2.244.302	R\$ 4,29
14	R\$ 1.710.312	R\$ 3,27	R\$ 587.835	R\$ 1,12	R\$ 2.298.147	R\$ 4,39
21	R\$ 1.081.104	R\$ 2,07	-	-	R\$ 1.081.104	R\$ 2,07
22	R\$ 1.386.382	R\$ 2,65	-	-	R\$ 1.386.382	R\$ 2,65
23	R\$ 1.588.695	R\$ 3,04	-	-	R\$ 1.588.695	R\$ 3,04
24	R\$ 1.724.718	R\$ 3,30	-	-	R\$ 1.724.718	R\$ 3,30

TABELA 9.26 – Custos total final de todas as componentes

Situação	CUSTO TOTAL FINAL									
	C TOTAL (R\$)			C UNITÁRIO (R\$/t)						Médio
	2007	2012	2017	2007	2012	2017	2007	2012	2017	
11	R\$ 998.221	R\$ 997.332	R\$ 999.692	R\$ 118,13	R\$ 110,90	R\$ 106,37	R\$ 111,80			
12	R\$ 1.006.829	R\$ 1.002.079	R\$ 1.004.313	R\$ 134,56	R\$ 125,00	R\$ 119,73	R\$ 126,43			
13	R\$ 1.150.092	R\$ 1.141.671	R\$ 1.143.603	R\$ 151,18	R\$ 139,38	R\$ 133,32	R\$ 141,29			
14	R\$ 1.204.461	R\$ 1.194.795	R\$ 1.196.828	R\$ 164,59	R\$ 151,55	R\$ 144,94	R\$ 153,69			
21	R\$ 679.294	R\$ 684.385	R\$ 688.384	R\$ 118,60	R\$ 113,28	R\$ 109,08	R\$ 113,66			
22	R\$ 786.317	R\$ 782.374	R\$ 785.629	R\$ 121,11	R\$ 112,57	R\$ 108,19	R\$ 113,96			
23	R\$ 878.632	R\$ 870.389	R\$ 872.548	R\$ 130,58	R\$ 120,02	R\$ 114,94	R\$ 121,85			
24	R\$ 939.923	R\$ 930.514	R\$ 932.697	R\$ 136,67	R\$ 125,35	R\$ 120,03	R\$ 127,35			

9.2.3. Análise dos resultados

Antes de iniciar a comparação dos resultados finais, a primeira observação feita é sobre a componente custo de coleta, cujo valor se apresenta fora do que comumente se vê na prática, aproximadamente a metade. Estes resultados podem ser vistos na **TABELA 9.21**.

No primeiro momento imaginou-se que haveria algum problema de cálculo ou de conceito. Toda a planilha de custo foi revisada, e assim, o único ponto que poderia apresentar algum problema seria a entrada de valores na planilha de custo. Assim, o problema estaria no dimensionamento da coleta. E, esta etapa foi reavaliada, através de simulações, variando-se alguns parâmetros adotados, e não foi encontrado nenhum ponto que levasse a variações muito significativas.

A compreensão, do fato do valor dos custos de coleta estar alto, foi alcançada ao se comparar a coleta de uma cidade com a mesma produção de resíduos do consórcio na situação com um aterro. Na pesquisa realizada por DELUQUI (1998), foram apresentados os valores de quantidade de resíduos, população e a frota da coleta na cidade de São Carlos-SP, para um determinado período. O tamanho da população e os valores de produção de resíduos eram próximos dos existentes nos municípios da APA de Corumbataí. Porém, a frota utilizada por São Carlos era bem menor. Enquanto a APA como um todo precisava de 16 veículos na condição otimizada, com o uso compartilhado da frota entre cidades, a frota de coleta de São Carlos era de apenas 5 veículos.

Para se entender a diferença, primeiro substitui-se na planilha de custos, para a situação com um aterro, os valores de frota como sendo de 5 veículos, trabalhando em 2 jornadas por dia, e reduzindo a vida útil dos veículos para 60 meses (vide último parágrafo no final do item 8.2). Neste caso simplificado, o valor médio do custo unitário ficou em R\$ 52,20 que é um resultado mais realista.

Porém, a APA de Corumbataí não poderia trabalhar, a princípio, com 5 veículos, já que estaria assumindo 8 sedes urbanas trabalhando cada qual com sua frota, e 3 conjuntos de sedes trabalhando cada qual com uma frota compartilhada. Neste ponto de vista, se cada caso tivesse um veículo, seriam necessários no mínimo 11 veículos, o dobro da situação que ocorria em São Carlos. Assim, os valores encontrados na planilha estão coerentes, apesar de altos. O que se pode concluir é que existe uma ociosidade imposta pela condição dos municípios serem de pequeno porte, e nem mesmo o consórcio, com as suposições desta pesquisa, conseguiu resolver.

Esclarecido este fato, pode se prosseguir com a avaliação dos custos. O sistema con-

FIGURA 9.11 – Custo unitário por tonelada de RSU produzido do Sistema Consorciado segundo o número de aterros

FIGURA 9.12 – Custo unitário médio por tonelada de RSU produzido do Sistema Consorciado segundo a situação definida e os componentes dos custos

sorciado foi analisado considerando-se o custo de implantação e operação do sistema. Os gastos com a fase de projeto, por exemplo, não foram computados aqui. Os gráficos da **FIGURA 9.11** e **FIGURA 9.12** apresentam a comparação dos resultados obtidos por tonelada de resíduos gerada para cada situação definida.

No gráfico da **FIGURA 9.11**, os resultados são apresentados para os períodos de dimensionamentos, de 2003 até 2007, de 2008 até 2012 e de 2013 até 2017. O primeiro ponto que se verifica é que, com o passar do tempo, a solução se torna mais econômica. Isto pode parecer incoerente, mas não se for considerar que existe ociosidade no sistema. Isto significa que a mesma quantidade de equipamentos está fazendo o serviço, mesmo com o aumento na geração de RSU.

No mesmo gráfico, pode ser visto que a melhor solução encontrada foi a situação com 1 aterro, e com ET. Os valores exatos podem ser vistos na **TABELA 9.26**. Mas a situação sem ET chegou a valores bem próximos, e pode-se verificar a condição de custo mínimo, na situação com dois aterros para os dois últimos períodos.

Continuando as análises deste mesmo gráfico, observa-se que, quanto maior é o número de aterros, ou seja, mais próximo da solução isolada (sem consórcio), há uma tendência dos custos aumentarem. Isto indica que os resultados do consórcio confirmaram, mesmo ocorrendo condições de ociosidade, uma maior eficiência com racionalização de recursos se comparada com a solução isolada.

O gráfico da **FIGURA 9.12** ilustra os componentes dos custos entre as situações com ou sem ETs. Através dela pode verificar-se a composição dos componentes para cada situação e sua variação com o número de aterros. É preciso lembrar que a componente custo de transporte, com os veículos de coleta da **FIGURA 9.12**, está contemplado apenas o custo adicional de insumos e manutenção dos veículos de coleta. Pois os gastos individuais de mão-de-obra e os demais custos já foram incluídas no componente do custo da coleta propriamente dito. Isto explica a variação do custo total da coleta com o aumento no número de aterros.

É possível verificar também, para a situação sem ET, a redução do custo de transporte com o veículo de coleta, com o aumento do número de aterros, ou seja, as cidades estão mais próximas dos aterros, percorrendo-se menores distâncias.

A eficiência do sistema consorciado pode ser vista também, quando se verifica que os custos unitários de operação dos aterros e estações, da operação da coleta, das implantações das instalações, são menores quando se têm menos aterros para o mesmo número de municípios. Em outras palavras, quanto maior é o número de cidades trabalhando em conjunto, para um mesmo aterro, mais eficiente se torna o sistema.

10. CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

Para as cidades de pequeno porte do estudo de caso desta pesquisa, o consórcio intermunicipal não chega a resolver todos os problemas de ociosidade de instalações e equipamentos do sistema de destinação de RSU, mas confirmou ser melhor do que a situação dos municípios trabalhando de forma isolada. Os resultados confirmaram que existe uma redução significativa nos custos, quando se opta pela solução conjunta entre os municípios, para se resolver um problema em comum, no caso, a destinação dos resíduos sólidos.

Um dos problemas mais críticos do inadequado aproveitamento dos equipamentos pôde ser visto no sistema de coleta. Uma possível solução para isto, mas menos desejável, seria a diminuição na frequência de coleta nas cidades, que foi considerada diária nos centros e alternada nos outros setores. Porém, como as cidades têm características turísticas, isto não é recomendado, pois a presença de lixo nas ruas por um tempo maior significa a probabilidade de se verificar a presença maior de roedores, baratas e moscas nas ruas, além do forte odor e prejuízo na estética da cidade.

Mas, uma alternativa que pode ser estudada, e não considerada neste trabalho para solucionar este mesmo problema, é a adoção de 3 jornadas de trabalho para os veículos de coleta. Isto é, um veículo coletaria em várias cidades em um dia, cada uma em uma jornada diferente, fazendo com que o compartilhamento da frota entre cidades aumentasse, reduzindo o número de veículos no sistema consorciado. Porém, haveria um aumento no custo da mão-de-obra com adicional noturno e horas extras, e gastos

---

---

com a viagem do veículo entre as cidades. O limitante no compartilhamento estaria no tempo total diário de trabalho de cada veículo, que seria a soma do período de coleta nas cidades mais o tempo de viagem de uma cidade para outra. Este estudo fica como recomendação para trabalhos futuros.

O método desenvolvido nesta pesquisa não contempla os processos intermediários de reaproveitamento de materiais, através de usinas de triagem ou coleta seletiva, para que o conceito de gerenciamento integrado fosse alcançado com mais profundidade. Nada impede que o sistema consorciado contemple estas atividades. Mas, o que está considerado no método deste trabalho, é o mínimo necessário para que se inicie a correta destinação dos resíduos, começando com a coleta nas cidades e finalizando com a disposição no aterro sanitário, que é a única instalação de destino *final* que não apresenta refugos ou rejeitos (SÃO PAULO, 1998a). Qualquer outra atividade que fosse considerada viria apenas complementar o processo de destinação dos resíduos.

E também, não existe uma resposta pronta, ou óbvia, se os ganhos com a consideração de outros processos nas análises venham a ser vantajosas. Pode ocorrer de o custo de implantação de uma usina de triagem ou coleta seletiva seja muito alto, inviabilizando qualquer projeto. O ganho ambiental com o reaproveitamento existe, mas em qualquer administração, se há prejuízo nas contas públicas, não é justificado nenhum investimento. Nestes casos, deveria haver subsídios federais aos governos locais. E, estes gastos serão compensados ao longo dos anos, de modo global, pela diminuição dos custos ambientais, mensurados e comprovados por estudos técnicos. Em qualquer situação, considerando ou não algum processo de destinação dos resíduos, a análise técnica é necessária.

A escolha da região do estudo de caso, municípios turísticos pertencentes a APA de Corumbataí, veio enriquecer a pesquisa, pois puderam ser estudados parâmetros diversos como a população flutuante, além do consórcio servir de justificativa ambiental para que seja menor possível o número de aterros nesta região, ou seja, o mínimo de potenciais focos de agressão aos recursos naturais.

É importante que, a aplicação deste método em um caso real seja realizado com muito critério, pois nesta pesquisa muita informação foi adotada na ausência da mesma. É

---

sugerido que se busque obter dados reais junto aos municípios, com a ajuda de especialistas capazes de analisar a qualidade da informação. Nada impede adotar de algum dado, porém o seu valor deve ser validado através de acompanhamento e análises estatísticas.

Sobre a inclusão da Estação de Transferência (ET) nos estudos, é de se observar que, apesar de não ter sido mencionado o aspecto de odor com a formação de percolato, dispositivos de controle devem ser criados para recolhimento dos líquidos e limpeza do local. A própria localização da ET, neste trabalho, foi realizada na periferia e fora da zona urbana, já se evitando o problema de mau cheiro na vizinhança. E, o próprio sistema de funcionamento dos silos de armazenagem, não permite o acúmulo de resíduos por um período muito longo, pois o primeiro resíduo que é depositado é sempre o primeiro que sai.

Sobre a ferramenta SIG-T TransCAD usada neste trabalho, a sua utilização foi satisfatória, com exceção da rotina de roteirização, necessitando de alguns ajustes para refazer as análises. Porém, na localização dos aterros, o resultado foi imediato. Mesmo na roteirização, apesar da resposta não ter sido obtido de forma rápida, a heurística da rotina de roteirização demonstrou ser flexível para realizar ajustes e análises complexas. No geral, o TransCAD demonstrou ser uma ferramenta SIG de apoio a decisão espacial útil no caso de analisar o sistema de destinação consorciada de RSU, atendendo as expectativas da presente pesquisa.

Para o caso como o da pesquisa, com poucas cidades, haveria a possibilidade de se fazer análises logísticas de forma manual, pois não seria muito trabalhoso. Esta observação é importante, pois são poucos os que poderiam adquirir um *software* como o TransCAD, cuja aquisição chega a ser de US\$ 10.000 (dez mil dólares). Caso se queira utilizar, a solução seria a de recorrer a ajuda de instituições de ensino, ou consultorias, que possuam este tipo de ferramenta.

Nas situações de pequenas dimensões, o TransCAD tem a vantagem, sobre as análises manuais, de ter a capacidade de oferecer a visualização espacial gráfica das soluções obtidas, podendo, de forma instantânea, verificar a possibilidade de uma melhoria. E, na situação de muitos municípios, como no caso de se estudar o consórcio em

---

todo o Estado de São Paulo, a aplicação manual das análises já não é óbvia, sendo necessária a utilização de softwares como o TransCAD.

Como conclusão final, o método desenvolvido nesta pesquisa, as ferramentas utilizadas e a solução proposta, fizeram com que se atingisse o objetivo da pesquisa, ou seja, de analisar o sistema consorciado para destinação dos resíduos sólidos e confirmá-lo como alternativa melhor que a solução isolada.

Antes de finalizar, vale observar que o ganho com o consórcio não é apenas nos custos para os municípios, mas também, existe uma redução nos custos logísticos de instituições de fiscalização ambiental como a CETESB, pois diminuindo o número de aterros, reduz-se os locais de monitoramento e os respectivos recursos materiais e humanos necessários.

Este trabalho não pode ser considerado como o estudo completo do consórcio, muito menos como a solução para o problema do lixo, e sim, o primeiro subsídio para se desenvolver estudos mais complexos e completos que levem, em um processo de melhoria contínua, a inibição da degradação do meio ambiente e os escassos recursos.

Com estas conclusões, é desejável que esta pesquisa sirva de subsídio para que profissionais e pesquisadores da área desenvolvam estudos e até projetos, para auxiliar na implantação de soluções para destinação adequada de resíduos, principalmente para as cidades de pequeno porte, que sofrem com a falta de recursos financeiros e técnicos.

---

11. REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA

AGENDA 21 (1997). Versão eletrônica 1.1. Cópia livre. Brasília, MMA – MCT. Projeto PNUD BRA/94/016. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/port/se/agen21/doc/ag21.zip>>. Acesso em: 15 Abr. 2002.

ASSAD, A. A. (1988). *Modeling and implementation issues in vehicle routing*. In: GOLDEN, B. L.; ASSAD, A. A.; ed. *Vehicle routing: methods and studies*. North Holland, Amsterdam. p.7-46.

ASSIS, J. F. (1999). *Avaliação do uso de aterros, como alternativa para disposição de resíduos sólidos domiciliares e industriais*. São Carlos. 126 p. Dissertação (Mestrado) – EESC, USP.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (1985). *NBR 8849 – Apresentação de projetos de aterros controlados de resíduos sólidos urbanos*. Rio de Janeiro, ABNT. 9 p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (1987a). *NBR 10004 – Resíduos Sólidos*. Rio de Janeiro, ABNT. 63 p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (1987b). *NBR 10005 – Lixiviação de Resíduos*. Rio de Janeiro, ABNT. 10 p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (1987c). *NBR 10006 – Solubilização de Resíduos*. Rio de Janeiro, ABNT. 2 p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (1987d). *NBR 10007 – Amostragem de Resíduos*. Rio de Janeiro, ABNT. 25 p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (1992). *NBR 8419 – Apresentação de projetos de aterros sanitários de resíduos sólidos urbanos*. Rio de Janeiro, ABNT. 7 p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (1993). *NBR 12807 – Manuseio de resíduos de serviço de saúde: procedimento*. Rio de Janeiro, ABNT. 3 p.

BALLOU, R. H. (2001). *Gerenciamento da Cadeia de Suprimentos*: planejamento, organização e logística empresarial. 4. ed. Tradução: Elias Pereira. Porto Alegre, Bookman. 532 p.

BIDONE, F. R. A; POVINELLI, J. (1999). *Conceitos básicos de resíduos sólidos*. São Carlos, EESC. 120 p. Projeto REENGE.

BODIN, L.; GOLDEN, B. (1981). Classification in vehicle routing and scheduling. *Networks*, v. 11, p. 97-108.

BODIN, L.; GOLDEN, B.; ASSAD, A.; BALL, M. (1983). Routing and scheduling of vehicles: the state of the art. Pergamon Press, Great Britain, Special issue of *Computers and Operations Research*, v. 10, n. 2, p. 63-211.

BORGES, M. E. (2001). *Dificuldades e soluções para o gerenciamento dos sistemas de limpeza urbana*. In: FORATTINI, G. D. *A contribuição do IBAMA para a questão ambiental municipal*. Disponível em: <<http://www.ecoambiental.com.br/gestao-ambiental-municipio.htm>>. Acesso em: 23 jun. 2001.

BRASIL. Constituição, 1988 (2002). *Constituição da República Federativa do Brasil, 1998*. Brasília, Senado Federal - Prodasen. Disponível em: <<http://www.senado.gov.br/bdtextual/const88/const88.htm>>. Acesso em: 01 maio 2002. Última atualização: jan. 2002.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. Conselho Nacional do Meio Ambiente. Leis, etc. (1993). Resolução CONAMA nº 005 de 5 de ago. de 1993. Resolve sobre a definição de normas mínimas para tratamento de resíduos sólidos oriundos de serviços de saúde, portos e aeroportos, considerando a determinação contida no art. 3º da Resolução CONAMA nº 006 de 19 de set. de 1991, bem como a necessidade de estender tais exigências aos terminais ferroviários e rodoviários. Brasília, MMA – CONAMA. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/port/conama/res/res93/res0593.html>>. Acesso em: 8 abr. 2001.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. Secretaria Executiva. Fundo Nacional do Meio Ambiente (2000). *Fomento a projetos de ordenamento da coleta e disposição final adequada de resíduos sólidos*: manual para apresentação de propostas. Brasília, MMA – FNMA. (Edital FNMA 02/200). Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/port/fnma/ed2.html#2>>. Acesso em: 8 abr. 2002.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. Conselho Nacional do Meio Ambiente. Leis, etc. (2001a). Resolução CONAMA nº 275 de 25 de abr. de 2001. Resolve sobre o código de cores para diferentes tipos de resíduos, a ser adotado na identificação de coletores e transportadores, bem como nas campanhas informativas para a coleta seletiva. Brasília, MMA – CONAMA. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/port/conama/res/res01/res27501.html>>. Acesso em: 15 abr. 2001.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. Secretaria Executiva. Fundo Nacional do Meio Ambiente (2001b). *Modelo de Gestão dos Resíduos Sólidos Urbanos*. Brasília, MMA – FNMA. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/port/fnma/doc/gestao.zip>>. Acesso em: 8 abr. 2002.

BRETAS, A. L. (1982). *Equipamentos utilizados em aterros sanitários*. São Paulo, CEPAM. 32 p.

CALIPER (1996a). *Routing and Logistics with TransCAD 3.0* (Transportation GIS software). Version 3.0 for use with Microsoft Windows. Newton – MA, Caliper Corporation.

CARDOSO, F. F. (2002). *Serviços de escavação: equipamentos e aspectos executivos*. São Paulo: Escola Politécnica da USP. 25 p. Disponível em: <www.pcc.usp.br/Graduação/PCC2435/pdf/servicos_escavacao.pdf>. Acesso em: 20 ago. 2002.

CONSTRUÇÃO MERCADO: custos, suprimentos, planejamento e controle de obras (2002). São Paulo, PINI, n. 10, maio de 2002. 328 p.

CINTRA, I. S.; BARRETO, A. A. (1997). *Aplicação de SIG no gerenciamento de resíduos Sólidos*: Localização de área para aterro sanitário. In: Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental, 19., Foz do Iguaçu. Rio de Janeiro, ABES. 1 CD-ROM.

COSTA, H. S. (1998). *Aspectos operacionais das estações de transferência de resíduos sólidos domiciliares no Brasil*. São Carlos. 199 p. Dissertação (Mestrado) – EESC, USP.

CRUZ, M. C. M. T., org. (2001). *Consórcios Intermunicipais: uma alternativa de integração regional ascendente*. Programa Gestão Pública e Cidadania/EAESP/FGV. São Paulo, Pólis. 96 p. Disponível em: <<http://www.polis.org.br/publicacoes/download/arquivos/cadbid5.pdf>>. Acesso em: 06 ago. 2001.

CUNHA, C.B. (1997). *Uma contribuição para o problema de roteirização de veículos com restrições operacionais*. São Paulo. 222 p. Tese (Doutorado) - Escola Politécnica, USP.

D'ALMEIDA, M. L. O.; VILHENA, A., coords. (2000). *Lixo municipal: manual de gerenciamento integrado*. 2. ed. São Paulo, IPT - CEMPRE. 370 p.

DAVIS, C.; CÂMARA, G. (2001). Arquitetura de sistemas de informação geográfica. In: DAVIS, C.; CÂMARA, G.; MONTEIRO, A. M. V. eds. *Introdução à ciência da geoinformação*. Cap. 3. Primeiro de 3 livros. In: CÂMARA, G.; MONTEIRO, A. M. V. eds. *Geoprocessamento: Teoria e Aplicações*. Série com 3 livros. Disponível em: <<http://www.dpi.inpe.br/gilberto/livro/introd/cap3-arquitetura.pdf>>. Acesso em: 01 maio 2002.

DELUQUI, K. K. (1998). *Roteirização para veículos de coleta de resíduos sólidos domiciliares utilizando um sistema de informação geográfica-SIG*. São Carlos. 222 p. Dissertação (Mestrado) – EESC, USP.

DINIZ, U. L. (2000). *Alocação e dimensionamento de frotas de veículos para apoio a maquinário agrícola de usinas sucroalcooleiras*. São Carlos. 157 p. Dissertação (Mestrado) – EESC, USP.

DREZNER, Z. ed. (1995). *Facility location: a survey of applications and methods*. Springer Series in Operation Research. Springer – Verlag, New York. 571 p.

EASTMAN, J. R. (1995). *IDRISI for windows: User's Guide*. Version 1.0. Clark University, Massachusetts.

FONTES, A. T. (2001). *Sistemas de Informação Geográficas: Digitalização*. v. 2. São Carlos, EESC, USP.

GALVÃO JUNIOR, A. C. (1994). *Aspectos operacionais relacionados com a usina de reciclagem e compostagem de resíduos sólidos domiciliares no Brasil*. São Carlos. 113 p. Dissertação (Mestrado) – EESC, USP.

GIS.com (2001). *What is GIS?*. USA, Environmental Systems Research Institute (ESRI). Disponível em: <<http://www.gis.com/whatisgis/index.html>>. Acesso em: 01 maio 2002.

GODINHO, R. E. (1988). *Projeção de população flutuante: uso de variáveis sintomáticas*. In: ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE ESTUDOS POPULACIONAIS. Anais do Sexto Encontro Nacional de Estudos Populacionais, Brasília, ABEP, 1988, v. 4. p. 645-659. Disponível em: <<http://www.abep.org.br>>. Acesso em: 30 ago. 2002.

GOMES, L. P. (1989). *Estudo da caracterização física e da biodegradabilidade dos resíduos sólidos urbanos em aterros sanitários*. São Carlos. 167 p. Dissertação (Mestrado) – EESC, USP.

GRECCHI, R. C. (1998). *Zoneamento geoambiental da região de Piracicaba-SP, com auxílio de geoprocessamento*. São Carlos. Dissertação (Mestrado) – EESC, USP.

GUIMARÃES, L.T. (2000). *Utilização do sistema de informação geográfica (SIG) para identificação de áreas potenciais para a disposição de resíduos na bacia de Paqueta, município de Teresópolis – RJ*. Rio de Janeiro. 172 p. Dissertação (Mestrado) – COPPE, Universidade Federal do Rio de Janeiro.

HOUAISS, Instituto Antônio (2001). *Dicionário eletrônico Houaiss da língua portuguesa*. Versão 1.0. Rio de Janeiro, Editora Objetiva.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (2000a). *Censo Demográfico 2000*. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br>>. Acesso em: 4 abr. 2001.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (2000b). *Contagem da População 1996 e Censo Demográfico 2000: Tabela 3 - População residente, por sexo, situação do domicílio e taxa de crescimento anual, segundo as Grandes Regiões, Unidades da Federação e municípios - 1996/2000*. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br>>. Acesso em: 4 abr. 2001.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (2000c). *Estimativas Populacionais com data de referencia em 01 de julho dos respectivos anos e Taxas Médias Geométricas de Crescimento Anual (%)*. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br>>. Acesso em: 4 abr. 2001.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (2000d). *Projeção da População do Brasil por Sexo e Idade para o Período 1980-2050 - Revisão 2000*. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br>>. Acesso em: 4 abr. 2001.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (2000e). *Sinopse preliminar do censo demográfico 2000*. Rio de Janeiro: IBGE. v. 7.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (2001). *Coordenadas geográficas dos municípios*. Disponível em: <<http://www.ibge.net>>. Acesso em: 10 jan. 2001.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (2002). *Pesquisa Nacional de Saneamento Básico - 2000*. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/populacao/condicaodevida/pnsb/default.shtm>>. Acesso em: 11 abr. 2002.

KLISKEY, A. D. (1995). The role and functionality of GIS as a planning tool in natural resource management. *Comput., Environ. and Urban Systems*, v. 19, n. 1, p. 15-22.

KOKKINAKI, A. I.; DEKKER, R.; NUNEN, J.; PAPPIS, C. (2000). *E-commerce for reverse logistics*. First European Conference on E-Commerce / E-Business / E-Banking / Teleworking / On-Line Services and their Influences, p. 77-85, Bucharest, Romania, 4-5 Sep.

KORTE, G. B. (1997). *The GIS book*. 4. ed. Santa Fé, Onword.

LACERDA, L. (1999). *Considerações sobre o estudo de localização de instalações*. Artigos CEL – COPPEAD. Rio de Janeiro, UFRJ. Disponível em: <<http://www.coppead.ufrj.br/pesquisa/cel/new/fr-loc-inst>>. Acesso em: 27 jun. 2001.

LEITE, W. C. A. (1997). *Estudo da gestão de resíduos sólidos :uma proposta de modelo tomando a Unidade de Gerenciamento de Recursos Hídricos (UGRHI) como referência*. 270 p. Tese (Doutorado) – EESC, USP.

LIMA, U. C.; PIZA, F. J. T. (1999). *Comparação de viabilidade econômica entre as soluções isolada e consorciada na gestão de resíduos sólidos domésticos nos municípios do interior do Estado de São Paulo*. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL – ABES, 20., Rio de Janeiro. Anais... Rio de Janeiro: ABES. p. 2081-2090.

LORENA, L. A. N. (2001). *Análise de redes*. In: CÂMARA, G.; MONTEIRO, A. M.; FUKS, S.; CAMARGO, E.; FELGUEIRAS, C. *Análise Espacial de Dados Geográficos*. 2 ed. (revista e ampliada). São José dos Campos, INPE. Disponível em: <<http://www.lac.inpe.br/~lorena/Analise-de-redes.pdf>>. Acesso em: 26 abr. 2002.

NAZÁRIO, P. R. S. (1998). *GIS: Definições e aplicações na logística*. Artigos CEL – COPPEAD. Rio de Janeiro, UFRJ. Disponível em: <<http://www.coppead.ufrj.br/pesquisa/cel/new/fr-gis.htm>>. Acesso em: 27 jun. 2001.

OWEN, S. H.; DASKIN, M. S. (1998). Strategic facility: a review. *European Journal of Operational Research*, n. 111, p. 423-447.

PELIZARO, C. (2000). *Avaliação de desempenho do algoritmo de um programa comercial para roteirização de veículos*. São Carlos. 153 p. Dissertação (Mestrado) – EESC, USP.

PEZZOTTI, A. A. *et al.* (1994). *Proposta metodológica para a elaboração de uma base cartográfica digital para utilização em sistemas de informações geográficas*. Presidente Prudente, Faculdades de Ciência e Tecnologia – UNESP.

PROPOSIÇÃO BÁSICAS PARA UMA POLÍTICA BRASILEIRA DE LIMPEZA PÚBLICA (1978). São Paulo, IPEA/CNPU/CETESB.

RANIERI, V. E. L. (2000). *Discussão das potencialidades e restrições do meio como subsídio para o zoneamento ambiental: o caso do município de Descalvado (SP)*. São Carlos. Dissertação (Mestrado) – EESC, USP.

RESÍDUOS SÓLIDOS (2000). In: *Glossário*. Disponível em: <<http://www.ambientebrasil.com.br/composer.php3?base=/glossario/index.html&conteudo=/glossario/r.html>>. Acesso em: 17 set. 2001.

ROGERS, D. S.; TIBBEN-LEMBKE, R. S. (1998). *Going Backwards: Reverse Logistics Trends and Practices*. Reverse logistic Executive Council. Reno, Center for Logistics Management, University of Nevada. 275 p.

ROMA, W. N. L.; SOUZA, M. P. (2001). *Introdução aos Sistemas de Informação Geográfica (SIG)*. v. 1. São Carlos, EESC, USP.

ROSE, A. (2001). *Uma avaliação comparativa de alguns sistemas de informação geográfica aplicadas aos transportes*. São Carlos. 135 p. Dissertação (Mestrado) – EESC, USP.

SÃO PAULO (ESTADO). Leis, etc. (1983). *Decreto Estadual nº 20.960 de 8 de junho de 1983*. Declara área de proteção ambiental a regiões situadas em diversos municípios, dentre os quais Corumbataí, Botucatu e Tejuapá. Diário Oficial, São Paulo, v. 96, n. 002, 03 jan. 1983.

SÃO PAULO (ESTADO). Secretaria do Meio Ambiente (1990). *Áreas de proteção estaduais – Perímetro de Corumbataí: Zoneamento ambiental*. São Paulo, SMA. 41 p. (Série Documentos).

SÃO PAULO (ESTADO). Secretaria do Meio Ambiente (1997a). *Aterro Sanitário*. São Paulo, CETESB. 40 p. (Apostilas Ambientais).

SÃO PAULO (ESTADO). Secretaria do Meio Ambiente (1997b). *Aterro Sanitário em valas*. São Paulo, CETESB. 34 p. (Apostilas Ambientais).

SÃO PAULO (ESTADO). Secretaria do Meio Ambiente (1998a). *A cidade e o lixo*. São Paulo, CETESB. 100 p.

SÃO PAULO (ESTADO). Leis, etc. (1998b). *Resolução SMA-13 de 27 de fevereiro de 1998*. Resolve sobre a publicação do Inventário Estadual de Resíduos Sólidos Urbanos. Diário Oficial do Poder Executivo do Estado de São Paulo, São Paulo, SP, 6 mar., Suplemento, v.108, n.44, p1-2.

SÃO PAULO (ESTADO). Secretaria do Meio Ambiente (2000a). *Inventário Estadual de Resíduos Sólidos Domiciliares-1999: relatório síntese*. São Paulo, CETESB. Disponí-

vel em: <<http://www.ambiente.sp.gov.br/inventario/introd.htm>>. Acesso em: 10 nov. 2000.

SÃO PAULO (ESTADO). Secretaria de Transportes (2000b). *Mapa rodoviário digital do Estado de São Paulo 2000*. São Paulo, DER-SP. 1 CD ROM.

SÃO PAULO (ESTADO). Secretaria do Meio Ambiente (2001a). *Ilustração com a localização da APA de Corumbataí*. São Paulo, Disponível em: <<http://www.ambiente.sp.gov.br/apas/apa.htm>>. Acesso em: 15 jan. 2001.

SÃO PAULO (ESTADO). Secretaria do Meio Ambiente (2001b). *Inventário Estadual de Resíduos Sólidos Domiciliares: relatório síntese*. V. 1. São Paulo, CETESB. Disponível em: <<http://www.ambiente.sp.gov.br/inventario/introd.htm>>. Acesso em: 17 set. 2001.

SCHALCH, V.; LEITE, W. C. A. (2000). Resíduos Sólidos (lixo) e meio ambiente. In: CASTELLANO, E. G.; CHAUDHRY, F. H., eds. *Desenvolvimento sustentado: problemas e estratégias*. São Carlos, EESC. cap. 7, p. 107 - 135. Projeto REENGE.

SCHALCH, V.; LEITE, W. C. A.; GOMES, L. P. (1990). *Curso sobre gerenciamento de resíduos sólidos*. Goiânia, ABES. 227 p.

SILVA, A. N. R.; (1998). *Sistemas de Informações Geográficas para planejamento de transportes*. São Carlos. 112 p. Tese (Livre Docência) – EESC, USP.

SINDICATO DAS EMPRESAS DE LIMPEZA URBANA NO ESTADO DE SÃO PAULO (2001a). *Estudo das Planilhas de Custo dos Serviços de Limpeza Pública: relatório final*. In: SINDICATO DAS EMPRESAS DE LIMPEZA URBANA NO ESTADO DE SÃO PAULO (2001). *Planilhas de Custo dos Serviços de Limpeza Pública*. São Paulo. 1 CD-ROM. Elaboração: FGV – SP.

SINDICATO DAS EMPRESAS DE LIMPEZA URBANA NO ESTADO DE SÃO PAULO (2001b). *Planilhas de Custo dos Serviços de Limpeza Pública*. São Paulo. 1 CD-ROM. Elaboração: FGV – SP.

SINDICATO DAS EMPRESAS DE LIMPEZA URBANA NO ESTADO DE SÃO PAULO (2002). *Convenção Coletiva de Trabalho*: Sindicato de Araraquara – 2002. São Paulo, SELUR.

SOARES, A. P. M.; GRIMBERG, E. (1998). *Coleta seletiva e princípio dos 3Rs*. DICAS - Idéias para a Ação Municipal - PÓLIS-ILDESFES, Desenvolvimento Urbano, n.109. Disponível em: <<http://www.polis.org.br/publicacoes/download/arquivos/Dicas109.pdf>>. Acesso em: 01 nov. 2001.

TABACZENSKI, R. R. (1995). *A utilização do sistema de informações geográficas para o macro-zoneamento ambiental*. 140 p. Dissertação (Mestrado) – EESC, USP.

TEIXEIRA, M. A. C.; JACOBI, P. (2000). *Consórcio de Tratamento de Resíduos Sólidos*. DICAS/Idéias para a ação municipal/ Instituto Pólis, Desenvolvimento Urbano, n. 166. Disponível em: <<http://www.polis.org.br/publicacoes/download/arquivos/Dicas166.pdf>>. Acesso em: 01 nov. 2001.

TOMPKINS, J. A.; WHITE, J. A.; BOZER, Y. A.; FRAZELLE, E. H.; TANCHOCO, J. M. A.; TREVINO, J. (1996) *Facilities Planning*. 2. ed. New York, John Wiley & Sons.

UNICEF; CAIXA Econômica Federal (2001). *Do lixo à cidadania: estratégias para a ação*. 1. ed. Disponível em: <<http://www.unicef.org/brazil/lixoecidadania/publicacoes/index.htm>>. Acesso em: 01 nov. 2001.

VAZ, J. C. (1997). *Consórcios Intermunicipais*. DICAS/Idéias para a ação municipal/PÓLIS-ILDESFES, Ação Administrativa, n. 97. Disponível em: <<http://www.polis.org.br/publicacoes/download/arquivos/Dicas97.pdf>>. Acesso em: 01 nov. 2001.

WANKE, P. (2001). *Aspectos fundamentais do problema de localização de instalações em redes logísticas*. Artigos CEL – COPPEAD, UFRJ, Rio de Janeiro. Disponível em: <<http://www.coppead.ufrj.br/pesquisa/cel/new/fr-loc-inst>>. Acesso em: 29 nov. 2001.

ZULAUF, W. (2001). *Estruturas dos municípios para a criação e implementação do Sistema de Gestão Ambiental*. In: FORATTINI, G. D. *A contribuição do IBAMA para a questão ambiental municipal*. Disponível em: <<http://www.ecoambiental.com.br/gestao-ambiental-municipio.htm>>. Acesso em: 23 jun. 2001.

ZVEIBIL, V. Z., coord. (2001). *Manual de Gerenciamento Integrado de Resíduos Sólidos*. Rio de Janeiro, IBAM. 200 p. Patrocínio: Secretaria Especial de Desenvolvimento Urbano da Presidência da República – SEDU/PR. Disponível em: <<http://www.resol.com.br>>. Acesso em: 23 set. 2002.

ANEXOS

ANEXO A

Cooperações Intermunicipais

Primeira Parte: 1 de 4

Apresentação das Cooperações Intermunicipais (Fonte: CRUZ, 2001)					
	Consórcio Intermunicipal (Pacto)	“Consórcio” Intermunicipal: (sociedade civil)	Câmara Intermunicipal	Rede	Agência Municipal
Definição	- Acordo firmado entre municípios, para a realização de objetivos de interesse comum, mediante a utilização de recursos materiais, financeiros e humanos que cada um dispõe (ajuste/pacto).	- Acordo firmado entre municípios, para a realização de objetivos de interesse comuns, mediante a produção de bens e serviços (sociedade civil sem fins lucrativos). - Consórcio é o nome fantasia da sociedade civil.	- Acordo firmado entre o Poder Público e entidades da sociedade civil para a realização de objetivos comuns.	- Acordo que resulta da articulação voluntária entre entes que podem ser públicos e privados para a realização de objetivos comuns, sem que cada ente perca sua identidade ou que seja criada uma nova forma jurídica.	- Acordo firmado entre o Poder Público e entidades da sociedade civil para a realização de objetivos comuns.
Formas	- Pacto - Não é registrado em cartório.	- Sociedade Civil sem fins lucrativos. - É registrado em cartório.	- Pacto - Não é registrado em cartório.	- Pacto - Não é registrado em cartório.	- Sociedade Civil sem fins lucrativos. - É registrado em cartório.
Características	- Congrega apenas entes da mesma esfera (prefeituras).	- Congrega apenas entes da mesma esfera (prefeituras).	- Pode congregar o Poder Público (de diferentes esferas de governo) e entidades da sociedade civil.	- Podem congregar o Poder Público (de diferentes esferas de governo), entidades da sociedade civil e pessoas físicas.	- Pode congregar o Poder Público e entidades da sociedade civil.
Estrutura organizacional básica	- Utiliza-se da estrutura organizacional de cada prefeitura.	- Conselho de Prefeitos (ou de Municípios). - Conselho Fiscal (ou Curador). - Secretaria Executiva.	- Não há uma estrutura organizacional. - Podem existir grupos de trabalhos temáticos que se reúnem de acordo com as ações propostas.	- Não há uma estrutura organizacional. - Podem existir grupos de trabalhos temáticos que se reúnem de acordo com as ações propostas.	- Assembléia Geral dos Associados. - Diretoria. - Conselho Consultivo. - Secretaria Executiva. - Comissão Fiscalizadora. - Podem ser formados grupos de trabalhos temáticos que se reúnem de acordo com as ações propostas.

Continuação (2 de 4)

	"Consórcio"			
	Consórcio Intermunicipal (Pacto)	Consórcio Intermunicipal: (sociedade civil)	Câmara Intermunicipal	Rede Agência Municipal
Pressupostos	- Existência de interesses comuns entre os municípios. - Iniciativa, visão e espírito de cooperação por parte dos prefeitos no sentido de se associarem em busca de soluções para os seus problemas. - Decisão dos Prefeitos de se consorciarem. - Baseia-se numa relação de igualdade e não hierárquica entre as prefeituras, preservando a autonomia dos governos locais.	- Existência de interesses comuns entre os municípios. - Iniciativa, visão e espírito de cooperação por parte dos prefeitos no sentido de se associarem em busca de soluções para os seus problemas. - Decisão dos Prefeitos de se consorciarem. - Baseia-se numa relação de igualdade e não hierárquica entre as prefeituras, preservando a autonomia dos governos locais.	- Existência de interesses comuns entre os atores municipais – Poder Público e sociedade civil. - Mobilização a partir de uma visão de futuro compartilhada e da percepção da necessidade de articular esforços para alcançá-la. - Espírito de cooperação por parte dos participantes no sentido de se associarem em busca de soluções para os seus problemas. - Decisão de todos os atores de trabalharem conjuntamente. - Baseia-se numa relação de igualdade e não hierárquica entre os atores que são parceiros, preservando a autonomia de cada um.	- Existência de interesses comuns entre os atores municipais – Poder Público e sociedade civil. - Iniciativa, visão e espírito de cooperação por parte dos prefeitos no sentido de se associarem em busca de soluções para os seus problemas. - Decisão de todos os atores de trabalharem conjuntamente. - Baseia-se numa relação de igualdade e não hierárquica entre os atores que são parceiros, preservando a autonomia de cada um.
Repasses de recursos financeiros de entidades governamentais e não-governamentais nacionais e estrangeiras	- Não. Cada prefeitura pode, individualmente, receber os recursos. - O pacto não pode receber, pois não tem personalidade jurídica.	- Não. Cada ator envolvido pode receber isoladamente, mas não a câmara, pois não tem personalidade jurídica.	- Não. Cada ator envolvido pode receber isoladamente, mas não a rede, pois não tem personalidade jurídica.	- Pode receber (convênios, contratos e doações).
Prestação de contas ao Tribunal de Contas do Estado	- Cada prefeitura presta contas diferente ao Tribunal de contas do Estado	- SIM	- Não	- SIM

Continuação (3 de 4)

	"Consórcio"			Rede	Agência Municipal
	Consórcio Intermunicipal (Pacto)	Consórcio Intermunicipal: (sociedade civil)	Câmara Intermunicipal		
Etapas para Constituição	- Protocolo de intenções ou termo de acordo (opcional). - Elaboração do Projeto de Lei. - Autorização do Legislativo.	- Elaboração do Projeto de Lei. - Autorização do Legislativo. - Elaboração e aprovação do estatuto. - Ata de fundação do consórcio com aprovação do estatuto e eleição do presidente e vice-presidente. - Publicação da ata de fundação e extrato do estatuto no DOE ou dos municípios envolvidos. - Registro em cartório. - Obtenção de CNPJ. - Constituição do Conselho Fiscal/Curador. - Alvará de localização. - Reconhecimento de utilidade pública.	- Termo de acordo ou protocolo de intenções entre os entes envolvidos.	- Termo de acordo ou protocolo de intenções entre os entes envolvidos. - Há redes que não possuem nenhum documento formalizando a articulação entre os entes. - A informalidade é a marca das Redes. - Pode haver documentos para objetivos específicos.	- Protocolo de intenções ou termo de acordo. - Elaboração do Projeto de Lei. - Autorização do Legislativo. - Elaboração e aprovação do estatuto. - Ata de fundação da agência com aprovação do estatuto e eleição da diretoria. - Publicação da ata de fundação e extrato do estatuto no DOE ou dos municípios envolvidos. - Registro em cartório. - Obtenção de CNPJ.
Recursos Humanos	- Não tem funcionários próprios. - Os recursos humanos são os de cada município consorciado. - Os funcionários devem ser contratados pelas prefeituras por concurso público.	- Os recursos humanos podem ser contratados pelo regime da CLT ou ainda cedidos pelas prefeituras participantes, Secretarias de Estado ou ministérios. - Seleção pública.	- Não tem funcionários próprios. - Os recursos humanos utilizados são os de cada entidade/prefeitura participante da rede.	- Não tem funcionários próprios. - Os recursos humanos utilizados são os de cada entidade/prefeitura ou pessoa física participante da rede.	- A agência estruturada sob a forma de associação civil, sem fins lucrativos (direito privado) deve contratar os funcionários pelo regime da CLT. - As prefeituras - membros da agência - podem ceder funcionários à agência ou ainda os governos estadual e federal. - Seleção pública.

Continuação (4 de 4)

	Consórcio Intermunicipal (Pacto)	"Consórcio" Intermunicipal: (sociedade civil)	Câmara Intermunicipal	Rede	Agência Municipal
Financiamento	- Cada município disponibiliza seus recursos (humanos, materiais e financeiros) conforme acordado entre as partes.	- Cota de contribuição (ou de participação) de cada município participante para financiar o consórcio. Essa cota é definida no estatuto. - Os consórcios podem receber recursos dos governos federal e estaduais. - Podem receber doações de instituições nacionais e internacionais, auxílios, contribuições e subvenções concedidas por entidades públicas ou particulares, operações de crédito e saldos dos exercícios anteriores.	- Câmara. - Não há cota de contribuição financeira dos parceiros. - Cada ator disponibiliza seus recursos (humanos, materiais e financeiros).	- Não há cota de contribuição financeira dos parceiros. - Cada ator disponibiliza seus recursos (humanos, materiais e financeiros).	- A cota de contribuição de cada parceiro é definida no estatuto da entidade. - Além da cota de contribuição, pode ser fixada cota de participação dos associados em função de projetos específicos. - Podem receber recursos dos governos estaduais e federal. - Podem receber doações de instituições nacionais e internacionais, auxílios, contribuições e subvenções concedidas por entidades públicas ou particulares, operações de crédito e saldos dos exercícios anteriores.
Recursos materiais	- Utilizam os recursos materiais de cada prefeitura consorciada.	- Podem ter os seus próprios recursos materiais. - Podem utilizar os recursos das prefeituras consorciadas ou cedidos por órgãos dos governos estaduais e federal.	- Utilizam os recursos materiais de cada ator participante da câmara.	- Utilizam os recursos materiais de cada ator participante da rede.	- Podem ter seus próprios recursos materiais. - Podem utilizar recursos materiais de cada ator participante da Agência ou cedidos por órgãos dos governos estaduais e federal.

ANEXO B

Sobre o arquivo do DER-SP com o mapa rodoviário do Estado de São Paulo

---

Secretaria dos Transportes

Departamento de Estradas de Rodagem do Estado de São Paulo

Diretoria de Planejamento

---

1. Arquivo Gráfico do Mapa Rodoviário

O presente CD ROM contém o arquivo digital denominado mapa_rodoviário em formato MicroStation (.dgn), gerado através do MicroStation na versão SE.

Este arquivo contém dados gráficos vetoriais, incluindo anotações textuais (topônimos), símbolos (Células), linhas e áreas separados em níveis gráficos distintos.

2. Arquivos Complementares

Para a perfeita visualização dos textos contidos neste arquivo, o usuário deverá instalar o arquivo contendo as respectivas fontes que coexiste neste CD ROM e denomina-se font.rsc.

Para instalar a mesma, basta copiar o arquivo font.rsc para o diretório c:\win32app\ustation\wsmod\default\symb. Recomenda-se fazer uma cópia em caráter de backup do arquivo font.rsc existente no referido diretório.

3. Características Técnicas

Sistema de projeção definido conforme padronização IBGE descrito em “Mapoteca Topográfica Digital – MTD” como Policônica com longitude origem –54 graus e datum South American Datum 1969 (SAD69).

Unidades de trabalho (Working units) definidas no arquivo MicroStation conforme padronização IBGE descrito em “Mapoteca Topográfica Digital – MTD” como Km:1000:M:10, ou seja, menor unidade de desenho equivalente a um decímetro.

As informações cartográficas destes arquivos gráficos seguem Padrão de Exatidão Cartográfica (PEC) conforme Decreto Lei 89817 de 20 de junho de 1984 que estabelece as “Instruções Reguladoras das Normas Técnicas da Cartografia Nacional”. Precisão gráfica (PEC) e de posicionamento (Erro Padrão) do arquivo definido como Classe A para a escala gráfica 1:1.000.000.

4. Níveis Gráficos

LV	CO	LC	WT	Descrição
1	120	-	-	Fundo Rosa Bordas
2	113	-	-	Fundo Amarelo
3	114	-	-	Fundo Rosa Estados
4	21	-	-	Massa D'Água Áreas
5	113	-	-	Fundo Amarelo Legenda

6	17	X	-	Grid Linhas / Trópico de Capricórnio
7	17	-	-	Alagado
8	116 / 120	-	-	Mancha Urbana
9	17	-	-	Massa D'Água Linhas
10	21	-	-	Massa D'Água Legenda
11	119 / 37	-	- / 2	Encarte – Áreas Verdes
12	112 / 160	-	-	Toponímia de Estados
13	17	2	-	Represa em construção
14	17	-	-	Hidrografia Simples
15	0	1	1	Divisa de Regionais
16	0	-	-	Barragem + Ponte Rodoferroviária + Detalhes
17	121	-	21	Encarte – Limite de São Paulo (Roxo)
18	0 / 80	1	- / 3	Encarte – Limite Municipal (Cinza / Preto)
19	37	-	11	Pista não pavimentada (Verde)
20	160	2	7	Pista não pavimentada (Branco)
21	22	-	4	Rodovia municipal pavimentada
22	22	2	4	Rodovia municipal em pavimentação
23	37	-	4	Rodovia municipal não pavimentada
24	42	2	1	Pista simples em duplicação
25	0	-	11	Encarte – Principais Avenidas (Preto)
26	42	-	10	Pista simples pavimentada
27	160	-	7	Encarte – Principais Avenidas (Branco)
28	42	2	10	Pista em pavimentação
29	42 / 160	- / 2	11 / 7	Rodoanel (Vermelho e Branco)
30	42	-	18	Pista dupla (Vermelho)
31	27	-	12	Pista dupla (Amarelo)
32	17	-	-	Portos e Balsas
33	17	-	-	Toponímia Hidrografia
34	17	-	-	Toponímia Ilhas, Pontas, Portos e Barragens
35	17	-	-	Toponímia Usinas e Barragens
36	17	-	-	Toponímia Represas e Reservatórios
37	0	-	-	Encarte – Toponímia de Avenidas
38	0	-	-	Toponímia Municípios
39	0	-	-	Toponímia Distrito
40	0	-	-	Toponímia Localidade
41	0	-	-	Coordenadas
42	0	-	-	Toponímia Detalhes
43	0	-	-	Quilometragem Rodovias Radiais
44	0	-	-	Ferrovias
45	0	-	-	Toponímia Comarca
46	112 / 128	-	2 / -	Norte Magnético
47	22	-	-	Distância entre locais
48	0/160	-	-	Célula Sede de Comarca (Branco/Preto)
49	0	-	3	Célula Sede de Município
50	0/160	-	-	Célula Sede de Distrito (Branco/Preto)
51	0/160	-	-	Célula Bairros e Localidades (Branco/Preto)
53	0/160	-	-	Aeródromos (Preto, Branco/Preto)
55	0/160	-	-	Células Polícia Federal, Polícia Estadual (Branco/Preto)
57	0/160	-	-	Células Rodovias Federal, Estadual (Branco/Preto)
58	115	-	-	Moldura Clara
59	117	-	-	Moldura Escura
60	X	-	X	Legenda Logo / Escala / Toponímia
61	22	-	1	Toponímia Índice (Quadriculas)

Observações: X – Várias opções no mesmo layer

APÊNDICES

APÊNDICE A

Semanas Padrão durante o prazo de 15 anos: 2003 até 2017

Planilha - Ocorrência das Semanas Padrões ao Longo de 15 anos

Semana Padrão	Número de semanas														
	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017
A	37,1	34,0	33,7	32,6	33,4	37,3	34,0	34,0	33,7	33,6	36,3	37,1	34,0	33,9	32,6
B	1,0	1,0	-	1,0	-	1,0	3,0	1,0	-	-	-	-	3,0	-	1,0
C	-	3,0	1,0	-	1,0	-	1,0	3,0	1,0	1,0	-	1,0	1,0	1,0	-
D	-	1,0	3,0	1,0	-	-	-	1,0	3,0	-	1,0	-	-	3,0	1,0
E	2,0	1,0	2,0	4,0	2,0	2,0	1,0	1,0	2,0	2,0	1,0	2,0	1,0	2,0	4,0
F	1,0	1,0	1,0	2,0	4,0	1,0	2,0	1,0	1,0	4,0	2,0	1,0	2,0	1,0	2,0
G	11,0	11,3	11,4	11,6	11,7	11,0	11,1	11,3	11,4	11,7	11,9	11,0	11,1	11,4	11,6
TOTAL:	52,1	52,3	52,1	52,1	52,1	52,3	52,1	52,3	52,1	52,3	52,1	52,1	52,1	52,3	52,1

APÊNDICE B

Exemplo das planilhas do dimensionamento da coleta

Planilha 01 - Determinação da distância de coleta

malha coleta (km) ⁽¹⁾												
		2003		2007		2012		2017				
		43,55		45,92		48,65		51,00				
		</										

⁽¹⁾ Estimado pela taxa de crescimento populacional

⁽²⁾ velocidade de coleta (DELUQUI, 1998)

Planilha 02 - Quantidade de RSU coletada e capacidade de acúmulo na estação de transferência

Águas de São Pedro	Acumulados da semana												Coleta de RSU (kg/dia) ⁽¹⁾⁽²⁾											
	2017						2012						2017											
	SEG	TER	QUA	QUI	SEX	SAB	SEG	TER	QUA	QUI	SEX	SAB	SEG	TER	QUA	QUI	SEX	SAB	SEG	TER	QUA	QUI	SEX	SAB
Setor Centro	A	1	1	0	1	0	1	0	1	0	1	1	0	1	0	1	0	1	1	0	1	0	1	1
	B	2	0	0	1	0	1	0	1	0	1	0	2	0	1	0	1	0	2	0	1	0	1	0
	C	2	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	2	0	1	0	1	0	2	0	1	0	1
	D	1	1	0	1	0	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1
	E	1	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0
	F	1	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0
	G	2	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	2	0	1	0	1	0	2	0	1	0	1
Setor A	A	2	1	0	2	0	2	0	2	0	2	0	3	3	4	0	2	0	3	3	4	0	2	0
	B	3	0	0	2	0	2	0	2	0	2	0	4	4	1	0	2	0	4	4	1	0	2	0
	C	3	0	1	1	0	2	0	2	0	2	0	4	4	1	0	2	0	4	4	1	0	2	0
	D	2	1	1	1	0	2	0	2	0	2	0	3	3	4	0	2	0	3	3	4	0	2	0
	E	2	1	0	2	0	2	0	2	0	2	0	3	3	4	0	2	0	3	3	4	0	2	0
	F	2	1	0	2	1	1	0	2	0	2	0	3	3	4	0	2	0	3	3	4	0	2	0
	G	3	0	2	0	2	0	2	0	2	0	2	0	4	4	1	0	2	4	4	1	0	2	0
Setor B	A	1	2	0	2	1	1	0	2	0	2	1	1	0	2	0	2	1	1	0	2	0	2	1
	B	2	1	0	2	1	1	0	2	1	1	0	2	3	3	4	0	2	3	3	4	0	2	0
	C	3	0	0	2	1	1	0	2	1	1	0	2	4	4	1	0	2	4	4	1	0	2	0
	D	1	2	1	1	1	1	0	2	0	2	1	1	1	0	2	0	2	1	1	1	0	2	0
	E	1	2	1	1	2	0	2	0	2	0	2	0	2	2	4	0	2	2	2	4	0	2	0
	F	1	2	0	2	2	0	2	0	2	0	2	0	2	2	4	0	2	2	2	4	0	2	0
	G	3	0	2	0	2	0	2	0	2	0	2	0	4	4	1	0	2	4	4	1	0	2	0
Todos os setores do dia	A	5	0	3	5	0	3	5	0	3	5	0	7	0	3	7	0	3	7	0	3	7	0	3
	B	7	0	3	7	0	3	7	0	3	7	0	8	1	1	8	1	1	8	1	1	8	1	1
	C	7	0	3	7	0	3	7	0	3	7	0	7	7	0	3	7	0	7	7	0	3	7	0
	D	5	0	3	5	0	3	5	0	3	5	0	5	3	4	0	3	5	5	3	4	0	3	5
	E	5	0	3	5	0	3	5	0	3	5	0	5	3	4	0	3	5	5	3	4	0	3	5
	F	5	0	3	5	0	3	5	0	3	5	0	5	3	4	0	3	5	5	3	4	0	3	5
	G	7	0	3	7	0	3	7	0	3	7	0	7	7	0	3	7	0	7	7	0	3	7	0
Média da Semana	5.119												5.424											
Sobra na ET ⁽³⁾	2.184 2.925 2.194 1.463 731 -												2.313 3.099 2.324 1.550 775 -											
Acúmulo máx. ET	8.044												8.523											

⁽¹⁾ 50% do EXCEDENTE produzido pelo turista está no CENTRO

⁽²⁾ A quantidade de RSU coletada é determinada de acordo com o acúmulo dos dias anteriores, com a contribuição dos turistas (P = pico) ou não (N = normal)

⁽³⁾ Para calcular a capacidade de acúmulo das estações de transferências (ETs), a semana G é a mais crítica. O veículo de transporte coleta uma quantidade constante igual a média de RSU produzida na semana

Planilha 03 - Frota de veículos, número de viagens e jornada de trabalho ⁽¹⁾

Águas de São Pedro	Frota (veic)						Número de viagens (veic/dia)												Quantidade de RSU coletada (t/veic/dia)																
	2007		2012		2017		2007						2012						2017																
							S	T	Q	S	S	T	Q	S	S	T	Q	S	S	T	Q	S	S	T	Q	S	S								
	2007	2012	2017	2007	2012	2017	2007	2012	2017	2007	2012	2017	2007	2012	2017	2007	2012	2017	2007	2012	2017	2007	2012	2017	2007	2012	2017								
A	2	2	2	1,68	1,78	1,87	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2,517	1,254	518	518	518	1,652	2,667	1,329	548	548	548	1,750	2,796	1,393	575	575	575	1,834	
B	2	2	2	1,68	1,78	1,87	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	3,651	1,796	518	518	518	1,652	3,868	1,903	548	548	548	1,750	4,055	1,995	575	575	575	1,834	
C	2	2	2	1,68	1,78	1,87	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	3,651	2,930	1,080	518	518	1,652	3,868	3,105	1,123	548	548	548	1,750	4,055	3,255	1,177	575	575	1,834
D	2	2	2	1,68	1,78	1,87	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2,517	1,254	1,652	1,080	518	1,652	2,667	1,329	1,750	1,123	548	1,750	2,796	1,393	1,834	1,177	575	1,834	
E	2	2	2	1,68	1,78	1,87	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2,517	1,254	518	1,652	2,194	2,194	2,667	1,329	548	1,750	2,324	2,324	2,796	1,393	575	1,834	2,437	2,437	
F	2	2	2	1,68	1,78	1,87	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2,517	1,254	518	518	1,652	2,194	2,667	1,329	548	548	1,750	2,324	2,796	1,393	575	575	1,834	2,437	
G	2	2	2	1,68	1,78	1,87	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	3,651	2,930	2,194	2,194	2,194	2,194	3,868	3,105	2,324	2,324	2,324	2,324	3,055	3,255	2,437	2,437	2,437	2,437	
Todos os setores do dia																																			

Número de viagens (veic) ⁽²⁾

	Número de viagens (veic) ⁽²⁾				
	2003 até 2007	2008 até 2012	2013 até 2017	15 anos	
A	1.025	1.035	1.043	3.103	
B	18	30	24	72	
C	30	36	18	84	
D	30	24	30	84	
E	66	48	60	174	
F	54	54	48	156	
G	342	339	342	1.023	
TOTAL	1.565	1.566	1.565	4.696	

⁽¹⁾ Considerando um veículo de capacidade de 5t, dimensiona-se o número de veículos e as viagens necessárias. A jornada de trabalho é obtida da razão entre o tempo total de coleta pelo número de veículos.

⁽²⁾ O total do número de viagens é obtido através da frequência de ocorrência das semanas padrões ao longo do período.

Planilha 04 - Resultados sintetizados do dimensionamento da coleta nas cidades da APA Corumbataí

Cidades APA	N. Veículos - operação (veic/dia)			N. Viagens (viag/veic)			N. Viagens (viag)			N. médio de Viagens (viag/(veic.dia))		
	2007	2012	2017	2003 até 2008		2008 até 2013		2003 até 2008		2008 até 2013		2017
				2007	2012	2007	2012	2007	2012	2007	2012	
Águas de São Pedro ⁽¹⁾	2	2	2	1.565	1.566	1.565	3.130	3.132	3.130	1,00	1,00	2,00
Anelândia ⁽²⁾	1	1	1	1.888	1.891	1.886	1.888	1.891	1.886	1,21	1,21	1,21
Barra Bonita	3	3	3	3.391	3.394	3.451	10.173	10.182	10.353	2,17	2,17	6,50
Brotas	2	2	2	2.620	2.626	2.624	5.240	5.252	5.248	1,67	1,68	3,35
Charqueada	1	1	1	3.391	3.457	3.629	3.391	3.457	3.629	2,17	2,21	2,32
Corumbataí ⁽²⁾	1	1	1	1.565	1.566	1.565	1.565	1.566	1.565	1,00	1,00	1,00
Dois Córregos	2	2	2	3.130	3.201	3.391	6.260	6.402	6.782	2,00	2,04	4,09
Ipeúna	1	1	1	1.565	1.566	1.629	1.565	1.566	1.629	1,00	1,00	1,04
Itirapina ⁽³⁾	1	1	1	2.555	2.616	2.616	2.555	2.616	2.616	1,63	1,67	1,67
Itirapina - Broa ⁽³⁾	1	1	1	1.888	1.896	1.890	1.888	1.896	1.890	1,21	1,21	1,21
Mineros do Tietê	1	1	1	3.391	3.394	3.451	3.391	3.394	3.451	2,17	2,17	2,17
Santa Maria da Serra	1	1	1	1.826	2.090	2.087	1.826	2.090	2.087	1,17	1,33	1,33
São Pedro ⁽¹⁾	2	2	2	3.453	3.462	3.455	6.906	6.924	6.910	2,21	2,21	4,41
Torrinha	1	1	1	2.087	2.090	2.087	2.087	2.090	2.087	1,33	1,33	1,33

Cidades APA	Quilometragem coleta (km/(veic.dia))			Quilometragem coleta (km/dia)			Jornada Coleta (h/dia)			N. dias coleta (dias)		
	2007	2012	2017	2003 até 2008		2008 até 2013		2003 até 2008		2008 até 2013		TOTAL 15 anos
				2007	2012	2007	2012	2007	2012	2007	2012	
Águas de São Pedro	19,37	20,52	21,51	38,74	41,05	43,03	1,68	1,78	1,87	1,565	1,567	4,697
Anelândia	40,33	42,73	44,79	40,33	42,73	44,79	3,50	3,71	3,89			
Barra Bonita	68,09	72,14	75,63	204,28	216,43	226,88	5,91	6,26	6,56			
Brotas	40,05	42,43	44,48	80,10	84,86	88,96	3,47	3,68	3,86			
Charqueada	34,24	36,28	38,03	34,24	36,28	38,03	2,97	3,15	3,30			
Corumbataí	8,64	9,15	9,59	8,64	9,15	9,59	0,75	0,79	0,83			
Dois Córregos	51,46	54,52	57,15	102,92	109,04	114,30	4,46	4,73	4,96			
Ipeúna	16,29	17,26	18,09	16,29	17,26	18,09	1,41	1,50	1,57			
Itirapina	37,64	39,87	41,80	37,64	39,87	41,80	3,26	3,46	3,63			
Itirapina - Broa	16,03	16,98	17,80	16,03	16,98	17,80	1,39	1,47	1,54			
Mineros do Tietê	44,13	46,75	49,01	44,13	46,75	49,01	3,83	4,06	4,25			
Santa Maria da Serra	17,99	19,06	19,98	17,99	19,06	19,98	1,56	1,65	1,73			
São Pedro	51,35	54,41	57,03	102,71	108,82	114,07	4,45	4,72	4,95			
Torrinha	33,58	35,58	37,29	33,58	35,58	37,29	4,04	4,28	4,49			

(1) (2) (3) Cidades que utilizam a mesma frota de coleta em turnos diferenciados

APÊNDICE C

Projeção da população residente e flutuante dos municípios da APA Corumbataí

Planilhas - Projeção da População Residente e Flutuante dos Municípios da APA de Corumbatai

População Residente	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
Taxa	0,00	1,43	1,41	1,39	1,37	1,35	1,32	1,28	1,25	1,21	1,16	1,12	1,08	1,03	0,99	0,95	0,91	0,86	0,82	0,78	0,74
Águas de São Pedro	1.883	1.910	1.937	1.964	1.991	2.018	2.044	2.070	2.096	2.122	2.146	2.170	2.194	2.216	2.238	2.259	2.280	2.300	2.318	2.337	2.354
Anarlândia	2.650	2.688	2.726	2.764	2.802	2.839	2.877	2.914	2.950	2.986	3.020	3.054	3.087	3.119	3.150	3.180	3.209	3.236	3.263	3.288	3.313
Barra Bonita	34.537	35.032	35.527	36.022	36.515	37.006	37.494	37.976	38.449	38.913	39.365	39.805	40.234	40.650	41.052	41.440	41.816	42.177	42.523	42.855	43.174
Brotas	16.127	16.358	16.589	16.820	17.051	17.280	17.508	17.733	17.954	18.171	18.382	18.587	18.787	18.981	19.169	19.351	19.526	19.695	19.856	20.011	20.160
Charqueada	11.719	11.887	12.055	12.223	12.390	12.557	12.722	12.886	13.046	13.204	13.357	13.507	13.652	13.793	13.930	14.061	14.189	14.311	14.429	14.542	14.650
Corumbataí	1.718	1.743	1.767	1.792	1.816	1.841	1.865	1.889	1.913	1.936	1.958	1.980	2.001	2.022	2.042	2.061	2.080	2.098	2.115	2.132	2.148
Dois Córregos	20.232	20.522	20.812	21.102	21.391	21.678	21.964	22.246	22.524	22.796	23.060	23.318	23.570	23.813	24.048	24.276	24.496	24.708	24.910	25.105	25.291
Ipeúna	3.446	3.495	3.545	3.594	3.643	3.692	3.741	3.789	3.836	3.883	3.928	3.972	4.014	4.056	4.096	4.135	4.172	4.208	4.243	4.276	4.308
Itirapina	11.178	11.338	11.498	11.659	11.818	11.977	12.135	12.291	12.444	12.594	12.741	12.883	13.022	13.156	13.286	13.412	13.534	13.651	13.763	13.870	13.973
Minheiros do Tietê	10.962	11.119	11.276	11.433	11.590	11.746	11.901	12.053	12.204	12.351	12.495	12.634	12.770	12.902	13.030	13.153	13.272	13.387	13.497	13.602	13.703
Santa Maria da Serra	3.950	4.007	4.063	4.120	4.176	4.232	4.288	4.343	4.397	4.451	4.502	4.553	4.602	4.649	4.695	4.740	4.783	4.824	4.863	4.901	4.938
São Pedro	22.433	22.754	23.076	23.397	23.718	24.037	24.354	24.667	24.974	25.276	25.569	25.855	26.134	26.404	26.664	26.917	27.161	27.396	27.620	27.836	28.043
Torrinha	7.289	7.393	7.498	7.602	7.706	7.810	7.913	8.015	8.115	8.213	8.308	8.401	8.491	8.579	8.664	8.746	8.825	8.901	8.974	9.045	9.112
TOTAL:	148.124	150.245	152.370	154.491	156.607	158.714	160.806	162.872	164.903	166.893	168.832	170.719	172.559	174.341	176.064	177.732	179.344	180.892	182.375	183.800	185.165

População Flutuante	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
Taxa	0,00	1,43	1,41	1,39	1,37	1,35	1,32	1,28	1,25	1,21	1,16	1,12	1,08	1,03	0,99	0,95	0,91	0,86	0,82	0,78	0,74
Águas de São Pedro	3.587	3.638	3.690	3.741	3.792	3.843	3.894	3.944	3.993	4.042	4.088	4.134	4.179	4.222	4.264	4.304	4.343	4.381	4.416	4.451	4.484
Anarlândia	1.235	1.253	1.270	1.288	1.306	1.323	1.341	1.358	1.375	1.391	1.408	1.423	1.439	1.454	1.468	1.482	1.495	1.508	1.521	1.532	1.544
Barra Bonita	2.240	2.272	2.304	2.336	2.368	2.400	2.432	2.463	2.494	2.524	2.553	2.582	2.610	2.636	2.663	2.688	2.712	2.736	2.758	2.780	2.800
Brotas	3.900	3.956	4.012	4.068	4.123	4.179	4.234	4.288	4.342	4.394	4.445	4.495	4.543	4.590	4.636	4.680	4.722	4.763	4.802	4.839	4.875
Charqueada	895	908	921	933	946	959	972	984	996	1.008	1.020	1.032	1.043	1.053	1.064	1.074	1.084	1.093	1.102	1.111	1.119
Corumbataí	121	123	124	126	128	130	131	133	135	136	138	139	141	142	144	145	147	148	149	150	151
Dois Córregos	1.149	1.165	1.182	1.198	1.215	1.231	1.247	1.263	1.279	1.295	1.310	1.324	1.339	1.352	1.366	1.379	1.391	1.403	1.415	1.426	1.436
Ipeúna	966	980	994	1.008	1.021	1.035	1.049	1.062	1.075	1.088	1.101	1.113	1.125	1.137	1.148	1.159	1.170	1.180	1.189	1.199	1.208
Itirapina	4.718	4.786	4.853	4.921	4.988	5.055	5.122	5.188	5.252	5.316	5.378	5.438	5.496	5.553	5.608	5.661	5.712	5.762	5.809	5.854	5.898
Minheiros do Tietê	1.058	1.073	1.088	1.103	1.119	1.134	1.149	1.163	1.178	1.192	1.206	1.219	1.233	1.245	1.258	1.269	1.281	1.292	1.303	1.313	1.323
Santa Maria da Serra	85	86	87	89	90	91	92	93	95	96	97	98	99	100	101	102	103	104	105	106	106
São Pedro	4.171	4.231	4.291	4.350	4.410	4.469	4.528	4.586	4.643	4.700	4.754	4.807	4.859	4.909	4.958	5.005	5.050	5.094	5.135	5.176	5.214
Torrinha	265	269	273	276	280	284	288	291	295	299	302	305	309	312	315	318	321	324	326	329	331
TOTAL:	26.390	26.742	27.093	27.443	27.792	28.140	28.486	28.827	29.162	29.491	29.811	30.123	30.426	30.721	31.006	31.281	31.547	31.803	32.049	32.284	32.510

APÊNDICE D

Capacidade produtiva diária de RSU das populações residente e flutuante da APA de
Corumbataí

Planilhas - Capacidade Produtiva Diária de RSU da População Residente e Turística

		Produção RSU - RESIDENTES (t/dia)														
		2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017
Águas de São Pedro	Ananãdia	1,382	1,401	1,420	1,438	1,457	1,475	1,493	1,510	1,527	1,544	1,560	1,575	1,590	1,604	1,618
	Barra Bonita	18,149	18,409	18,669	18,926	19,181	19,432	19,678	19,918	20,152	20,380	20,601	20,815	21,023	21,224	21,416
	Brotas	8,410	8,525	8,640	8,754	8,866	8,977	9,085	9,191	9,294	9,394	9,491	9,584	9,675	9,763	9,847
	Charqueada	6,111	6,195	6,278	6,361	6,443	6,523	6,602	6,679	6,753	6,826	6,897	6,965	7,031	7,094	7,156
	Corumbataí	0,896	0,908	0,920	0,933	0,945	0,956	0,968	0,979	0,990	1,001	1,011	1,021	1,031	1,040	1,049
	Dois Córregos	10,551	10,695	10,839	10,982	11,123	11,262	11,398	11,530	11,659	11,785	11,906	12,024	12,138	12,248	12,354
	Ipeuna	1,797	1,822	1,846	1,871	1,895	1,918	1,941	1,964	1,986	2,007	2,028	2,048	2,067	2,086	2,104
	Itirapina	5,829	5,909	5,989	6,068	6,145	6,222	6,297	6,370	6,442	6,511	6,578	6,643	6,706	6,767	6,825
	Mineiros do Tietê	5,717	5,795	5,873	5,950	6,027	6,102	6,176	6,247	6,317	6,385	6,451	6,515	6,577	6,636	6,694
	Santa Maria da Serra	2,060	2,088	2,116	2,144	2,172	2,199	2,225	2,251	2,276	2,301	2,325	2,348	2,370	2,391	2,412
São Pedro	São Pedro	11,699	11,859	12,018	12,177	12,333	12,487	12,638	12,785	12,927	13,067	13,202	13,332	13,459	13,581	13,698
	Torrinha	3,801	3,853	3,905	3,957	4,007	4,057	4,106	4,154	4,200	4,246	4,290	4,332	4,373	4,413	4,451
	Lixo Total :	77,384	78,455	79,522	80,583	81,629	82,659	83,668	84,651	85,609	86,542	87,447	88,322	89,168	89,987	90,774
		(1) Produção RSU - TURISTAS (t/dia)														
		2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017
Águas de São Pedro	Ananãdia	1,095	1,110	1,125	1,140	1,154	1,169	1,183	1,197	1,210	1,223	1,236	1,248	1,260	1,271	1,282
	Barra Bonita	1,986	2,013	2,040	2,067	2,094	2,120	2,145	2,170	2,194	2,218	2,241	2,263	2,285	2,305	2,325
	Brotas	3,458	3,505	3,552	3,599	3,645	3,691	3,735	3,778	3,821	3,862	3,902	3,940	3,978	4,014	4,048
	Charqueada	0,793	0,804	0,815	0,826	0,836	0,847	0,857	0,867	0,877	0,886	0,895	0,904	0,913	0,921	0,929
	Corumbataí	0,107	0,109	0,110	0,112	0,113	0,115	0,116	0,117	0,119	0,120	0,121	0,122	0,123	0,125	0,126
	Dois Córregos	1,019	1,033	1,046	1,060	1,074	1,087	1,100	1,113	1,126	1,138	1,150	1,161	1,172	1,182	1,193
	Ipeuna	0,856	0,868	0,880	0,891	0,903	0,914	0,925	0,936	0,946	0,957	0,966	0,976	0,985	0,994	1,003
	Itirapina	4,183	4,240	4,297	4,354	4,410	4,465	4,518	4,571	4,622	4,672	4,720	4,767	4,812	4,856	4,897
	Mineiros do Tietê	0,938	0,951	0,964	0,976	0,989	1,001	1,013	1,025	1,036	1,048	1,058	1,069	1,079	1,089	1,098
	Santa Maria da Serra	0,075	0,076	0,077	0,078	0,079	0,080	0,081	0,082	0,083	0,084	0,085	0,086	0,087	0,087	0,088
São Pedro	São Pedro	3,698	3,748	3,799	3,849	3,898	3,947	3,995	4,041	4,086	4,130	4,173	4,214	4,254	4,293	4,330
	Torrinha	0,235	0,238	0,241	0,245	0,248	0,251	0,254	0,257	0,260	0,262	0,265	0,268	0,270	0,273	0,275
	Lixo Total :	21,623	21,919	22,214	22,507	22,796	23,080	23,358	23,630	23,894	24,151	24,401	24,642	24,875	25,101	25,318

Produção de RSU calculado com base na geração per capita sugerido pelo IBAM (ZVEIBIL, 2001)

⁽¹⁾ Foi considerado que os turistas produzem 70% mais de RSU do que a população residente (ZVEIBIL, 2001)

APÊNDICE E

Produção média e a taxa produtiva média de RSU da APA de Corumbataí

Produção Anual de RSU (kg/ano)																
	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	
Águas de São Pedro	884.031	918.776	928.261	949.484	957.368	945.624	967.757	990.497	998.475	1.016.421	1.009.408	1.011.098	1.030.605	1.051.111	1.068.078	
Anelândia	685.382	703.620	711.024	723.491	731.300	733.379	744.795	758.546	764.806	776.688	777.504	782.334	793.163	805.410	813.859	
Barra Bonita	6.952.718	7.084.047	7.163.763	7.268.085	7.363.004	7.463.049	7.545.035	7.663.251	7.731.594	7.843.115	7.897.239	7.973.944	8.059.423	8.163.656	8.221.921	
Brotas	3.641.172	3.723.090	3.762.508	3.821.883	3.866.284	3.896.584	3.947.342	4.013.720	4.047.107	4.106.734	4.121.831	4.153.554	4.203.690	4.262.471	4.299.254	
Charqueada	2.361.801	2.405.738	2.431.359	2.465.656	2.496.249	2.527.730	2.554.580	2.593.533	2.615.269	2.651.797	2.668.201	2.692.500	2.720.479	2.754.746	2.773.628	
Corumbataí	344.743	351.102	354.843	359.824	364.300	368.965	372.848	378.510	381.683	387.002	389.436	393.005	397.062	402.041	404.768	
Dois Córregos	4.019.429	4.092.097	4.135.712	4.193.116	4.245.591	4.301.873	4.346.178	4.411.532	4.448.540	4.510.214	4.539.645	4.581.850	4.628.427	4.685.860	4.716.856	
Ipeúna	797.480	816.050	824.680	837.972	847.574	853.402	864.934	879.752	887.059	900.266	903.120	909.813	921.104	934.242	942.639	
Itirapina	1.618.390	1.660.287	1.677.776	1.706.680	1.725.346	1.731.759	1.757.942	1.789.891	1.804.684	1.832.467	1.835.233	1.847.113	1.872.106	1.900.535	1.919.852	
Itirapina - Broa	1.200.628	1.231.710	1.244.684	1.266.127	1.279.974	1.284.732	1.304.156	1.327.859	1.338.833	1.359.444	1.361.496	1.370.310	1.388.851	1.409.942	1.424.272	
Mineiros do Tietê	2.241.595	2.284.469	2.308.779	2.341.868	2.370.676	2.399.045	2.425.303	2.462.798	2.483.417	2.518.360	2.533.086	2.555.673	2.582.807	2.615.822	2.634.379	
Santa Maria da Serra	764.319	777.386	785.684	796.255	806.380	818.048	825.977	838.070	845.113	856.666	862.802	871.132	879.618	890.224	895.711	
São Pedro	4.881.199	4.985.066	5.037.943	5.114.811	5.175.493	5.223.761	5.287.877	5.374.207	5.419.016	5.497.560	5.522.074	5.567.008	5.631.282	5.707.584	5.753.675	
Torrinha	1.426.257	1.451.240	1.466.721	1.486.722	1.505.499	1.526.502	1.541.693	1.564.525	1.577.664	1.599.361	1.610.382	1.625.683	1.641.814	1.661.856	1.672.420	

Produção média mensal de RSU (kg/mês)																
	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	
Águas de São Pedro	73.669	76.565	77.355	79.124	79.781	78.802	80.646	82.541	83.206	84.702	84.117	84.258	85.884	87.593	89.007	
Anelândia	57.115	58.635	59.252	60.291	60.942	61.115	62.066	63.212	63.734	64.724	64.792	65.195	66.097	67.118	67.822	
Barra Bonita	579.393	590.337	596.980	605.674	613.584	621.921	628.753	638.604	644.300	653.593	658.103	664.495	671.619	680.305	685.160	
Brotas	303.431	310.258	313.542	318.490	322.190	324.715	328.945	334.477	337.259	342.228	343.486	346.130	350.308	355.206	358.271	
Charqueada	196.817	200.478	202.613	205.471	208.021	210.644	212.882	216.128	217.939	220.983	222.350	224.375	226.707	229.562	231.136	
Corumbataí	28.729	29.259	29.570	29.985	30.358	30.747	31.071	31.542	31.807	32.250	32.453	32.750	33.088	33.503	33.731	
Dois Córregos	334.952	341.008	344.643	349.426	353.799	358.489	362.181	367.628	370.712	375.851	378.304	381.821	385.702	390.488	393.071	
Ipeúna	66.457	68.004	68.723	69.831	70.631	71.117	72.078	73.313	73.922	75.022	75.260	75.818	76.759	77.854	78.553	
Itirapina	134.866	138.357	139.815	142.223	143.779	144.313	146.495	149.158	150.390	152.706	152.936	153.926	156.009	158.378	159.988	
Itirapina - Broa	100.052	102.642	103.724	105.511	106.665	107.061	108.680	110.655	111.569	113.287	113.458	114.192	115.738	117.495	118.689	
Mineiros do Tietê	186.800	190.372	192.398	195.156	197.556	199.920	202.109	205.233	206.951	209.863	211.090	212.973	215.234	217.985	219.532	
Santa Maria da Serra	63.693	64.782	65.474	66.355	67.198	68.171	68.831	69.839	70.426	71.389	71.900	72.594	73.301	74.185	74.643	
São Pedro	406.767	415.422	419.829	426.234	431.291	435.313	440.656	447.851	451.585	458.130	460.173	463.917	469.273	475.632	479.473	
Torrinha	118.855	120.937	122.227	123.893	125.458	127.209	128.474	130.377	131.472	133.280	134.198	135.474	136.818	138.488	139.368	

Produção média diária de RSU (kg/dia)																
	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	
Águas de São Pedro	2.422	2.510	2.543	2.601	2.623	2.584	2.651	2.714	2.736	2.777	2.766	2.770	2.824	2.872	2.926	
Analândia	1.878	1.922	1.948	1.982	2.004	2.004	2.041	2.078	2.095	2.122	2.130	2.143	2.173	2.201	2.230	
Barra Bonita	19.049	19.355	19.627	19.913	20.173	20.391	20.671	20.995	21.182	21.429	21.636	21.846	22.081	22.305	22.526	
Brotas	9.976	10.172	10.308	10.471	10.593	10.646	10.815	10.996	11.088	11.221	11.293	11.380	11.517	11.646	11.779	
Charqueada	6.471	6.573	6.661	6.755	6.839	6.906	6.999	7.106	7.165	7.245	7.310	7.377	7.453	7.527	7.599	
Corumbataí	945	959	972	986	998	1.008	1.022	1.037	1.046	1.057	1.067	1.077	1.088	1.098	1.109	
Dois Córregos	11.012	11.181	11.331	11.488	11.632	11.754	11.907	12.086	12.188	12.323	12.437	12.553	12.681	12.803	12.923	
Ipeúna	2.185	2.230	2.259	2.296	2.322	2.332	2.370	2.410	2.430	2.460	2.474	2.493	2.524	2.553	2.583	
Itirapina	4.434	4.536	4.597	4.676	4.727	4.732	4.816	4.904	4.944	5.007	5.028	5.061	5.129	5.193	5.260	
Itirapina - Broa	3.289	3.365	3.410	3.469	3.507	3.510	3.573	3.638	3.668	3.714	3.730	3.754	3.805	3.852	3.902	
Mineiros do Tietê	6.141	6.242	6.325	6.416	6.495	6.555	6.645	6.747	6.804	6.881	6.940	7.002	7.076	7.147	7.217	
Santa Maria da Serra	2.094	2.124	2.153	2.182	2.209	2.235	2.263	2.296	2.315	2.341	2.364	2.387	2.410	2.432	2.454	
São Pedro	13.373	13.620	13.803	14.013	14.179	14.273	14.487	14.724	14.847	15.021	15.129	15.252	15.428	15.594	15.763	
Torrinha	3.908	3.965	4.018	4.073	4.125	4.171	4.224	4.286	4.322	4.370	4.412	4.454	4.498	4.541	4.582	

Taxa de crescimento da produção de RSU																
	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	
Águas de São Pedro	-	0,036	0,050	0,074	0,083	0,067	0,095	0,120	0,129	0,147	0,142	0,144	0,166	0,186	0,208	
Analândia	-	0,024	0,037	0,056	0,067	0,067	0,087	0,107	0,116	0,130	0,134	0,141	0,157	0,172	0,187	
Barra Bonita	-	0,016	0,030	0,045	0,059	0,070	0,085	0,102	0,112	0,125	0,136	0,147	0,159	0,171	0,183	
Brotas	-	0,020	0,033	0,050	0,062	0,067	0,084	0,102	0,111	0,125	0,132	0,141	0,154	0,167	0,181	
Charqueada	-	0,016	0,029	0,044	0,057	0,067	0,082	0,098	0,107	0,120	0,130	0,140	0,152	0,163	0,174	
Corumbataí	-	0,016	0,029	0,044	0,057	0,067	0,082	0,098	0,107	0,120	0,130	0,140	0,152	0,163	0,174	
Dois Córregos	-	0,015	0,029	0,043	0,056	0,067	0,081	0,098	0,107	0,119	0,129	0,140	0,152	0,163	0,174	
Ipeúna	-	0,020	0,034	0,051	0,063	0,067	0,085	0,103	0,112	0,126	0,132	0,141	0,155	0,168	0,182	
Itirapina	-	0,023	0,037	0,055	0,066	0,067	0,086	0,106	0,115	0,129	0,134	0,141	0,157	0,171	0,186	
Itirapina - Broa	-	0,023	0,037	0,055	0,066	0,067	0,086	0,106	0,115	0,129	0,134	0,141	0,157	0,171	0,186	
Mineiros do Tietê	-	0,016	0,030	0,045	0,058	0,067	0,082	0,099	0,108	0,120	0,130	0,140	0,152	0,164	0,175	
Santa Maria da Serra	-	0,014	0,028	0,042	0,055	0,067	0,081	0,096	0,106	0,118	0,129	0,140	0,151	0,162	0,172	
São Pedro	-	0,018	0,032	0,048	0,060	0,067	0,083	0,101	0,110	0,123	0,131	0,141	0,154	0,166	0,179	
Torrinha	-	0,015	0,028	0,042	0,056	0,067	0,081	0,097	0,106	0,118	0,129	0,140	0,151	0,162	0,173	
Taxa média:	-	0,020	0,033	0,049	0,062	0,067	0,084	0,102	0,112	0,125	0,132	0,141	0,155	0,168	0,181	

APÊNDICE F

Coordenadas e distâncias de sedes reais e obtidas do TransCAD

Planilha 01 – Análise das Coordenadas após Importação do Arquivo do AutoCAD para o TransCAD

Municípios	Coordenadas Conhecidas ⁽²⁾		Coordenadas TransCAD ⁽³⁾		Δ (km) ⁽⁴⁾
	Latitude (°)	Longitude (°)	Latitude (°)	Longitude (°)	
Analândia	-22,126390	-47,663060	-22,131174	-47,653925	1,081
<i>Barra bonita</i> ⁽¹⁾	-22,494720	-48,558060	-22,494720	-48,558060	-
Brotas	-22,284170	-48,126670	-22,285880	-48,123013	0,422
Charqueada	-22,509720	-47,778060	-22,514848	-47,769408	1,038
Corumbataí	-22,220000	-47,625830	-22,225476	-47,616002	1,181
Dois Córregos	-22,366110	-48,380280	-22,366599	-48,379221	0,122
Ipeúna	-22,435830	-47,718890	-22,441234	-47,709750	1,115
Itirapina	-22,252780	-47,822780	-22,256630	-47,815404	0,871
Mineiros do Tietê	-22,409440	-48,450560	-22,409707	-48,450008	0,064
Santa Maria da Serra	-22,567220	-48,160560	-22,569550	-48,155792	0,554
São Pedro	-22,548610	-47,913890	-22,552705	-47,906598	0,876
Torrinha	-22,426110	-48,169170	-22,427971	-48,165248	0,453
São Carlos	-22,017500	-47,890830	-22,020020	-47,885277	0,637
<i>Araraquara</i> ⁽¹⁾	-21,794440	-48,175560	-21,794440	-48,175560	-
<i>Rio Claro</i> ⁽¹⁾	-22,411390	-47,561390	-22,411390	-47,561390	-
média:					0,701
máximo:					1,181

⁽¹⁾ Coordenadas utilizadas para importação no TransCAD

⁽²⁾ Coordenadas conhecidas dos municípios (IBGE, 2001)

⁽³⁾ Coordenadas fornecidas pelo TransCAD após importar arquivo do AutoCAD

⁽⁴⁾ Diferença nas coordenadas conhecidas com a fornecida pelo TransCAD após importar arquivo do AutoCAD

Planilha 02 – Pontos de Controle Utilizados na Importação do Arquivo do AutoCAD para o TransCAD

Municípios	Coordenadas Conhecidas		Coordenadas AutoCAD ⁽¹⁾	
	Latitude (°)	Longitude (°)	X	Y
Barra bonita	-22,494720	-48,558060	559,8557	-2498,7649
Araraquara	-21,794440	-48,175560	602,1668	-2422,4129
Rio Claro	-22,411390	-47,561390	661,6523	-2492,7704

⁽¹⁾ Coordenadas cartesianas XY do AutoCAD

Planilha 03 – Análise das Distâncias após Importação do Arquivo do AutoCAD para o TransCAD

Origem	Trajeto Destino	Distância (km)		Δ (km) ⁽¹⁾	Δ (%) ⁽²⁾
		TransCAD	Hodômetro		
São Carlos	Itirapina	29,73	31,30	1,57	5,02 %
Itirapina	Ipeúna	48,82	51,40	2,58	5,02 %
Ipeúna	Charqueada	13,90	13,10	0,80	6,11 %
Charqueada	São Pedro	21,27	19,70	1,57	7,97 %
São Pedro	Águas de S. Pedro	9,09	9,20	0,11	1,20 %
Águas de S. Pedro	Santa Maria da Serra	33,91	34,50	0,59	1,71 %
Santa Maria da Serra	Entrada Torrinha	18,20	19,20	1,00	5,21 %
Entrada Torrinha	Dois Córregos	25,56	24,20	1,36	5,62 %
Dois Córregos	Mineiros do Tietê	10,02	11,40	1,38	12,11 %
Mineiros do Tietê	Barra Bonita	15,23	13,90	1,33	9,57 %
Barra Bonita	Brotas	72,50	74,20	1,70	2,29 %
Brotas	Entrada Itirapina	32,89	32,80	0,09	0,28 %
Entrada Itirapina	São Carlos	28,44	28,10	0,34	1,20 %
São Carlos	Corumbataí	50,03	51,60	1,57	3,05 %
Corumbataí	São Carlos	50,03	50,70	0,67	1,33 %
média:		28,44	28,10	1,33	5,02 %
máximo:		72,50	74,20	2,58	12,11 %

⁽¹⁾ Diferença entre a distância fornecida pelo TransCAD e o medido no hodômetro do automóvel

⁽²⁾ Relação percentual entre a diferença das distâncias em relação ao medido no hodômetro

APÊNDICE G

Dimensionamento das Estações de Transferência

Planilha 01 - Dimensionamento das ETs: número de silos e áreas em geral

Resíduos Sólidos:	γ : 0,3 t/m ³		peso específico do lixo solto (semi-compactado no caminhão coletor)	
	H :	5,0 m	altura do talude	
Talude:	L :	5,0 m	largura do talude	
Áreas de rolagem:	15,0 m		área de descarga (na largura L)	
	9,0 m		área de carga (na largura L)	
	14,0 m		área de carga (na comprimento C)	
Silo:	H :	1,5 m	altura máxima permitida para RSU no silo	

	Acúmulo máximo ⁽¹⁾				Dependências			Silo		RSU por Silo				Estação de Transferência			
	Peso (t)	V (m ³)	Portaria (m ²)	WC (m ²)	Depósito fechado (m ²)	L (m)	C (m)	Qtde (un)	H (m)	V (m ³)	Peso (t)	C (m)	L (m)	Área (m ²)	Perímetro (m)		
ET Santa Maria da Serra	4,58	15,28	2,00	2,00	2,00	6,00	5,00	1	0,51	15,28	4,58	36,2	29,0	1.049,8	130,4		
ET Ipeuna	5,70	18,99	2,00	2,06	2,11	6,00	5,00	1	0,63	18,99	5,70	36,2	29,0	1.049,8	130,4		
ET Corumbatai	7,47	24,90	2,00	2,15	2,30	6,00	5,00	1	0,83	24,90	7,47	36,2	29,0	1.049,8	130,4		
ET Torrinha	8,66	28,88	2,00	2,21	2,42	6,00	5,00	1	0,96	28,88	8,66	36,2	29,0	1.049,8	130,4		
ET Mineiros do Tiete	14,28	47,62	2,00	2,50	3,00	6,00	6,00	1	1,32	47,62	14,28	37,2	29,0	1.078,8	132,4		
ET Charqueada	14,82	49,41	2,00	2,53	3,05	6,00	6,00	1	1,37	49,41	14,82	37,2	29,0	1.078,8	132,4		
ET Itirapina	21,49	71,64	2,00	2,87	3,74	6,00	6,00	2	0,99	35,82	10,75	43,8	29,0	1.270,2	145,6		
ET Dois Corregos	24,84	82,78	2,00	3,04	4,08	6,00	6,00	2	1,15	41,39	12,42	43,8	29,0	1.270,2	145,6		
ET Brotas	25,48	84,92	2,00	3,07	4,15	6,00	6,00	2	1,18	42,46	12,74	43,8	29,0	1.270,2	145,6		
ET São Pedro	41,98	139,95	2,00	3,92	5,84	6,00	6,00	3	1,30	46,65	13,99	50,4	29,0	1.461,6	158,8		
ET Barra Bonita	43,53	145,09	2,00	4,00	6,00	6,00	6,00	3	1,34	48,36	14,51	50,4	29,0	1.461,6	158,8		

⁽¹⁾ Valor máximo com base no último ano do horizonte de planejamento, na semana padrão G (crítica)

Planilha 02 - Dimensionamento das ETs: descrição das considerações

Itens Dimensionados	Descrição	Custos ⁽¹⁾
Cercamento da Estação de Transferência	5 fios	R\$ 62,00 rolo (500m)
	mourões de concreto: 2,5 m (espaçamento)	R\$ 32,00 un (H=2,5m)
	tela (malha 76 x 76mm): 2,0 m de largura (rolo 10m)	R\$ 6,57 m ²
	corde e aterro: 27,3 m ² (vista no comprimento L)	R\$ 6,00 m ³
Pavimentação área de carga e descarga	espalh., compac. PN 95%: 0,5 m de camada (aterro) pedregulho: 0,2 m de camada (pedregulho)	R\$ 7,92 m ²
Drenagem superficial: entorno da ET e para proteção do talude	4 vezes comprimento C da estação	
	canaleta de concreto 0,3m: 4 vezes descida talude (no compr. L)	R\$ 9,21 m
	2 vezes comprimento L da estação	
Estrutura Sustentação do Silo (pré-moldada in loco)	Muro de arrimo: 5,0 m (altura)	R\$ 290,00 m ²
	Piso concreto: 5,0 m (largura)	R\$ 50,00 m ²
	Pilar - C : 0,6 m	R\$ 705,60 m ³
	L : 0,3 m	
	Viga - H : 0,5 m	R\$ 660,00 m ³
	L : 0,2 m	
	Bloco - C : 1,0 m	
	L : 0,7 m	R\$ 690,00 m ³
	H : 0,5 m	
Edificações	Alvenaria (WC e Portaria):	R\$ 469,34 m ²
	Depósito:	R\$ 234,67 m ²
Galpão metálico (para vão de 20m, tesouras a cada 5m)	Beiral: 1,0 m	R\$ 3,28 kg
	Peso / área: 18,3 kg/m ²	R\$ 60,06 m ²
Desapropriação de terreno		R\$ 30,00 m ²
Equipamentos	sistema de pesagem:	R\$ 3.400,00 un (silo)
	silo metálico:	R\$ 6.000,00 un

⁽¹⁾ Valores obtidos da Revista CONSTRUÇÃO MERCADO (2002) e consulta por telefone a diversos fornecedores na internet e lista telefônica.

Planilha 03 - Dimensionamento das ETs: necessidades dimensionadas e custos obtidos

Cerca																										
Alambrado			Fios		Mourões		Custo		Terraplenagem		Pavimentação		Drenagem Superficial		Muro de Arrimo (Concreto)			Edificações (área construída)								
(m²)	(m)	(un)	(R\$)	Custo	Volume	(m³)	(R\$)	Custo	Circulação	(m²)	(R\$)	Custo	C linear	(m)	(R\$)	Custo	Área Frontal	(m²)	(R\$)	Custo	WC e Portaria	(m²)	Depósito	(m²)	Custo	(R\$)
ET Santa Maria da Serra	280,00	652,00	53	R\$ 3.660	989,35	R\$ 5.936	868,80	R\$ 6.877	231,08	R\$ 2.128	41,00	R\$ 11.890	4,00	2,00	R\$ 2.347											
ET Ipeuna	280,00	652,00	53	R\$ 3.660	989,35	R\$ 5.936	868,80	R\$ 6.877	231,08	R\$ 2.128	41,00	R\$ 11.890	4,06	2,11	R\$ 2.400											
ET Corumbatai	280,00	652,00	53	R\$ 3.660	989,35	R\$ 5.936	868,80	R\$ 6.877	231,08	R\$ 2.128	41,00	R\$ 11.890	4,15	2,30	R\$ 2.486											
ET Torrinha	280,00	652,00	53	R\$ 3.660	989,35	R\$ 5.936	868,80	R\$ 6.877	231,08	R\$ 2.128	41,00	R\$ 11.890	4,21	2,42	R\$ 2.543											
ET Mineiros do Tiete	280,00	662,00	53	R\$ 3.660	1.016,68	R\$ 6.100	892,80	R\$ 7.067	235,08	R\$ 2.165	46,00	R\$ 13.340	4,50	3,00	R\$ 2.814											
ET Charqueada	280,00	662,00	53	R\$ 3.660	1.016,68	R\$ 6.100	892,80	R\$ 7.067	235,08	R\$ 2.165	46,00	R\$ 13.340	4,53	3,05	R\$ 2.840											
ET Itirapina	300,00	728,00	59	R\$ 3.983	1.197,05	R\$ 7.182	1.051,20	R\$ 8.320	261,48	R\$ 2.408	79,00	R\$ 22.910	4,87	3,74	R\$ 3.162											
ET Dois Corregos	300,00	728,00	59	R\$ 3.983	1.197,05	R\$ 7.182	1.051,20	R\$ 8.320	261,48	R\$ 2.408	79,00	R\$ 22.910	5,04	4,08	R\$ 3.323											
ET Brotas	300,00	728,00	59	R\$ 3.983	1.197,05	R\$ 7.182	1.051,20	R\$ 8.320	261,48	R\$ 2.408	79,00	R\$ 22.910	5,07	4,15	R\$ 3.354											
ET São Pedro	320,00	794,00	64	R\$ 4.274	1.377,43	R\$ 8.265	1.209,60	R\$ 9.574	287,88	R\$ 2.651	112,00	R\$ 32.480	5,92	5,84	R\$ 4.150											
ET Barra Bonita	320,00	794,00	64	R\$ 4.274	1.377,43	R\$ 8.265	1.209,60	R\$ 9.574	287,88	R\$ 2.651	112,00	R\$ 32.480	6,00	6,00	R\$ 4.224											

Galpão															
Estrutura		Custo	Bloco	Custo	Pilar	Custo	C	Vigas	Piso	Custo	TOTAL	Desaprop.	Eq. Pesagem	CUSTO	
(m²)	(R\$)	(m³)	(R\$)	(R\$)	(m³)	(R\$)	(m)	(m³)	(m²)	(R\$)	(R\$)	(R\$)	Custo	TOTAL	
												(R\$)	(R\$)	(R\$)	
ET Santa Maria da Serra	100,86	R\$ 6.057	0,70	R\$ 483	0,90	R\$ 1.270	25,00	2,50	R\$ 1.650	41,00	R\$ 2.050	R\$ 5.453	R\$ 31.494	R\$ 9.400	R\$ 85.242
ET Ipeuna	100,86	R\$ 6.057	0,70	R\$ 483	0,90	R\$ 1.270	25,00	2,50	R\$ 1.650	41,00	R\$ 2.050	R\$ 5.453	R\$ 31.494	R\$ 9.400	R\$ 85.295
ET Corumbatai	100,86	R\$ 6.057	0,70	R\$ 483	0,90	R\$ 1.270	25,00	2,50	R\$ 1.650	41,00	R\$ 2.050	R\$ 5.453	R\$ 31.494	R\$ 9.400	R\$ 85.381
ET Torrinha	100,86	R\$ 6.057	0,70	R\$ 483	0,90	R\$ 1.270	25,00	2,50	R\$ 1.650	41,00	R\$ 2.050	R\$ 5.453	R\$ 31.494	R\$ 9.400	R\$ 85.438
ET Mineiros do Tiete	113,16	R\$ 6.796	0,70	R\$ 483	0,90	R\$ 1.270	28,00	2,80	R\$ 1.848	46,00	R\$ 2.300	R\$ 5.901	R\$ 32.364	R\$ 9.400	R\$ 89.607
ET Charqueada	113,16	R\$ 6.796	0,70	R\$ 483	0,90	R\$ 1.270	28,00	2,80	R\$ 1.848	46,00	R\$ 2.300	R\$ 5.901	R\$ 32.364	R\$ 9.400	R\$ 89.633
ET Itirapina	194,34	R\$ 11.671	1,05	R\$ 725	0,90	R\$ 1.270	45,00	4,50	R\$ 2.970	79,00	R\$ 3.950	R\$ 8.915	R\$ 38.106	R\$ 18.800	R\$ 125.458
ET Dois Corregos	194,34	R\$ 11.671	1,05	R\$ 725	0,90	R\$ 1.270	45,00	4,50	R\$ 2.970	79,00	R\$ 3.950	R\$ 8.915	R\$ 38.106	R\$ 18.800	R\$ 125.619
ET Brotas	194,34	R\$ 11.671	1,05	R\$ 725	0,90	R\$ 1.270	45,00	4,50	R\$ 2.970	79,00	R\$ 3.950	R\$ 8.915	R\$ 38.106	R\$ 18.800	R\$ 125.650
ET São Pedro	275,52	R\$ 16.547	1,40	R\$ 966	0,90	R\$ 1.270	62,00	6,20	R\$ 4.092	112,00	R\$ 5.600	R\$ 11.928	R\$ 43.848	R\$ 28.200	R\$ 161.917
ET Barra Bonita	275,52	R\$ 16.547	1,40	R\$ 966	0,90	R\$ 1.270	62,00	6,20	R\$ 4.092	112,00	R\$ 5.600	R\$ 11.928	R\$ 43.848	R\$ 28.200	R\$ 161.917

APÊNDICE H

Dimensionamento dos Aterros

Planilha 01a- Dados básicos: Estimativa da Produção Diária ao Longo dos Anos e da Produção Total

Taxa média: ⁽¹⁾		0,000	0,020	0,033	0,049	0,062	0,067	0,084	0,102	0,112	0,125	0,132	0,141	0,155	0,168	0,181	
Dias no ano		365	366	365	365	365	366	365	365	365	366	365	365	365	366	365	
Ano		2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	
Produção diária de RSU (t/dia)																	
		0,50	0,51	0,52	0,52	0,53	0,53	0,54	0,55	0,56	0,56	0,57	0,57	0,58	0,58	0,59	
		1,00	1,02	1,03	1,05	1,06	1,07	1,08	1,10	1,11	1,12	1,13	1,14	1,15	1,17	1,18	
		2,00	2,04	2,07	2,10	2,12	2,13	2,17	2,20	2,22	2,25	2,26	2,28	2,31	2,34	2,36	
		3,00	3,06	3,10	3,15	3,19	3,20	3,25	3,31	3,33	3,37	3,40	3,42	3,46	3,50	3,54	
		4,00	4,08	4,13	4,20	4,25	4,27	4,34	4,41	4,45	4,50	4,53	4,56	4,62	4,67	4,72	
		5,00	5,10	5,17	5,25	5,31	5,34	5,42	5,51	5,56	5,62	5,66	5,71	5,77	5,84	5,90	
		6,00	6,12	6,20	6,30	6,37	6,40	6,51	6,61	6,67	6,75	6,79	6,85	6,93	7,01	7,09	
		7,00	7,14	7,23	7,35	7,43	7,47	7,59	7,72	7,78	7,87	7,93	7,99	8,08	8,17	8,27	
		8,00	8,16	8,27	8,40	8,49	8,54	8,67	8,82	8,89	9,00	9,06	9,13	9,24	9,34	9,45	
		9,00	9,18	9,30	9,44	9,56	9,61	9,76	9,92	10,00	10,12	10,19	10,27	10,39	10,51	10,63	
		10,00	10,20	10,33	10,49	10,62	10,67	10,84	11,02	11,12	11,25	11,32	11,41	11,55	11,68	11,81	
		20,00	20,39	20,66	20,99	21,23	21,35	21,68	22,05	22,23	22,50	22,65	22,82	23,10	23,36	23,62	
		30,00	30,59	31,00	31,48	31,85	32,02	32,53	33,07	33,35	33,75	33,97	34,24	34,65	35,03	35,43	
		40,00	40,78	41,33	41,98	42,47	42,70	43,37	44,10	44,46	45,00	45,29	45,65	46,20	46,71	47,24	
		50,00	50,98	51,66	52,47	53,09	53,37	54,21	55,12	55,58	56,25	56,62	57,06	57,74	58,39	59,05	
		60,00	61,17	61,99	62,97	63,70	64,05	65,05	66,14	66,70	67,49	67,94	68,47	69,29	70,07	70,86	
		70,00	71,37	72,32	73,46	74,32	74,72	75,90	77,17	77,81	78,74	79,26	79,88	80,84	81,74	82,67	
		80,00	81,56	82,66	83,96	84,94	85,40	86,74	88,19	88,93	89,99	90,59	91,29	92,39	93,42	94,48	
		90,00	91,76	92,99	94,45	95,56	96,07	97,58	99,22	100,05	101,24	101,91	102,71	103,94	105,10	106,29	
		100,00	101,95	103,32	104,94	106,17	106,75	108,42	110,24	111,16	112,49	113,23	114,12	115,49	116,78	118,10	
		120,00	122,34	123,98	125,93	127,41	128,09	130,11	132,29	133,39	134,99	135,88	136,94	138,59	140,13	141,72	
		140,00	142,73	144,65	146,92	148,64	149,44	151,79	154,34	155,63	157,49	158,53	159,76	161,68	163,49	165,34	
		160,00	163,12	165,31	167,91	169,88	170,79	173,47	176,38	177,86	179,98	181,17	182,59	184,78	186,84	188,96	
	</																

⁽¹⁾ Taxa média de crescimento da produção de RSU com referência no ano base de 2003.

Planilha 01b - Dados Básicos: Estimativa das áreas anexas necessárias para cada aterro

RSU	Portaria (m ²)	Vestibário Sanitário (m ²)	Refeitório (m ²)	Escritório (m ²)	Depósito fechado (m ²)	Galpões veículos (m ²)	Pátio lavagem (m ²)	Pátio estoque (m ²)	Pátio manobra (m ²)	Tanque lagoa (m ²)	A anexa (m ²)
2003 (t/dia)											
0,5	2,0	4,0	0,0	0,0	2,0	0,0	80,0	0,0	225,0	0,0	313,0
1	2,0	4,0	0,0	0,0	2,0	0,0	80,4	0,0	227,1	0,0	315,5
2	2,0	4,0	0,0	0,0	2,1	0,0	81,1	0,0	231,3	0,0	320,6
3	2,0	4,0	0,0	0,0	2,2	0,0	81,9	0,0	235,6	0,0	325,7
4	2,0	4,0	0,0	0,0	2,3	0,0	82,6	0,0	239,8	0,0	330,7
5	2,0	4,0	0,0	0,0	2,4	70,0	83,4	0,0	244,0	0,0	405,8
6	2,0	4,0	0,0	0,0	2,4	71,5	84,1	0,0	248,3	0,0	412,3
7	2,0	4,0	0,0	0,0	2,5	73,0	84,9	0,0	252,5	0,0	418,9
8	2,0	4,0	0,0	0,0	2,6	74,5	85,6	0,0	256,7	0,0	425,4
9	2,0	4,0	0,0	0,0	2,7	75,9	86,4	0,0	261,0	0,0	432,0
10	2,0	4,0	0,0	0,0	2,8	77,4	87,1	0,0	265,2	0,0	438,5
10	2,0	4,0	7,5	4,0	2,8	77,4	87,1	100,0	265,2	1.598,1	2.148,2
20	2,0	4,4	8,1	4,3	3,6	92,3	94,7	120,0	307,5	2.749,0	3.385,9
30	2,0	4,8	8,6	4,7	4,4	107,1	102,2	140,0	349,8	3.658,3	4.382,0
40	2,0	5,2	9,2	5,0	5,2	121,9	109,7	160,0	392,2	4.392,6	5.203,0
50	2,0	5,6	9,8	5,3	6,0	136,8	117,2	180,0	434,5	4.994,7	5.892,0
60	2,0	6,0	10,3	5,7	6,8	151,6	124,8	200,0	476,8	5.494,6	6.478,6
70	2,0	6,4	10,9	6,0	7,7	166,5	132,3	220,0	519,1	5.913,5	6.984,3
80	2,0	6,8	11,5	6,3	8,5	181,3	139,8	240,0	561,4	6.267,6	7.425,2
90	2,0	7,2	12,0	6,7	9,3	196,1	147,3	260,0	603,8	6.568,8	7.813,3
100	2,0	7,6	12,6	7,0	10,1	211,0	154,9	280,0	646,1	6.826,7	8.157,9
120	2,0	8,4	13,7	7,7	11,7	240,6	169,9	320,0	730,7	7.239,8	8.744,7
140	2,0	9,2	14,9	8,3	13,4	270,3	185,0	360,0	815,4	7.549,8	9.228,2
160	2,0	10,0	16,0	9,0	15,0	300,0	200,0	400,0	900,0	7.784,8	9.636,8

(1) Pátio de estocagem de material utilizado no aterro: drenagem, impermeabilização, etc.

(2) Tanque de tratamento do percolato para aterro convencional, calculado na planilha de dimensionamento do aterro

Planilha 02a - Dimensionamento dos aterros em vala: tamanho das valas

Vida útil : vida útil de uma vala aberta		h : altura do volume de RSU na vala													
c : comprimento do volume de RSU na vala		l : largura do volume de RSU na vala													
		Ano: 2003 2004 2005 2006 2007 2008 2009 2010 2011 2012 2013 2014 2015 2016 2017													
RSU	Vida útil (dias)	h (m)	l (m)	c (m)											
2003 (t/dia)															
0,50	28	3,00	3,00	3,11	3,17	3,21	3,26	3,30	3,32	3,37	3,43	3,46	3,50	3,52	3,55
1,00	28	3,00	3,00	6,22	6,34	6,43	6,53	6,61	6,64	6,75	6,86	6,92	7,00	7,05	7,10
2,00	28	3,00	3,00	12,44	12,69	12,86	13,06	13,21	13,28	13,49	13,72	13,83	14,00	14,09	14,20
3,00	14	3,00	3,00	9,33	9,52	9,64	9,79	9,91	9,96	10,12	10,29	10,38	10,50	10,57	10,65
4,00	14	3,00	3,00	12,44	12,69	12,86	13,06	13,21	13,28	13,49	13,72	13,83	14,00	14,09	14,20
5,00	7	3,00	3,00	7,78	7,93	8,04	8,16	8,26	8,30	8,43	8,57	8,65	8,75	8,81	8,88
6,00	7	3,00	3,00	9,33	9,52	9,64	9,79	9,91	9,96	10,12	10,29	10,38	10,50	10,57	10,65
7,00	7	3,00	3,00	10,89	11,10	11,25	11,43	11,56	11,62	11,81	12,00	12,10	12,25	12,33	12,43
8,00	3,5	3,00	3,00	6,22	6,34	6,43	6,53	6,61	6,64	6,75	6,86	6,92	7,00	7,05	7,10
9,00	3,5	3,00	3,00	7,00	7,14	7,23	7,35	7,43	7,47	7,59	7,72	7,78	7,87	7,93	7,99
10,00	3,5	3,00	3,00	7,78	7,93	8,04	8,16	8,26	8,30	8,43	8,57	8,65	8,75	8,81	8,88

Planilha 02b - Dimensionamento dos aterros em vala: dimensões do aterro

RSU 2003 (t/dia)	C ₁₅ (t)	V ₁₅ (m ³)	Ciclos (anual)	A _{vala} com folga de 1,5m (m ²)										A _u (m ²)					
				2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2017
0,5	3.001	6.002	13,04	20,75	21,023	21,215	21,442	21,614	21,694	21,93	22,18	22,31	22,50	22,60	22,73	22,92	23,10	23,28	4.318,6
1	6.002	12.004	13,04	34,75	35,297	35,679	36,134	36,478	36,639	37,11	37,62	37,88	38,25	38,46	38,70	39,09	39,45	39,82	7.317,4
2	12.004	24.008	13,04	62,75	63,844	64,609	65,519	66,207	66,527	67,47	68,48	69,00	69,74	70,16	70,66	71,42	72,15	72,89	13.314,9
3	18.006	36.012	26,07	48,75	49,57	50,144	50,827	51,343	51,583	52,29	53,05	53,44	54,00	54,31	54,68	55,25	55,80	56,35	20.632,4
4	24.008	48.015	26,07	62,75	63,844	64,609	65,519	66,207	66,527	67,47	68,48	69,00	69,74	70,16	70,66	71,42	72,15	72,89	26.629,9
5	30.010	60.019	52,14	41,75	42,434	42,912	43,481	43,91	44,111	44,70	45,33	45,66	46,12	46,38	46,69	47,17	47,62	48,08	35.267,2
6	36.012	72.023	52,14	48,75	49,57	50,144	50,827	51,343	51,583	52,29	53,05	53,44	54,00	54,31	54,68	55,25	55,80	56,35	41.264,7
7	42.013	84.027	52,14	55,75	56,707	57,376	58,173	58,775	59,055	59,88	60,77	61,22	61,87	62,23	62,67	63,34	63,97	64,62	47.262,3
8	48.015	96.031	104,29	34,75	35,297	35,679	36,134	36,478	36,639	37,11	37,62	37,88	38,25	38,46	38,70	39,09	39,45	39,82	58.539,3
9	54.017	108.035	104,29	38,25	38,865	39,296	39,807	40,194	40,375	40,90	41,48	41,77	42,18	42,42	42,70	43,13	43,53	43,95	64.536,8
10	60.019	120.038	104,29	41,75	42,434	42,912	43,481	43,91	44,111	44,70	45,33	45,66	46,12	46,38	46,69	47,17	47,62	48,08	70.534,3

Ciclo : numero de escavações de valas em 1 ano				RSU			
γ :	0,5 t/m ³ (peso específico do RSU compactado)			2003 (t/dia)			
folga :	1,5 m (folga entre valas)						
entorno :	10 m (área entorno do aterro)						
A _{vala} :	área ocupado por uma vala (com folgas entre elas)						
V ₁₅ :	Capacidade do aterro para 15 anos em volume de RSU						
C ₁₅ :	Capacidade do aterro para 15 anos em peso de RSU						
A _u :	área útil do aterro (disposição do RSU)						
A _{anexa} :	área anexas com infraestruturas diversas						
A _{entorno} :	área entorno do aterro para circulação, proteção, drenagem, etc.						
A _t :	área total						
L :	lados do aterro raiz (A _t)						
P :	perímetro total do aterro (4 x L)						
A _p :	aproveitamento do aterro (razão entre RSU e área total ocupada)						

Planilha 03 - Dimensionamento dos aterros convencionais: dimensões dos aterros

L : lados do aterro raiz (A _t)				A _u : área útil fictício (forma de um cubo)			
P : perímetro total do aterro (4 x L)				A _{u,real} : área útil real (forma de pirâmide)			
A _p : aproveitamento do aterro (razão entre RSU e área)				A _t : área total			
A _{anexa} : área anexas com infraestruturas diversas							
A _{entorno} : área entorno do aterro para circulação, proteção, drenagem, etc.							

γ :		0,7	t/m ³	(peso específico do RSU compactado)			
entorno :		10	m	(área entorno do aterro)			
3	≤ A _p ≤	8	t/m ²	aproveitamento do aterro (razão entre RSU e área total ocupada)			

RSU	C ₁₅ (t)	V ₁₅ (m ³)	A _p (t/m ²)	A _u (m ²)	H (m)	A _{u,real} (m ²)	A _{anexa} (m ²)	A _{entorno} (m ²)	A _t (m ²)	L (m)	P (m)
10	60.019	85.742	3,00	20.006,4	4,29	23.808,8	2.148,2	6.372,0	32.329,1	179,8	719,2
20	120.038	171.483	3,33	36.011,5	4,76	41.637,5	3.385,9	8.362,1	53.385,5	231,1	924,2
30	180.058	257.225	3,67	49.106,6	5,24	56.318,1	4.382,0	9.692,6	70.392,7	265,3	1.061,3
40	240.077	342.967	4,00	60.019,2	5,71	68.712,7	5.203,0	10.685,2	84.600,9	290,9	1.163,4
50	300.096	428.709	4,33	69.252,9	6,19	79.372,3	5.892,0	11.469,2	96.733,5	311,0	1.244,1
60	360.115	514.450	4,67	77.167,6	6,67	88.679,2	6.478,6	12.111,6	107.269,4	327,5	1.310,1
70	420.134	600.192	5,00	84.026,9	7,14	96.909,2	6.984,3	12.652,1	116.545,7	341,4	1.365,6
80	480.154	685.934	5,33	90.028,8	7,62	104.267,7	7.425,2	13.116,2	124.809,1	353,3	1.413,1
90	540.173	771.676	5,67	95.324,6	8,10	110.910,7	7.813,3	13.521,3	132.245,3	363,7	1.454,6
100	600.192	857.417	6,00	100.032,0	8,57	116.959,0	8.157,9	13.879,7	138.996,6	372,8	1.491,3
120	720.230	1.028.901	6,67	108.034,6	9,52	127.633,0	8.744,7	14.490,3	150.867,9	388,4	1.553,7
140	840.269	1.200.384	7,33	114.582,1	10,48	136.847,0	9.228,2	14.997,1	161.072,4	401,3	1.605,4
160	960.307	1.371.868	8,00	120.038,4	11,43	144.971,6	9.636,8	15.430,1	170.038,4	412,4	1.649,4

Planilha 04 - Dimensionamento dos Aterros: descrição das considerações

Itens Dimensionados	Descrição		Custos ⁽¹⁾	
Cercamento do Aterro	fios:	10 m	R\$	62,00 m
	mourões de concreto:	2,50 m (espaçamento)	R\$	32,00 un (H=2,5m)
Terriaplenagem	cortes e aterros:	0,40 m ³ /m ²	R\$	6,00 m ³
	Largura:	8 m de largura		
Pavimentação acesso (pedregulho)	comprimento:	100 m de comprimento		
	espalh., compac. PN 95%:	0,60 m de camada	R\$	7,92 m ²
		0,20 m de pedregulho		
Drenagem superficial	Canaleta de concreto 0,4m:	1,5 vezes perímetro P (aterro vala)	R\$	11,60 m
		2,0 vezes perímetro P (aterro convencional)	R\$	11,90 m
Drenagem Gases	Tubo ϕ :	200 mm (concreto furado)	R\$	17,16 m
	Tubo ϕ :	300 mm (concreto furado)	R\$	20,79 m
	Tubo ϕ :	400 mm (concreto furado)		
	espaçamento:	30 m entre tubos		
	sobra:	2 m de tubo acima aterro		
Drenagem Percolado	camisa de brita:	3 vezes o diâmetro do tubo	R\$	27,00 m ³
	Drenos ;	0,13 m/m ² (distrib. Linear)		
Impermeabilização: base do aterro convencional	Brita:	0,16 m ² (seção do dreno)	R\$	27,00 m ³
	Geomembrana:	1,05 m ² /m ² (aproveitamento)	R\$	1,50 m ²
	Sobra:	2 m (sobra nos lados da manta)		
Lagoa de estabilização (tanques c/ geomembrana)	Argila:	0,30 m (proteção mecânica)	R\$	5,43 m ³
	N lagoas :	3 lagoas (anaeróbia-facultativa-maturação)		
	Precipitação P :	1,400 mm ano		
	Área do aterro A: área útil real do aterro			
	Período t: 31.536.000 s (um ano)			
Método Suíço	Coefficiente de Infiltração K:	0,25 (para $\gamma > 0,7 \text{ t/m}^2$)		
	T _d :	28 dias (detenção do percolado)		
	Abertura do tanque: (escavação - até 4m prof. + compac.)		R\$	6,25 m ³
	Geomembrana (2mm) PEAD - Polietileno de Alta Densidade			
	Consumo:	1,05 m ² /m ² (aproveitamento)	R\$	13,00 m ²
Edificações	Alvenarias:		R\$	469,34 m ²
	Depósito:		R\$	234,67 m ²
Galpão metálico (para vão de 20m, tesouras a cada 5m)	Peso / área:	18,31 kg/m ²	R\$	3,28 kg
			R\$	60,06 m ²
Desapropriação de terreno			R\$	0,30 m ²
			R\$	30.000 un
Equipamentos	Balança rodoviária instalada para 30t		R\$	110.000 un
	Pá carregadeira e escavadeira sobre pneus (MF 750 4WD 4x4)		R\$	232.946 un
	Trator de lâmina compactador (Muller TC-18)		R\$	94.228 un
	caminhão basculante (6m ³)			

⁽¹⁾ Valores obtidos da Revista CONSTRUÇÃO MERCADO (2002) e consulta por telefone a diversos fornecedores na internet e lista telefônica.

Planilha 05a - Dimensionamento dos Aterros: necessidades dimensionadas e custos obtidos

RSU	Cerca			Terraplenagem		Acesso		Drenagem Superficial		Drenagem gases		
	Fios	Mourões	Custo	Volume	Custo	Área	Custo	Metro linear	Custo	tubos concreto	Brita	Custo
(t/dia)	(m)	(un)	(R\$)	(m³)	(R\$)	(m²)	(R\$)	(m)	(R\$)	φ (mm)	(m³)	(R\$)
0,5	3.501	140	R\$ 4.977	3.064	R\$ 18.385	800	R\$ 6.336,00	525	R\$ 6.092			
1	4.281	171	R\$ 6.038	4.582	R\$ 27.491	800	R\$ 6.336,00	642	R\$ 7.449			
2	5.463	219	R\$ 7.674	7.460	R\$ 44.763	800	R\$ 6.336,00	819	R\$ 9.505			
3	6.585	263	R\$ 9.297	10.841	R\$ 65.049	800	R\$ 6.336,00	988	R\$ 11.458			
4	7.363	295	R\$ 10.355	13.555	R\$ 81.331	800	R\$ 6.336,00	1.105	R\$ 12.812			
5	8.351	334	R\$ 11.743	17.434	R\$ 104.603	800	R\$ 6.336,00	1.253	R\$ 14.530			
6	8.962	358	R\$ 12.588	20.081	R\$ 120.486	800	R\$ 6.336,00	1.344	R\$ 15.595			
7	9.531	381	R\$ 13.440	22.711	R\$ 136.265	800	R\$ 6.336,00	1.430	R\$ 16.584			
8	10.510	420	R\$ 14.817	27.617	R\$ 165.702	800	R\$ 6.336,00	1.577	R\$ 18.288			
9	10.993	440	R\$ 15.435	30.212	R\$ 181.273	800	R\$ 6.336,00	1.649	R\$ 19.128			
10	11.454	458	R\$ 16.087	32.798	R\$ 196.791	800	R\$ 6.336,00	1.718	R\$ 19.930			
10	7.192	288	R\$ 10.136	12.932	R\$ 77.590	800	R\$ 6.336,00	1.438	R\$ 16.686	200	169,71	103 R\$ 4.795
20	9.242	370	R\$ 13.008	21.354	R\$ 128.125	800	R\$ 6.336,00	1.848	R\$ 21.442	200	317,81	199 R\$ 9.150
30	10.613	425	R\$ 14.948	28.157	R\$ 168.942	800	R\$ 6.336,00	2.123	R\$ 24.621	200	456,00	293 R\$ 13.341
40	11.634	465	R\$ 16.380	33.840	R\$ 203.042	800	R\$ 6.336,00	2.327	R\$ 26.992	300	594,00	879 R\$ 33.936
50	12.441	498	R\$ 17.474	38.693	R\$ 232.161	800	R\$ 6.336,00	2.488	R\$ 28.863	300	728,95	1.101 R\$ 42.239
60	13.101	524	R\$ 18.443	42.908	R\$ 257.447	800	R\$ 6.336,00	2.620	R\$ 30.394	300	858,00	1.319 R\$ 50.338
70	13.656	546	R\$ 19.215	46.618	R\$ 279.710	800	R\$ 6.336,00	2.731	R\$ 31.681	400	987,43	2.741 R\$ 94.534
80	14.131	565	R\$ 19.886	49.924	R\$ 299.542	800	R\$ 6.336,00	2.826	R\$ 32.785	400	1.115,81	3.140 R\$ 107.984
90	14.546	582	R\$ 20.479	52.898	R\$ 317.389	800	R\$ 6.336,00	2.909	R\$ 33.747	400	1.251,81	3.567 R\$ 122.323
100	14.913	597	R\$ 20.949	55.599	R\$ 333.592	800	R\$ 6.336,00	2.983	R\$ 34.598	400	1.374,29	3.959 R\$ 135.468
120	15.537	621	R\$ 21.871	60.347	R\$ 362.083	800	R\$ 6.336,00	3.107	R\$ 36.045	400	1.636,38	4.805 R\$ 163.758
140	16.054	642	R\$ 22.595	64.429	R\$ 386.574	800	R\$ 6.336,00	3.211	R\$ 37.244	400	1.908,86	5.695 R\$ 193.451
160	16.494	660	R\$ 23.159	68.015	R\$ 408.092	800	R\$ 6.336,00	3.299	R\$ 38.267	400	2.175,43	6.578 R\$ 222.839

Planilha 05b - Dimensionamento dos Aterros: necessidades dimensionadas e custos obtidos

RSU	Drenagem Percolado			Impermeabilização de Base			Desaprop.		Tanque Tratamento do Percolado				
	Metro linear (m)	Brita (m³)	Custo (R\$)	Argila (R\$)	Geomembrana (R\$)	Custo (R\$)	Custo (R\$)	Q (l/s)	Q 28dias (m³)	H (m)	A ocupada (m²)	A membrana (m²)	Custo (R\$)
2003 (tdia)													
0,5							R\$ 2.298						
1							R\$ 3.436						
2							R\$ 5.595						
3							R\$ 8.131						
4							R\$ 10.166						
5							R\$ 13.075						
6							R\$ 15.061						
7							R\$ 17.033						
8							R\$ 20.713						
9							R\$ 22.659						
10							R\$ 24.599						
10	3.038	486	R\$ 13.126	R\$ 38.785	R\$ 39.468	R\$ 78.253	R\$ 9.699	0,26	639,3	1,20	1.598,13	1.823,44	R\$ 27.700
20	5.314	850	R\$ 22.954	R\$ 67.828	R\$ 68.175	R\$ 136.003	R\$ 16.016	0,46	1.117,9	1,22	2.749,03	3.080,37	R\$ 47.032
30	7.187	1.150	R\$ 31.048	R\$ 91.742	R\$ 91.716	R\$ 183.459	R\$ 21.118	0,63	1.512,1	1,24	3.658,31	4.068,56	R\$ 62.342
40	8.769	1.403	R\$ 37.881	R\$ 111.933	R\$ 111.551	R\$ 223.483	R\$ 25.380	0,76	1.844,9	1,26	4.392,59	4.865,34	R\$ 74.780
50	10.129	1.621	R\$ 43.757	R\$ 129.298	R\$ 128.586	R\$ 257.884	R\$ 29.020	0,88	2.131,1	1,28	4.994,75	5.518,68	R\$ 85.062
60	11.317	1.811	R\$ 48.888	R\$ 144.458	R\$ 143.447	R\$ 287.905	R\$ 32.181	0,98	2.381,0	1,30	5.494,56	6.061,37	R\$ 93.679
70	12.367	1.979	R\$ 53.425	R\$ 157.865	R\$ 156.580	R\$ 314.445	R\$ 34.964	1,08	2.601,9	1,32	5.913,52	6.516,87	R\$ 100.981
80	13.306	2.129	R\$ 57.482	R\$ 169.852	R\$ 168.315	R\$ 338.168	R\$ 37.443	1,16	2.799,5	1,34	6.267,58	6.902,51	R\$ 107.230
90	14.154	2.265	R\$ 61.144	R\$ 180.674	R\$ 178.906	R\$ 359.579	R\$ 39.674	1,23	2.977,9	1,36	6.568,84	7.231,39	R\$ 112.620
100	14.926	2.388	R\$ 64.479	R\$ 190.526	R\$ 188.545	R\$ 379.071	R\$ 41.699	1,30	3.140,3	1,38	6.826,67	7.513,61	R\$ 117.304
120	16.288	2.606	R\$ 70.363	R\$ 207.914	R\$ 205.549	R\$ 413.463	R\$ 45.260	1,42	3.426,9	1,42	7.239,84	7.968,06	R\$ 125.003
140	17.464	2.794	R\$ 75.443	R\$ 222.924	R\$ 220.220	R\$ 443.144	R\$ 48.322	1,52	3.674,2	1,46	7.549,83	8.311,84	R\$ 131.018
160	18.500	2.960	R\$ 79.922	R\$ 236.159	R\$ 233.153	R\$ 469.312	R\$ 51.012	1,61	3.892,4	1,50	7.784,77	8.575,17	R\$ 135.805

Planilha 05c - Dimensionamento dos Aterros; necessidades dimensionadas e custos obtidos

RSU	Edificações			Galpão		Equipamentos				CUSTO		RSU (t)		CUSTO	
	Alvenaria (m²)	Depósito (m³)	Custo (R\$)	Área (m²)	Custo (R\$)	Trator Esteira (un)	Balança Rod. (un)	Retroscaav. (un)	Caminh. Bsc. (un)	Custo (R\$)	TOTAL (R\$)	s/ equip. (R\$)	TOTAL (15 anos) (R\$/t)	CUSTO TOTAL (R\$/t)	CUSTO s/ equip. (R\$/t)
0,5	6,00	2,00	R\$ 3.285					1		R\$ 110.000	R\$ 151.373	R\$ 41.373	3.001	R\$ 50,44	R\$ 13,79
1	6,00	2,04	R\$ 3.295					1		R\$ 110.000	R\$ 164.045	R\$ 54.045	6.002	R\$ 27,33	R\$ 9,00
2	6,00	2,12	R\$ 3.314					1		R\$ 110.000	R\$ 187.188	R\$ 77.188	12.004	R\$ 15,59	R\$ 6,43
3	6,00	2,20	R\$ 3.333					1		R\$ 110.000	R\$ 213.604	R\$ 103.604	18.006	R\$ 11,86	R\$ 5,75
4	6,00	2,29	R\$ 3.352					1		R\$ 110.000	R\$ 234.354	R\$ 124.354	24.008	R\$ 9,76	R\$ 5,18
5	6,00	2,37	R\$ 3.371					1		R\$ 140.000	R\$ 297.864	R\$ 157.864	30.010	R\$ 9,93	R\$ 5,26
6	6,00	2,45	R\$ 3.391	70,00	R\$ 4.204		1			R\$ 140.000	R\$ 317.749	R\$ 177.749	36.012	R\$ 8,82	R\$ 4,94
7	6,00	2,53	R\$ 3.410	72,97	R\$ 4.382		1			R\$ 140.000	R\$ 337.450	R\$ 197.450	42.013	R\$ 8,03	R\$ 4,70
8	6,00	2,61	R\$ 3.429	74,45	R\$ 4.471		1			R\$ 140.000	R\$ 373.757	R\$ 233.757	48.015	R\$ 7,78	R\$ 4,87
9	6,00	2,69	R\$ 3.448	75,94	R\$ 4.560		1			R\$ 140.000	R\$ 392.840	R\$ 252.840	54.017	R\$ 7,27	R\$ 4,68
10	6,00	2,77	R\$ 3.467	77,42	R\$ 4.650		1			R\$ 140.000	R\$ 411.859	R\$ 271.859	60.019	R\$ 6,86	R\$ 4,53
10	17,50	2,77	R\$ 8.864	77,42	R\$ 4.650		1			R\$ 140.000	R\$ 397.834	R\$ 257.834	60.019	R\$ 6,63	R\$ 4,30
20	18,80	3,59	R\$ 9.666	92,26	R\$ 5.541		1			R\$ 234.228	R\$ 649.500	R\$ 415.272	120.038	R\$ 5,41	R\$ 3,46
30	20,10	4,40	R\$ 11.269	107,10	R\$ 6.432	1	1	1		R\$ 467.174	R\$ 1.010.229	R\$ 543.054	180.058	R\$ 5,61	R\$ 3,02
40	21,40	5,22	R\$ 11.269	121,94	R\$ 7.323	1	1	1		R\$ 467.174	R\$ 1.133.978	R\$ 666.803	240.077	R\$ 4,72	R\$ 2,78
50	22,70	6,03	R\$ 12.070	136,77	R\$ 8.214	1	1	1		R\$ 467.174	R\$ 1.230.255	R\$ 763.081	300.096	R\$ 4,10	R\$ 2,54
60	24,00	6,85	R\$ 12.872	151,61	R\$ 9.105	1	1	1		R\$ 467.174	R\$ 1.314.762	R\$ 847.588	360.115	R\$ 3,65	R\$ 2,35
70	25,30	7,66	R\$ 13.673	166,45	R\$ 9.997	1	1	1		R\$ 467.174	R\$ 1.426.135	R\$ 958.960	420.134	R\$ 3,39	R\$ 2,28
80	26,60	8,48	R\$ 14.474	181,29	R\$ 10.888	1	1	1		R\$ 467.174	R\$ 1.499.391	R\$ 1.032.217	480.154	R\$ 3,12	R\$ 2,15
90	27,90	9,29	R\$ 15.276	196,13	R\$ 11.779	1	1	1		R\$ 467.174	R\$ 1.567.520	R\$ 1.100.346	540.173	R\$ 2,90	R\$ 2,04
100	29,20	10,11	R\$ 16.077	210,97	R\$ 12.670	1	1	1		R\$ 467.174	R\$ 1.629.416	R\$ 1.162.241	600.192	R\$ 2,71	R\$ 1,94
120	31,80	11,74	R\$ 17.680	240,65	R\$ 14.452	1	1	1		R\$ 467.174	R\$ 1.743.488	R\$ 1.276.314	720.230	R\$ 2,42	R\$ 1,77
140	34,40	13,37	R\$ 19.283	270,32	R\$ 16.235	1	1	1		R\$ 467.174	R\$ 1.846.818	R\$ 1.379.644	840.269	R\$ 2,20	R\$ 1,64
160	37,00	15,00	R\$ 20.886	300,00	R\$ 18.017	1	1	1		R\$ 467.174	R\$ 1.940.820	R\$ 1.473.645	960.307	R\$ 2,02	R\$ 1,53

APÊNDICE I

Relatórios de saída do TransCAD obtidos com a rotina de localização aplicado para as situações definidas

---

Situação 11: Relatório do TransCAD

D:\0tcad\report\LOCATION.REP - August 29, 2002 (10:10:32 AM)

Model : Facility Location

***** INPUT *****

New Facilities : 1

Objective : Minimize average cost of service

Cost Matrix File : D:\0TCAD\TCAD_V02\CST_LGTP.MTX

Facility View : End_vias+NOS_AUX

Candidate Set : Candidatos (157 features)

Existing Facility Set : None

Client View : End_vias+NOS_AUX

Client Set : ETs s/ An e ASP (11 features)

***** OUTPUT *****

Assignment Table : D:\0TCAD\TCAD_V02\FL01AL_Z.BIN

Chosen Location Set : New Facilities (# chosen locations = 1)

Chosen Location : 140

Average Cost : 42369.086

Total Cost : 466059.943

Clients Served : 11

Clients Not Served : 0

Situação 12: Relatório do TransCAD

D:\0tcad\report\LOCATION.REP - August 29, 2002 (10:22:45 AM)

Model : Facility Location

***** INPUT *****

New Facilities : 2

Objective : Minimize average cost of service

Cost Matrix File : D:\0TCAD\TCAD_V02\CST_LGTP.MTX

Facility View : End_vias+NOS_AUX

Candidate Set : Candidatos (157 features)

Existing Facility Set : None

Client View : End_vias+NOS_AUX

Client Set : ETs s/ An e ASP (11 features)

***** OUTPUT *****

Assignment Table : D:\0TCAD\TCAD_V02\FL02AL_Z.BIN

Chosen Location Set : New Facilities (# chosen locations = 2)

Average Cost : 25404.730

Total Cost : 279452.032

Clients Served : 11

Clients Not Served : 0

Situação 13: Relatório do TransCAD

D:\0tcad\report\LOCATION.REP - August 29, 2002 (10:33:17 AM)

Model : Facility Location

***** INPUT *****

New Facilities : 3

Objective : Minimize average cost of service

Cost Matrix File : D:\0TCAD\TCAD_V02\CST_LGTP.MTX

Facility View : End_vias+NOS_AUX

Candidate Set : Candidatos (157 features)

Existing Facility Set : None

Client View : End_vias+NOS_AUX

Client Set : ETs s/ An (12 features)

***** OUTPUT *****

Assignment Table : D:\0TCAD\TCAD_V02\FL03AL_Y.BIN

Chosen Location Set : New Facilities (# chosen locations = 3)

Average Cost : 17803.215

Total Cost : 213638.577

Clients Served : 12

Clients Not Served : 0

Situação 14: Relatório do TransCAD

D:\0tcad\report\LOCATION.REP - August 29, 2002 (10:52:03 AM)

Model : Facility Location

***** INPUT *****

New Facilities : 4

Objective : Minimize average cost of service

Cost Matrix File : D:\0TCAD\TCAD_V02\CST_LGTP.MTX

Facility View : End_vias+NOS_AUX

Candidate Set : Candidatos (157 features)

Existing Facility Set : None

Client View : End_vias+NOS_AUX

Client Set : ETs s/ ASP (12 features)

***** OUTPUT *****

Assignment Table : D:\0TCAD\TCAD_V02\FL04AL_X.BIN

Chosen Location Set : New Facilities (# chosen locations = 4)

Average Cost : 12424.472

Total Cost : 149093.661

Clients Served : 12

Clients Not Served : 0

Situação 21: Relatório do TransCAD

C:\0tcad\report\LOCATION.REP - October 20, 2002 (02:23:46 PM)

Model : Facility Location

***** INPUT *****

New Facilities : 1

Objective : Minimize average cost of service

Cost Matrix File : C:\0TCAD\TCAD_L02\CST_LGTP.MTX

Facility View : End_vias+NOS_AUX

Candidate Set : Candidatos (157 features)

Existing Facility Set : None

Client View : End_vias+NOS_AUX

Client Set : Cidades (14 features)

Client Weight : NUM_VIAG

***** OUTPUT *****

Assignment Table : C:\0TCAD\TCAD_L02\LS01ALT.BIN

Chosen Location Set : New Facilities (# chosen locations = 1)

Chosen Location : 148

Average Cost : 26.751

Total Cost : 4263168.208

Clients Served : 14

Clients Not Served : 0

Situação 22: Relatório do TransCAD

C:\0tcad\report\LOCATION.REP - October 20, 2002 (02:51:43 PM)

Model : Facility Location

***** INPUT *****

New Facilities : 2

Objective : Minimize average cost of service

Cost Matrix File : C:\0TCAD\TCAD_L02\CST_LGTP.MTX

Facility View : End_vias+NOS_AUX

Candidate Set : Candidatos (157 features)

Existing Facility Set : None

Client View : End_vias+NOS_AUX

Client Set : Cidades (14 features)

Client Weight : NUM_VIAG

***** OUTPUT *****

Assignment Table : C:\0TCAD\TCAD_L02\LS02ALT.BIN

Chosen Location Set : New Facilities (# chosen locations = 2)

Average Cost : 15.541

Total Cost : 2476601.141

Clients Served : 14

Clients Not Served : 0

Situação 23: Relatório do TransCAD

C:\0tcad\report\LOCATION.REP - October 20, 2002 (02:54:09 PM)

Model : Facility Location

***** INPUT *****

New Facilities : 3

Objective : Minimize average cost of service

Cost Matrix File : C:\0TCAD\TCAD_L02\CST_LGTP.MTX

Facility View : End_vias+NOS_AUX

Candidate Set : Candidatos (157 features)

Existing Facility Set : None

Client View : End_vias+NOS_AUX

Client Set : Cidades (14 features)

Client Weight : NUM_VIAG

***** OUTPUT *****

Assignment Table : C:\0TCAD\TCAD_L02\LS03ALT.BIN

Chosen Location Set : New Facilities (# chosen locations = 3)

Average Cost : 9.630

Total Cost : 1534599.179

Clients Served : 14

Clients Not Served : 0

Situação 24: Relatório do TransCAD

C:\0tcad\report\LOCATION.REP - October 20, 2002 (02:56:46 PM)

Model : Facility Location

***** INPUT *****

New Facilities : 4

Objective : Minimize average cost of service

Cost Matrix File : C:\0TCAD\TCAD_L02\CST_LGTP.MTX

Facility View : End_vias+NOS_AUX

Candidate Set : Candidatos (157 features)

Existing Facility Set : None

Client View : End_vias+NOS_AUX

Client Set : Cidades (14 features)

Client Weight : NUM_VIAG

***** OUTPUT *****

Assignment Table : C:\0TCAD\TCAD_L02\LS04ALT.BIN

Chosen Location Set : New Facilities (# chosen locations = 4)

Average Cost : 7.110

Total Cost : 1133025.949

Clients Served : 14

Clients Not Served : 0

APÊNDICE J

Resultados da roteirização no TransCAD para as situações definidas: rotas, itinerários

---

Situação 11

1. Roteirização para os Veículos de Transbordo: Aterro – ET – Aterro

1.1. Semanas: 2007 A

Rota 1.1 – Situação 11: 2007 A

ITINERÁRIO 1.1 – Situação 11: 2007 A

Tour # : 1   Vehicle Type: 13   Capacity: 25.0
 Tot Time: 5:00   Tot Distance: 113.8   Tot Load: 24.7

No.	Name	Arrival-Depart	Dist	Load
	Aterro 01 de 01	- 6:00am		
1	ET Sta M. da Serra	6:20am- 6:41am	8.1	2.6
2	ET Charqueada	7:20am- 7:44am	28.3	7.8
3	ET Ipeúna	7:54am- 8:16am	7.5	2.5
4	ET Corumbataí	8:49am- 9:11am	24.3	3.2
5	ET Itirapina	9:52am-10:17am	13.9	8.6
END	Aterro 01 de 01	11:00am	31.7	

Tour # : 2   Vehicle Type: 13   Capacity: 25.0
 Tot Time: 1:58   Tot Distance: 59.5   Tot Load: 23.1

No.	Name	Arrival-Depart	Dist	Load
	Aterro 01 de 01	- 6:00am		
1	ET Barra Bonita	6:43am- 7:15am	29.8	23.1
END	Aterro 01 de 01	7:58am	29.8	

Tour # : 3   Vehicle Type: 13   Capacity: 25.0
 Tot Time: 1:57   Tot Distance: 51.4   Tot Load: 18.0

No.	Name	Arrival-Depart	Dist	Load
	Aterro 01 de 01	-11:30am		
1	ET São Pedro	12:15pm-12:44pm	25.7	18.0
END	Aterro 01 de 01	1:28pm	25.7	

Tour # : 4   Vehicle Type: 13   Capacity: 25.0
 Tot Time: 2:01   Tot Distance: 49.7   Tot Load: 20.7

No.	Name	Arrival-Depart	Dist	Load
	Aterro 01 de 01	- 8:28am		
1	ET Dois Córregos	8:51am- 9:17am	16.2	13.3
2	ET M. do Tietê	9:30am- 9:54am	8.7	7.4
END	Aterro 01 de 01	10:29am	24.8	

Tour # : 5   Vehicle Type: 12   Capacity: 12.5
 Tot Time: 1:06   Tot Distance: 29.2   Tot Load: 11.6

No.	Name	Arrival-Depart	Dist	Load
	Aterro 01 de 01	-10:59am		
1	ET Brotas	11:20am-11:46am	14.6	11.6
END	Aterro 01 de 01	12:06pm	14.6	

1.2. Semanas: 2007 B-F, 2012 ABDF, 2017 A

ROTA 1.2 – Situação 11: 2007 B-F, 2012 ABDF, 2017 A

ITINERÁRIO 1.2 – Situação 11: 2007 B-F, 2012 ABDF, 2017 A

Tour # : 1   Vehicle Type: 13   Capacity: 25.0
 Tot Time: 4:40   Tot Distance: 113.8   Tot Load: 24.6

No.	Name	Arrival-Depart	Dist	Load
	Aterro 01 de 01	- 6:00am		
1	ET Charqueada	6:59am- 7:24am	36.4	8.7
2	ET Ipeúna	7:34am- 7:55am	7.5	2.8
3	ET Corumbataí	8:29am- 8:51am	24.3	3.6
4	ET Itirapina	9:32am- 9:57am	13.9	9.6
END	Aterro 01 de 01	10:41am	31.7	

Tour # : 2   Vehicle Type: 0   Capacity: 26.0
 Tot Time: 1:59   Tot Distance: 59.5   Tot Load: 25.8

No.	Name	Arrival-Depart	Dist	Load
	Aterro 01 de 01	- 6:00am		
1	ET Barra Bonita	6:43am- 7:16am	29.8	25.8
END	Aterro 01 de 01	7:59am	29.8	

Tour # : 3   Vehicle Type: 13   Capacity: 25.0
 Tot Time: 2:20   Tot Distance: 51.4   Tot Load: 22.8

No.	Name	Arrival-Depart	Dist	Load
	Aterro 01 de 01	-11:01am		
1	ET Sta M. da Serra	11:21am-11:43am	8.1	2.8
2	ET São Pedro	12:07pm-12:37pm	17.6	20.0
END	Aterro 01 de 01	1:21pm	25.7	

Tour # : 4   Vehicle Type: 13   Capacity: 25.0
 Tot Time: 2:02   Tot Distance: 49.7   Tot Load: 23.0

No.	Name	Arrival-Depart	Dist	Load
	Aterro 01 de 01	- 8:29am		
1	ET Dois Córregos	8:52am- 9:19am	16.2	14.8
2	ET M. do Tietê	9:32am- 9:56am	8.7	8.2
END	Aterro 01 de 01	10:31am	24.8	

Tour # : 5   Vehicle Type: 12   Capacity: 12.8
 Tot Time: 1:07   Tot Distance: 29.2   Tot Load: 12.8

No.	Name	Arrival-Depart	Dist	Load
	Aterro 01 de 01	-11:09am		
1	ET Brotas	11:30am-11:56am	14.6	12.8
END	Aterro 01 de 01	12:17pm	14.6	

1.3. Semanas: 2007 G, 2012 CEG, 2017 B-G

ROTA 1.3 – Situação 11: 2007 G, 2012 CEG, 2017 B-G

ITINERÁRIO 1.3 – Situação 11: 2007 G, 2012 CEG, 2017 B-G

Itinerary Report

Tour # : 1   Vehicle Type: 13   Capacity: 25.0
 Tot Time: 4:38   Tot Distance: 113.8   Tot Load: 20.7

No.	Name	Arrival-Depart	Dist	Load
	Aterro 01 de 01	- 6:00am		
1	ET Sta M. da Serra	6:20am- 6:42am	8.1	2.9
2	ET Charqueada	7:21am- 7:45am	28.3	9.4
3	ET Ipeúna	7:56am- 8:18am	7.5	3.6
4	ET Corumbataí	8:51am- 9:13am	24.3	4.8
END	Aterro 01 de 01	10:39am	45.6	

Tour # : 2   Vehicle Type: 0   Capacity: 30.0
 Tot Time: 2:22   Tot Distance: 63.4   Tot Load: 29.9

No.	Name	Arrival-Depart	Dist	Load
	Aterro 01 de 01	-11:08am		
1	ET Itirapina	11:52am-12:19pm	31.7	13.7
2	ET Brotas	12:42pm- 1:11pm	17.1	16.2
END	Aterro 01 de 01	1:31pm	14.6	

Tour # : 3   Vehicle Type: 0   Capacity: 30.0
 Tot Time: 2:00   Tot Distance: 59.5   Tot Load: 27.7

No.	Name	Arrival-Depart	Dist	Load
	Aterro 01 de 01	- 6:00am		
1	ET Barra Bonita	6:43am- 7:17am	29.8	27.7
END	Aterro 01 de 01	8:00am	29.8	

Tour # : 4   Vehicle Type: 0   Capacity: 30.0
 Tot Time: 2:02   Tot Distance: 51.4   Tot Load: 26.7

No.	Name	Arrival-Depart	Dist	Load
	Aterro 01 de 01	-11:02am		
1	ET São Pedro	11:47am-12:20pm	25.7	26.7
END	Aterro 01 de 01	1:05pm	25.7	

Tour # : 5   Vehicle Type: 13   Capacity: 25.0
 Tot Time: 2:03   Tot Distance: 49.7   Tot Load: 24.9

No.	Name	Arrival-Depart	Dist	Load
	Aterro 01 de 01	- 8:29am		
1	ET Dois Córregos	8:52am- 9:20am	16.2	15.8
2	ET M. do Tietê	9:33am- 9:58am	8.7	9.1
END	Aterro 01 de 01	10:33am	24.8	

2. Roteirização com os Veículos de Coleta: até Aterro ou ET

2.1. Parte 01: destinação normal após coleta até Aterro ou ET

RORA 2.1 – Situação 11: Parte 01

ITINERÁRIO 2.1 – Situação 11: Parte 01

Tour # : 1   Vehicle Type: 1   Capacity: 5.0
 Tot Time: 0:25   Tot Distance: 1.5   Tot Load: 5.0

No.	Name	Arrival-Depart	Dist	Load
	Corumbataí	- 6:00am		
1	ET Corumbataí	6:02am- 6:22am	0.7	5.0
END	Corumbataí	6:25am	0.7	

Tour # : 2   Vehicle Type: 1   Capacity: 5.0
 Tot Time: 0:22   Tot Distance: 1.6   Tot Load: 5.0

No.	Name	Arrival-Depart	Dist	Load
	Itirapina	- 6:00am		
1	ET Itirapina	6:01am- 6:21am	0.8	5.0
END	Itirapina	6:22am	0.8	

Tour # : 3   Vehicle Type: 1   Capacity: 5.0
 Tot Time: 0:23   Tot Distance: 2.1   Tot Load: 5.0

No.	Name	Arrival-Depart	Dist	Load
	Charqueada	- 6:00am		
1	ET Charqueada	6:01am- 6:21am	1.1	5.0
END	Charqueada	6:23am	1.1	

Tour # : 4   Vehicle Type: 1   Capacity: 5.0
 Tot Time: 0:26   Tot Distance: 4.5   Tot Load: 5.0

No.	Name	Arrival-Depart	Dist	Load
	Ipeúna	- 6:00am		
1	ET Ipeúna	6:03am- 6:23am	2.2	5.0
END	Ipeúna	6:26am	2.2	

Tour # : 5   Vehicle Type: 1   Capacity: 5.0
 Tot Time: 0:24   Tot Distance: 3.0   Tot Load: 5.0

No.	Name	Arrival-Depart	Dist	Load
	São Pedro	- 6:00am		
1	ET São Pedro	6:02am- 6:22am	1.5	5.0
END	São Pedro	6:24am	1.5	

Tour # : 6   Vehicle Type: 1   Capacity: 5.0
 Tot Time: 0:22   Tot Distance: 1.3   Tot Load: 5.0

No.	Name	Arrival-Depart	Dist	Load
	Sta Maria da Serra	- 6:00am		
1	ET Sta M. da Serra	6:01am- 6:21am	0.6	5.0
END	Sta Maria da Serra	6:22am	0.6	

Tour # : 7   Vehicle Type: 1   Capacity: 5.0
 Tot Time: 0:27   Tot Distance: 4.2   Tot Load: 5.0

No.	Name	Arrival-Depart	Dist	Load
	Mineiros do Tietê	- 6:00am		

1 ET M. do Tietê 6:03am- 6:23am 2.1 5.0
 END Mineiros do Tietê 6:27am 2.1

Tour # : 8 Vehicle Type: 1 Capacity: 5.0
 Tot Time: 0:28 Tot Distance: 4.9 Tot Load: 5.0

No.	Name	Arrival-Depart	Dist	Load
	Barra Bonita	- 6:00am		
1	ET Barra Bonita	6:04am- 6:24am	2.4	5.0
END	Barra Bonita	6:28am	2.4	

Tour # : 9 Vehicle Type: 1 Capacity: 5.0
 Tot Time: 0:26 Tot Distance: 4.5 Tot Load: 5.0

No.	Name	Arrival-Depart	Dist	Load
	Dois Córregos	- 6:00am		
1	ET Dois Córregos	6:03am- 6:23am	2.2	5.0
END	Dois Córregos	6:26am	2.2	

Tour # : 10 Vehicle Type: 1 Capacity: 5.0
 Tot Time: 0:29 Tot Distance: 6.6 Tot Load: 5.0

No.	Name	Arrival-Depart	Dist	Load
	Brotas	- 6:00am		
1	ET Brotas	6:05am- 6:25am	3.3	5.0
END	Brotas	6:29am	3.3	

2.2. Parte 02: destinação normal após coleta até Aterro ou ET (cont.)

ROTA 2.2 – Situação 11: Parte 02

ITINERÁRIO 2.2 – Situação 11: Parte 02

Tour # : 1   Vehicle Type: 1   Capacity: 5.0
 Tot Time: 1:12   Tot Distance: 17.4   Tot Load: 5.0

No.	Name	Arrival-Depart	Dist	Load
	Analândia	- 6:00am		
1	ET Corumbataí	6:26am- 6:46am	8.7	5.0
END	Analândia	7:12am	8.7	

Tour # : 2   Vehicle Type: 1   Capacity: 5.0
 Tot Time: 0:31   Tot Distance: 8.3   Tot Load: 5.0

No.	Name	Arrival-Depart	Dist	Load
	Águas de São Pedro	- 6:00am		
1	ET São Pedro	6:06am- 6:26am	4.1	5.0
END	Águas de São Pedro	6:31am	4.1	

Tour # : 3   Vehicle Type: 1   Capacity: 5.0
 Tot Time: 0:38   Tot Distance: 11.4   Tot Load: 5.0

No.	Name	Arrival-Depart	Dist	Load
	Broa	- 6:00am		
1	ET Itirapina	6:09am- 6:29am	5.7	5.0
END	Broa	6:38am	5.7	

Tour # : 4   Vehicle Type: 1   Capacity: 5.0
 Tot Time: 0:31   Tot Distance: 7.7   Tot Load: 5.0

No.	Name	Arrival-Depart	Dist	Load
	Torrinha	- 6:00am		
1	Aterro 01 de 01	6:05am- 6:25am	3.8	5.0
END	Torrinha	6:31am	3.8	

2.3. Parte 03: destinação excedente após coleta até Aterro, devido ao limite de capacidade do veículo de transbordo ter sido ultrapassado.

ROTA 2.3 – Situação 11: Parte 03

ITINERÁRIO 2.3 – Situação 11: Parte 03

Rotas Determinadas 01:

Tour # : 1   Vehicle Type: 1   Capacity: 5.0
 Tot Time: 2:04   Tot Distance: 64.4   Tot Load: 5.0

No.	Name	Arrival-Depart	Dist	Load
	Barra Bonita	- 6:00am		
1	Aterro 01 de 01	6:47am- 7:17am	32.2	5.0
END	Barra Bonita	8:04am	32.2	

Rotas Determinadas 02:

Tour # : 1   Vehicle Type: 1   Capacity: 5.0
 Tot Time: 1:12   Tot Distance: 30.6   Tot Load: 5.0

No.	Name	Arrival-Depart	Dist	Load
	Brotas	- 6:00am		
1	Aterro 01 de 01	6:21am- 6:51am	15.3	5.0
END	Brotas	7:12am	15.3	

Rotas Determinadas 02:

Tour # : 1   Vehicle Type: 1   Capacity: 5.0
 Tot Time: 1:59   Tot Distance: 51.8   Tot Load: 5.0

No.	Name	Arrival-Depart	Dist	Load
	São Pedro	- 6:00am		
1	Aterro 01 de 01	6:45am- 7:15am	25.9	5.0
END	São Pedro	7:59am	25.9	

Situação 12

1. Roteirização para os Veículos de Transbordo: Aterro – ET – Aterro

1.1. Semanas: 2007 A-G, 2012 A-G, 2017 A-G

ROTA 1.1 – Situação 12: 2007 A-G, 2012 A-G, 2017 A-G

ITINERÁRIO 1.1 – Situação 12: 2007 A-G, 2012 A-G, 2017 A-G

Tour # : 1   Vehicle Type: 13   Capacity: 25.0
 Tot Time: 3:29   Tot Distance: 79.2   Tot Load: 21.8

No.	Name	Arrival-Depart	Dist	Load
	Aterro 02 de 02	- 6:00am		
1	ET Itirapina	6:43am- 7:08am	24.4	9.6
2	ET Corumbataí	7:44am- 8:06am	11.8	3.6
3	ET Charqueada	8:50am- 9:14am	31.8	8.7
END	Aterro 02 de 02	9:29am	11.2	

Tour # : 2   Vehicle Type: 13   Capacity: 25.0
 Tot Time: 1:30   Tot Distance: 43.8   Tot Load: 20.0

No.	Name	Arrival-Depart	Dist	Load
	Aterro 02 de 02	- 9:58am		
1	ET São Pedro	10:29am-10:59am	21.9	20.0
END	Aterro 02 de 02	11:29am	21.9	

Tour # : 3   Vehicle Type: 0   Capacity: 26.0
 Tot Time: 1:31   Tot Distance: 39.6   Tot Load: 25.8

No.	Name	Arrival-Depart	Dist	Load
	Aterro 01 de 02	- 6:00am		
1	ET Barra Bonita	6:29am- 7:02am	19.8	25.8
END	Aterro 01 de 02	7:31am	19.8	

Tour # : 4   Vehicle Type: 13   Capacity: 25.0
 Tot Time: 2:50   Tot Distance: 59.7   Tot Load: 21.0

No.	Name	Arrival-Depart	Dist	Load
	Aterro 01 de 02	-10:06am		
1	ET Torrinha	10:15am-10:38am	6.2	5.3
2	ET Brotas	10:56am-11:22am	13.0	12.8
3	ET Sta M. da Serra	12:02pm-12:24pm	22.4	2.8
END	Aterro 01 de 02	12:57pm	18.1	

Tour # : 5   Vehicle Type: 13   Capacity: 25.0
 Tot Time: 1:34   Tot Distance: 29.7   Tot Load: 23.0

No.	Name	Arrival-Depart	Dist	Load
	Aterro 01 de 02	- 8:01am		
1	ET Dois Córregos	8:10am- 8:37am	6.2	14.8
2	ET M. do Tietê	8:50am- 9:14am	8.7	8.2
END	Aterro 01 de 02	9:36am	14.9	

2. Roteirização com os Veículos de Coleta: até Aterro ou ET

2.1. Parte 01: destinação normal após coleta até Aterro ou ET

ROTA 2.1 – Situação 12: Parte 01

ITINERÁRIO 2.1 – Situação 12: Parte 01

Tour # : 1   Vehicle Type: 1   Capacity: 5.0
 Tot Time: 0:25   Tot Distance: 1.5   Tot Load: 5.0

No.	Name	Arrival-Depart	Dist	Load
	Corumbataí	- 6:00am		
1	ET Corumbataí	6:02am- 6:22am	0.7	5.0
END	Corumbataí	6:25am	0.7	

Tour # : 2   Vehicle Type: 1   Capacity: 5.0
 Tot Time: 0:28   Tot Distance: 2.5   Tot Load: 5.0

No.	Name	Arrival-Depart	Dist	Load
	Itirapina	- 6:00am		
1	ET Itirapina	6:04am- 6:24am	1.2	5.0
END	Itirapina	6:28am	1.2	

Tour # : 3   Vehicle Type: 1   Capacity: 5.0
 Tot Time: 0:23   Tot Distance: 2.1   Tot Load: 5.0

No.	Name	Arrival-Depart	Dist	Load
	Charqueada	- 6:00am		
1	ET Charqueada	6:01am- 6:21am	1.1	5.0
END	Charqueada	6:23am	1.1	

Tour # : 4   Vehicle Type: 1   Capacity: 5.0
 Tot Time: 0:24   Tot Distance: 3.0   Tot Load: 5.0

No.	Name	Arrival-Depart	Dist	Load
	São Pedro	- 6:00am		
1	ET São Pedro	6:02am- 6:22am	1.5	5.0
END	São Pedro	6:24am	1.5	

Tour # : 5   Vehicle Type: 1   Capacity: 5.0
 Tot Time: 0:27   Tot Distance: 5.1   Tot Load: 5.0

No.	Name	Arrival-Depart	Dist	Load
	Torrinha	- 6:00am		
1	ET Torrinha	6:04am- 6:24am	2.5	5.0
END	Torrinha	6:27am	2.5	

Tour # : 6   Vehicle Type: 1   Capacity: 5.0
 Tot Time: 0:22   Tot Distance: 1.3   Tot Load: 5.0

No.	Name	Arrival-Depart	Dist	Load
	Sta Maria da Serra	- 6:00am		
1	ET Sta M. da Serra	6:01am- 6:21am	0.6	5.0
END	Sta Maria da Serra	6:22am	0.6	

Tour # : 7   Vehicle Type: 1   Capacity: 5.0
 Tot Time: 0:27   Tot Distance: 4.2   Tot Load: 5.0

No.	Name	Arrival-Depart	Dist	Load
	Mineiros do Tietê	- 6:00am		

---

1 ET M. do Tietê 6:03am- 6:23am 2.1 5.0
END Mineiros do Tietê 6:27am 2.1

Tour # : 8 Vehicle Type: 1 Capacity: 5.0
Tot Time: 0:28 Tot Distance: 4.9 Tot Load: 5.0

No.	Name	Arrival-Depart	Dist	Load
	Barra Bonita	- 6:00am		
1	ET Barra Bonita	6:04am- 6:24am	2.4	5.0
END	Barra Bonita	6:28am	2.4	

Tour # : 9 Vehicle Type: 1 Capacity: 5.0
Tot Time: 0:26 Tot Distance: 4.5 Tot Load: 5.0

No.	Name	Arrival-Depart	Dist	Load
	Dois Córregos	- 6:00am		
1	ET Dois Córregos	6:03am- 6:23am	2.2	5.0
END	Dois Córregos	6:26am	2.2	

Tour # : 10 Vehicle Type: 1 Capacity: 5.0
Tot Time: 0:23 Tot Distance: 2.1 Tot Load: 5.0

No.	Name	Arrival-Depart	Dist	Load
	Brotas	- 6:00am		
1	ET Brotas	6:01am- 6:21am	1.0	5.0
END	Brotas	6:23am	1.0	

2.2. Parte 02: destinação normal após coleta até Aterro ou ET (cont.)

ROTA 2.2 – Situação 12: Parte 02

ITINERÁRIO 2.2 – Situação 12: Parte 02

Tour # : 1   Vehicle Type: 1   Capacity: 5.0
 Tot Time: 1:12   Tot Distance: 17.4   Tot Load: 5.0

No.	Name	Arrival-Depart	Dist	Load
	Analândia	- 6:00am		
1	ET Corumbataí	6:26am- 6:46am	8.7	5.0
END	Analândia	7:12am	8.7	

Tour # : 2   Vehicle Type: 1   Capacity: 5.0
 Tot Time: 0:30   Tot Distance: 6.9   Tot Load: 5.0

No.	Name	Arrival-Depart	Dist	Load
	Ipeúna	- 6:00am		
1	Aterro 02 de 02	6:05am- 6:25am	3.5	5.0
END	Ipeúna	6:30am	3.5	

Tour # : 3   Vehicle Type: 1   Capacity: 5.0
 Tot Time: 0:31   Tot Distance: 8.3   Tot Load: 5.0

No.	Name	Arrival-Depart	Dist	Load
	Águas de São Pedro	- 6:00am		
1	ET São Pedro	6:06am- 6:26am	4.1	5.0
END	Águas de São Pedro	6:31am	4.1	

Tour # : 4   Vehicle Type: 1   Capacity: 5.0
 Tot Time: 0:49   Tot Distance: 15.5   Tot Load: 5.0

No.	Name	Arrival-Depart	Dist	Load
	Broa	- 6:00am		
1	ET Itirapina	6:14am- 6:34am	7.8	5.0
END	Broa	6:49am	7.8	

2.3. Parte 03: destinação excedente após coleta até Aterro, devido ao limite de capacidade do veículo de transbordo ter sido ultrapassado.

ROTA 2.3 – Situação 12: Parte 03

ITINERÁRIO 2.3 – Situação 12: Parte 03

Tour # : 1   Vehicle Type: 1   Capacity: 5.0
Tot Time: 1:26   Tot Distance: 46.7   Tot Load: 5.0

No.	Name	Arrival-Depart	Dist	Load
	São Pedro	- 6:00am		
1	Aterro 02 de 02	6:33am- 6:53am	23.3	5.0
END	São Pedro	7:26am	23.3	

Tour # : 2   Vehicle Type: 1   Capacity: 5.0
Tot Time: 1:26   Tot Distance: 44.5   Tot Load: 5.0

No.	Name	Arrival-Depart	Dist	Load
	Barra Bonita	- 6:00am		
1	Aterro 01 de 02	6:33am- 6:53am	22.2	5.0
END	Barra Bonita	7:26am	22.2	

Situação 13

1. Roteirização para os Veículos de Transbordo: Aterro – ET – Aterro

1.1 Semanas: 2007 A-G, 2012 A-G, 2017 A-G

ROTA 1.1 – Situação 13: 2007 A-G, 2012 A-G, 2017 A-G

Obs.: Na rota Tour 2, da ROTA 1.1, a viagem de Santa Maria da Serra até o Aterro 02 de 03, foi substituído por viagem com do próprio veículo de coleta, sem estação de transferência, depois de verificado que haveria apenas uma viagem diária a partir desta cidade. Esta substituição está representado na ROTA 2.3.

ITINERÁRIO 1.1 – Situação 13: 2007 A-G, 2012 A-G, 2017 A-G

Tour # : 1   Vehicle Type: 14   Capacity: 16.9
 Tot Time: 2:58   Tot Distance: 62.0   Tot Load: 16.4

No.	Name	Arrival-Depart	Dist	Load
	Aterro 03 de 03	- 6:00am		
1	ET Corumbataí	6:32am- 6:54am	10.6	3.6
2	ET Brotas	7:59am- 8:26am	31.0	12.8
END	Aterro 03 de 03	8:58am	20.4	

Tour # : 2   Vehicle Type: 14   Capacity: 16.9
 Tot Time: 1:27   Tot Distance: 29.9   Tot Load: 11.4

No.	Name	Arrival-Depart	Dist	Load
	Aterro 02 de 03	- 6:00am		
1	ET Charqueada	6:10am- 6:35am	7.5	8.7
2	ET Ipeúna	6:45am- 7:06am	7.5	2.8
END	Aterro 02 de 03	7:27am	15.0	

Tour # : 3   Vehicle Type: 13   Capacity: 25.0
 Tot Time: 1:50   Tot Distance: 42.1   Tot Load: 20.1

No.	Name	Arrival-Depart	Dist	Load
	Aterro 01 de 03	- 7:19am		
1	ET Dois Córregos	7:27am- 7:54am	5.0	14.8
2	ET Torrinha	8:17am- 8:39am	16.0	5.3
END	Aterro 01 de 03	9:09am	21.1	

Tour # : 4   Vehicle Type: 0   Capacity: 26.0
 Tot Time: 0:49   Tot Distance: 9.9   Tot Load: 25.8

No.	Name	Arrival-Depart	Dist	Load
	Aterro 01 de 03	- 6:00am		
1	ET Barra Bonita	6:08am- 6:41am	4.9	25.8
END	Aterro 01 de 03	6:49am	4.9	

2. Roteirização com os Veículos de Coleta: até Aterro ou ET

2.1 Parte 01: destinação normal após coleta até Aterro ou ET

ROTA 2.1 – Situação 13: Parte 01

ITINERÁRIO 2.1 – Situação 13: Parte 01

Tour # : 1   Vehicle Type: 1   Capacity: 5.0
 Tot Time: 0:25   Tot Distance: 1.5   Tot Load: 5.0

No.	Name	Arrival-Depart	Dist	Load
	Corumbataí	- 6:00am		
1	ET Corumbataí	6:02am- 6:22am	0.7	5.0
END	Corumbataí	6:25am	0.7	

Tour # : 2   Vehicle Type: 1   Capacity: 5.0
 Tot Time: 0:36   Tot Distance: 4.9   Tot Load: 5.0

No.	Name	Arrival-Depart	Dist	Load
	Itirapina	- 6:00am		
1	Aterro 03 de 03	6:08am- 6:28am	2.4	5.0
END	Itirapina	6:36am	2.4	

Tour # : 3   Vehicle Type: 1   Capacity: 5.0
 Tot Time: 0:23   Tot Distance: 2.1   Tot Load: 5.0

No.	Name	Arrival-Depart	Dist	Load
	Charqueada	- 6:00am		
1	ET Charqueada	6:01am- 6:21am	1.1	5.0
END	Charqueada	6:23am	1.1	

Tour # : 4   Vehicle Type: 1   Capacity: 5.0
 Tot Time: 0:26   Tot Distance: 4.5   Tot Load: 5.0

No.	Name	Arrival-Depart	Dist	Load
	Ipeúna	- 6:00am		
1	ET Ipeúna	6:03am- 6:23am	2.2	5.0
END	Ipeúna	6:26am	2.2	

Tour # : 5   Vehicle Type: 1   Capacity: 5.0
 Tot Time: 0:34   Tot Distance: 9.3   Tot Load: 5.0

No.	Name	Arrival-Depart	Dist	Load
	São Pedro	- 6:00am		
1	Aterro 02 de 03	6:07am- 6:27am	4.6	5.0
END	São Pedro	6:34am	4.6	

Tour # : 6   Vehicle Type: 1   Capacity: 5.0
 Tot Time: 0:27   Tot Distance: 5.1   Tot Load: 5.0

No.	Name	Arrival-Depart	Dist	Load
	Torrinha	- 6:00am		
1	ET Torrinha	6:04am- 6:24am	2.5	5.0
END	Torrinha	6:27am	2.5	

Tour # : 7   Vehicle Type: 1   Capacity: 5.0
 Tot Time: 0:24   Tot Distance: 3.0   Tot Load: 5.0

No.	Name	Arrival-Depart	Dist	Load
	Sta Maria da Serra	- 6:00am		

---

1 ET Sta M. da Serra	6:02am- 6:22am	1.5	5.0
END Sta Maria da Serra	6:24am	1.5	

Tour # : 8	Vehicle Type: 1	Capacity: 5.0
Tot Time: 0:27	Tot Distance: 4.2	Tot Load: 5.0

No.	Name	Arrival-Depart	Dist	Load

	Mineiros do Tietê	- 6:00am		
1	Aterro 01 de 03	6:03am- 6:23am	2.1	5.0
END	Mineiros do Tietê	6:27am	2.1	

Tour # : 9	Vehicle Type: 1	Capacity: 5.0
Tot Time: 0:28	Tot Distance: 4.9	Tot Load: 5.0

No.	Name	Arrival-Depart	Dist	Load

	Barra Bonita	- 6:00am		
1	ET Barra Bonita	6:04am- 6:24am	2.4	5.0
END	Barra Bonita	6:28am	2.4	

Tour # : 10	Vehicle Type: 1	Capacity: 5.0
Tot Time: 0:30	Tot Distance: 6.5	Tot Load: 5.0

No.	Name	Arrival-Depart	Dist	Load

	Dois Córregos	- 6:00am		
1	ET Dois Córregos	6:05am- 6:25am	3.3	5.0
END	Dois Córregos	6:30am	3.3	

Tour # : 11	Vehicle Type: 1	Capacity: 5.0
Tot Time: 0:29	Tot Distance: 6.6	Tot Load: 5.0

No.	Name	Arrival-Depart	Dist	Load

	Brotas	- 6:00am		
1	ET Brotas	6:05am- 6:25am	3.3	5.0
END	Brotas	6:29am	3.3	

2.2 Parte 02: destinação normal após coleta até Aterro ou ET (cont.)

ROTA 2.2 – Situação 13: Parte 02

ITINERÁRIO 2.2 – Situação 13: Parte 02

Tour # : 1   Vehicle Type: 1   Capacity: 5.0
Tot Time: 1:12   Tot Distance: 17.4   Tot Load: 5.0

No.	Name	Arrival-Depart	Dist	Load
	Analândia	- 6:00am		
1	ET Corumbataí	6:26am- 6:46am	8.7	5.0
END	Analândia	7:12am	8.7	

Tour # : 2   Vehicle Type: 1   Capacity: 5.0
Tot Time: 0:37   Tot Distance: 6.7   Tot Load: 5.0

No.	Name	Arrival-Depart	Dist	Load
	Águas de São Pedro	- 6:00am		
1	Aterro 02 de 03	6:09am- 6:29am	3.3	5.0
END	Águas de São Pedro	6:37am	3.3	

Tour # : 3   Vehicle Type: 1   Capacity: 5.0
Tot Time: 0:56   Tot Distance: 17.9   Tot Load: 5.0

No.	Name	Arrival-Depart	Dist	Load
	Broa	- 6:00am		
1	Aterro 03 de 03	6:18am- 6:38am	9.0	5.0
END	Broa	6:56am	9.0	

2.3 Parte 03: destinação diferenciada após coleta até o Aterro.

ROTA 2.3 – Situação 13: Parte 03

ITINERÁRIO 2.3 – Situação 13: Parte 03

Tour # : 1   Vehicle Type: 1   Capacity: 5.0
Tot Time: 1:16   Tot Distance: 40.3   Tot Load: 5.0

No.	Name	Arrival-Depart	Dist	Load
	Sta Maria da Serra	- 6:00am		
1	Aterro 02 de 03	6:28am- 6:48am	20.1	5.0
END	Sta Maria da Serra	7:16am	20.1	

Tour # : 2   Vehicle Type: 1   Capacity: 5.0
Tot Time: 0:44   Tot Distance: 14.8   Tot Load: 5.0

No.	Name	Arrival-Depart	Dist	Load
	Barra Bonita	- 6:00am		
1	Aterro 01 de 03	6:12am- 6:32am	7.4	5.0
END	Barra Bonita	6:44am	7.4	

Situação 14

1. Roteirização para os Veículos de Transbordo: Aterro – ET – Aterro

1.1 Semanas: 2007 A-G, 2012 A-G, 2017 A-G

ROTA 1.1 – Situação 14: 2007 A-G, 2012 A-G, 2017 A-G

Obs.: Na rota Tour 2, da ROTA 1.1, a viagem de Ipeúna até o Aterro 03 de 04, e de Santa Maria da Serra até o Aterro 02 de 04, foram substituídos por viagens com os próprio veículo de coleta, sem estação de transferência, depois de verificado que haveria apenas uma viagem diária de cada cidade. Esta substituição está representado na ROTA 2.3.

ITINERÁRIO 1.1 – Situação 14: 2007 A-G, 2012 A-G, 2017 A-G

Tour # : 1   Vehicle Type: 12   Capacity: 12.5
 Tot Time: 1:25   Tot Distance: 21.1   Tot Load: 8.6

No.	Name	Arrival-Depart	Dist	Load
	Aterro 04 de 04	- 6:00am		
1	ET Itirapina	6:32am- 6:52am	10.6	8.6
END	Aterro 04 de 04	7:25am	10.6	

Tour # : 2   Vehicle Type: 13   Capacity: 25.0
 Tot Time: 0:46   Tot Distance: 18.9   Tot Load: 18.0

No.	Name	Arrival-Depart	Dist	Load
	Aterro 03 de 04	- 6:00am		
1	ET São Pedro	6:13am- 6:33am	9.5	18.0
END	Aterro 03 de 04	6:46am	9.5	

Tour # : 3   Vehicle Type: 14   Capacity: 16.9
 Tot Time: 0:43   Tot Distance: 16.7   Tot Load: 11.6

No.	Name	Arrival-Depart	Dist	Load
	Aterro 02 de 04	- 6:00am		
1	ET Brotas	6:12am- 6:32am	8.4	11.6
END	Aterro 02 de 04	6:44am	8.4	

Tour # : 4   Vehicle Type: 14   Capacity: 16.9
 Tot Time: 0:36   Tot Distance: 10.1   Tot Load: 13.3

No.	Name	Arrival-Depart	Dist	Load
	Aterro 01 de 04	- 7:06am		
1	ET Dois Córregos	7:14am- 7:34am	5.0	13.3
END	Aterro 01 de 04	7:42am	5.0	

Tour # : 5   Vehicle Type: 13   Capacity: 25.0
 Tot Time: 0:36   Tot Distance: 9.9   Tot Load: 23.1

No.	Name	Arrival-Depart	Dist	Load
	Aterro 01 de 04	- 6:00am		
1	ET Barra Bonita	6:08am- 6:28am	4.9	23.1
END	Aterro 01 de 04	6:36am	4.9	

2. Roteirização com os Veículos de Coleta: até Aterro ou ET

2.1. Parte 01: destinação normal após coleta até Aterro ou ET

ROTA 2.1 – Situação 14: Parte 01

ITINERÁRIO 2.1 – Situação 13: Parte 01

Tour # : 1   Vehicle Type: 1   Capacity: 5.0
 Tot Time: 0:33   Tot Distance: 4.0   Tot Load: 5.0

No.	Name	Arrival-Depart	Dist	Load
	Corumbataí	- 6:00am		
1	Aterro 04 de 04	6:06am- 6:26am	2.0	5.0
END	Corumbataí	6:33am	2.0	

Tour # : 2   Vehicle Type: 1   Capacity: 5.0
 Tot Time: 0:28   Tot Distance: 2.5   Tot Load: 5.0

No.	Name	Arrival-Depart	Dist	Load
	Itirapina	- 6:00am		
1	ET Itirapina	6:04am- 6:24am	1.2	5.0
END	Itirapina	6:28am	1.2	

Tour # : 3   Vehicle Type: 1   Capacity: 5.0
 Tot Time: 0:26   Tot Distance: 4.7   Tot Load: 5.0

No.	Name	Arrival-Depart	Dist	Load
	Charqueada	- 6:00am		
1	Aterro 03 de 04	6:03am- 6:23am	2.3	5.0
END	Charqueada	6:26am	2.3	

Tour # : 4   Vehicle Type: 1   Capacity: 5.0
 Tot Time: 0:26   Tot Distance: 4.5   Tot Load: 5.0

No.	Name	Arrival-Depart	Dist	Load
	Ipeúna	- 6:00am		
1	ET Ipeúna	6:03am- 6:23am	2.2	5.0
END	Ipeúna	6:26am	2.2	

Tour # : 5   Vehicle Type: 1   Capacity: 5.0
 Tot Time: 0:24   Tot Distance: 3.0   Tot Load: 5.0

No.	Name	Arrival-Depart	Dist	Load
	São Pedro	- 6:00am		
1	ET São Pedro	6:02am- 6:22am	1.5	5.0
END	São Pedro	6:24am	1.5	

Tour # : 6   Vehicle Type: 1   Capacity: 5.0
 Tot Time: 0:28   Tot Distance: 5.8   Tot Load: 5.0

No.	Name	Arrival-Depart	Dist	Load
	Torrinha	- 6:00am		
1	Aterro 02 de 04	6:04am- 6:24am	2.9	5.0
END	Torrinha	6:28am	2.9	

Tour # : 7   Vehicle Type: 1   Capacity: 5.0
 Tot Time: 0:22   Tot Distance: 1.3   Tot Load: 5.0

No.	Name	Arrival-Depart	Dist	Load
	Sta Maria da Serra	- 6:00am		
1	ET Sta M. da Serra	6:01am- 6:21am	0.6	5.0

END Sta Maria da Serra 6:22am 0.6

Tour # : 8 Vehicle Type: 1 Capacity: 5.0
Tot Time: 0:27 Tot Distance: 4.2 Tot Load: 5.0

No.	Name	Arrival-Depart	Dist	Load

	Mineiros do Tietê	- 6:00am		
1	Aterro 01 de 04	6:03am- 6:23am	2.1	5.0
END	Mineiros do Tietê	6:27am	2.1	

Tour # : 9 Vehicle Type: 1 Capacity: 5.0
Tot Time: 0:28 Tot Distance: 4.9 Tot Load: 5.0

No.	Name	Arrival-Depart	Dist	Load

	Barra Bonita	- 6:00am		
1	ET Barra Bonita	6:04am- 6:24am	2.4	5.0
END	Barra Bonita	6:28am	2.4	

Tour # : 10 Vehicle Type: 1 Capacity: 5.0
Tot Time: 0:30 Tot Distance: 6.5 Tot Load: 5.0

No.	Name	Arrival-Depart	Dist	Load

	Dois Córregos	- 6:00am		
1	ET Dois Córregos	6:05am- 6:25am	3.3	5.0
END	Dois Córregos	6:30am	3.3	

Tour # : 11 Vehicle Type: 1 Capacity: 5.0
Tot Time: 0:23 Tot Distance: 2.1 Tot Load: 5.0

No.	Name	Arrival-Depart	Dist	Load

	Brotas	- 6:00am		
1	ET Brotas	6:01am- 6:21am	1.0	5.0
END	Brotas	6:23am	1.0	

2.2. Parte 02: destinação normal após coleta até Aterro ou ET (cont.)

ROTA 2.2 – Situação 14: Parte 02

ITINERÁRIO 2.2 – Situação 14: Parte 02

Tour # : 1   Vehicle Type: 1   Capacity: 5.0
Tot Time: 1:20   Tot Distance: 19.9   Tot Load: 5.0

No.	Name	Arrival-Depart	Dist	Load
	Analândia	- 6:00am		
1	Aterro 04 de 04	6:30am- 6:50am	10.0	5.0
END	Analândia	7:20am	10.0	

Tour # : 2   Vehicle Type: 1   Capacity: 5.0
Tot Time: 0:31   Tot Distance: 8.3   Tot Load: 5.0

No.	Name	Arrival-Depart	Dist	Load
	Águas de São Pedro	- 6:00am		
1	ET São Pedro	6:06am- 6:26am	4.1	5.0
END	Águas de São Pedro	6:31am	4.1	

Tour # : 3   Vehicle Type: 1   Capacity: 5.0
Tot Time: 0:49   Tot Distance: 15.5   Tot Load: 5.0

No.	Name	Arrival-Depart	Dist	Load
	Broa	- 6:00am		
1	ET Itirapina	6:14am- 6:34am	7.8	5.0
END	Broa	6:49am	7.8	

2.3. Parte 03: destinação diferenciada após coleta até o Aterro.

ROTA 2.3 – Situação 14: Parte 03

ITINERÁRIO 2.3 – Situação 14: Parte 03 Rotas Determinadas 01

Tour # : 1   Vehicle Type: 1   Capacity: 5.0
Tot Time: 0:50   Tot Distance: 21.9   Tot Load: 5.0

No.	Name	Arrival-Depart	Dist	Load
	Ipeúna	- 6:00am		
1	Aterro 03 de 04	6:15am- 6:35am	11.0	5.0
END	Ipeúna	6:50am	11.0	

Tour # : 2   Vehicle Type: 1   Capacity: 5.0
Tot Time: 1:18   Tot Distance: 29.3   Tot Load: 5.0

No.	Name	Arrival-Depart	Dist	Load
	Sta Maria da Serra	- 6:00am		
1	Aterro 02 de 04	6:29am- 6:49am	14.7	5.0
END	Sta Maria da Serra	7:18am	14.7	

Rotas Determinadas 02

Tour # : 1   Vehicle Type: 1   Capacity: 5.0
Tot Time: 0:52   Tot Distance: 21.8   Tot Load: 5.0

No.	Name	Arrival-Depart	Dist	Load
	São Pedro	- 6:00am		
1	Aterro 03 de 04	6:16am- 6:36am	10.9	5.0
END	São Pedro	6:52am	10.9	

APÊNDICE K

Planilhas dos cálculos de custos

Planilha 01 – Base

Parâmetros básicos da planilha de custos adotados pela SELUR (2001b)

1. Combustível: consumo (km/l)		4. Produtividade	
Coleta	1,60	Trator de Esteira (t/h)	35
Transporte	1,80	Retroescavadeira (m3/h)	20
2. Valor Residual (% do valor)		5. Vida Econômica (meses)	
Caminhão	22,0%	Caminhão	120
Caçamba	5,0%	Caçamba	120
Veículo Leve	35,0%	Veículo Leve	60
3. Pneus: vida útil (km)		6. Manutenção (% do valor)	
Caminhão	36.000	Caminhão	85,0%
Veículo Leve	45.000	Veículo Leve	60,0%

Parâmetros da planilha de custos adotados pela SELUR (2001b) de acordo com a faixa da população atendida pelo serviço

Habitantes		Administração central	Encarregado Cidade	Fiscal Cidade	Auxiliar Cidade
2.000.000	1.999.999	16%	2	8	1
1.000.000	999.999	18%	2	5	1
700.000	699.999	18%	1	2	1
400.000	399.999	21%	1	2	1
200.000	0	28%	1	1	1

Planilha 02a – Encargos

ENCARGOS SOCIAIS NO SETOR DE LIMPEZA		
DISCRIMINAÇÃO		% Salário Mensal
GRUPO A		
Básico		
1	INSS	20,0%
2	FGTS	8,0%
3	SENAI (taxa normal 1,00 + 0,20 de adicional)	1,2%
4	SESI	1,5%
5	INCRA	0,2%
6	Salário Educação	2,5%
7	Seguro acidente do trabalho	3,0%
8	SEBRAE	0,6%
9	Taxa assistencial (Convenção coletiva - SIEMACO)	0,6%
10	SELUR (Sindicato das Empresas)	0,2%
11	TOTAL GRUPO A	37,8%
GRUPO B		
Encargos sociais que recebem incidências do Grupo A		
12	Repouso semanal remunerado	0,00%
13	Férias	11,11%
14	Feriados	0,00%
15	13º salário (100x30/360)	8,33%
16	Auxílio enfermidade (100x0,35x15/360)	1,46%
17	Faltas justificadas (100x3/360)	0,83%
18	Aviso prévio indenizado	5,53%
19	TOTAL GRUPO B	27,26%
GRUPO C		
Encargos sociais que <i>não</i> recebem incidência do GRUPO A		
20	Multa FGTS - rescisão sem justa causa	3,26%
21	100x4x0,8x0,1x(0,08x0,2726 + 0,08)	
22	Indenização Art. 9º Lei 7.238/84 (100x2x0,0553/12)	0,92%
23	TOTAL GRUPO C	4,18%
GRUPO D		
Taxas de reincidências		
24	Grupo A x Grupo B	10,30%
25	TOTAL GRUPO D	10,30%
GRUPO E		
Encargos sociais que recebem incidências do Grupo A - FGTS		
26	Indenização Art. 9º Lei 7.238/84	0,27%
27	0,92%x(37,8% - 8%)	
28	TOTAL GRUPO E	0,27%
29	TOTAL GERAL	79,81%
Fonte: SELUR - Sindicato das Empresas de Limpeza Urbana no Estado de São Paulo		

Planilha 02b – Mão-de-obra

1. DADOS

Salário Mínimo (R\$/mês):	R\$	200,00
Encargos Sociais:		79,81%
R\$ / passagem ônibus:	R\$	1,40
Num. passagem / H x dia:		4

2. MÃO-DE-OBRA DIRETA

	MOTORISTA	COLETOR
Salário Mensal (R\$)	R\$ 556,00	R\$ 285,93
Salário por Hora (R\$/h)	R\$ 2,52	R\$ 1,29
Insalubridade (%)	20,0%	40,0%
Insalubridade (R\$/mês)	R\$ 40,00	R\$ 80,00
Periculosidade (R\$/mês)	R\$ -	R\$ -
Vale Cesta (R\$/mês)	R\$ 40,61	40,61
Vale Refeição (R\$/mês)	R\$ 135,00	135,00
Vale Transporte (R\$/mês): 6%	R\$ 112,69	R\$ 128,89
Convênio Médico (R\$/mês)	R\$ 26,00	R\$ 32,00
Guarnição COLETA (H x veic)	1	3
Guarnição TRANSBORDO ET (H x veic)	1	1

3. MÃO-DE-OBRA DE SUPERVISÃO

Cargo	R\$ / H x mês	Férias	Vale Cesta
Fiscal Coleta	R\$ 1.244,41	R\$ 103,70	R\$ 40,61
Fiscal Pesagem	R\$ 583,59	R\$ 48,63	R\$ 40,61
Enc. Trafego	R\$ 1.993,84	R\$ 166,15	R\$ 40,61
Aux. Trafego	R\$ 583,59	R\$ 48,63	R\$ 40,61
Ajudante motorista	R\$ 357,00	R\$ 29,75	R\$ 40,61
Operador de equipamento	R\$ 556,00	R\$ 46,33	R\$ 40,61
Encarregado Aterro	R\$ 583,59	R\$ 48,63	R\$ 40,61
Encarregado Est. de Transf.	R\$ 583,59	R\$ 48,63	R\$ 40,61

Cargo	Vale Refeição	Vale Transporte	Insalubridade
Fiscal Coleta	R\$ 135,00	R\$ 71,38	
Fiscal Pesagem	R\$ 135,00	R\$ 111,03	R\$ 40,00
Enc. Trafego	R\$ 135,00	R\$ 26,42	
Aux. Trafego	R\$ 135,00	R\$ 111,03	
Ajudante motorista	R\$ 135,00	R\$ 124,63	R\$ 40,00
Operador de equipamento	R\$ 135,00	R\$ 112,69	R\$ 40,00
Encarregado Aterro	R\$ 135,00	R\$ 111,03	
Encarregado Est. de Transf.	R\$ 135,00	R\$ 111,03	

Planilha 03 – Veículos e Equipamentos

3.1. VEICULOS E EQUIPAMENTOS

Discriminacao	R\$/unidade	Vida Util (meses)	Residual	Manutenção	IPVA	km/litro
Caminhão F-14000 PBT-14.100	R\$ 66.000,00	120	22%	85%	R\$ 990,00	1,60
Caçamba compactadora para 15 m ³	R\$ 46.000,00	120	5%	-	-	-
Caminhão VW TITAN 26310 6x4	R\$ 110.000,00	36.000	22%	85%	R\$ 1.650,00	1,80
Carrocerias (Chassis e reboque)	R\$ 63.000,00	45.000	5%	-	-	-
Kombi VW	R\$ 19.850,00	60	35%	60%	R\$ 397,00	8,00
Balança Rodoviária	R\$ 30.000,00	180	5%	20%	-	-
Sistema de Pesagem ET	(personalizado)	180	5%	20%	-	-
Pick-up Saveiro	R\$ 18.650,00	60	35%	60%	R\$ 373,00	8,00

Discriminacao	R\$/unidade	Vida Util (h)	Residual	Manutenção (R\$/h)	IPVA	Insumos (R\$/h)
Trator sobre esterio com lâmina	R\$ 232.946,00	10.000	20%	R\$ 23,58	-	R\$ 16,11
Retroescavadeira	R\$ 110.000,00	10.000	20%	R\$ 6,75	-	R\$ 11,83
Caminhão Basculante	R\$ 94.228,37	10.000	22%	R\$ 5,79	R\$ 1.413,43	R\$ 21,31

3.2. INSUMOS

Combustível:		Custo	
Diesel (R\$/litro)	R\$	0,90	
Gasolina (R\$/litro)	R\$	1,80	
Lubrificação:		Custo	Troca
Motor (R\$/litro)	R\$	4,22	5.000 km PLANO A
Transmissao (R\$/litro)	R\$	4,52	20.000 km PLANO B
Hidraulico (R\$/litro)	R\$	3,34	50.000 km PLANO C
Graxa (R\$/kg)	R\$	3,46	300 km
Pneus (R\$/unidade):		Custo	
1000 x 20" x 16	R\$	384,00	
1000 x 20" x 16	R\$	384,00	
Recauchutagem 1000x20"	R\$	92,00	
195/70R 14	R\$	82,95	
175/70R 13	R\$	60,09	
Câmaras (R\$/unidade):		Custo	
CCR-20 (1000x20")	R\$	36,24	
Protetor 1000x20"	R\$	12,35	
735 x 14 (kombi)	R\$	11,00	
155 x 13 (gol e saveiro)	R\$	10,00	
Seguros:		Custo	
Obrig. Caminhao, tratores (R\$/ano)	R\$	55,43	
Obrig. Veiculo leve (R\$/ano)	R\$	32,32	
Caminh., trat. - Inc.e mat.c/terceiros		8,00%	
Veic.Leves - Total		9,40%	
Lavagem:		Custo	
Custo Médio Estimado por Caminhão:	R\$	2,50	
Número de lavagens / mês / veículo		26,08	
Custo mensal com lavagens / veículo	R\$	65,20	
Diversos:		Custo	
Taxa de Publicidade (R\$/ano)	R\$	53,74	

Planilha 04 – Uniformes

4. UNIFORMES		Quantidade por Homem ao Ano	
	Preço Unitário (R\$)	MOTORISTA (AJUDANTE)	COLETOR
Calça de brim sol-a-sol	R\$ 10,10	4	6
Camisa de brim sol-a-sol	R\$ 9,04	3	6
Camiseta de malha (Hering)	R\$ -	0	0
Sapato tipo Vulcabras	R\$ 25,00	2	0
Calçado tipo "Bamba"	R\$ 25,00	0	12
Boné tipo "Jockey"	R\$ 2,20	2	2
Capa de chuva em PVC	R\$ 7,04	1	1
Luva em Raspa de Couro	R\$ 5,61	0	18
Luva de Algodão	R\$ 1,25	0	0
Colete de Proteção	R\$ 5,26	0	2

Planilha 05 – Parâmetros

5.1 COLETA DE LIXO

Capital Giro (vezes)	1
Absenteísmo	10,00%
Adicional Noturno	37,14%
Reserva equipamento	20,00%
Benefício	0,00%

5.3 TAXAS ADOTADAS

Remuneração do Investimento (a.m.)	0,9489%
Remuneração do Investimento (a.a.)	12,00%
Administração (custo)	28,00%
ISS	5,00%
PIS	0,65%
COFINS	3,00%
IRRF	1,50%
CPMF	0,38%

Planilha 06 – Coleta: At. 01 d 01 da Situação 11

COLETA E TRANSPORTE DE RESÍDUOS DOMICILIARES

CUSTO DOS SERVIÇOS

Data base:

Junho de 2002

1. DADOS BÁSICOS NECESSÁRIOS

1.1. QUANTIDADE MÉDIA DE RESÍDUOS PARA SER COLETADA

	ATERRO		PERÍODO	
	At. 01 d 01	2007	2012	2017
Resíduos Sólidos (t/mês):		2.737	2.913	3.065

1.2. NÚMERO DE DIAS ÚTEIS POR ANO

Descontados somente domingos

365	dias/ano
52	domingos/ano
313	dias úteis/ano
26,08	dias úteis/mes

Descontados domingos e feriados

365	dias/ano
52	domingos/ano
10	feriados/ano
303	dias úteis/ano
25,25	dias úteis/mes

1.3. COLETA EM JORNADA NORMAL

	ATERRO		PERÍODO	
	At. 01 d 01	2007	2012	2017
Número de veículos (veic/dia):		16	16	16

	ATERRO		PERÍODO	
	At. 01 d 01	2007	2012	2017
Número de Jornadas /dia:		16	16	16

	ATERRO		PERÍODO	
	At. 01 d 01	2007	2012	2017
Horas extras totais (h):		0,00	0,00	0,00

2. DIMENSIONAMENTO DA FROTA E DO PESSOAL

2.1. FROTA MÉDIA

	ATERRO		PERÍODO	
	At. 01 d 01	2007	2012	2017
Número de veículos (veic/dia)		16	16	16
Operação:		16	16	16
Reserva:	20%	3	3	3
TOTAL Necessário:		19	19	19

2.2. MÃO-DE-OBRA DIRETA

Guarnição/Veículo:	Motorista	1	H. x veículo coletor
	Coletores - diurno	3	H. x veículo coletor

MOTORISTA

	ATERRO		PERÍODO	
	At. 01 d 01	2007	2012	2017
Motorista (H/dia)		16	16	16
Operação:		16	16	16
Reserva Absenteísmo:	10%	2	2	2
TOTAL Necessário:		18	18	18

Planilha 06 – Coleta: At. 01 d 01 da Situação 11 (cont.)

COLETOR

Coletores (H/dia)	ATERRO At. 01 d 01	2007	PERÍODO 2012	2017
Operação:		48	48	48
Reserva Absenteísmo:	10%	5	5	5
TOTAL Necessário:		53	53	53

3. CUSTO DA MÃO-DE-OBRA DIRETA

MOTORISTA

	ATERRO At. 01 d 01	2007	PERÍODO 2012	2017
Salário R\$/hora		R\$ 2,53	R\$ 2,53	R\$ 2,53
Horas Mensais		220	220	220
Salário Base		R\$ 556,00	R\$ 556,00	R\$ 556,00
Insalubridade		R\$ 40,00	R\$ 40,00	R\$ 40,00
Subtotal		R\$ 596,00	R\$ 596,00	R\$ 596,00
Horas Extras		R\$ -	R\$ -	R\$ -
Feriado Diurno		R\$ 30,92	R\$ 30,92	R\$ 30,92
Salário Mensal		R\$ 626,92	R\$ 626,92	R\$ 626,92
Salário Mensal com Encargos		R\$ 1.127,26	R\$ 1.127,26	R\$ 1.127,26
Vale Refeição		R\$ 135,00	R\$ 135,00	R\$ 135,00
Vale Cesta		R\$ 40,61	R\$ 40,61	R\$ 40,61
Convênio Médico		R\$ 26,00	R\$ 26,00	R\$ 26,00
Vale Transporte		R\$ 112,69	R\$ 112,69	R\$ 112,69
Custo Mensal Unitário R\$/mês		R\$ 1.441,56	R\$ 1.441,56	R\$ 1.441,56

COLETOR

	ATERRO At. 01 d 01	2007	PERÍODO 2012	2017
Salário R\$/hora		R\$ 1,30	R\$ 1,30	R\$ 1,30
Horas Mensais		220	220	220
Salário Base		R\$ 285,93	R\$ 285,93	R\$ 285,93
Insalubridade		R\$ 80,00	R\$ 80,00	R\$ 80,00
Subtotal		R\$ 365,93	R\$ 365,93	R\$ 365,93
Horas Extras		R\$ -	R\$ -	R\$ -
Feriado Diurno		R\$ 15,89	R\$ 15,89	R\$ 15,89
Salário Mensal		R\$ 381,82	R\$ 381,82	R\$ 381,82
Salário Mensal com Encargos		R\$ 686,55	R\$ 686,55	R\$ 686,55
Vale Refeição		R\$ 135,00	R\$ 135,00	R\$ 135,00
Vale Cesta		R\$ 40,61	R\$ 40,61	R\$ 40,61
Convênio Médico		R\$ 32,00	R\$ 32,00	R\$ 32,00
Vale Transporte		R\$ 128,89	R\$ 128,89	R\$ 128,89
Custo Mensal Unitário R\$/mês		R\$ 1.023,05	R\$ 1.023,05	R\$ 1.023,05

Feriados e domingos	100%	VALE TRANSPORTE:	
Horas Extras	50%	R\$ / passagem ônibus	1,40
Adic.Not.(22h as 5h)	20,00%	passagem/dia (media)	4
Encargos Sociais	79,81%	A deduzir	6,00%

3.1. CUSTO MENSAL

Despesa: mão-de-obra	ATERRO At. 01 d 01	2007	PERÍODO 2012	2017
Motorista	H / mês	18	18	18
	R\$ / H	R\$ 1.441,56	R\$ 1.441,56	R\$ 1.441,56
	R\$ /mês	R\$ 25.948,08	R\$ 25.948,08	R\$ 25.948,08
Coletor	H / mês	53	53	53
	R\$ / H	R\$ 1.023,05	R\$ 1.023,05	R\$ 1.023,05
	R\$ /mês	R\$ 54.221,65	R\$ 54.221,65	R\$ 54.221,65
TOTAL mão-de-obra	R\$ /mês	R\$ 80.169,73	R\$ 80.169,73	R\$ 80.169,73

Planilha 06 – Coleta: At. 01 d 01 da Situação 11 (cont.)

4. VEÍCULOS COLETORES/COMPACTADORES

4.1. QUILOMETRAGEM PERCORRIDA

dias / mês

Km percorrido na coleta	ATERRO	PERÍODO		
	At. 01 d 01	2007	2012	2017
	km / dia	778	824	864
SUBTOTAL	km / mês	20.280	21.486	22.524

4.2. CONSUMO COMBUSTÍVEL

Diesel (R\$ / litro)
Consumo (km/litro)

Despesa: combustível	ATERRO	PERÍODO		
	At. 01 d 01	2007	2012	2017
	km / mês	20.280	21.486	22.524
SUBTOTAL	R\$ / mês	R\$ 11.407,36	R\$ 12.085,83	R\$ 12.669,47

4.3. MANUTENÇÃO

Veículo Coletor-Compactador

Caminhão F-14000 PBT-14.100
Caçamba compactadora para 15 m3

O custo de manutenção durante a vida útil do veículo corresponde a do seu valor.
Vida útil adotada meses

Despesa: manutenção	ATERRO	PERÍODO		
	At. 01 d 01	2007	2012	2017
	Número de veículos	19	19	19
SUBTOTAL	R\$ / mês	R\$ 15.073,33	R\$ 15.073,33	R\$ 15.073,33

4.4. PNEUS E CÂMARAS

Admite-se uma troca de pneus e duas recapagens a cada ciclo de quilômetros

Total por ciclo

1000 x 20" x 16	2 x	R\$ 384,00 =	R\$ 768,00	
1000 x 20" x 16	4 x	R\$ 384,00 =	R\$ 1.536,00	
Câmaras	18 x	R\$ 36,24 =	R\$ 652,32	
Recapagens	18 x	R\$ 92,00 =	R\$ 1.656,00	
Protetores	18 x	R\$ 12,35 =	R\$ 222,30	
				R\$ 4.834,62

Despesa: pneus e câmaras	ATERRO	PERÍODO		
	At. 01 d 01	2007	2012	2017
	km / mês	20280	21486	22524
SUBTOTAL	R\$ / mês	R\$ 2.723,47	R\$ 2.885,45	R\$ 3.024,79

4.5. LUBRIFICAÇÃO E LAVAGEM

- Motor

Carter (litros/ciclo)
Reposicao (litros/ciclo)
TOTAL (litros/ciclo)

R\$/litro
km/ciclo

- Transmissao

litros/ciclo

R\$/litro
km/ciclo

- Comandos Hidráulicos

litros/ciclo

R\$/litro
km/ciclo

- Graxa

kg/ciclo

R\$/kg
km/ciclo

SUBTOTAL: /km

Planilha 06 – Coleta: At. 01 d 01 da Situação 11 (cont.)

- Filtros

R\$ / km lubrif.	R\$ 0,069	Verba	20%	R\$ 0,014
TOTAL:				R\$ 0,083 /km

4.5.1. Consumo

Despesa: lubrificação		ATERRO	2007	PERÍODO	2017
	At. 01 d 01			2012	
	km / mês		20.280	21.486	22.524
PARCIAL	R\$ / mês		R\$ 1.683,22	R\$ 1.783,33	R\$ 1.869,45

4.5.2. LAVAGEM (água, Luz, Xampu, Desinfetante e Mão-de-obra)

Custo mensal para lavagem de um veículo	R\$ 65,20 /veic.mês

Despesa: lavagem		ATERRO	2007	PERÍODO	2017
	At. 01 d 01			2012	
	Número de veículos		19	19	19
PARCIAL	R\$ / mês		R\$ 1.238,80	R\$ 1.238,80	R\$ 1.238,80

4.5.3. LUBRIFICAÇÃO E LAVAGEM

Despesa: lubrif. e lavagem		ATERRO	2007	PERÍODO	2017
	At. 01 d 01			2012	
	R\$ / mês		R\$ 2.922,02	R\$ 3.022,13	R\$ 3.108,25
SUBTOTAL					

4.6. LICENCIAMENTO E SEGUROS

Custo Veículo/ano

Seguro obrigatório (cat. 10)	R\$ 55,43	
I.P.V.A (faixa E.3)	R\$ 990,00	
Seguro contra incêndio e danos materiais contra terceiros	R\$ 8.960,00	
Taxa de Publicidade	R\$ 53,74	R\$ 10.059,17 /veic.ano

Custo Mensal

Despesa: licenc. e seguros		ATERRO	2007	PERÍODO	2017
	At. 01 d 01			2012	
	Número de veículos		19	19	19
SUBTOTAL	R\$ / mês		R\$ 15.927,02	R\$ 15.927,02	R\$ 15.927,02

4.7. DEPRECIAÇÃO

	Valor Residual	Vida útil (meses)	Valor (R\$/veic)	
CHASSIS:	22%	120	R\$ 63.478,56	(s/ pneus e câmaras)
CAÇAMBA:	5%	120	R\$ 46.000,00	

Despesa: depreciação		ATERRO	2007	PERÍODO	2017
	At. 01 d 01			2012	
	Número de veículos		19	19	19
CHASSIS	R\$ / mês		R\$ 7.839,60	R\$ 7.839,60	R\$ 7.839,60
CAÇAMBA	R\$ / mês		R\$ 6.919,17	R\$ 6.919,17	R\$ 6.919,17
SUBTOTAL	R\$ / mês		R\$ 14.758,77	R\$ 14.758,77	R\$ 14.758,77

4.8. CUSTO DE CAPITAL (remuneração)

C =	[(2 + (n - 1) (k + 1)) / 24 n] j, ou		j = Juros
Coef. Remun.(/mês)	C =	[(n + 1) + r . (n-1)) . j / (2 . 12 . n), onde:	12%
	k = Valor Residual	n = Vida útil (anos)	Valor (R\$/veic)
CHASSIS:	22%	10	R\$ 66.000,00
CAÇAMBA:	5%	10	R\$ 46.000,00
			Coef. Remun. (/mês)
			0,006490
			0,005725

Planilha 06 – Coleta: At. 01 d 01 da Situação 11 (cont.)

Despesa: custo capital		ATERRO	PERÍODO		
		At. 01 d 01	2007	2012	2017
Operação	Número de veículos		16	16	16
CHASSIS	R\$ / mês		R\$ 6.853,44	R\$ 6.853,44	R\$ 6.853,44
CAÇAMBA	R\$ / mês		R\$ 4.213,60	R\$ 4.213,60	R\$ 4.213,60
SUBTOTAL	R\$ / mês		R\$ 11.067,04	R\$ 11.067,04	R\$ 11.067,04

4.9. RESUMO VEÍCULOS COLETORES/COMPACTADORES

Despesas: veículos		ATERRO	PERÍODO		
		At. 01 d 01	2007	2012	2017
CONSUMO COMBUSTÍVEL			R\$ 11.407,36	R\$ 12.085,83	R\$ 12.669,47
MANUTENÇÃO			R\$ 15.073,33	R\$ 15.073,33	R\$ 15.073,33
PNEUS E CÂMARAS			R\$ 2.723,47	R\$ 2.885,45	R\$ 3.024,79
LUBRIFICAÇÃO E LAVAGEM			R\$ 2.922,02	R\$ 3.022,13	R\$ 3.108,25
LICENCIAMENTO E SEGUROS			R\$ 15.927,02	R\$ 15.927,02	R\$ 15.927,02
DEPRECIACÃO			R\$ 14.758,77	R\$ 14.758,77	R\$ 14.758,77
CUSTO DE CAPITAL (remuneração)			R\$ 11.067,04	R\$ 11.067,04	R\$ 11.067,04
TOTAL Veículos	R\$ / mês		R\$ 73.879,01	R\$ 74.819,57	R\$ 75.628,67

5. UNIFORMES

MOTORISTAS

		Quantidade	Preço Unitário	
CALÇA DE BRIM	un / ano	4	x R\$ 10,10	= R\$ 3,37
CAMISA DE BRIM	un / ano	3	x R\$ 9,04	= R\$ 2,26
CALÇADO TIPO VULCABRÁS	Pares / ano	2	x R\$ 25,00	= R\$ 4,17
BONÉ TIPO JOCKEY	un / ano	2	x R\$ 2,20	= R\$ 0,37
CAPA DE CHUVA	un / ano	1	x R\$ 7,04	= R\$ 0,59
UNIFORME COMPLETO:				R\$ 10,76 / H . mês

COLETORES

		Quantidade	Preço Unitário	
CALÇA DE BRIM	un / ano	6	x R\$ 10,10	= R\$ 5,05
CAMISA DE BRIM	un / ano	6	x R\$ 9,04	= R\$ 4,52
CALÇADO TIPO BAMBA	Pares / ano	12	x R\$ 25,00	= R\$ 25,00
BONÉ TIPO JOCKEY	un / ano	2	x R\$ 2,20	= R\$ 0,37
LUVAS EM RASPA DE COURO	Pares / ano	18	x R\$ 5,61	= R\$ 8,42
COLETE DE PROTEÇÃO	un / ano	2	x R\$ 5,26	= R\$ 0,88
CAPA DE CHUVA	un / ano	1	x R\$ 7,04	= R\$ 0,59
UNIFORME COMPLETO:				R\$ 44,83 / H . mês

CONSUMO MENSAL

Despesa: uniformes		ATERRO	PERÍODO		
		At. 01 d 01	2007	2012	2017
MOTORISTA	H		18	18	18
	R\$ / mês		R\$ 193,68	R\$ 193,68	R\$ 193,68
COLETOR	H		53	53	53
	R\$ / mês		R\$ 2.375,99	R\$ 2.375,99	R\$ 2.375,99
SUBTOTAL	R\$ / mês		R\$ 2.569,67	R\$ 2.569,67	R\$ 2.569,67

6. RESUMO DOS CUSTOS OPERACIONAIS

Despesas operacionais		ATERRO	PERÍODO		
		At. 01 d 01	2007	2012	2017
MÃO-DE-OBRA DIRETA			R\$ 80.169,73	R\$ 80.169,73	R\$ 80.169,73
VEÍCULOS COLETORES/COMPACTADORES			R\$ 73.879,01	R\$ 74.819,57	R\$ 75.628,67
UNIFORMES			R\$ 2.569,67	R\$ 2.569,67	R\$ 2.569,67
TOTAL Operacional	R\$ / mês		R\$ 156.618,41	R\$ 157.558,97	R\$ 158.368,07

Planilha 06 – Coleta: At. 01 d 01 da Situação 11 (cont.)

7. MÃO-DE-OBRA DE SUPERVISÃO

ATERRO		Fiscal Coleta		Enc.Tráfego		Aux.Tráfego	
At. 01 d 01							
Salário Base		R\$	1.244,41	R\$	1.993,84	R\$	583,59
Encargos Sociais	79,81%	R\$	993,16	R\$	1.591,28	R\$	465,76
		R\$	2.237,57	R\$	3.585,12	R\$	1.049,35
Vale Cesta		R\$	40,61	R\$	40,61	R\$	40,61
Vale Refeição		R\$	135,00	R\$	135,00	R\$	135,00
Vale Transporte		R\$	71,38	R\$	26,42	R\$	111,03
Custo Mensal Unitário	R\$ / mês	R\$	2.484,56	R\$	3.787,15	R\$	1.335,99

Despesa: mão-de-obra		ATERRO	PERÍODO		
		At. 01 d 01	2007	2012	2017
Fiscal Coleta	H / mês		1	1	1
	R\$ / H	R\$	2.484,56	2.484,56	2.484,56
	R\$ / mês	R\$	2.484,56	2.484,56	2.484,56
Enc.Tráfego	H / mês		1	1	1
	R\$ / H	R\$	3.787,15	3.787,15	3.787,15
	R\$ / mês	R\$	3.787,15	3.787,15	3.787,15
Aux.Tráfego	H / mês		1	1	1
	R\$ / H	R\$	1.335,99	1.335,99	1.335,99
	R\$ / mês	R\$	1.335,99	1.335,99	1.335,99
TOTAL mão-de-obra	R\$ / mês	R\$	7.607,70	7.607,70	7.607,70

Planilha 06 – Coleta: At. 01 d 01 da Situação 11 (cont.)

8.4. LUBRIFICAÇÃO E LAVAGEM

- Motor

Carter (litros/ciclo)	3,5
Reposicao (litros/ciclo)	1,5
TOTAL (litros/ciclo)	5

R\$/litro	R\$ 4,22	
km/ciclo	5.000	R\$ 0,004

- Transmissao

litros/ciclo	2,5

R\$/litro	R\$ 4,52	
km/ciclo	20.000	R\$ 0,001

SUBTOTAL: R\$ 0,005 /km

- Filtros

R\$ / km lubrif.	R\$ 0,005

Verba	20%	R\$ 0,001

- Lavagem

R\$ / km abastecido	R\$ 0,230

Verba	10%	R\$ 0,023

TOTAL: R\$ 0,029 /km

Despesa: lubrif. e lavagem	ATERRO	PERÍODO		
	At. 01 d 01	2007	2012	2017
	km / mês	5.216	5.216	5.216
SUBTOTAL	R\$ / mês	R\$ 151,26	R\$ 151,26	R\$ 151,26

8.5. LICENCIAMENTO E SEGUROS

Seguro obrigatório	R\$ 32,32	
I.P.V.A (faixa B.2)	R\$ 373,00	
Seguro Total	R\$ 1.753,10	R\$ 2.158,42 /veic.ano

Custo Mensal

Despesa: licenc. e seguros	ATERRO	PERÍODO		
	At. 01 d 01	2007	2012	2017
	Número de veículos	2	2	2
SUBTOTAL	R\$ / mês	R\$ 359,74	R\$ 359,74	R\$ 359,74

8.6. DEPRECIACAO

	Valor Residual	Vida útil (meses)	Valor (R\$/veic)	
Pick-up Saveiro ou similar:	35%	60	R\$ 18.369,64	(s/ pneus e câmaras)

Despesa: depreciação	ATERRO	PERÍODO		
	At. 01 d 01	2007	2012	2017
	Número de veículos	2	2	2
SUBTOTAL	R\$ / mês	R\$ 398,01	R\$ 398,01	R\$ 398,01

8.7. CUSTO DE CAPITAL (remuneração)

C =	$[(2 + (n - 1) (k + 1)) / 24 n] j$, ou		j = Juros
Coef. Remun.(/mês)	C =	$[(n + 1) + r \cdot (n - 1)] \cdot j / (2 \cdot 12 \cdot n)$, onde:	12%
	k = Valor Residual	n = Vida útil (anos)	Valor (R\$/veic)
Pick-up Saveiro ou similar:	35%	5	R\$ 18.650,00
			Coef. Remun. (/mês)
			0,007400

Despesa: custo capital	ATERRO	PERÍODO		
	At. 01 d 01	2007	2012	2017
	Número de veículos	2	2	2
SUBTOTAL	R\$ / mês	R\$ 276,02	R\$ 276,02	R\$ 276,02

8.8. RESUMO - VEÍCULO PARA SUPERVISÃO DOS SERVIÇOS

Despesas: veículos	ATERRO	PERÍODO		
	At. 01 d 01	2007	2012	2017
CONSUMO COMBUSTÍVEL		R\$ 1.173,60	R\$ 1.173,60	R\$ 1.173,60
MANUTENÇÃO		R\$ 373,00	R\$ 373,00	R\$ 373,00
PNEUS E CÂMARAS		R\$ 32,50	R\$ 32,50	R\$ 32,50
LUBRIFICAÇÃO E LAVAGEM		R\$ 151,26	R\$ 151,26	R\$ 151,26
LICENCIAMENTO E SEGUROS		R\$ 359,74	R\$ 359,74	R\$ 359,74
DEPRECIACAO		R\$ 398,01	R\$ 398,01	R\$ 398,01
CUSTO DE CAPITAL (remuneração)		R\$ 276,02	R\$ 276,02	R\$ 276,02
TOTAL Veiculos	R\$ / mês	R\$ 2.764,13	R\$ 2.764,13	R\$ 2.764,13

Planilha 06 – Coleta: At. 01 d 01 da Situação 11 (cont.)

9. RESUMO DOS CUSTOS DE SUPERVISÃO

Despesas de supervisão	ATERRO At. 01 d 01	PERÍODO		
		2007	2012	2017
MÃO-DE-OBRA DE SUPERVISÃO		R\$ 7.607,70	R\$ 7.607,70	R\$ 7.607,70
VEÍCULO PARA SUPERVISÃO DOS SERVIÇOS		R\$ 2.764,13	R\$ 2.764,13	R\$ 2.764,13
TOTAL Supervisão	R\$ / mês	R\$ 10.371,83	R\$ 10.371,83	R\$ 10.371,83

10. DESPESAS DE ADMINISTRAÇÃO

28% sobre parte do custo direto e indireto para cobrir despesas com honorários, salários e ordenados, taxas, despesas gerais como água, luz, telefones, impressos e outras.

Taxa de Administração:

Despesas de administração	ATERRO At. 01 d 01	PERÍODO		
		2007	2012	2017
DESPESAS DE OPERAÇÃO		R\$ 156.618,41	R\$ 157.558,97	R\$ 158.368,07
DESPESAS DE SUPERVISÃO		R\$ 10.371,83	R\$ 10.371,83	R\$ 10.371,83
TOTAL (Oper.+Superv.)	R\$ / mês	R\$ 166.990,24	R\$ 167.930,80	R\$ 168.739,90
DESPESAS DE ADMINISTRAÇÃO		R\$ 46.757,27	R\$ 47.020,62	R\$ 47.247,17

11. BENEFÍCIO

Benefício sobre o total dos custos

Benefício	ATERRO At. 01 d 01	PERÍODO		
		2007	2012	2017
DESPESAS DE OPER.+SUPERV.		R\$ 166.990,24	R\$ 167.930,80	R\$ 168.739,90
DESPESAS DE ADMINISTRAÇÃO		R\$ 46.757,27	R\$ 47.020,62	R\$ 47.247,17
TOTAL (Oper.+Superv.+Admin.)	R\$ / mês	R\$ 213.747,51	R\$ 214.951,42	R\$ 215.987,07
BENEFÍCIO		R\$ -	R\$ -	R\$ -

12. FATURAMENTO MENSAL (f)

Faturamento	ATERRO At. 01 d 01	PERÍODO		
		2007	2012	2017
DESPESAS DE OPERAÇÃO		R\$ 156.618,41	R\$ 157.558,97	R\$ 158.368,07
DESPESAS DE SUPERVISÃO		R\$ 10.371,83	R\$ 10.371,83	R\$ 10.371,83
DESPESAS DE ADMINISTRAÇÃO		R\$ 46.757,27	R\$ 47.020,62	R\$ 47.247,17
BENEFÍCIO		R\$ -	R\$ -	R\$ -
FATURAMENTO	R\$ / mês	R\$ 213.747,51	R\$ 214.951,42	R\$ 215.987,07

13. ISS, PIS, COFINS e CPMF

Sobre o faturamento incidirá as taxas de:

ISS
PIS

COFINS
CPMF

taxas = faturamento x (1/(1-PIS-ISS-COFINS-IRRF-CPMF)-1)

Taxas	ATERRO At. 01 d 01	PERÍODO		
		2007	2012	2017
FATURAMENTO		R\$ 213.747,51	R\$ 214.951,42	R\$ 215.987,07
TAXAS	R\$ / mês	R\$ 24.146,21	R\$ 24.282,21	R\$ 24.399,21

14. CUSTO MENSAL

$C_i = \text{faturamento} + \text{taxas}$

Custo mensal	ATERRO At. 01 d 01	PERÍODO		
		2007	2012	2017
FATURAMENTO		R\$ 213.747,51	R\$ 214.951,42	R\$ 215.987,07
TAXAS		R\$ 24.146,21	R\$ 24.282,21	R\$ 24.399,21
TOTAL CUSTO (C_i)	R\$ / mês	R\$ 237.893,72	R\$ 239.233,63	R\$ 240.386,28

Planilha 06 – Coleta: At. 01 d 01 da Situação 11 (cont.)

15. CUSTO POR TONELADA DE LIXO COLETADO

$$C_{\text{unit}} = C_t / Q$$

Custo unitário	ATERRO At. 01 d 01	PERÍODO		
		2007	2012	2017
TOTAL CUSTO (C _t)	R\$	R\$ 237.893,72	R\$ 239.233,63	R\$ 240.386,28
Resíduos Sólidos (Q):	t / mês	2.737	2.913	3.065
CUSTO UNITÁRIO (C_{unit})	R\$ / t	R\$ 86,93	R\$ 82,11	R\$ 78,43

NOTA: ESTE PREÇO FOI CALCULADO COM BASE NOS VALORES VIGENTES EM **Junho de 2002**

16. TRANSPORTE FORA DOS LIMITES DA CIDADE

Cálculo do custo da tonelada por quilômetro para transporte de lixo para o ponto de destinação indicado, fora do perímetro da Cidade (Aterro ou Estação de transferência - com o veículo coletor)

Para efeito de cálculo serão consideradas somente os gastos reais incidentes sobre o transporte propriamente dito, ou seja,

- Operação de veículos
- Administração
- Gerenciamento
- Variáveis de Vendas (ISS, PIS, COFINS e CPMF)

uma vez que os gastos relativos à mão de obra direta e indireta, uniformes, fiscalização, etc... já estão incluídas no custo da coleta.

16.1. QUILOMETRAGEM TRANSPORTE

dias / mês

Km percorrido transporte	ATERRO At. 01 d 01	PERÍODO		
		2007	2012	2017
	km / dia	171	191	210
SUBTOTAL	km / mês	4.448	4.985	5.478

16.2. OPERAÇÃO DE VEÍCULO

- Combustível	R\$/litro	0,90		
	km/litro	1,80	R\$ 0,500	/km
- Manutenção				
Despesas consideradas anteriormente.			R\$ -	
- Pneus e Câmaras	R\$/conjunto	4.834,62		
	km/ciclo	36.000	R\$ 0,130	/km
- Lubrificação	lubrificação	0,083	R\$ 0,083	/km
- Licenciamento e Seguros				
Despesas consideradas anteriormente.			R\$ -	
- Depreciação				
Despesas consideradas anteriormente.			R\$ -	
- Despesas de Capital				
Despesas consideradas anteriormente.			R\$ -	R\$ 0,713 /km

16.3. ADMINISTRACAO

Taxa de Administração:	28,00%		
R\$/Custo Operacional	R\$ 0,713	R\$ 0,200	/km

16.4. BENEFÍCIO

Benefício sobre o total dos custos excluindo depreciações

Custos diretos e indiretos (excluindo depreciações)

Operação da Frota	R\$ 0,713		
Despesas de Administração	R\$ 0,200	R\$ -	/km

Planilha 06 – Coleta: At. 01 d 01 da Situação 11 (cont.)

16.5. FATURAMENTO MENSAL (f)

Operação da Frota	R\$	0,713	
Despesas de Administração	R\$	0,200	
Benefício	R\$	-	
	R\$		0,913 /km

16.6. VARIÁVEIS DE VENDAS

Sobre o faturamento incidirá as taxas de:

ISS	5,00%
PIS	0,65%
COFINS	3,00%
CPMF	0,38%

16.7. CUSTO MENSAL (Ct)

C_t = faturamento + taxas

$C_t = f / (1 - \text{PIS} - \text{ISS} - \text{COFINS} - \text{CPMF} - \text{IRPJ}) =$ R\$ 1,000 /km

Custo mensal	ATERRO At. 01 d 01	PERÍODO		
		2007	2012	2017
QUILOMETRAGEM TRANSPORTE	km / mês	4.448	4.985	5.478
CUSTO MENSAL (Ct)	R\$ / km	R\$ 1,000	R\$ 1,000	R\$ 1,000
TOTAL CUSTO (C_t)	R\$ / mês	R\$ 4.449,33	R\$ 4.986,05	R\$ 5.479,06

16.8. CUSTO POR TONELADA DE LIXO COLETADO

$C_{\text{unit}} = C_t / Q$

Custo unitário	ATERRO At. 01 d 01	PERÍODO		
		2007	2012	2017
TOTAL CUSTO (Ct)	R\$ / mês	R\$ 4.449,33	R\$ 4.986,05	R\$ 5.479,06
Resíduos Sólidos (Q):	t / mês	2.737	2.913	3.065
CUSTO UNITÁRIO (C_{unit})	R\$ / t	R\$ 1,63	R\$ 1,71	R\$ 1,79

NOTA: ESTE PREÇO FOI CALCULADO COM BASE NOS VALORES VIGENTES EM **Junho de 2002**

Planilha 07 – Transporte At→ETs→At: At. 01 d 01 da Situação 11

TRANSPORTE DE RESÍDUOS DOMICILIARES DA ESTAÇÃO DE TRANSFERÊNCIA ATÉ O ATERRO

CUSTO DOS SERVIÇOS

Data base:

Junho de 2002

1. DADOS BÁSICOS NECESSÁRIOS

1.1. QUANTIDADE MÉDIA DE RESÍDUOS PARA SER COLETADA

	ATERRO		PERÍODO	
	At. 01 d 01	2007	2012	2017
Resíduos Sólidos (t/mês):		2.737	2.913	3.065

1.2. NÚMERO DE DIAS ÚTEIS POR ANO

Descontados somente domingos

365	dias/ano
52	domingos/ano
313	dias úteis/ano
26,08	dias úteis/mes

Descontados domingos e feriados

365	dias/ano
52	domingos/ano
10	feriados/ano
303	dias uteis/ano
25,25	dias úteis/mes

1.3. COLETA EM JORNADA NORMAL

	ATERRO		PERÍODO	
	At. 01 d 01	2007	2012	2017
Número de veículos (veic/dia):		2	2	2

	ATERRO		PERÍODO	
	At. 01 d 01	2007	2012	2017
Número de Jornadas /dia:		2	2	2

	ATERRO		PERÍODO	
	At. 01 d 01	2007	2012	2017
Horas extras totais (h):		0,00	0,00	0,00

2. DIMENSIONAMENTO DA FROTA E DO PESSOAL

2.1. FROTA MÉDIA

	ATERRO		PERÍODO	
	At. 01 d 01	2007	2012	2017
Número de veículos (veic/dia)				
Operação:		2	2	2
Reserva:	20%	0	0	0
TOTAL Necessário:		2	2	2

2.2. MÃO-DE-OBRA DIRETA

Guarnição/Veículo:	Motorista	1	H. x veículo
	Ajudante	1	H. x veículo

MOTORISTA

	ATERRO		PERÍODO	
	At. 01 d 01	2007	2012	2017
Motorista (H/dia)				
Operação:		2	2	2
Reserva Absenteísmo:	10%	0	0	0
TOTAL Necessário:		2	2	2

Planilha 07 – Transporte At→ETs→At: At. 01 d 01 da Situação 11 (cont.)

AJUDANTE

Coletores (H/dia)	ATERRO At. 01 d 01	2007	PERÍODO 2012	2017
Operação:		2	2	2
Reserva Absenteísmo:	10%	0	0	0
TOTAL Necessário:		2	2	2

3. CUSTO DA MÃO-DE-OBRA DIRETA

MOTORISTA

	ATERRO At. 01 d 01	2007	PERÍODO 2012	2017
Salário R\$/hora		R\$ 2,53	R\$ 2,53	R\$ 2,53
Horas Mensais		220	220	220
Salário Base		R\$ 556,00	R\$ 556,00	R\$ 556,00
Insalubridade		R\$ 40,00	R\$ 40,00	R\$ 40,00
Subtotal		R\$ 596,00	R\$ 596,00	R\$ 596,00
Horas Extras		R\$ -	R\$ -	R\$ -
Feriado Diurno		R\$ 30,92	R\$ 30,92	R\$ 30,92
Salário Mensal		R\$ 626,92	R\$ 626,92	R\$ 626,92
Salário Mensal com Encargos		R\$ 1.127,26	R\$ 1.127,26	R\$ 1.127,26
Vale Refeição		R\$ 135,00	R\$ 135,00	R\$ 135,00
Vale Cesta		R\$ 40,61	R\$ 40,61	R\$ 40,61
Convênio Médico		R\$ 26,00	R\$ 26,00	R\$ 26,00
Vale Transporte		R\$ 112,69	R\$ 112,69	R\$ 112,69
Custo Mensal Unitário R\$/mês		R\$ 1.441,56	R\$ 1.441,56	R\$ 1.441,56

AJUDANTE

	ATERRO At. 01 d 01	2007	PERÍODO 2012	2017
Salário R\$/hora		R\$ 1,62	R\$ 1,62	R\$ 1,62
Horas Mensais		220	220	220
Salário Base		R\$ 357,00	R\$ 357,00	R\$ 357,00
Insalubridade		R\$ 40,00	R\$ 40,00	R\$ 40,00
Subtotal		R\$ 397,00	R\$ 397,00	R\$ 397,00
Horas Extras		R\$ -	R\$ -	R\$ -
Feriado Diurno		R\$ 19,80	R\$ 19,80	R\$ 19,80
Salário Mensal		R\$ 416,80	R\$ 416,80	R\$ 416,80
Salário Mensal com Encargos		R\$ 749,45	R\$ 749,45	R\$ 749,45
Vale Refeição		R\$ 135,00	R\$ 135,00	R\$ 135,00
Vale Cesta		R\$ 40,61	R\$ 40,61	R\$ 40,61
Convênio Médico		R\$ 26,00	R\$ 26,00	R\$ 26,00
Vale Transporte		R\$ 124,63	R\$ 124,63	R\$ 124,63
Custo Mensal Unitário R\$/mês		R\$ 1.075,69	R\$ 1.075,69	R\$ 1.075,69

Feriados e domingos	100%	VALE TRANSPORTE:	
Horas Extras	50%	R\$ / passagem ônibus	1,40
Adic.Not.(22h as 5h)	20,00%	passagem/dia (media)	4
Encargos Sociais	79,81%	A deduzir	6,00%

3.1. CUSTO MENSAL

Despesa: mão-de-obra	ATERRO At. 01 d 01	2007	PERÍODO 2012	2017
MOTORISTA	H / mês	2	2	2
	R\$ / H	R\$ 1.441,56	R\$ 1.441,56	R\$ 1.441,56
	R\$ /mês	R\$ 2.883,12	R\$ 2.883,12	R\$ 2.883,12
AJUDANTE	H / mês	2	2	2
	R\$ / H	R\$ 1.075,69	R\$ 1.075,69	R\$ 1.075,69
	R\$ /mês	R\$ 2.151,38	R\$ 2.151,38	R\$ 2.151,38
TOTAL mão-de-obra	R\$ /mês	R\$ 5.034,50	R\$ 5.034,50	R\$ 5.034,50

4. VEÍCULOS TRANSPORTE E TRANSF.-ATERRO

4.1. QUILOMETRAGEM PERCORRIDA

dias /mês

Planilha 07 – Transporte At→ETs→At: At. 01 d 01 da Situação 11 (cont.)

Km percorrido na coleta	ATERRO		PERÍODO		
	At. 01 d 01	2007	2012	2017	
	km / dia	311	313	315	
SUBTOTAL	km / mês	8.113	8.159	8.215	

4.2. CONSUMO COMBUSTÍVEL

Diesel (R\$ / litro)	R\$ 0,90
Consumo (km/litro)	1,80

Despesa: combustível	ATERRO		PERÍODO		
	At. 01 d 01	2007	2012	2017	
	km / mês	8.113	8.159	8.215	
SUBTOTAL	R\$ / mês	R\$ 4.056,39	R\$ 4.079,46	R\$ 4.107,68	

4.3. MANUTENÇÃO

Veículo Coletor-Compactador

Caminhão VW TITAN 26310 6x4	R\$ 110.000,00	
Carrocerias (Chassis e reboque)	R\$ 63.000,00	R\$ 173.000,00

O custo de manutencao durante a vida util do veiculo corresponde a 85,00% do seu valor.
Vida útil adotada 120 meses

Despesa: manutenção	ATERRO		PERÍODO		
	At. 01 d 01	2007	2012	2017	
	Número de veículos	2	2	2	
SUBTOTAL	R\$ /mês	R\$ 2.450,83	R\$ 2.450,83	R\$ 2.450,83	

4.4. PNEUS E CÂMARAS

Admite-se uma troca de pneus e duas recapagens a cada ciclo de 36.000 quilômetros

Total por ciclo

1000 x 20" x 16	10 x	R\$ 384,00 =	R\$ 3.840,00	
1000 x 20" x 16	8 x	R\$ 384,00 =	R\$ 3.072,00	
Câmaras	18 x	R\$ 36,24 =	R\$ 652,32	
Recapagens	18 x	R\$ 92,00 =	R\$ 1.656,00	
Protetores	18 x	R\$ 12,35 =	R\$ 222,30	R\$ 9.442,62

Despesa: pneus e câmaras	ATERRO		PERÍODO		
	At. 01 d 01	2007	2012	2017	
	km / mês	8113	8159	8215	
SUBTOTAL	R\$ / mês	R\$ 2.127,94	R\$ 2.140,05	R\$ 2.154,85	

4.5. LUBRIFICAÇÃO E LAVAGEM

- Motor

Carter (litros/ciclo)	16
Reposicao (litros/ciclo)	8
TOTAL (litros/ciclo)	24

R\$/litro	R\$ 4,22	
km/ciclo	5.000	R\$ 0,020

- Transmissao

litros/ciclo	17

R\$/litro	R\$ 4,52	
km/ciclo	20.000	R\$ 0,004

- Comandos Hidráulicos

litros/ciclo	560

R\$/litro	R\$ 3,34	
km/ciclo	50.000	R\$ 0,037

- Graxa

kg/ciclo	0,7

R\$/kg	R\$ 3,46	
km/ciclo	300	R\$ 0,008

SUBTOTAL: R\$ 0,069 /km

- Filtros

R\$ / km lubrif.	R\$ 0,069

Verba	20%	R\$ 0,014

TOTAL: R\$ 0,083 /km

Planilha 07 – Transporte At→ETs→At: At. 01 d 01 da Situação 11 (cont.)

4.5.1. Consumo

Despesa: lubrificação	ATERRO		PERÍODO		
	At. 01 d 01	2007	2012	2017	
	km / mês	8113	8159	8215	
PARCIAL	R\$ / mês	R\$ 673,36	R\$ 677,19	R\$ 681,88	

4.5.2. LAVAGEM (água, Luz, Xampu, Desinfetante e Mão-de-obra)

Custo mensal para lavagem de um veículo R\$ 65,20 /veic.mês

Despesa: lavagem	ATERRO		PERÍODO		
	At. 01 d 01	2007	2012	2017	
	Número de veículos	2	2	2	
PARCIAL	R\$ / mês	R\$ 130,40	R\$ 130,40	R\$ 130,40	

4.5.3. LUBRIFICAÇÃO E LAVAGEM

Despesa: lubrif. e lavagem	ATERRO		PERÍODO		
	At. 01 d 01	2007	2012	2017	
	R\$ / mês	R\$ 803,76	R\$ 807,59	R\$ 812,28	
SUBTOTAL					

4.6. LICENCIAMENTO E SEGUROS

Custo Veículo/ano

Seguro obrigatório (cat. 10)

R\$ 55,43

I.P.V.A (faixa E.3)

R\$ 1.650,00

Seguro contra incêndio e danos materiais contra terceiros

R\$ 13.840,00

Taxa de Publicidade

R\$ 53,74

R\$ 15.599,17 /veic.ano

Custo Mensal

Despesa: licenc. e seguros	ATERRO		PERÍODO		
	At. 01 d 01	2007	2012	2017	
	Número de veículos	2	2	2	
SUBTOTAL	R\$ / mês	R\$ 2.599,86	R\$ 2.599,86	R\$ 2.599,86	

4.7. DEPRECIAÇÃO

	Valor Residual	Vida útil (meses)	Valor (R\$/veic)	
Caminhão VW TITAN 26310 6x4	22%	120	R\$ 105.797,60	(s/ pneus e câmaras)
Carrocerias (Chassis e reboque)	5%	120	R\$ 59.638,08	(s/ pneus e câmaras)

Despesa: depreciação	ATERRO		PERÍODO		
	At. 01 d 01	2007	2012	2017	
	Número de veículos	2	2	2	
Caminhão VW TITAN 26310 6x4	R\$ / mês	R\$ 1.375,37	R\$ 1.375,37	R\$ 1.375,37	
Carrocerias (Chassis e reboque)	R\$ / mês	R\$ 944,27	R\$ 944,27	R\$ 944,27	
SUBTOTAL	R\$ / mês	R\$ 2.319,64	R\$ 2.319,64	R\$ 2.319,64	

4.8. CUSTO DE CAPITAL (remuneração)

$$C = \frac{[(2 + (n - 1) \cdot (k + 1)) / 24] \cdot j}{[(n + 1) + r \cdot (n - 1)] \cdot j / (2 \cdot 12 \cdot n)}, \text{ onde: } j = \text{Juros}$$

j = Juros

12%

	k = Valor Residual	n = Vida útil (anos)	Valor (R\$/veic)	Coef. Remun. (/mês)
Caminhão VW TITAN 26310 6x4	22%	10	R\$ 110.000,00	0,006490
Carrocerias (Chassis e reboque)	5%	10	R\$ 63.000,00	0,005725

Despesa: custo capital	ATERRO		PERÍODO		
	At. 01 d 01	2007	2012	2017	
	Número de veículos	2	2	2	
Caminhão VW TITAN 26310 6x4	R\$ / mês	R\$ 1.427,80	R\$ 1.427,80	R\$ 1.427,80	
Carrocerias (Chassis e reboque)	R\$ / mês	R\$ 721,35	R\$ 721,35	R\$ 721,35	
SUBTOTAL	R\$ / mês	R\$ 2.149,15	R\$ 2.149,15	R\$ 2.149,15	

Planilha 07 – Transporte At→ETs→At: At. 01 d 01 da Situação 11 (cont.)

4.9. RESUMO VEÍCULOS TRANSPORTE E.TRANSF.-ATERRO

Despesas: veículos	ATERRO At. 01 d 01	PERÍODO		
		2007	2012	2017
CONSUMO COMBUSTÍVEL		R\$ 4.056,39	R\$ 4.079,46	R\$ 4.107,68
MANUTENÇÃO		R\$ 2.450,83	R\$ 2.450,83	R\$ 2.450,83
PNEUS E CÂMARAS		R\$ 2.127,94	R\$ 2.140,05	R\$ 2.154,85
LUBRIFICAÇÃO E LAVAGEM		R\$ 803,76	R\$ 807,59	R\$ 812,28
LICENCIAMENTO E SEGUROS		R\$ 2.599,86	R\$ 2.599,86	R\$ 2.599,86
DEPRECIACÃO		R\$ 2.319,64	R\$ 2.319,64	R\$ 2.319,64
CUSTO DE CAPITAL (remuneração)		R\$ 2.149,15	R\$ 2.149,15	R\$ 2.149,15
TOTAL Veículos	R\$ / mês	R\$ 16.507,57	R\$ 16.546,58	R\$ 16.594,29

5. UNIFORMES

MOTORISTA & AJUDANTE		Quantidade	Preço Unitário	
CALÇA DE BRIM	un / ano	4	x R\$ 10,10	= R\$ 3,37
CAMISA DE BRIM	un / ano	3	x R\$ 9,04	= R\$ 2,26
CALÇADO TIPO VULCABRÁS	Pares / ano	2	x R\$ 25,00	= R\$ 4,17
BONÉ TIPO JOCKEY	un / ano	2	x R\$ 2,20	= R\$ 0,37
CAPA DE CHUVA	un / ano	1	x R\$ 7,04	= R\$ 0,59
UNIFORME COMPLETO:				R\$ 10,76 / H . mês

CONSUMO MENSAL

Despesa: uniformes	ATERRO At. 01 d 01	PERÍODO		
		2007	2012	2017
MOTORISTA & AJUDANTE	H	4	4	4
SUBTOTAL	R\$ / mês	R\$ 43,04	R\$ 43,04	R\$ 43,04

6. RESUMO DOS CUSTOS OPERACIONAIS

Despesas operacionais	ATERRO At. 01 d 01	PERÍODO		
		2007	2012	2017
MÃO-DE-OBRA DIRETA		R\$ 5.034,50	R\$ 5.034,50	R\$ 5.034,50
VEÍCULOS TRANSPORTE E.TRANSF.-ATERRO		R\$ 16.507,57	R\$ 16.546,58	R\$ 16.594,29
UNIFORMES		R\$ 43,04	R\$ 43,04	R\$ 43,04
TOTAL Operacional	R\$ / mês	R\$ 21.585,11	R\$ 21.624,12	R\$ 21.671,83

7. MÃO-DE-OBRA DE SUPERVISÃO

	ATERRO At. 01 d 01	Fiscal
Salário Base		R\$ 1.244,41
Encargos Sociais	79,81%	R\$ 993,16
		R\$ 2.237,57
Vale Cesta		R\$ 40,61
Vale Refeição		R\$ 135,00
Vale Transporte		R\$ 71,38
Custo Mensal Unitário	R\$ / mês	R\$ 2.484,56

Despesa: mão-de-obra	ATERRO At. 01 d 01	PERÍODO		
		2007	2012	2017
Fiscal	H / mês	1	1	1
	R\$ / H	R\$ 2.484,56	R\$ 2.484,56	R\$ 2.484,56
	R\$ / mês	R\$ 2.484,56	R\$ 2.484,56	R\$ 2.484,56
TOTAL mão-de-obra	R\$ / mês	R\$ 2.484,56	R\$ 2.484,56	R\$ 2.484,56

8. VEÍCULO PARA SUPERVISÃO DOS SERVIÇOS

Pick-up Saveiro ou similar: R\$ 18.650,00 26,08 dias/mês

Planilha 07 – Transporte At→ETs→At: At. 01 d 01 da Situação 11 (cont.)

Pick-up	ATERRO		PERÍODO	
Supervisão e fiscalização	At. 01 d 01	2007	2012	2017
Número de veículos	un	1	1	1
	km / mês	311	313	315
Distância percorrida	km / mês	8.113	8.159	8.215

8.1. COMBUSTÍVEIS

Consumo: 8 km/litro
Custo: R\$ 1,80 /litro

Despesa: Combustível	ATERRO		PERÍODO	
	At. 01 d 01	2007	2012	2017
Distância percorrida	km / mês	8.113	8.159	8.215
SUBTOTAL	R\$ / mês	R\$ 1.825,43	R\$ 1.835,78	R\$ 1.848,38

8.2. MANUTENÇÃO

Pick-up Saveiro ou similar: R\$ 18.650,00
Fator: 60%
Vida útil: 60 meses

Despesa: manutenção	ATERRO		PERÍODO	
	At. 01 d 01	2007	2012	2017
Número de veículos		1	1	1
SUBTOTAL	R\$ / mês	R\$ 187,00	R\$ 187,00	R\$ 187,00

8.3. PNEUS E CÂMARAS

km/ciclo 45.000
pneus e câmaras 4
Pneu R\$ 60,09
Câmara R\$ 10,00
R\$/conj. R\$ 70,09

Despesa: pneus e câmaras	ATERRO		PERÍODO	
	At. 01 d 01	2007	2012	2017
	km / mês	8.113	8.159	8.215
SUBTOTAL	R\$ / mês	R\$ 50,55	R\$ 50,83	R\$ 51,18

8.4. LUBRIFICAÇÃO E LAVAGEM

- Motor

Carter (litros/ciclo) 3,5
Reposicao (litros/ciclo) 1,5
TOTAL (litros/ciclo) 5
R\$/litro R\$ 4,22
km/ciclo 5.000 R\$ 0,004

- Transmissao

litros/ciclo 2,5
R\$/litro R\$ 4,52
km/ciclo 20.000 R\$ 0,001

SUBTOTAL: R\$ 0,005 /km

- Filtros

R\$ / km lubrif. R\$ 0,005 Verba 20% R\$ 0,001

- Lavagem

R\$ / km abastecido R\$ 0,230 Verba 10% R\$ 0,023

TOTAL: R\$ 0,029 /km

Despesa: lubrif. e lavagem	ATERRO		PERÍODO	
	At. 01 d 01	2007	2012	2017
	km / mês	8.113	8.159	8.215
SUBTOTAL	R\$ / mês	R\$ 235,28	R\$ 236,61	R\$ 238,24

8.5. LICENCIAMENTO E SEGUROS

Seguro obrigatório R\$ 32,32
I.P.V.A (faixa B.2) R\$ 373,00
Seguro Total R\$ 1.753,10 R\$ 2.158,42 /veic.ano

Planilha 07 – Transporte At→ETs→At: At. 01 d 01 da Situação 11 (cont.)

Custo Mensal

Despesa: licenc. e seguros	ATERRO			PERÍODO	
	At. 01 d 01	2007	2012	2017	
	Número de veículos	1	1	1	
SUBTOTAL	R\$ / mês	R\$ 179,87	R\$ 179,87	R\$ 179,87	

8.6. DEPRECIACAO

Pick-up Saveiro ou similar: Valor Residual 35% Vida útil (meses) 60 Valor (R\$/veic) R\$ 18.369,64 (s/ pneus e câmaras)

Despesa: depreciação	ATERRO			PERÍODO	
	At. 01 d 01	2007	2012	2017	
	Número de veículos	1	1	1	
SUBTOTAL	R\$ / mês	R\$ 199,00	R\$ 199,00	R\$ 199,00	

8.7. CUSTO DE CAPITAL (remuneração)

Coef. Remun. (mês) $C = [(2 + (n - 1) \cdot (k + 1)) / 24 \cdot n] \cdot j$, ou $C = [(n + 1) + r \cdot (n - 1)] \cdot j / (2 \cdot 12 \cdot n)$, onde: $j = \text{Juros}$ 12%
 Pick-up Saveiro ou similar: $k = \text{Valor Residual}$ 35% $n = \text{Vida útil (anos)}$ 5 Valor (R\$/veic) R\$ 18.650,00 Coef. Remun. (mês) 0,007400

Despesa: custo capital	ATERRO			PERÍODO	
	At. 01 d 01	2007	2012	2017	
	Número de veículos	1	1	1	
SUBTOTAL	R\$ / mês	R\$ 138,01	R\$ 138,01	R\$ 138,01	

8.8. RESUMO - VEÍCULO PARA SUPERVISÃO DOS SERVIÇOS

Despesas: veículos	ATERRO			PERÍODO	
	At. 01 d 01	2007	2012	2017	
CONSUMO COMBUSTÍVEL		R\$ 1.825,43	R\$ 1.835,78	R\$ 1.848,38	
MANUTENÇÃO		R\$ 187,00	R\$ 187,00	R\$ 187,00	
PNEUS E CÂMARAS		R\$ 50,55	R\$ 50,83	R\$ 51,18	
LUBRIFICAÇÃO E LAVAGEM		R\$ 235,28	R\$ 236,61	R\$ 238,24	
LICENCIAMENTO E SEGUROS		R\$ 179,87	R\$ 179,87	R\$ 179,87	
DEPRECIACÃO		R\$ 199,00	R\$ 199,00	R\$ 199,00	
CUSTO DE CAPITAL (remuneração)		R\$ 138,01	R\$ 138,01	R\$ 138,01	
TOTAL Veículos	R\$ / mês	R\$ 2.815,14	R\$ 2.827,10	R\$ 2.841,68	

9. RESUMO DOS CUSTOS DE SUPERVISÃO

Despesas de supervisão	ATERRO			PERÍODO	
	At. 01 d 01	2007	2012	2017	
MÃO-DE-OBRA DE SUPERVISÃO		R\$ 2.484,56	R\$ 2.484,56	R\$ 2.484,56	
VEÍCULO PARA SUPERVISÃO DOS SERVIÇOS		R\$ 2.815,14	R\$ 2.827,10	R\$ 2.841,68	
TOTAL Supervisão	R\$ / mês	R\$ 5.299,70	R\$ 5.311,66	R\$ 5.326,24	

10. DESPESAS DE ADMINISTRACAO

28% sobre parte do custo direto e indireto para cobrir despesas com honorários, salários e ordenados, taxas, despesas gerais como água, luz, telefones, impressos e outras.

Taxa de Administração: 28%

Despesas de administração	ATERRO			PERÍODO	
	At. 01 d 01	2007	2012	2017	
DESPESAS DE OPERAÇÃO		R\$ 21.585,11	R\$ 21.624,12	R\$ 21.671,83	
DESPESAS DE SUPERVISÃO		R\$ 5.299,70	R\$ 5.311,66	R\$ 5.326,24	
TOTAL (Oper.+Superv.)	R\$ / mês	R\$ 26.884,81	R\$ 26.935,78	R\$ 26.998,07	
DESPESAS DE ADMINISTRAÇÃO		R\$ 7.527,75	R\$ 7.542,02	R\$ 7.559,46	

Planilha 07 – Transporte At→ETs→At: At. 01 d 01 da Situação 11 (cont.)

11. BENEFÍCIO

Benefício sobre o total dos custos

Benefício	ATERRO At. 01 d 01	2007	PERÍODO 2012	2017
DESPESAS DE OPER.+SUPERV.		R\$ 26.884,81	R\$ 26.935,78	R\$ 26.998,07
DESPESAS DE ADMINISTRAÇÃO		R\$ 7.527,75	R\$ 7.542,02	R\$ 7.559,46
TOTAL (Oper.+Superv.+Admin.)	R\$ / mês	R\$ 34.412,56	R\$ 34.477,80	R\$ 34.557,53
BENEFÍCIO		R\$ -	R\$ -	R\$ -

12. FATURAMENTO MENSAL (f)

Faturamento	ATERRO At. 01 d 01	2007	PERÍODO 2012	2017
DESPESAS DE OPERAÇÃO		R\$ 21.585,11	R\$ 21.624,12	R\$ 21.671,83
DESPESAS DE SUPERVISÃO		R\$ 5.299,70	R\$ 5.311,66	R\$ 5.326,24
DESPESAS DE ADMINISTRAÇÃO		R\$ 7.527,75	R\$ 7.542,02	R\$ 7.559,46
BENEFÍCIO		R\$ -	R\$ -	R\$ -
FATURAMENTO	R\$ / mês	R\$ 34.412,56	R\$ 34.477,80	R\$ 34.557,53

13. ISS, PIS, COFINS e CPMF

Sobre o faturamento incidirá as taxas de:

ISS	5,00%
PIS	0,65%

COFINS	3,00%
CPMF	1,50%

taxas = faturamento x (1/(1-PIS-ISS-COFINS-IRRF-CPMF)-1)

Taxas	ATERRO At. 01 d 01	2007	PERÍODO 2012	2017
FATURAMENTO		R\$ 34.412,56	R\$ 34.477,80	R\$ 34.557,53
TAXAS	R\$ / mês	R\$ 3.887,45	R\$ 3.894,82	R\$ 3.903,83

14. CUSTO MENSAL

$C_t = \text{faturamento} + \text{taxas}$

Custo mensal	ATERRO At. 01 d 01	2007	PERÍODO 2012	2017
FATURAMENTO		R\$ 34.412,56	R\$ 34.477,80	R\$ 34.557,53
TAXAS		R\$ 3.887,45	R\$ 3.894,82	R\$ 3.903,83
TOTAL CUSTO (C_t)	R\$ / mês	R\$ 38.300,01	R\$ 38.372,62	R\$ 38.461,36

15. CUSTO POR TONELADA DE LIXO COLETADO

$C_{\text{unit}} = C_t / Q$

Custo unitário	ATERRO At. 01 d 01	2007	PERÍODO 2012	2017
TOTAL CUSTO (C _t)	R\$	R\$ 38.300,01	R\$ 38.372,62	R\$ 38.461,36
Resíduos Sólidos (Q):	t / mês	2.737	2.913	3.065
CUSTO UNITÁRIO (C_{unit})	R\$ / t	R\$ 13,99	R\$ 13,17	R\$ 12,55

NOTA: ESTE PREÇO FOI CALCULADO COM BASE NOS VALORES VIGENTES EM

Junho de 2002

Planilha 08 – Aterro e ETs: At. 01 d 01 da Situação 11

OPERAÇÃO: ESTAÇÃO DE TRANSFERÊNCIA E ATERRO

CUSTO DOS SERVIÇOS

Data base:

Junho de 2002

1. DADOS BÁSICOS NECESSÁRIOS

1.1. QUANTIDADE MÉDIA DE RESÍDUOS

Resíduos Sólidos (t/mês):	ATERRO	2007	PERÍODO	2017
	At. 01 d 01		2012	
		2.737	2.913	3.065

1.2. NÚMERO DE DIAS ÚTEIS POR ANO

Descontados somente domingos

Descontados domingos e feriados

365	dias/ano
52	domingos/ano
313	dias úteis/ano
26,08	dias úteis/mes

365	dias/ano
52	domingos/ano
10	feriados/ano
303	dias uteis/ano
25,25	dias úteis/mes

1.3. SERVIÇO EM JORNADA NORMAL

	ATERRO	2007	PERÍODO	2017
	At. 01 d 01		2012	
Trator sobre esteria com lâmina		1	1	1
Retroescavadeira		1	1	1
Caminhão Basculante		1	1	1
Balança Rodoviária		1	1	1
Sistema de Pesagem ET		1	1	1

Número de Jornadas /dia:	ATERRO	2007	PERÍODO	2017
	At. 01 d 01		2012	
		1	1	1

Horas extras totais (h):	ATERRO	2007	PERÍODO	2017
	At. 01 d 01		2012	
		0,00	0,00	0,00

2. DIMENSIONAMENTO DA FROTA E DO PESSOAL

2.1. MÃO-DE-OBRA DIRETA

Guarnição:

Trator sobre esteria com lâmina
Retroescavadeira
Caminhão Basculante

Motorista	1	H. x veículo
Motorista	0	H. x veículo
Motorista	1	H. x veículo

MOTORISTAS

Motorista (H/dia)	ATERRO	2007	PERÍODO	2017
	At. 01 d 01		2012	
Operação:		2	2	2
Reserva Absenteísmo:	10%	0	0	0
TOTAL Necessário:		2	2	2

Planilha 08 – Aterro e ETs: At. 01 d 01 da Situação 11 (cont.)

3. CUSTO DA MÃO-DE-OBRA DIRETA

MOTORISTAS

	ATERRO		PERÍODO		
	At. 01 d 01		2007	2012	2017
Salário	R\$/hora		R\$ 2,53	R\$ 2,53	R\$ 2,53
Horas Mensais			220	220	220
Salário Base			R\$ 556,00	R\$ 556,00	R\$ 556,00
Insalubridade			R\$ 40,00	R\$ 40,00	R\$ 40,00
Subtotal			R\$ 596,00	R\$ 596,00	R\$ 596,00
Horas Extras			R\$ -	R\$ -	R\$ -
Feriado Diurno			R\$ 30,92	R\$ 30,92	R\$ 30,92
Salário Mensal			R\$ 626,92	R\$ 626,92	R\$ 626,92
Salário Mensal com Encargos			R\$ 1.127,26	R\$ 1.127,26	R\$ 1.127,26
Vale Refeição			R\$ 135,00	R\$ 135,00	R\$ 135,00
Vale Cesta			R\$ 40,61	R\$ 40,61	R\$ 40,61
Convênio Médico			R\$ 26,00	R\$ 26,00	R\$ 26,00
Vale Transporte			R\$ 112,69	R\$ 112,69	R\$ 112,69
Custo Mensal Unitário	R\$/mês		R\$ 1.441,56	R\$ 1.441,56	R\$ 1.441,56

Feriados e domingos	100%	VALE TRANSPORTE:	
Horas Extras	50%	R\$ / passagem ônibus	1,40
Adic.Not.(22h as 5h)	20,00%	passagem/dia (media)	4
Encargos Sociais	79,81%	A deduzir	6,00%

3.1. CUSTO MENSAL

Despesa: mão-de-obra	ATERRO		PERÍODO		
	At. 01 d 01		2007	2012	2017
MOTORISTAS	H / mês		2	2	2
	R\$ / H		R\$ 1.441,56	R\$ 1.441,56	R\$ 1.441,56
	R\$ /mês		R\$ 2.883,12	R\$ 2.883,12	R\$ 2.883,12
TOTAL mão-de-obra	R\$ /mês		R\$ 2.883,12	R\$ 2.883,12	R\$ 2.883,12

4. EQUIPAMENTOS

4.1. Horas trabalhadas

Horas trabalhadas	ATERRO		PERÍODO		
	At. 01 d 01		2007	2012	2017
Trator sobre esterio com lâmina	h / mês		78	83	88
Retroescavadeira	h / mês		39	42	44
Caminhão Basculante	h / mês		39	42	44

4.2. INSUMOS, MANUTENÇÃO, ETC

Custos unitários	ATERRO	Insumos	Manutenção	Outros
	At. 01 d 01	(R\$/h)	(R\$/h)	
Trator sobre esterio com lâmina		R\$ 16,11	R\$ 23,58	6,50%
Retroescavadeira		R\$ 11,83	R\$ 6,75	
Caminhão Basculante		R\$ 21,31	R\$ 5,79	

Insumos	ATERRO	PERÍODO		
	At. 01 d 01	2007	2012	2017
Trator sobre esterio com lâmina	R\$ /mês	R\$ 1.261,18	R\$ 1.341,71	R\$ 1.410,97
Retroescavadeira	R\$ /mês	R\$ 463,06	R\$ 492,63	R\$ 518,06
Caminhão Basculante	R\$ /mês	R\$ 834,13	R\$ 887,39	R\$ 933,20

Manutenção	ATERRO	PERÍODO		
	At. 01 d 01	2007	2012	2017
Trator sobre esterio com lâmina	R\$ /mês	R\$ 1.845,97	R\$ 1.963,84	R\$ 2.065,22
Retroescavadeira	R\$ /mês	R\$ 264,21	R\$ 281,08	R\$ 295,60
Caminhão Basculante	R\$ /mês	R\$ 226,64	R\$ 241,11	R\$ 253,55

Planilha 08 – Aterro e ETs: At. 01 d 01 da Situação 11 (cont.)

Insumos, Manutenção, etc	ATERRO		PERÍODO		
	At. 01 d 01	2007	2012	2017	
Trator sobre esterio com lâmina	R\$ / mês	R\$ 3.107,15	R\$ 3.305,54	R\$ 3.476,20	
Retroescavadeira	R\$ / mês	R\$ 727,27	R\$ 773,71	R\$ 813,65	
Caminhão Basculante	R\$ / mês	R\$ 1.060,77	R\$ 1.128,50	R\$ 1.186,76	
Insumos & Manutenção	R\$ / mês	R\$ 4.895,19	R\$ 5.207,75	R\$ 5.476,61	
Outros (lavagem, lubrif.)	R\$ / mês	R\$ 318,19	R\$ 338,50	R\$ 355,98	
SUBTOTAL		R\$ 5.213,38	R\$ 5.546,25	R\$ 5.832,59	

4.3. LICENCIAMENTO E SEGUROS

	Trator esterio com lâmina	Retroescavadeira	Caminhão Basculante
Preço do equipamento	R\$ 232.946,00	R\$ 110.000,00	R\$ 94.228,37
Seguro obrigatório (cat. 10)	R\$ 55,43	R\$ 55,43	R\$ 55,43
I.P.V.A (faixa E.3)	R\$ -	R\$ -	R\$ 1.413,43
Seguro contra incêndio e danos materiais contra terceiros	R\$ 18.635,68	R\$ 8.800,00	R\$ 7.538,27
Custo anual (/equip.ano)	R\$ 18.691,11	R\$ 8.855,43	R\$ 9.007,13

Custo Mensal

Despesa: licenc. e seguros	ATERRO		PERÍODO		
	At. 01 d 01	2007	2012	2017	
Trator sobre esterio com lâmina	R\$ / mês	R\$ 1.557,59	R\$ 737,95	R\$ 750,59	
Retroescavadeira	R\$ / mês	R\$ 1.557,59	R\$ 737,95	R\$ 750,59	
Caminhão Basculante	R\$ / mês	R\$ 1.557,59	R\$ 737,95	R\$ 750,59	
SUBTOTAL	R\$ / mês	R\$ 4.672,77	R\$ 2.213,85	R\$ 2.251,77	

4.4. DEPRECIAÇÃO

	Valor Residual	Vida útil (h)	Valor (R\$/veic)
Trator sobre esterio com lâmina	20%	10.000	R\$ 232.946,00
Retroescavadeira	20%	10.000	R\$ 110.000,00
Caminhão Basculante	22%	10.000	R\$ 94.228,37
	Valor Residual	Vida útil (meses)	Valor (R\$)
Balança Rodoviária	5%	180	R\$ 30.000,00
Sistema de Pesagem ET	5%	180	R\$ 159.800,00

Despesa: depreciação	ATERRO		PERÍODO		
	At. 01 d 01	2007	2012	2017	
Trator sobre esterio com lâmina	R\$ / mês	R\$ 1.458,90	R\$ 1.552,05	R\$ 1.632,18	
Retroescavadeira	R\$ / mês	R\$ 344,46	R\$ 366,45	R\$ 385,37	
Caminhão Basculante	R\$ / mês	R\$ 287,69	R\$ 306,06	R\$ 321,86	
Balança Rodoviária	R\$ / mês	R\$ 158,33	R\$ 158,33	R\$ 158,33	
Sistema de Pesagem ET	R\$ / mês	R\$ 843,39	R\$ 843,39	R\$ 843,39	
SUBTOTAL	R\$ / mês	R\$ 3.092,77	R\$ 3.226,29	R\$ 3.341,14	

4.5. CUSTO DE CAPITAL (remuneração)

$$C = \frac{[(2 + (n - 1) \cdot (k + 1)) / 24 \cdot n] \cdot j}{(n + 1) + r \cdot (n - 1)} \cdot j / (2 \cdot 12 \cdot n), \text{ onde: } j = \text{Juros}$$

$$\text{Coef. Remun. (/mês)} = \frac{[(n + 1) + r \cdot (n - 1)] \cdot j}{(n + 1) + r \cdot (n - 1)} \cdot j / (2 \cdot 12 \cdot n), \text{ onde: } j = 12\%$$

	k = Valor Residual	n = Vida útil (anos)	Valor (R\$/veic)	Coef. Remun. (/mês)
Trator sobre esterio com lâmina	20%	10	R\$ 232.946,00	0,006399
Retroescavadeira	20%	20	R\$ 110.000,00	0,006199
Caminhão Basculante	22%	20	R\$ 94.228,37	0,006294
Balança Rodoviária	5%	15	R\$ 30.000,00	0,005567
Sistema de Pesagem ET	5%	15	R\$ 159.800,00	0,005567

Despesa: custo capital	ATERRO		PERÍODO		
	At. 01 d 01	2007	2012	2017	
Trator sobre esterio com lâmina	R\$ / mês	R\$ 1.490,62	R\$ 1.490,62	R\$ 1.490,62	
Retroescavadeira	R\$ / mês	R\$ 681,89	R\$ 681,89	R\$ 681,89	
Caminhão Basculante	R\$ / mês	R\$ 593,07	R\$ 593,07	R\$ 593,07	
Balança Rodoviária	R\$ / mês	R\$ 167,01	R\$ 167,01	R\$ 167,01	
Sistema de Pesagem ET	R\$ / mês	R\$ 889,61	R\$ 889,61	R\$ 889,61	
SUBTOTAL	R\$ / mês	R\$ 3.822,20	R\$ 3.822,20	R\$ 3.822,20	

Planilha 08 – Aterro e ETs: At. 01 d 01 da Situação 11 (cont.)

4.6. RESUMO EQUIPAMENTOS

Despesas: veículos	ATERRO At. 01 d 01	PERÍODO		
		2007	2012	2017
INSUMOS, MANUTENÇÃO, ETC		R\$ 5.213,38	R\$ 5.546,25	R\$ 5.832,59
LICENCIAMENTO E SEGUROS		R\$ 4.672,77	R\$ 2.213,85	R\$ 2.251,77
DEPRECIÇÃO		R\$ 3.092,77	R\$ 3.226,29	R\$ 3.341,14
CUSTO DE CAPITAL (remuneração)		R\$ 3.822,20	R\$ 3.822,20	R\$ 3.822,20
TOTAL Equipamentos	R\$ / mês	R\$ 16.801,12	R\$ 14.808,59	R\$ 15.247,70

5. UNIFORMES

MOTORISTAS		Quantidade	Preço Unitário	
CALÇA DE BRIM	un / ano	4	x R\$ 10,10	= R\$ 3,37
CAMISA DE BRIM	un / ano	3	x R\$ 9,04	= R\$ 2,26
CALÇADO TIPO VULCABRÁS	Pares / ano	2	x R\$ 25,00	= R\$ 4,17
BONÉ TIPO JOCKEY	un / ano	2	x R\$ 2,20	= R\$ 0,37
CAPA DE CHUVA	un / ano	1	x R\$ 7,04	= R\$ 0,59
UNIFORME COMPLETO:				R\$ 10,76 / H . mês

Despesa: uniformes	ATERRO At. 01 d 01	PERÍODO		
		2007	2012	2017
MOTORISTAS	H	2	2	2
SUBTOTAL	R\$ / mês	R\$ 21,52	R\$ 21,52	R\$ 21,52

6. RESUMO DOS CUSTOS OPERACIONAIS

Despesas operacionais	ATERRO At. 01 d 01	PERÍODO		
		2007	2012	2017
MÃO-DE-OBRA DIRETA		R\$ 2.883,12	R\$ 2.883,12	R\$ 2.883,12
EQUIPAMENTOS		R\$ 16.801,12	R\$ 14.808,59	R\$ 15.247,70
UNIFORMES		R\$ 21,52	R\$ 21,52	R\$ 21,52
TOTAL Operacional	R\$ / mês	R\$ 19.705,76	R\$ 17.713,23	R\$ 18.152,34

7. MÃO-DE-OBRA: ENCARREGADOS

Encarregados	ATERRO At. 01 d 01	Est. Transfer.	
		Aterro	Est. Transfer.
Salário Base		R\$ 583,59	R\$ 583,59
Encargos Sociais	79,81%	R\$ 465,76	R\$ 465,76
		R\$ 1.049,35	R\$ 1.049,35
Vale Cesta		R\$ 40,61	R\$ 40,61
Vale Refeição		R\$ 135,00	R\$ 135,00
Vale Transporte		R\$ 111,03	R\$ 111,03
Custo Mensal Unitário	R\$ / mês	R\$ 1.335,99	R\$ 1.335,99

Despesa: mão-de-obra	ATERRO At. 01 d 01	PERÍODO		
		2007	2012	2017
Encarregado Aterro	H / mês	1	1	1
	R\$ / H	R\$ 1.335,99	R\$ 1.335,99	R\$ 1.335,99
Encarregado Est. de Transf.	H / mês	1	1	1
	R\$ / H	R\$ 1.335,99	R\$ 1.335,99	R\$ 1.335,99
TOTAL mão-de-obra	R\$ / mês	R\$ 2.671,98	R\$ 2.671,98	R\$ 2.671,98

8. RESUMO DOS CUSTOS COM ENCARREGADOS

Despesas com encarregados	ATERRO At. 01 d 01	PERÍODO		
		2007	2012	2017
MÃO-DE-OBRA: ENCARREGADOS		R\$ 2.671,98	R\$ 2.671,98	R\$ 2.671,98
TOTAL Encarregados	R\$ / mês	R\$ 2.671,98	R\$ 2.671,98	R\$ 2.671,98

Planilha 08 – Aterro e ETs: At. 01 d 01 da Situação 11 (cont.)

9. DESPESAS DE ADMINISTRACAO

28% sobre parte do custo direto e indireto para cobrir despesas com honorários, salários e ordenados, taxas, despesas gerais como água, luz, telefones, impressos e outras.

Taxa de Administração:

Despesas de administração	ATERRO At. 01 d 01	2007	PERÍODO 2012	2017
DESPESAS DE OPERAÇÃO		R\$ 19.705,76	R\$ 17.713,23	R\$ 18.152,34
DESPESAS ENCARREGADOS		R\$ 2.671,98	R\$ 2.671,98	R\$ 2.671,98
TOTAL (Oper.+Superv.)	R\$ / mês	R\$ 22.377,74	R\$ 20.385,21	R\$ 20.824,32
DESPESAS DE ADMINISTRAÇÃO		R\$ 6.265,77	R\$ 5.707,86	R\$ 5.830,81

10. BENEFICIO

Benefício sobre o total dos custos

Benefício	ATERRO At. 01 d 01	2007	PERÍODO 2012	2017
DESPESAS DE OPER.+ENCARREG.		R\$ 22.377,74	R\$ 20.385,21	R\$ 20.824,32
DESPESAS DE ADMINISTRAÇÃO		R\$ 6.265,77	R\$ 5.707,86	R\$ 5.830,81
TOTAL (Oper.+Enc.+Admin.)	R\$ / mês	R\$ 28.643,51	R\$ 26.093,07	R\$ 26.655,13
BENEFÍCIO		R\$ -	R\$ -	R\$ -

11. FATURAMENTO MENSAL (f)

Faturamento	ATERRO At. 01 d 01	2007	PERÍODO 2012	2017
DESPESAS DE OPERAÇÃO		R\$ 19.705,76	R\$ 17.713,23	R\$ 18.152,34
DESPESAS ENCARREGADOS		R\$ 2.671,98	R\$ 2.671,98	R\$ 2.671,98
DESPESAS DE ADMINISTRAÇÃO		R\$ 6.265,77	R\$ 5.707,86	R\$ 5.830,81
BENEFÍCIO		R\$ -	R\$ -	R\$ -
FATURAMENTO	R\$ / mês	R\$ 28.643,51	R\$ 26.093,07	R\$ 26.655,13

12. ISS, PIS, COFINS e CPMF

Sobre o faturamento incidirá as taxas de:

ISS
PIS

COFINS
CPMF

taxas = faturamento x (1/(1-PIS-ISS-COFINS-IRRF-CPMF)-1)

Taxas	ATERRO At. 01 d 01	2007	PERÍODO 2012	2017
FATURAMENTO		R\$ 28.643,51	R\$ 26.093,07	R\$ 26.655,13
TAXAS	R\$ / mês	R\$ 3.235,74	R\$ 2.947,63	R\$ 3.011,12

13. CUSTO MENSAL

$C_t = \text{faturamento} + \text{taxas}$

Custo mensal	ATERRO At. 01 d 01	2007	PERÍODO 2012	2017
FATURAMENTO		R\$ 28.643,51	R\$ 26.093,07	R\$ 26.655,13
TAXAS		R\$ 3.235,74	R\$ 2.947,63	R\$ 3.011,12
TOTAL CUSTO (C_t)	R\$ / mês	R\$ 31.879,25	R\$ 29.040,70	R\$ 29.666,25

14. CUSTO POR TONELADA DE LIXO COLETADO

$C_{\text{unit}} = C_t / Q$

Custo unitário	ATERRO At. 01 d 01	2007	PERÍODO 2012	2017
TOTAL CUSTO (C _t)	R\$ / mês	R\$ 31.879,25	R\$ 29.040,70	R\$ 29.666,25
Resíduos Sólidos (Q):	t / mês	2.737	2.913	3.065
CUSTO UNITÁRIO (C_{unit})	R\$ / t	R\$ 11,65	R\$ 9,97	R\$ 9,68

NOTA: ESTE PREÇO FOI CALCULADO COM BASE NOS VALORES VIGENTES EM

Junho de 2002

Planilha 08 – Aterro e ETs: At. 01 d 01 da Situação 11 (cont.)

IMPLANTAÇÃO: ESTAÇÃO DE TRANSFERÊNCIA E ATERRO

INVESTIMENTOS

14. CUSTO POR TONELADA DE LIXO COLETADO

14.1. IMPLANTAÇÃO DOS ATERROS

Custo unitário	ATERRO	Vida útil aterro de	15 anos
Investimento (I):	At. 01 d 01	R\$	R\$ 1.081.104,35
Resíduos Sólidos (Q):		t	523.222
CUSTO UNITÁRIO (C_{unit})		R\$ / t	R\$ 2,07

14.2. IMPLANTAÇÃO DAS ETs

Custo unitário	ATERRO	Vida útil aterro de	15 anos
Investimento (I):	At. 01 d 01	R\$	R\$ 975.991,81
Resíduos Sólidos (Q):		t	523.222
CUSTO UNITÁRIO (C_{unit})		R\$ / t	R\$ 1,87

14.3. TOTAL IMPLANTAÇÃO

Custo unitário	ATERRO	Vida útil aterro de	15 anos
Investimento (I):	At. 01 d 01	R\$	R\$ 2.057.096,16
Resíduos Sólidos (Q):		t	523.222
CUSTO UNITÁRIO (C_{unit})		R\$ / t	R\$ 3,93

NOTA: ESTE PREÇO FOI CALCULADO COM BASE NOS VALORES VIGENTES EM

Junho de 2002

Planilha 09 – Resumo dos Custos: At. 01 d 01 da Situação 11

SISTEMA CONSORCIADO INTERMUNICIPAL PARA DESTINAÇÃO DOS RSU

APA de Corumbataí - SP

Data base:

Junho de 2002

1. RESUMO CUSTO SERVIÇOS

1.1. CUSTO COLETA

	ATERRO	PERÍODO		
		2007	2012	2017
DESPESAS DE OPERAÇÃO	At. 01 d 01	R\$ 156.618,41	R\$ 157.558,97	R\$ 158.368,07
DESPESAS DE SUPERVISÃO		R\$ 10.371,83	R\$ 10.371,83	R\$ 10.371,83
DESPESAS DE ADMINISTRAÇÃO		R\$ 46.757,27	R\$ 47.020,62	R\$ 47.247,17
BENEFÍCIO		R\$ -	R\$ -	R\$ -
TAXAS		R\$ 24.146,21	R\$ 24.282,21	R\$ 24.399,21
TOTAL CUSTO (Ct)	R\$ / mês	R\$ 237.893,72	R\$ 239.233,63	R\$ 240.386,28
CUSTO UNITÁRIO (Cunit)	R\$ / t	R\$ 86,93	R\$ 82,11	R\$ 78,43
DESPESAS DE OPERAÇÃO	1 Aterro	R\$ 156.618,41	R\$ 157.558,97	R\$ 158.368,07
DESPESAS DE SUPERVISÃO		R\$ 10.371,83	R\$ 10.371,83	R\$ 10.371,83
DESPESAS DE ADMINISTRAÇÃO		R\$ 46.757,27	R\$ 47.020,62	R\$ 47.247,17
BENEFÍCIO		R\$ -	R\$ -	R\$ -
TAXAS		R\$ 24.146,21	R\$ 24.282,21	R\$ 24.399,21
TOTAL CUSTO (Ct)	R\$ / mês	R\$ 237.893,72	R\$ 239.233,63	R\$ 240.386,28
CUSTO UNITÁRIO (Cunit)	R\$ / t	R\$ 86,93	R\$ 82,11	R\$ 78,43

1.2. CUSTO TRANSPORTE COLETA

	ATERRO	PERÍODO		
		2007	2012	2017
TOTAL CUSTO (Ct)	At. 01 d 01	R\$ 4.449,33	R\$ 4.986,05	R\$ 5.479,06
CUSTO UNITÁRIO (Cunit)	R\$ / t	R\$ 1,63	R\$ 1,71	R\$ 1,79
TOTAL CUSTO (Ct)	1 Aterro	R\$ 4.449,33	R\$ 4.986,05	R\$ 5.479,06
CUSTO UNITÁRIO (Cunit)	R\$ / t	R\$ 1,63	R\$ 1,71	R\$ 1,79

1.3. CUSTO TRANSPORTE At-ET-At

	ATERRO	PERÍODO		
		2007	2012	2017
DESPESAS DE OPERAÇÃO	At. 01 d 01	R\$ 21.585,11	R\$ 21.624,12	R\$ 21.671,83
DESPESAS DE SUPERVISÃO		R\$ 5.299,70	R\$ 5.311,66	R\$ 5.326,24
DESPESAS DE ADMINISTRAÇÃO		R\$ 7.527,75	R\$ 7.542,02	R\$ 7.559,46
BENEFÍCIO		R\$ -	R\$ -	R\$ -
TAXAS		R\$ 3.887,45	R\$ 3.894,82	R\$ 3.903,83
TOTAL CUSTO (Ct)	R\$ / mês	R\$ 38.300,01	R\$ 38.372,62	R\$ 38.461,36
CUSTO UNITÁRIO (Cunit)	R\$ / t	R\$ 13,99	R\$ 13,17	R\$ 12,55
DESPESAS DE OPERAÇÃO	1 Aterro	R\$ 21.585,11	R\$ 21.624,12	R\$ 21.671,83
DESPESAS DE SUPERVISÃO		R\$ 5.299,70	R\$ 5.311,66	R\$ 5.326,24
DESPESAS DE ADMINISTRAÇÃO		R\$ 7.527,75	R\$ 7.542,02	R\$ 7.559,46
BENEFÍCIO		R\$ -	R\$ -	R\$ -
TAXAS		R\$ 3.887,45	R\$ 3.894,82	R\$ 3.903,83
TOTAL CUSTO (Ct)	R\$ / mês	R\$ 38.300,01	R\$ 38.372,62	R\$ 38.461,36
CUSTO UNITÁRIO (Cunit)	R\$ / t	R\$ 13,99	R\$ 13,17	R\$ 12,55

Planilha 09 – Resumo dos Custos: At. 01 d 01 da Situação 11 (cont.)

1.4. CUSTO OPERAÇÃO Aterro - E.transf.

	ATERRO	PERÍODO		
		2007	2012	2017
DESPESAS DE OPERAÇÃO	At. 01 d 01	R\$ 19.705,76	R\$ 17.713,23	R\$ 18.152,34
DESPESAS ENCARGADOS		R\$ 2.671,98	R\$ 2.671,98	R\$ 2.671,98
DESPESAS DE ADMINISTRAÇÃO		R\$ 6.265,77	R\$ 5.707,86	R\$ 5.830,81
BENEFÍCIO		R\$ -	R\$ -	R\$ -
TAXAS		R\$ 3.235,74	R\$ 2.947,63	R\$ 3.011,12
TOTAL CUSTO (Ct)	R\$ / mês	R\$ 31.879,25	R\$ 29.040,70	R\$ 29.666,25
CUSTO UNITÁRIO (Cunit)	R\$ / t	R\$ 11,65	R\$ 9,97	R\$ 9,68
DESPESAS DE OPERAÇÃO	1 Aterro	R\$ 19.705,76	R\$ 17.713,23	R\$ 18.152,34
DESPESAS ENCARGADOS		R\$ 2.671,98	R\$ 2.671,98	R\$ 2.671,98
DESPESAS DE ADMINISTRAÇÃO		R\$ 6.265,77	R\$ 5.707,86	R\$ 5.830,81
BENEFÍCIO		R\$ -	R\$ -	R\$ -
TAXAS		R\$ 3.235,74	R\$ 2.947,63	R\$ 3.011,12
TOTAL CUSTO (Ct)	R\$ / mês	R\$ 31.879,25	R\$ 29.040,70	R\$ 29.666,25
CUSTO UNITÁRIO (Cunit)	R\$ / t	R\$ 11,65	R\$ 9,97	R\$ 9,68

1.5. CUSTO TOTAL

	1 Aterro	PERÍODO		
		2007	2012	2017
CUSTO COLETA				
TOTAL CUSTO (Ct)	R\$ / mês	R\$ 237.893,72	R\$ 239.233,63	R\$ 240.386,28
CUSTO UNITÁRIO (Cunit)	R\$ / t	R\$ 86,93	R\$ 82,11	R\$ 78,43
CUSTO TRANSPORTE COLETA				
TOTAL CUSTO (Ct)	R\$ / mês	R\$ 4.449,33	R\$ 4.986,05	R\$ 5.479,06
CUSTO UNITÁRIO (Cunit)	R\$ / t	R\$ 1,63	R\$ 1,71	R\$ 1,79
CUSTO TRANSPORTE At-ET-At				
TOTAL CUSTO (Ct)	R\$ / mês	R\$ 38.300,01	R\$ 38.372,62	R\$ 38.461,36
CUSTO UNITÁRIO (Cunit)	R\$ / t	R\$ 13,99	R\$ 13,17	R\$ 12,55
CUSTO OPERAÇÃO Aterro - E.transf.				
TOTAL CUSTO (Ct)	R\$ / mês	R\$ 31.879,25	R\$ 29.040,70	R\$ 29.666,25
CUSTO UNITÁRIO (Cunit)	R\$ / t	R\$ 11,65	R\$ 9,97	R\$ 9,68
TOTAL CUSTO (Ct)	R\$ / mês	R\$ 312.522,31	R\$ 311.633,00	R\$ 313.992,95
CUSTO UNITÁRIO (Cunit)	R\$ / t	R\$ 114,19	R\$ 106,96	R\$ 102,44

NOTA: ESTE PREÇO FOI CALCULADO COM BASE NOS VALORES VIGENTES EM

Junho de 2002

Planilha 09 – Resumo dos Custos: At. 01 d 01 da Situação 11 (cont.)

2. RESUMO CUSTO IMPLANTAÇÃO

2.1. IMPLANTAÇÃO DOS ATERROS

ATERRO		Vida útil aterro de	15 anos
Investimento (I):	At. 01 d 01	R\$	R\$ 1.081.104,35
CUSTO UNITÁRIO (C _{unit})		R\$ / t	R\$ 2,07
Investimento (I):	1 Aterro	R\$	R\$ 1.081.104,35
CUSTO UNITÁRIO (C _{unit})		R\$ / t	R\$ 2,07

2.2. IMPLANTAÇÃO DAS Ets

ATERRO		Vida útil aterro de	15 anos
Investimento (I):	At. 01 d 01	R\$	R\$ 975.991,81
CUSTO UNITÁRIO (C _{unit})		R\$ / t	R\$ 1,87
Investimento (I):	1 Aterro	R\$	R\$ 975.991,81
CUSTO UNITÁRIO (C _{unit})		R\$ / t	R\$ 1,87

2.3. TOTAL IMPLANTAÇÃO

1 Aterro		Vida útil aterro de	15 anos
IMPLANTAÇÃO DOS ATERROS			
Investimento (I):		R\$	R\$ 1.081.104,35
CUSTO UNITÁRIO (C _{unit})		R\$ / t	R\$ 2,07
IMPLANTAÇÃO DAS Ets			
Investimento (I):		R\$	R\$ 975.991,81
CUSTO UNITÁRIO (C _{unit})		R\$ / t	R\$ 1,87
Investimento (I):		R\$	R\$ 2.057.096,16
CUSTO UNITÁRIO (C _{unit})		R\$ / t	R\$ 3,93

NOTA: ESTE PREÇO FOI CALCULADO COM BASE NOS VALORES VIGENTES EM

Junho de 2002