

**LOCALIZAÇÃO DE ATERROS SANITÁRIOS E LIXÕES NO ESTADO DE  
SÃO PAULO, CONSIDERANDO PADRÕES AMBIENTAIS DISTINTOS:  
UMA APLICAÇÃO DE MODELOS MATEMÁTICOS DE OTIMIZAÇÃO**

**LUCIANA GANDELINI**

Orientador: Dr. José Vicente Caixeta Filho

Monografia apresentada à Escola Superior de  
Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade  
de São Paulo, para obtenção do título de  
Bacharel em Ciências Econômicas.

PIRACICABA  
Estado de São Paulo – Brasil  
Novembro - 2002

Meus sinceros agradecimentos à FUNDAÇÃO DE AMPARO À PESQUISA DO ESTADO DE SÃO PAULO – FAPESP – pela apoio ao presente trabalho.

## SUMÁRIO

	Página
LISTA DE FIGURAS .....	v
LISTA DE TABELAS .....	vi
1. INTRODUÇÃO .....	1
2. RESÍDUOS SÓLIDOS E ATERROS SANITÁRIOS: PRINCIPAIS CONCEITOS E DEFINIÇÕES .....	3
2.1 Classificação e destinação dos resíduos sólidos.....	3
2.1.1 Classificação dos aterros de resíduos urbanos .....	5
2.1.2 Escolha de áreas para a implantação de aterros sanitários.....	10
2.1.3 Encerramento do aterro .....	12
2.2 A questão do lixo no Brasil.....	13
2.3 O controle dos resíduos no Estado de São Paulo .....	16
2.4 Sobre a utilização de modelos matemáticos.....	20
3. MATERIAIS E MÉTODOS .....	22
3.1 Obtenção das informações .....	22
3.1.1 A “divisão” do Estado de São Paulo .....	22
3.1.2 População e quantidade de lixo produzida.....	24
3.1.3 Área ocupada pelas unidades receptoras.....	26
3.1.4 Os modelos e a seleção de seus municípios .....	27
3.1.4.1 O modelo “macro” .....	27
3.1.4.2 O modelo “micro” .....	30
3.1.5 Cálculo das distâncias rodoviárias .....	32
3.1.6 Variáveis que caracterizam os locais receptores (IQR) .....	33
3.1.7 Os custos envolvidos nos modelos.....	34
3.1.7.1 Os custos operacionais .....	34
3.1.7.2 Custo do transporte do lixo .....	35
3.2 Representação matemática .....	35

3.3 Os modelos.....	38
3.3.1 O modelo “macro” .....	38
3.3.1.1 O cenário “macro” 1.....	38
3.3.1.2 O cenário “macro” 2.....	38
3.3.1.3 O cenário “macro” 3.....	38
3.3.2 O modelo “micro” .....	39
3.3.2.1 O cenário “micro” 1 .....	39
3.3.2.2 O cenário “micro” 2 .....	39
3.3.2.3 O cenário “micro” 3 .....	39
4. ANÁLISE DOS RESULTADOS .....	40
4.1 Os cenários “macros”.....	40
4.1.1 O cenário “macro” 1.....	40
4.1.2 O cenário “macro” 2.....	44
4.1.3 O cenário “macro” 3.....	48
4.2 Os cenários “micros”.....	52
4.2.1 O cenário “micro” 1 .....	52
4.2.2 O cenário “micro” 2 .....	56
4.2.3 O cenário “micro” 3 .....	59
5. CONCLUSÕES .....	63
ANEXOS .....	66
APÊNDICE I.....	74
APÊNDICE II .....	90
APÊNDICE III.....	103
APÊNDICE IV.....	109
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	115

## LISTA DE FIGURAS

	Página
1 Esquema básico de funcionamento de um aterro sanitário .....	7
2 Figura ilustrativa do método de trincheira .....	8
3 Figura ilustrativa do método de rampa.....	9
4 Figura ilustrativa do método da área.....	9
5 Percentual do volume de lixo coletado, por tipo de destino final segundo os estratos populacionais dos municípios – 2000 .....	14
6 Produção <i>per capita</i> de resíduos domiciliares e urbanos, em kg/dia, segundo os estratos populacionais dos municípios – 2000 .....	15
7 Média do IQR no Estado de São Paulo.....	19
8 Unidades de Gerenciamento de Recursos Hídricos do Estado de São Paulo .....	23
9 Produção diária de resíduos por município paulista em cada UGRHI.....	26
10 Municípios selecionados para o modelo “macro” e suas respectivas UGRHIs.....	30
11 Localização da UGRHI 5 no Estado de São Paulo .....	32
12 Municípios selecionados para o cenário “macro” 1 .....	43
13 Municípios selecionados para o cenário “macro” 2.....	47
14 Municípios selecionados para o cenário “macro” 3.....	51
15 Municípios selecionados para o cenário “micro” 1 e a localização da UGRHI 5 no Estado de São Paulo .....	55
16 Municípios selecionados para o cenário “micro” 2 e a localização da UGRHI 5 no Estado de São Paulo. ....	58
17 Municípios selecionados para o cenário “micro” 3 e a localização da UGRHI no Estado de São Paulo. ....	61

## LISTA DE TABELAS

	Página
1 Enquadramentos das Instalações de destinação final de lixo em função dos valores de IQR e IQC .....	17
2 Número de municípios no Estado de São Paulo que assinaram TACs .....	18
3 Situação dos municípios paulistas que assinaram TAC, em função da situação das instalações de destinação final de resíduos sólidos domiciliares, comparando-se os valores obtidos em 1999 e 2000 .....	19
4 Valores de coeficiente <i>per capita</i> de produção de resíduos sólidos domiciliares em função da população urbana .....	24
5 Número de municípios paulistas, por faixa de produção diária de resíduos em cada UGRHI .....	25
6 Municípios selecionados para o modelo “macro” .....	28
7 Municípios da UGRHI que compõem o modelo “micro” .....	31
8 Volume transportado de lixo dos centros de produção para as unidades receptoras, em toneladas por dia, cenário “macro” 1 .....	41
9 IQR, custos operacionais, capacidades dos aterros dos municípios selecionados no cenário “macro” 1 e médias do custo operacional e da capacidade dos aterros dos 66 municípios envolvidos no cenário .....	44
10 Volume transportado de lixo dos centros de produção para as unidades receptoras, em toneladas por dia, cenário “macro” 2 .....	45
11 IQR, custos operacionais, capacidades dos aterros dos municípios selecionados no cenário “macro” 2 e médias do custo operacional e da capacidade dos aterros dos 66 municípios envolvidos no cenário .....	47
12 Volume transportado de lixo dos centros de produção para as unidades receptoras, em toneladas por dia, cenário “macro” 3 .....	49
13 IQR, custos operacionais, capacidades dos aterros dos municípios selecionados no cenário “macro” 3 e médias do custo operacional e da capacidade dos aterros dos 66 municípios envolvidos no cenário .....	52

14	Volume transportado de lixo dos centros de produção para as unidades receptoras, em toneladas por dia, cenário “micro” 1. ....	53
15	IQR, custos operacionais, capacidades dos aterros dos municípios selecionados no cenário “micro” 1 e médias do custo operacional e da capacidade dos aterros dos 57 municípios envolvidos no cenário.....	55
16	Volume transportado de lixo dos centros de produção para as unidades receptoras, em toneladas por dia, cenário “micro” 2. ....	56
17	IQR, custos operacionais, capacidades dos aterros dos municípios selecionados no cenário “micro” 2 e médias do custo operacional e da capacidade dos aterros dos 57 municípios envolvidos no cenário.....	58
18	Volume transportado de lixo dos centros de produção para as unidades receptoras, em toneladas por dia, cenário “micro” 3. ....	59
19	IQR, custos operacionais, capacidades dos aterros dos municípios selecionados no cenário “micro” 3 e médias do custo operacional e da capacidade dos aterros dos 57 municípios envolvidos no cenário.....	62
20	Custos resultantes através da localização ótima das unidades receptoras de resíduos – por tipo de cenário considerado. ....	64

## 1. INTRODUÇÃO

As revoluções tecnológicas, as mudanças de hábitos e de costumes das populações e o desenvolvimento desenfreado da economia em diversas regiões do mundo, fazem com que o meio ambiente sofra conseqüências drásticas e muitas vezes difíceis de serem reparadas. Um dos muitos problemas que surgiram em decorrência de tal contexto refere-se ao problema dos resíduos sólidos urbanos, ou seja, do lixo.

Conforme a população mundial cresce, há a necessidade de se produzir mais alimentos e outros bens de consumo direto. Assim, é indispensável a instalação de novas fábricas e indústrias para atender a essa demanda crescente; conseqüentemente, eleva-se a produção de resíduos sólidos que comprometem o meio ambiente se armazenados de forma inadequada.

De acordo com Cunha (2001), a quantidade de lixo produzida atualmente no mundo tem sido grande e o seu mau gerenciamento, além de provocar gastos financeiros significativos e sérios danos ao meio ambiente, podem comprometer a saúde e o bem-estar da população.

É evidente que as produções de resíduos sólidos não são homogêneas em todas as partes do mundo. Em regiões onde a renda *per capita* é mais elevada, a produção de lixo é relativamente maior. Cada país possui suas particularidades em relação à produção de resíduos, e mais especificamente, cada município pode observar situações bastante diferenciadas.

Considerando-se o Brasil, é inegável que o Estado de São Paulo foi o destaque nacional em termos de crescimento industrial e urbano. Dessa forma, a produção de lixo na região cresceu com esse desenvolvimento, assim como aumentou também o número de unidades receptoras desses materiais.



O presente trabalho tem por objetivo, através da linguagem de otimização GAMS (Brooke et al., 1992), propor uma aplicação de modelos matemáticos visando localizar, em um contexto intermunicipal, os melhores locais para aterros sanitários e os melhores fluxos de resíduos entre cidades.

O trabalho está dividido em 5 capítulos. Este primeiro, introduzindo o assunto e explicitando os objetivos da pesquisa. O segundo capítulo, chamado de **Resíduos Sólidos e Aterros Sanitários: Principais Conceitos e Definições**, registra a importância do tema, dando um panorama das condições do Estado de São Paulo e do Brasil em termos de produção e acondicionamento dos resíduos, distingue os tipos de resíduos produzidos, formas de destiná-los, diferenças entre as unidades receptoras e suas características, assim como analisa trabalhos já realizados sobre o tema em discussão. No terceiro capítulo, denominado de **Materiais e Métodos**, apresenta-se como foram adquiridas e selecionadas as informações utilizadas para a formulação dos modelos propostos, contendo também os modelos em si. O quarto capítulo – **Resultados e Discussões** – engloba os resultados e suas implicações. Finaliza-se com o quinto capítulo **Conclusões**, onde são destacadas as principais contribuições do trabalho, assim como serão feitas recomendações para a realização de outros estudos relacionados ao tema deste trabalho.

## **2. RESÍDUOS SÓLIDOS E ATERROS SANITÁRIOS: PRINCIPAIS CONCEITOS E DEFINIÇÕES**

### **2.1 Classificação e destinação dos resíduos sólidos**

Hogan et al. (2000, p.290) descrevem que resíduo sólido “é todo e qualquer material sólido decorrente das atividades humanas em sociedade, cujo produtor ou proprietário não o considere com valor suficiente para conservá-lo”. Assim, segundo os critérios “origem” e “conteúdo”, os resíduos podem ser classificados em:

- **Domiciliares:** são aqueles que provêm da rotina diária das residências, cujos componentes principais são: restos de alimentos, jornais, revistas, plásticos, latas, vidros, fraldas descartáveis, papel higiênico e outros. Canassa (1992) afirma que, esporadicamente, pode-se encontrar peças de mobiliário, aparelhos domésticos etc.
- **Comerciais:** neste tipo de lixo predominam papéis, toalhas, embalagens, plásticos, restos de alimentos etc. São aqueles que se originam das várias atividades comerciais e de serviços, como os supermercados, bancos, lojas, restaurantes e bares.
- **Públicos:** são os resíduos provenientes da limpeza pública, como varrição de vias públicas, galerias, córregos, calçadas, limpeza de praias, terrenos, restos de feiras, podas de árvores. Neste tipo de lixo predominam pontas de cigarro, papéis, embalagens descartáveis, restos de capinação, folhas, areias etc.
- **De saúde e hospitalar:** esses são, segundo Canassa (1992), resíduos sólidos que, em virtude de suas características, demandam cuidados e métodos especiais na sua coleta, transporte e disposição. Podem conter elementos patogênicos e são constituídos por resíduos oriundos de hospitais, clínicas veterinárias, farmácias, laboratórios e postos de saúde.

- Industriais: são os resíduos formados por grande diversidade de materiais tais como madeira, cinzas, plásticos, óleos, resíduos ácidos, resíduos alcalinos, fibra, vidros e outros. Os ramos produtores de tais componentes são: química, metalurgia, papelaria, alimentícia etc.
- Agrícolas: são aqueles que resultam das atividades agrícolas e pecuárias. São as embalagens de adubos, defensivos agrícolas, ração, restos de colheita, etc.
- Entulho: são compostos por solos de obras, restos de escavações e demolições da construção civil.
- De portos, aeroportos, terminais rodoviários e ferroviários: Hogan et. al (2000) citam que tais resíduos podem ou não conter germes patológicos. São provenientes de outras cidades, estados ou países, sendo formados por materiais de limpeza, higiene pessoal, restos de alimentos dos aviões, ônibus, trens e navios.

Hogan et al. (2000) citam como destinação possível dos resíduos sólidos:

- Aterros sanitários – locais onde os resíduos são compactados no solo e cobertos por terra ou algum material próprio.
- Aterros em valas – consiste no preenchimento de valas escavadas com determinadas dimensões e que são cobertas com terra.
- Incineração – é um processo de combustão controlada dos materiais que ocorre em temperaturas superiores a 900°C. Entretanto, tal processo envolve altos custos e emite grandes quantidades de poluentes.
- Compostagem – é um processo que depende da instalação de uma usina de triagem e compostagem, onde ocorre um processo de decomposição da matéria orgânica.
- Reutilização e reciclagem – reutilizar um resíduo significa reaproveitá-lo sem que sofra qualquer tipo de alteração. Já a reciclagem consiste no reaproveitamento dos resíduos após uma série de processamentos.

### 2.1.1 Classificação dos aterros de resíduos urbanos

A principal meta dos aterros é a destinação de resíduos no solo, tendo como ponto central o confinamento do lixo no menor espaço possível. Guimarães (2000), citando Lima (1995), descreve que os aterros podem ser classificados conforme a forma de disposição ou pela técnica de operação.

Pela forma de disposição, os aterros podem ser classificados em aterros comuns, controlados e sanitários.

De acordo com Guimarães (2000), aterros comuns são os locais onde o lixo é descartado no solo, sem tratamento, a céu aberto; são também chamados de lixões, lixeiras ou vazadouros etc. É o método mais prejudicial ao homem e ao meio ambiente.

Consoni et al. (2000)<sup>1</sup>, citados por Cunha (2001), descrevem que os lixões são formas inadequadas de destinação do lixo, sendo o meio mais comum empregado nos países em desenvolvimento. Nessas instalações, resíduos inofensivos se misturam a produtos tóxicos e perigosos.

O aterro controlado é uma outra técnica de acomodação de resíduos sólidos urbanos. Segundo o Instituto de Pesquisas Tecnológicas (1995), esse tipo de aterro não causa danos ou riscos à saúde pública e à segurança, minimizando os impactos ambientais.

Cunha (2001), citando Roth et al. (1999)<sup>2</sup>, aponta que o aterro controlado é menos prejudicial que o lixão, pois os resíduos, depois de dispostos no solo, são cobertos com terra, fazendo com que a poluição local se reduza. Entretanto, esta é uma solução com menor eficácia em relação à dos aterros sanitários, pois ao contrário destes, o aterro controlado não dispõe de impermeabilização de base (comprometendo a qualidade das águas subterrâneas), nem sistemas de tratamento de chorume<sup>3</sup> ou de dispersão dos gases gerados.

---

<sup>1</sup> CONSONI, A. J.; SILVA, I. C.; GIMINEZ FILHO, A. Disposição final do lixo. In: D'Almeida, M. L. O.; VILHENA, A. (Coord) **Lixo municipal**: manual de gerenciamento integrado. 2.ed. São Paulo: Instituto de Pesquisas Tecnológicas – IPT/ Compromisso Empresarial para Reciclagem – CEMPRE, 2000. cap. 5, p. 251 – 291.

<sup>2</sup> ROTH, B. W.; ISAIA, E. M. B. I.; ISAIA, T. Destinação final dos resíduos sólidos urbanos. **Ciência e Ambiente**, n. 18, p. 25-40, jan./jun. 1999.

<sup>3</sup> Segundo Consoni et al. (2000), citados por Cunha (2001), chorume é o líquido preto com alto potencial poluidor do solo e das águas superficiais e subterrâneas, resultante da decomposição da matéria orgânica presente no lixo e da percolação das águas das chuvas ao longo do tempo, o que faz com que o líquido

De acordo com Consoni et al. (2000) citados por Cunha (2001), em termos de disposição final de lixo, o aterro sanitário é aquele que reúne as maiores vantagens, considerando a redução dos impactos ocasionados pelo descarte dos resíduos sólidos urbanos.

“O aterro sanitário é um aprimoramento de uma das técnicas mais antigas utilizadas pelo homem para descarte de seus resíduos, que é o aterramento. Modernamente, é uma obra de engenharia que tem como objetivo acomodar no solo resíduos no menor espaço prático possível, sem causar danos ao meio ambiente ou à saúde pública” (CETESB, 1997, p. 1).

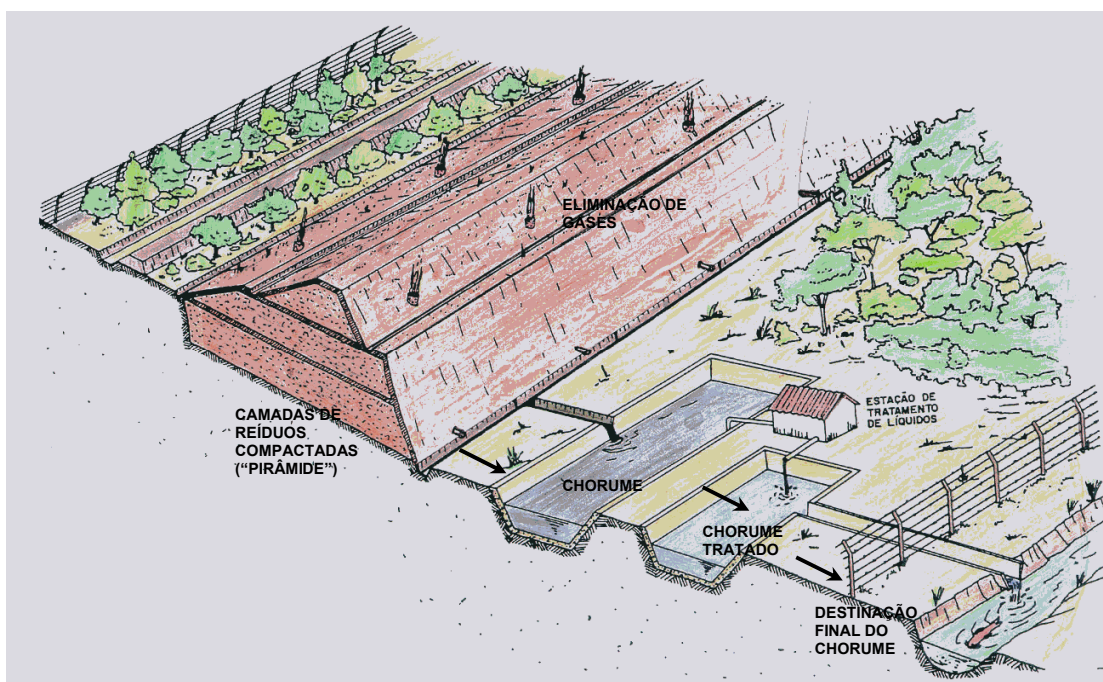
O aterro sanitário é fundamentado em “critérios de engenharia e normas operacionais específicas” (Instituto de Pesquisas Tecnológicas, 1995, p.75). Os resíduos são depositados em camadas, que serão prensadas por máquinas e cobertas com argila; os gases oriundos da decomposição e o chorume (líquido) são destinados de forma a evitar danos à natureza e à população. Segundo CETESB (1997), no Brasil, as primeiras instalações construídas para se alojar o chorume de forma adequada foram as chamadas lagoas de estabilização, que possuem relativa simplicidade construtiva e operacional e podem permanecer em funcionamento mesmo após o encerramento das obras do aterro.

A “formação de camadas de resíduos compactadas, que são sobrepostas acima do nível original do terreno resultando em configurações típicas de “escadas” ou de “tronco de pirâmide”, parecem estar mais popularizadas na identificação dos aterros sanitários. Por isso, esse método construtivo resulta em aterros também conhecidos como convencionais” (CETESB, 1997, p. 4).

A Figura 1 ilustra um esquema básico de funcionamento de um aterro sanitário.

---

penetrante na massa de resíduos adquira características levemente ácidas, em consequência de processos químicos que ali ocorrem.



Adaptado do Manual de Gerenciamento Integrado IPT(1996), extraído de Guimarães (2000).

Figura 1 – Esquema básico de funcionamento de um aterro sanitário.

“A eficiência do aterro sanitário é dependente tanto da definição correta de sua vida útil, em função das necessidades presentes e futuras (nunca deve ser inferior a 20 anos de uso), quanto da existência e da aplicação de normas operacionais específicas que garantam o preenchimento seqüencial das células de lixo, sua revegetação após o recobrimento e a manutenção do sistema de coleta e tratamento dos líquidos e gases eliminados” (Roth et al., 1999, citados por Cunha, 2001).

Segundo Guimarães (2000), os aterros também podem ser classificados pela forma de operação em aterros de superfície e aterros de depressões.

Os aterros de superfície são aqueles executados em regiões planas. Existem três maneiras de se preparar aterros de superfície: método de trincheira, método de rampa e método da área.

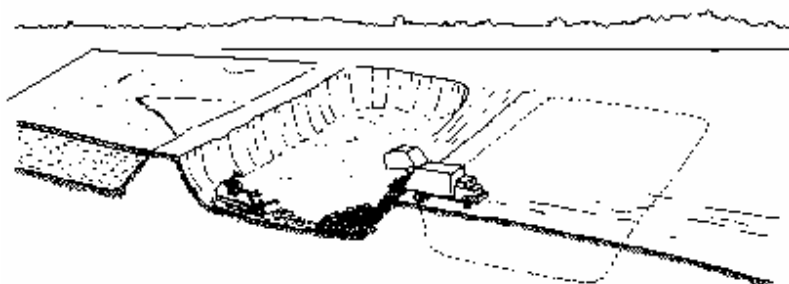
A escolha ou definição de um método depende das características físicas e geográficas da área. Desse modo, a escolha do método ideal deve ser fundamentada no estudo das condições iniciais.

De acordo com CETESB (1997), pode-se optar, em determinadas situações, pela escavação de valas. Essas valas, que também são conhecidas como trincheiras, são escavadas com dimensões e configuração apropriadas para a construção de aterros sanitários.

A implantação de trincheiras representa um custo relativamente alto, pois exige grandes escavações. Assim, de acordo com CETESB (1997), deve somente ser utilizada em situações específicas como:

- ✓ quando há interesse na formação de um excedente de solo a ser utilizado em outras obras ou na cobertura dos resíduos em outras etapas de aterramento;
- ✓ quando não se deseja alterar a topografia original do terreno;
- ✓ quando se pretende construir outras camadas de resíduos acima das valas já aterradas, permitindo um melhor aproveitamento da área;
- ✓ quando se deseja aterrar resíduos especiais, seja pelo seu estado físico – no caso dos líquidos e pastosos – que impede a sua compactação na forma convencional, seja pela sua composição química ou biológica, que podem torná-los perigosos à natureza e à sociedade.

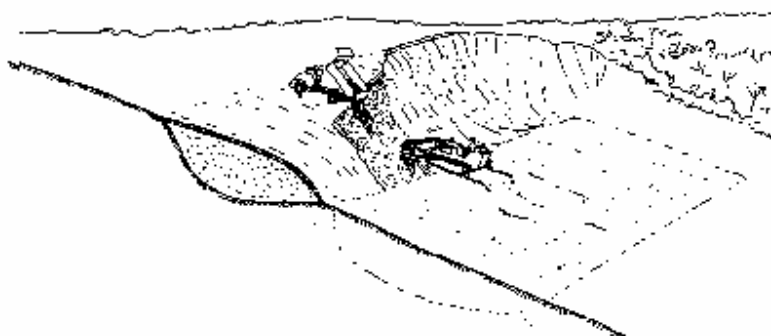
O método de trincheira é utilizado quando o local possui uma profundidade adequada de material disponível para cobertura. Nas regiões onde o nível de lençol freático está muito próximo da superfície, ou nos terrenos rochosos, a escavação de valas pode ser inviável. A seguir, a Figura 2 ilustra o método de trincheira.



Fonte: Manual de Gerenciamento Integrado (IPT,1996), extraído de Guimarães (2000).

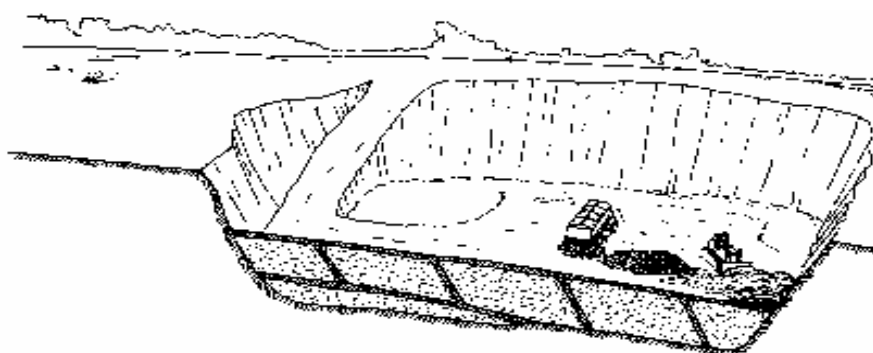
Figura 2 – Figura ilustrativa do método de trincheira

Já o método de rampa utiliza “áreas que possuem depressões naturais onde se faz escavações para servir como material de cobertura, e as técnicas de colocação e compactação dos resíduos estão relacionadas com a geometria do local e a facilidade de acesso ao mesmo. Este método é empregado em locais como ribanceiras, ravinas e poços” (Guimarães, 2000, p. 55). A Figura 3 apresenta o método de rampa.



Fonte: Manual de Gerenciamento Integrado (IPT,1996), extraído de Guimarães (2000).  
Figura 3 – Figura ilustrativa do método de rampa

Por outro lado, o método de área é utilizado “quando se dispõe de área que não é própria para escavações; nesse caso, o resíduo é descarregado e espalhado ao longo da área” (Guimarães, 2000, p.56). Apresenta-se a seguir, na Figura 4, o método da área.



Fonte: Manual de Gerenciamento Integrado (IPT,1996), extraído de Guimarães (2000).  
Figura 4 – Figura ilustrativa do método da área



Existem ainda os chamados aterros em depressão, que segundo Guimarães (2000), são aqueles executados em áreas de baixo valor comercial ou em locais já degradados como, por exemplo, áreas de pedreiras extintas.

### **2.1.2 Escolha de áreas para a implantação de aterros sanitários**

Quando há a necessidade da utilização de uma nova área para o depósito de resíduos sólidos, uma série de critérios deve ser considerada para a implantação dessa instalação.

A decisão pela localização de novos aterros sanitários pode ser auxiliada por meio de modelagem que leve em consideração tanto a eficiência ecológica quanto a econômica. Para tal, devem ser analisados os custos de distribuição e de transporte, as externalidades negativas e controle de poluição, tendo como objetivos a preservação do meio ambiente, a minimização de custos e geração de padrões de distribuição dos resíduos.

Segundo Ye & Yezer (1996), soluções encontradas por meio desses critérios diferem muito das soluções seguidas ou escolhidas pela população que habita, principalmente, as grandes cidades. As chamadas soluções coletivas são contrárias ao funcionamento de locais receptores de lixo que sejam próximos dos centros urbanos, implicando a instalação de um pequeno número de aterros, localizados a grandes distâncias das zonas urbanas, com grandes extensões e nenhum cuidado com o meio ambiente. Dessa forma, elevam-se os custos com transportes e não ocorre o controle de poluição, aumentando as externalidades negativas provocadas pelo lixo e o risco de danos à natureza.

A seguir são citados os critérios definidos pela Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental – CETESB (1997) -, para a escolha de áreas onde serão implantadas novas unidades receptoras de resíduos.

- Topografia

Preferencialmente as áreas selecionadas devem apresentar inclinação máxima em torno de 10%.

- Dimensões

A vida útil que se pretende dar às áreas definem as dimensões. Como base de cálculo, deve-se reservar aproximadamente 1,0 metro quadrado de terreno por tonelada de resíduos a ser aterrada.

- Solo

O solo não deve apresentar grande quantidade de pedras, plantas e rochas aflorantes, deve ser o mais impermeável e homogêneo possível e ter composição predominantemente argilosa.

- Proteção contra enchentes

As áreas não devem estar sujeitas a inundações, nem a flutuações excessivas do lençol freático, como as várzeas de rios, pântanos e mangues.

- Distâncias de corpos de água

Qualquer corpo de água deve estar distante, no mínimo, 200 metros da instalação. Além disso, legislações específicas em vigência para áreas especiais também devem ser respeitadas.

- Profundidade do lençol freático

O lençol freático deve estar situado o mais distante possível da superfície do aterro. Para solos argilosos recomenda-se a distância de 3,0 metros e, para solos arenosos, distâncias superiores a 3,0 metros. A avaliação final deve ser feita por técnicos especializados.

- Distância de residência

Deve-se considerar que obstáculos naturais como elevações do terreno e matas, podem atenuar as interferências negativas dos aterros, assim como os ventos podem arrastar odores, poeira e insetos indesejáveis. Entretanto, recomenda-se uma distância mínima de 500 metros de residências isoladas e de 2000 metros de áreas urbanizadas.

- Direção dos ventos predominantes

Deve-se atentar ao fato de que os ventos não devem transportar poeira ou maus odores para núcleos habitacionais ou quaisquer instalações onde possam ser indesejáveis.

- Localização

Além de todas as regras anteriormente descritas, para a implantação de um aterro sanitário deve-se observar também:

- as legislações de uso do solo e de proteção dos recursos naturais;
- a menor distância viável entre os centros geradores de resíduos.

Guimarães (2000) destaca ainda outros fatores que influenciam a implantação de unidades receptoras de resíduos, como:

- distâncias de aeroportos – deve-se manter uma certa distância dessas áreas, pois os aterros sanitários atraem aves (urubus), que podem comprometer a segurança aérea, além de existir risco iminente causado pela formação de metano no aterro;
- existência de energia elétrica – não é interessante a implantação de aterros em locais que não são atendidos por eletricidade;
- acesso às estradas – os acessos aos aterros devem estar em boas condições para garantir a eficiência da coleta e do transporte do lixo;
- valorização da terra – locais muito valorizados comercialmente devem ser evitados, devendo-se dar preferência a locais de pastos já degradados e de posse da prefeitura local.

### **2.1.3 Encerramento do aterro**

CETESB (1997) cita que os aterros que geralmente ocupam grandes áreas alteram a topografia, as condições de escoamento das águas superficiais e subterrâneas e outras características da região. Por isso é que os aterros, mesmo depois de encerrados, exigem obras e cuidados até que estejam totalmente integrados ao ambiente local, em condições de relativa estabilidade.

O ideal é que o cronograma de encerramento de um aterro comece a ser preparado à medida em que este se desenvolve. É necessário que se implante um sistema de escoamento das águas internas para fora do aterro, e em muitos casos a construção de canaletas que circundem o aterro também se faz necessário para impedir a chegada das águas da chuva precipitadas nas áreas vizinhas.

De acordo com CETESB (1997), o uso futuro das áreas aterradas com resíduos deve ser muito bem acompanhado, pois os resíduos ali depositados permanecem em processo de decomposição por um período relativamente longo após os encerramentos das descargas.

A edificação sobre aterros desativados é possível, já que a engenharia dispõe de técnicas adequadas para suprir as deficiências desse tipo de terreno. Entretanto, o problema está na infiltração dos gases gerados no aterro para o interior das edificações. O gás metano, oriundo da decomposição dos materiais, em determinadas concentrações, quando se mistura ao ar atmosférico, pode ser inflamável e explosivo. Assim, a edificação de áreas aterradas deve ser evitada, salvo somente se houver absoluta comprovação que a estabilização dos materiais já se processou e que não há nenhum risco à saúde pública.

A respeito da implantação de áreas verdes em aterros desativados, CETESB (1997) aponta que a orientação de um profissional gabaritado é indispensável, pois o ambiente é inóspito à grande maioria dos vegetais, especialmente a aqueles que possuem raízes profundas.

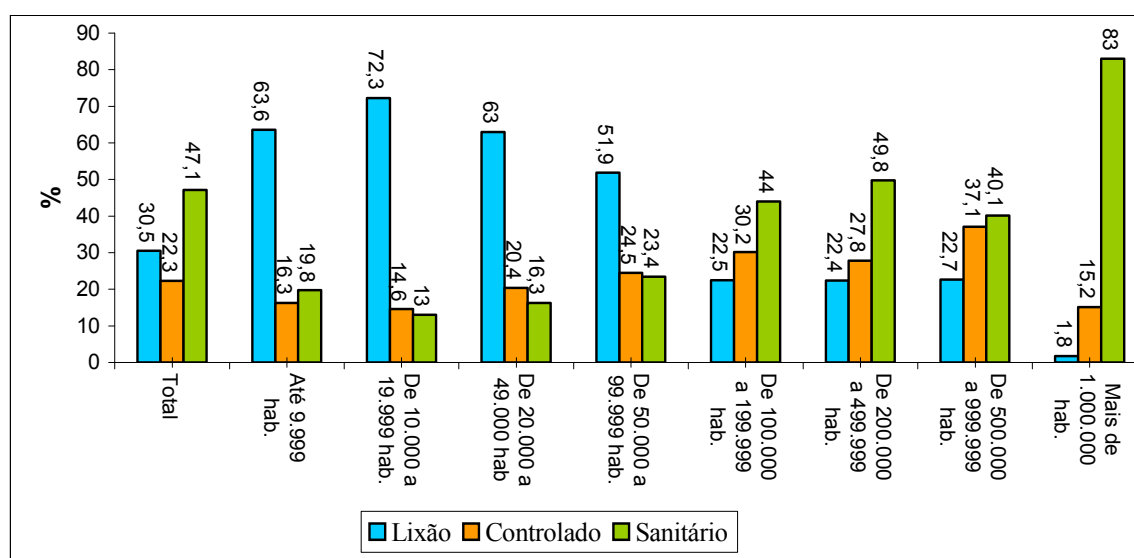
O que normalmente ocorre nos aterros já desativados é o recobrimento do local com uma nova camada de solo adequada ao plantio, introduzindo espécies vegetais próprias para aquele ambiente.

## **2.2 A questão do lixo no Brasil**

A Pesquisa Nacional de Saneamento Básico 2000 (PNSB - 2000), publicada em 2002, realizada pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), fornece várias informações sobre a produção e destinação do lixo produzido nos municípios brasileiros.

De acordo com a Pesquisa, 99,4% dos municípios brasileiros têm coleta de lixo, em termos de disposição de materiais, 63,6% deles utilizam lixões como locais receptores de resíduos; 18,4% fazem uso de aterros controlados e somente 13,8% utilizam aterros sanitários; 4,2% dos municípios não informaram para onde vão seus resíduos. Entretanto, revelou-se que, em peso, 47,1% dos resíduos produzidos no Brasil vão para

aterros sanitários; 22,3% são destinados para aterros controlados e 30,5% do total do lixo produzido no Brasil se destinam para lixões, ou seja, mais de 69% de todo o lixo produzido nos municípios do país são depositados em locais considerados controlados e adequados (vide Figura 5).



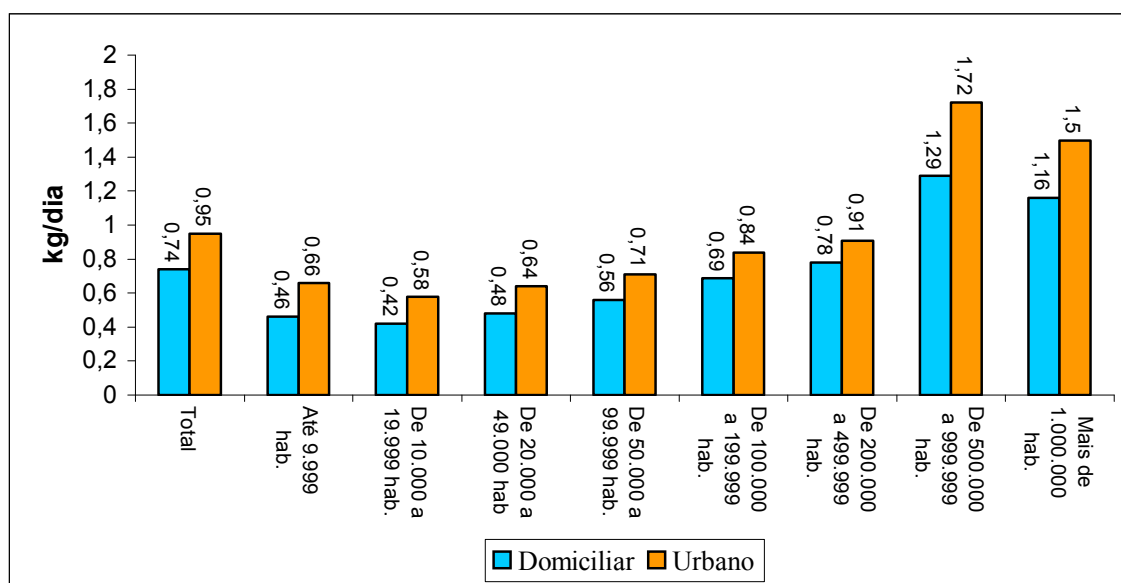
Fonte: IBGE, Diretoria de Pesquisas, Departamento de População e Indicadores Sociais. Pesquisa Nacional de Saneamento Básico 2000.

Figura 5 – Percentual do volume de lixo coletado, por tipo de destino final segundo os estratos populacionais dos municípios – 2000.

A Figura 5 revela que a destinação final dos resíduos está relacionada ao tamanho dos municípios que os produzem. A maioria dos resíduos coletados nas pequenas cidades – que apresentam menor número de habitantes -, tendem a ser dispostos em lixões.

A grande maioria dos resíduos oriundos das grandes cidades (aquelas que mais produzem lixo) é destinada para aterros sanitários; assim, as 13 cidades brasileiras com população superior a 1.000.000 de habitantes, depositam somente 1,8% do total de resíduos que coletam em lixões. Desse modo, explica-se porque, apesar da maior parte dos municípios brasileiros depositarem seus restos em lixões, a maioria do lixo está sendo acomodada de forma adequada.

Segundo a PNSB – 2000, no Brasil eram coletados, diariamente, na época da pesquisa, cerca de 125.281 toneladas de lixo domiciliar e 161.827 toneladas de lixo urbano, ocorrendo uma tendência de aumento da geração dos resíduos *per capita* proporcionalmente ao número de habitantes (vide Figura 6).



Fonte: Elaboração própria a partir de: IBGE, Diretoria de Pesquisas, Departamento de População e Indicadores Sociais. Pesquisa Nacional de Saneamento Básico 2000.

Figura 6 – Produção *per capita* de resíduos domiciliares e urbanos, em kg/dia, segundo os estratos populacionais dos municípios – 2000.

Pela Figura 6, nota-se que os municípios com maior número de habitantes possuem maior produção de resíduos *per capita*. Assim, um cidadão residente numa cidade com até 10.000 habitantes produz, em média, 0,46 kg/dia e 0,66 kg/dia de resíduos domiciliar e urbano, respectivamente. Já um habitante de um município cuja população é superior a 1.000.000 residentes, produz em média 1,16 kg/dia de lixo domiciliar e 1,50 kg/dia de resíduos urbanos.

Pode-se atribuir a tal cenário as possibilidades de consumo e disponibilidade de bens existentes nos municípios maiores, ou seja, o desenvolvimento e o acesso da população a bens de consumo, geralmente, é maior nas grandes cidades; assim, as produções de lixo são maiores em tais localidades.

Em termos de disposição de resíduos de serviços de saúde, a PNSB – 2000 aponta que 9,5% dos municípios brasileiros encaminham tais materiais para aterros de resíduos especiais e que das 5.507 cidades brasileiras, 2.569 delas os depositam em aterros que recebem resíduos comuns. A disposição destes resíduos nos mesmos aterros que recebem lixo domiciliar não é necessariamente uma medida inadequada, pois a criação de valas sépticas, isoladas e protegidas dos acessos das pessoas tem sido aceitas por órgãos de controle ambiental.

Campanili (2002), relatando estimativa da Associação Brasileira de Empresas de Tratamento, Recuperação e Disposição de Resíduos Especiais (Abetre), descreve que dos 2,9 milhões de resíduos industriais perigosos produzidos anualmente no Brasil, somente 600 mil toneladas (22%) recebem tratamento adequado. Deste total, somente 5% é co-processado, ou seja, são transformados em parte da matéria-prima para fabricação de cimento, sendo o restante depositado em locais próprios ou incinerado.

Dessa forma, 78% dos resíduos industriais perigosos são depositados inadequadamente em lixões, que agridem e contaminam o meio ambiente. A possibilidade de aproveitamento de tais materiais existe. Metais, borracha, plásticos e lâmpadas (mercúrio), entre os sólidos, e os solventes e óleos queimados, entre os líquidos, podem ser reaproveitados. Segundo a Abetre, resíduos podem possibilitar o faturamento de R\$ 1 bilhão por ano no Brasil. Atualmente, cerca de R\$ 240 milhões são gerados com este tipo de reaproveitamento no Brasil (cerca de cinco vezes menos do que o potencial estimado).

Um dos pontos mais delicados relacionados aos locais receptores de resíduos se refere à presença de catadores de recicláveis. Na PNSB – 2000, foram cadastrados 24.340 catadores no Brasil, dos quais 22% são menores de idade.

### **2.3 O controle dos resíduos no Estado de São Paulo**

A partir de 1997, a CETESB (Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental) iniciou a elaboração de um Inventário que procurava definir as reais condições dos locais utilizados para a destinação final do lixo no Estado de São Paulo. Esse trabalho foi complementado com a realização dos Inventários 1998, 1999 e agora, mais

recentemente, concluiu-se o Inventário 2000, um elemento importante na avaliação e no acompanhamento da evolução ambiental do Estado em termos da destinação final de resíduos sólidos domiciliares.

Para a formulação de tais inventários, todas as instalações de destinação final de resíduos que estavam em operação foram analisadas por técnicos de agências ambientais. Um formulário contendo 41 questões referentes às principais características locais, estruturais e operacionais foi aplicado em cada instalação do Estado de São Paulo.

Dessa forma, a partir da reunião de tais informações, foram elaborados índices que permitiriam a padronização nas avaliações das condições ambientais das instalações receptoras de lixo, e assim, as comparações entre elas tornavam-se mais relevantes.

Os índices formulados foram: o IQR – Índice de Qualidade de Aterro de Resíduos, o IQC – Índice de Qualidade de Usinas de Compostagem, ambos provenientes do Inventário de 1997; e o IQR Valas, formulado em 1999, especial para a avaliação de aterros sanitários em valas.

De acordo com os critérios utilizados para a formulação dos índices, as instalações receberam pontuações que variavam de 0 a 10. Assim, permitiu-se a análise das condições dos aterros e lixões (vide Tabela 1).

Tabela 1. Enquadramentos das Instalações de destinação final de lixo em função dos valores de IQR e IQC

<b>IQR/IQC</b>	<b>ENQUADRAMENTO</b>
$0,0 \leq \text{IQR} \leq 6,0$	Condições Inadequadas
$6,0 < \text{IQR} \leq 8,0$	Condições Controladas
$8,0 < \text{IQR} \leq 10,0$	Condições Adequadas

Fonte: CETESB, 2000.

Após a análise do Inventário 2000, concluiu-se que dos 645 municípios do Estado, 301 (ou 46,7% do total), apresentaram IQR entre 0 e 6, ou seja, suas instalações estavam em condições inadequadas de uso; 146 apresentavam condições controladas – IQR entre 6 e 8 - e 197 condições adequadas, ou seja, IQR entre 8 e 10. Ainda de acordo com o



Inventário 2000, somente o município de Águas de Lindóia depositava seus resíduos fora do Estado.

A maioria dos municípios classificados em condições irregulares dizem respeito a municípios de pequeno porte. A distribuição dos municípios em condição inadequada, por faixa de produção, é assim constituída:

- ✓ 211 municípios geram menos que 10 toneladas de lixo por dia;
- ✓ 82 municípios apresentam geração entre 10 t/dia e 100 t/dia;
- ✓ apenas 8 municípios geram diariamente mais que 100 toneladas de lixo.

Para todos os municípios que apresentaram irregularidades após a implantação do Programa Estadual de Resíduos Sólidos, no ano de 1997 (ano do primeiro Inventário), foi proposta a assinatura de um Termo de Compromisso de Ajustamento de Conduta – TAC.

Resumidamente, os TACs propõem às administrações municipais procedimentos para as usinas de compostagem, aterros e lixões, com a finalidade de regularizá-los ou encerrá-los, visando alcançar soluções de caráter definitivo.

Desde o início do Programa Estadual de Resíduos Sólidos, até o final do ano de 2000, em todo o Estado de São Paulo, foram assinados TACs com 433 dos 645 municípios, conforme detalha a Tabela 2.

Tabela 2. Número de municípios no Estado de São Paulo que assinaram TACs.

T A C assinados	Situação em 1998		Situação em 1999		Situação em 2000	
	Número de Municípios	% em relação ao Estado	Número de Municípios	% em relação ao Estado	Número de Municípios	% em relação ao Estado
SIM	348	54,0	422	65,4	433	67,1
NÃO	297	46,0	233	34,6	212	32,9
TOTAL	645	100,0	645	100,0	645	100,0

Fonte: CETESB, 2000.

Dos 433 municípios que assinaram os TACs, a maioria teve suas situações, em termos de acondicionamento de resíduos, piorada no ano de 2000 em relação ao ano

anterior. E é essa maioria que aloja 51,98% da população e produz 54,12% do total de resíduos gerados por estas cidades.

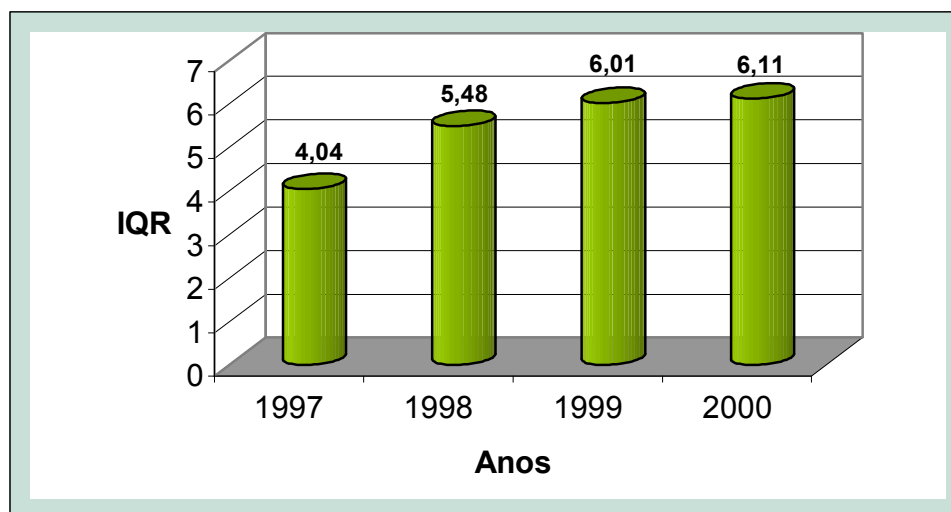
A Tabela 3 ilustra a situação desses 433 municípios.

Tabela 3. Situação dos municípios paulistas que assinaram TAC, em função da situação das instalações de destinação final de resíduos sólidos domiciliares, comparando-se os valores obtidos em 1999 e 2000.

Situação municípios com TAC	Número de Municípios	% em relação ao total	População urbana (hab.)	% em relação ao total	Quantidade de lixo (ton/dia)	% em relação ao total
Melhor	165	38,11	2.983.104	24,85	1.353,7742	22,24
Mantida	78	18,01	2.780.370	23,17	1.439,3213	23,64
Pior	190	43,88	6.238.625	51,98	3.295,1046	54,12
Total	433	100,0	12.002.099	100,0	6.088,2001	100,0

Fonte: CETESB, 2000.

O Inventário elaborado pela Cetesb no ano de 2000 conclui que as condições do Estado de São Paulo, em termos de adequação final dos resíduos, vêm melhorando sistematicamente. Tal fato pode ser confirmado pelos dados plotados na Figura 7.



Fonte: CETESB (2000)

Figura 7 – Média do IQR no Estado de São Paulo

A Figura 7 revela que foram registrados aumentos nas médias do IQR (Índice de Qualidade do Aterro de Resíduos) ano após ano, logo depois de sua implantação.

#### **2.4 Sobre a utilização de modelos matemáticos**

Foram identificados alguns trabalhos que fizeram uso de modelos matemáticos de otimização para a avaliação de localização de pontos de recepção de resíduos sólidos.

Deweß & Girlich (1999), analisaram um sistema de transporte urbano para a coleta de lixo na cidade de Leipzig, Alemanha. O modelo tentou encontrar as melhores rotas para um novo local de depósito de resíduos. Na elaboração de tal modelo, focou-se na minimização de custos de transporte e de impactos ambientais.

O trabalho de Ye & Yezer (1996), que considerou o problema de encontrar locais adequados para a instalação de unidades receptoras de resíduos sólidos, se apoiou na formulação de um modelo que aborda aspectos como custos de distribuição até essas unidades, custos de transporte, externalidades negativas provocadas pelo lixo e controle de poluição. Após obtenção de resultados com o modelo proposto, realizaram a comparação com o que chamaram de “escolha coletiva” (solução baseada na opinião das populações). Assim, puderam concluir que as soluções consideradas eficientes, divergem das apontadas pela população, que quer os depósitos de resíduos longe de suas residências, independente dos maiores custos e danos à natureza que essa medida pode gerar.

Tratando-se ainda da escolha de prováveis locais para a construção de aterros de resíduos sólidos, Guimarães (2000) estudou o município de Teresópolis - RJ, dispondo de informações provenientes de várias áreas de conhecimento, como geologia, hidrologia, hidrogeologia, geomorfologia e climatologia. A metodologia adotada em tal trabalho, visou obter um mapa de localização de possíveis sítios para instalação do aterro sanitário do município de Teresópolis, e gerou como produto final uma carta em escala regional. Nesta carta foram apresentadas localidades com possibilidades de receberem o aterro sanitário do município. Após a eliminação dos fatores limitantes à escolha do local, os atributos das categorias de informação resultantes foram cruzados através do SIG (Sistema de Informação Geográfica).

Ainda no contexto brasileiro, inventários realizados pela CETESB, a partir do ano de 1997, descrevem a situação atual das unidades receptoras de resíduos sólidos no Estado de São Paulo, conforme já detalhado na seção 2.3. Entretanto, um trabalho que aponte alternativas para os locais aos quais os maiores produtores de lixo do Estado poderiam destinar seus restos, torna-se importante para o dimensionamento da verdadeira situação dos municípios paulistas em termos de acomodação de resíduos.

Assim, seguindo a mesma linha de outros trabalhos já desenvolvidos em outras localidades e anteriormente citados, propõe-se analisar mais profundamente a capacidade que o Estado de São Paulo possui para que seus resíduos sólidos sejam destinados de maneira mais adequada.

### **3. MATERIAIS E MÉTODOS**

#### **3.1 Obtenção das informações**

Para a elaboração do trabalho, inicialmente, foi realizado um levantamento dos depósitos de resíduos sólidos urbanos existentes no Estado de São Paulo (considerando os principais aterros sanitários e lixões). Este levantamento baseou-se no “Inventário Estadual de Resíduos Sólidos” do ano de 2000, formulado pela Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental (CETESB).

A seguir, nas próximas seções deste Capítulo 4, serão especificadas como foram obtidos e manipulados os dados relevantes para a elaboração deste estudo.

##### **3.1.1 A “divisão” do Estado de São Paulo**

De acordo com o Inventário, para melhor visualização, o Estado de São Paulo foi subdividido segundo a classificação da Secretaria Estadual de Recursos Hídricos, Saneamento e Obras, em bacias hidrográficas que são as UGRHIs (Unidades de Gerenciamento de Recursos Hídricos).

O Estado de São Paulo possui 22 UGRHIs, sendo que nelas estão contidos os 645 municípios paulistas. Cada qual possui suas particularidades em termos de desenvolvimento econômico, população e, conseqüentemente, produção de lixo.

A Figura 8 ilustra a divisão do Estado de São Paulo e suas respectivas UGRHIs.



Figura 8 – Unidades de Gerenciamento de Recursos Hídricos do Estado de São Paulo.

As 22 UGRHs são:

- ✓ UGRHI 1 – Mantiqueira
- ✓ UGRHI 2 – Paraíba do Sul
- ✓ UGRHI 3 – Litoral Norte
- ✓ UGRHI 4 – Pardo
- ✓ UGRHI 5 – Piracicaba, Jundiá e Capivari.
- ✓ UGRHI 6 – Alto Tietê
- ✓ UGRHI 7 – Baixada Santista
- ✓ UGRHI 8 – Sapucaí e Grande
- ✓ UGRHI 9 – Mogi-Guaçu
- ✓ UGRHI 10 – Sorocaba e Médio Tietê
- ✓ UGRHI 11 – Ribeira de Iguape e Litoral Sul
- ✓ UGRHI 12 – Baixo Pardo e Grande
- ✓ UGRHI 13 – Tietê e Jacaré
- ✓ UGRHI 14 – Alto Paranapanema
- ✓ UGRHI 15 – Turvo e Grande

- ✓ UGRHI 16 – Tietê e Batalha
- ✓ UGRHI 17 – Médio Paranapanema
- ✓ UGRHI 18 – São José dos Dourados
- ✓ UGRHI 19 – Baixo Tietê
- ✓ UGRHI 20 – Aguapei
- ✓ UGRHI 21 – Peixe
- ✓ UGRHI 22 – Pontal do Paranapanema

### 3.1.2 População e quantidade de lixo produzida

A partir de informações do censo demográfico publicadas pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), a CETESB realizou o cálculo da produção de lixo nos municípios paulistas para a formulação de seu Inventário.

A CETESB gera tais informações considerando índices de produção *per capita* através de pesagens realizadas em diversos municípios do Estado de São Paulo, aplicados à população urbana de cada cidade. A Tabela 4 ilustra os índices utilizados.

Tabela 4. Valores de coeficiente *per capita* de produção de resíduos sólidos domiciliares em função da população urbana.

POPULAÇÃO (mil habitantes)	PRODUÇÃO DE LIXO (kg/hab/dia)
Até 100	0,4
100 a 200	0,5
200 a 500	0,6
Mais de 500	0,7

Fonte: CETESB, 2000.

“Municípios que realizam pesagens periódicas das quantidades de lixo geradas, poderão encontrar diferenças que, em alguns casos serão significativas. Tais diferenças são atribuídas às naturais variações de produção que decorrem de diversos fatores, como tipo de atividade produtiva predominante no município, nível sócio-econômico, sazonalidade, nível cultural da população e até a existência ou não de programas de coleta seletiva e de conscientização voltados à não geração de resíduos. É importante

salientar que os índices utilizados consideram apenas os resíduos de origem domiciliar, ou seja, aqueles gerados nas residências e no pequeno comércio; assim, não são computados os resíduos gerados em indústrias, na limpeza de vias públicas, podas, limpeza de córregos e outros que, freqüentemente, são enviados para os aterros sob uma classificação única de *resíduos sólidos urbanos*” (CETESB, 2000, p. 5).

De acordo com o Inventário 2000 formulado pelo CETESB, os 645 municípios paulistas geram diariamente 19.858,6 toneladas de lixo por dia; dessas cidades, somente uma, a capital São Paulo, é que produz mais de 1000 toneladas diárias de lixo. E no total, 466 cidades geram diariamente até 10 toneladas de resíduos.

A Tabela 5 detalha as produções diárias de lixo em cada UGRHI e a Figura 9 ilustra a produção de lixo diária nos municípios.

Tabela 5. Número de municípios paulistas, por faixa de produção diária de resíduos em cada UGRHI.

UGRHIs	Até 10 t	de 10 a 100 t	de 100 a 1000 t	mais de 1000 t
1	2	1	0	0
2	23	9	2	0
3	1	3	0	0
4	16	6	1	0
5	30	23	4	0
6	3	18	12	1
7	0	6	3	0
8	17	4	1	0
9	23	15	0	0
10	19	13	1	0
11	22	1	0	0
12	9	3	0	0
13	23	11	1	0
14	30	4	0	0
15	57	6	1	0
16	28	5	0	0
17	34	7	0	0
18	24	1	0	0
19	35	7	0	0
20	29	3	0	0
21	23	3	0	0
22	18	3	0	0
<b>Total</b>	<b>466</b>	<b>152</b>	<b>26</b>	<b>1</b>

Fonte: Elaboração própria a partir de CETESB (2000).



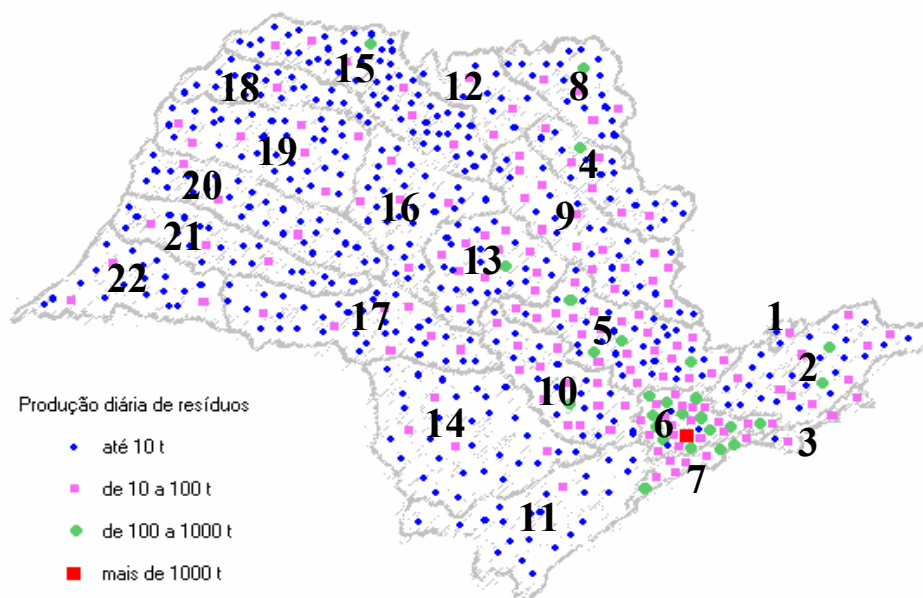


Figura 9 – Produção diária de resíduos por município paulista em cada UGRHI.

Pela Figura 9, nota-se que as cidades com maior produção de resíduos concentram-se nas UGRHs 5, 6 e 7, ou seja: Piracicaba, Jundiaí e Capivari; Alto Tietê e Baixada Santista, respectivamente.

### 3.1.3 Área ocupada pelas unidades receptoras

O presente trabalho também se utilizou das informações da CETESB referentes às áreas ocupadas pelas unidades receptoras de resíduos.

Contato feito com um dos responsáveis pelo Inventário da Companhia revelou que a área ocupada refere-se ao total da área disponível para cada município, ou seja, é a área já utilizada somada à que ainda não recebeu resíduos, mas que futuramente poderá ser usada para tal finalidade.

A área que determinado município utiliza para depositar seus resíduos não se localiza, necessariamente, dentro de seus limites territoriais, ou seja, há a possibilidade de uma cidade depositar seu lixo em outra. Segundo o administrador do aterro sanitário do município de Piracicaba, Valdemar Correr, este tipo de “parceria” pode ser realizado

por meio de consórcios – municípios utilizam em conjunto uma determinada área -, via pagamento por tonelada depositada à prefeitura responsável ou até mesmo utilizando aterros particulares.

Valdemar Correr destaca que os consórcios são realizados geralmente por pequenas cidades, que não possuem condições financeiras de manterem sozinhas um aterro sanitário. Como exemplo de pagamento por tonelada, Correr explica que Piracicaba recebia resíduos dos municípios de Jarinu e Saltinho, mas que atualmente este depósito não está mais sendo feito, porque a vida útil do aterro piracicabano está se encerrando. Como caso de aterro particular, cita-se o aterro sanitário Estre, na cidade de Paulínia, que recebe, por exemplo, resíduos do município de Jaguariúna.

### **3.1.4 Os modelos e a seleção de seus municípios**

Como já anteriormente especificado na Introdução, o Estado de São Paulo, tendo sido o destaque nacional em termos de crescimento industrial e urbano, é o que tem apresentado aumentos mais significativos na produção de lixo e no número de unidades receptoras desses materiais. Assim, ele foi o escolhido para ser o centro da análise deste estudo.

Foram definidos no trabalho dois tipos de modelos para obtenção dos resultados: o modelo definido como “macro” e o modelo “micro”.

#### **3.1.4.1 O modelo “macro”**

No modelo definido como “macro”, foram considerados três municípios por UGRHI (foram escolhidas as três cidades com maior produção de resíduos domiciliares por UGRHI). Pode-se definir este tipo de modelo como sendo aquele que abrange – apesar de forma simplificada - todo o Estado de São Paulo. É uma forma macro de consideração do modelo proposto, que engloba 66 municípios.

A Tabela 6 ilustra as cidades selecionadas, assim como suas produções diárias de resíduos e a área disponível para recepção dos mesmos, de cada município do modelo “macro” proposto. São também explicitados os municípios que disponibilizam aterros em valas.

Tabela 6. Municípios selecionados para o modelo “macro”

UGRHI	Município	Quantidade de lixo / dia (t)	Capacidade dos aterros (m <sup>2</sup> )
UGRHI 1	Campos do Jordão	17,50	0
UGRHI 1	São Bento do Sapucaí	1,90	4500,00
UGRHI 1	Santo Antonio do Pinhal (vala)	1,20	10000,00
UGRHI 2	São José dos Campos	372,70	320000,00
UGRHI 2	Taubaté	139,90	181660,00
UGRHI 2	Jacareí	91,70	681145,00
UGRHI 3	Caraguatatuba	30,10	80000,00
UGRHI 3	Ubatuba	25,90	25990,00
UGRHI 3	São Sebastião	22,90	40000,00
UGRHI 4	Ribeirão Preto	351,60	201400,00
UGRHI 4	Mocóca	22,90	40000,00
UGRHI 4	São José do Rio Pardo (vala)	16,70	40000,00
UGRHI 5	Campinas	666,30	41300,00
UGRHI 5	Piracicaba	189,90	148000,00
UGRHI 5	Jundiá	179,80	0
UGRHI 6	São Paulo	6849,90	1800000,00
UGRHI 6	Guarulhos	733,80	300000,00
UGRHI 6	São Bernardo do Campo	481,70	0
UGRHI 7	Santos	249,30	98000,00
UGRHI 7	São Vicente	181,50	96500,00
UGRHI 7	Guarujá	159,00	2000,00
UGRHI 8	Franca	169,10	25000,00
UGRHI 8	Batatais	19,30	42000,00
UGRHI 8	São Joaquim da Barra (vala)	16,30	120000,00
UGRHI 9	Mogi-Guaçu	58,10	6000,00
UGRHI 9	Araras	39,20	5000,00
UGRHI 9	Sertãozinho	36,20	20000,00
UGRHI 10	Sorocaba	292,70	110000,00
UGRHI 10	Itú	61,90	80000,00
UGRHI 10	Botucatu	51,90	104987,20
UGRHI 11	Registro	17,10	10000,00
UGRHI 11	Iguape	8,80	100000,00
UGRHI 11	Cajati	8,40	46000,00
UGRHI 12	Barretos (vala)	39,50	627300,00
UGRHI 12	Bebedouro (vala)	28,00	24400,00
UGRHI 12	Orlândia	14,10	121000,00
UGRHI 13	Bauru	186,10	268984,80
UGRHI 13	São Carlos	91,70	69905,00
UGRHI 13	Araraquara	86,50	20000,00
UGRHI 14	Itapetininga	55,90	168602,00
UGRHI 14	Itapeva	24,40	12100,00
UGRHI 14	Itararé (vala)	17,10	2000,00
UGRHI 15	São José do Rio Preto	202,20	206421,80
UGRHI 15	Catanduva	52,10	40000,00
UGRHI 15	Votuporanga (vala)	29,10	40000,00
UGRHI 16	Matão	27,70	15020,00
UGRHI 16	Lins (vala)	25,70	25000,00

Continuação – Tabela 6

<b>UGRHI</b>	<b>Município</b>	<b>Quantidade de lixo / dia (t)</b>	<b>Capacidade dos aterros (m<sup>2</sup>)</b>
UGRHI 16	Taquaritinga	19,00	10000,00
UGRHI 17	Ourinhos (vala)	35,70	20000,00
UGRHI 17	Assis (vala)	33,30	38485,70
UGRHI 17	Avaré	28,90	91000,00
UGRHI 18	Jales	16,90	47725,60
UGRHI 18	Santa Fé do Sul (vala)	10,00	5000,00
UGRHI 18	Ilha Solteira	9,30	36300,00
UGRHI 19	Araçatuba	82,20	62700,00
UGRHI 19	Birigui	36,40	24200,00
UGRHI 19	Penápolis	20,20	45000,00
UGRHI 20	Tupã (vala)	24,10	5000,00
UGRHI 20	Dracena (vala)	14,90	48400,00
UGRHI 20	Garça (vala)	14,60	32666,30
UGRHI 21	Marília (vala)	94,80	30000,00
UGRHI 21	Adamantina (vala)	12,10	12000,00
UGRHI 21	Oswaldo Cruz (vala)	10,50	24200,00
UGRHI 22	Presidente Prudente	92,60	24200,00
UGRHI 22	Presidente Venceslau (vala)	13,80	20000,00
UGRHI 22	Presidente Epitácio (vala)	14,50	53025,50

Fonte: Elaboração própria a partir de CETESB (2000).

Nos municípios de Campos do Jordão, Jundiá e São Bernardo do Campo, a capacidade de recepção de seus aterros sanitários ou lixões foi assumida como sendo zero. Isso ocorreu porque as cidades não depositam seus resíduos dentro de seus limites territoriais, possuindo parcerias com unidades receptoras de resíduos de outros municípios.

A Figura 10 possibilita uma melhor visualização das cidades selecionadas.



Figura 10 – Municípios selecionados para o modelo “macro” e suas respectivas UGRHIs.

### 3.1.4.2 O modelo “micro”

Pretendendo-se analisar uma região contínua - sem que ocorra a exclusão de municípios como ocorreu no modelo “macro” - , o segundo modelo, chamado de “micro”, analisa com mais detalhes uma das UGRHIs. Para isso foi escolhida a UGRHI 5 – Piracicaba, Jundiaí e Capivari, que é formada por 57 cidades, e produz cerca de 2.196,7 toneladas de lixo por dia. Essa região foi selecionada devido ao fato deste trabalho estar sendo realizado nesta UGRHI, mais especificamente no município de Piracicaba.

Na Tabela 7 há a relação das cidades que compõem a UGRHI 5, utilizadas para a formulação do modelo “micro”, assim como as quantidades de resíduos produzidas em cada uma delas e as capacidades disponíveis de seus aterros sanitários ou lixões. Estão selecionadas também aquelas em que suas unidades receptoras são aterros em valas.

Tabela 7. Municípios da UGRHI que compõem o modelo “micro”.

<b>Municípios</b>	<b>Quantidade de lixo / dia (t)</b>	<b>Capacidade dos aterros (m<sup>2</sup>)</b>
Elias Fausto	4,10	17500,00
Santo Antônio de Posse	5,90	13000,00
Atibaia	38,70	65000,00
Bom Jesus dos Perdões	4,50	10000,00
Cosmópolis	17,00	15000,00
Rafard	2,90	30000,00
Capivari	13,40	9000,00
Artur Nogueira	12,20	5000,00
Cordeirópolis	6,40	7000,00
Piracaia	9,20	9680,00
Joanópolis	4,20	3000,00
Pinhalzinho	2,10	10000,00
Águas de São Pedro	0,70	0
São Pedro (vala)	9,00	24000,00
Nazaré Paulista (vala)	2,30	3000,00
Americana	90,80	150125,00
Hortolândia	75,80	50123,00
Sumaré	96,60	0
Pedra Bela (vala)	0,50	1227,80
Tuiuti	0,90	24037,00
Iracemópolis (vala)	5,90	2000,00
Analândia (vala)	1,10	26494,50
Vargem (vala)	1,00	1080,00
Pedreira	13,70	38393,00
Campinas	666,30	41300,00
Limeira	142,80	40000,00
Monte Mor (vala)	13,60	24200,00
Santa Bárbara D'Oeste	83,80	80000,00
Ipeúna (vala)	1,40	12600,00
Morungaba (vala)	3,10	25000,00
Santa Maria da Serra (vala)	1,60	39000,00
Itupeva	7,70	4000,00
Mombuca	0,90	0
Piracicaba	189,90	148000,00
Rio das Pedras (vala)	8,80	10244,00
Saltinho	1,90	0
Rio Claro	81,70	43758,50
Santa Gertrudes	6,20	0
Corumbataí (vala)	0,70	24211,30
Valinhos	31,30	193367,40
Amparo	17,30	51715,00
Itatiba	26,20	173863,00
Monte Alegre do Sul	1,30	0
Campo Limpo Paulista	24,90	0

Continuação – Tabela 7

<b>Municípios</b>	<b>Quantidade de lixo / dia (t)</b>	<b>Capacidade dos aterros (m<sup>2</sup>)</b>
Indaiatuba	72,30	40000,00
Jundiaí	179,80	0
Louveira	8,80	0
Várzea Paulista	37,10	128000,00
Vinhedo	18,40	0
Paulínea	20,30	60800,00
Salto	36,80	60000,00
Jarinu (vala)	4,60	59000,00
Bragança Paulista	55,50	48575,00
Charqueada (vala)	4,70	24199,50
Holambra (vala)	1,60	30000,00
Nova Odessa (vala)	16,40	26682,30
Jaguariúna	10,30	0

Fonte: Elaboração própria a partir de CETESB (2000).

Nota-se que 11 municípios da UGRHI 5 possuem capacidades de seus aterros iguais a zero, implicando que os mesmos depositam seus resíduos fora de seus limites territoriais.

A Figura 11 ilustra a localização da UGRHI 5 no Estado de São Paulo.

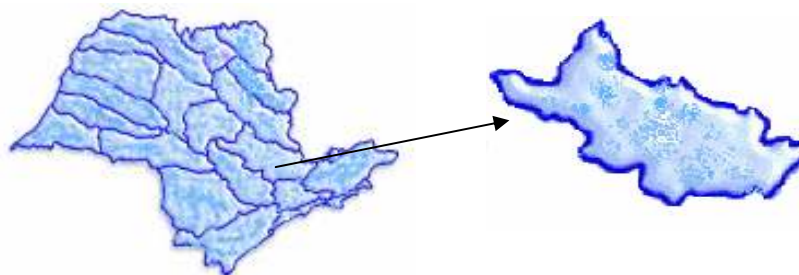


Figura 11 – Localização da UGRHI 5 no Estado de São Paulo.

### 3.1.5 Cálculo das distâncias rodoviárias

Para a avaliação da localização dos aterros e lixões será necessário o cálculo, para cada um dos modelos, das distâncias rodoviárias entre as cidades que os compõem. Isso se fez necessário dado que as distâncias entre os municípios são fatores determinantes para se apontar quais deles serão receptores de quais unidades geradoras de resíduos.

As distâncias rodoviárias foram obtidas através de um serviço disponibilizado no

site [www.portaldaviagem.com.br](http://www.portaldaviagem.com.br), que a partir das informações referentes às cidades de origem e de destino fornece automaticamente a respectiva quilometragem (vide Apêndice I e Apêndice II)

### **3.1.6 Variáveis que caracterizam os locais receptores (IQR)**

Para a formulação dos modelos será necessária a caracterização dos locais receptores de resíduos, sendo para isso utilizado o IQR (Índice de Qualidade de Aterro de Resíduos).

O IQR, como já especificado na seção 2.3 deste trabalho, é uma avaliação de diversos itens com informações sobre as principais características locacionais, estruturais e operacionais das instalações. O IQR foi elaborado a partir de uma pesquisa realizada pelos técnicos ambientais da CETESB através da aplicação de formulários padronizados, onde notas são dadas de acordo com a situação de cada um dos itens estipulados. Através da média dessas notas, tem-se o IQR de cada instalação receptora de resíduos em operação no Estado de São Paulo, que pode variar de 0 a 10 (vide Anexo A). Através das notas, os aterros são classificados como inadequados, controlados e adequados (vide seção 2.3).

Os itens se dividem em características do local, infraestrutura implantada e condições operacionais (vide Anexo B). Ao todo são 41 itens. Entretanto, existem entre as cidades selecionadas aquelas que possuem aterros em valas. Nestas, alguns dos itens analisados nos aterros convencionais não foram contabilizados em seus IQRs; em contrapartida, itens que estas instalações possuem não foram considerados nos aterros convencionais (vide Anexo C).

Os IQRs das cidades que possuem aterros em vala dizem respeito a apenas 30 municípios. No entanto, vale destacar que suas notas são distribuídas de forma proporcional às notas dos demais aterros. Assim, de acordo com suas particularidades, cada unidade receptora tem ponderadas as notas de seus itens, ocorrendo a uniformização das médias finais e a comparação entre os municípios.



### **3.1.7 Os custos envolvidos nos modelos**

Este estudo apresenta somente dois tipos de custos em seu modelo matemático: os custos operacionais e o custo de transporte do lixo. Considerando-se que modelos são simplificações da realidade, não foram incorporados os custos fixos e os custos de preparação das áreas para serem receptoras dos resíduos.

Além disso, os valores de custos adotados para todos os municípios selecionados para este trabalho se referem aos praticados no município de Piracicaba. Certamente esses valores não são necessariamente iguais para as demais localidades; entretanto, aplica-se tal valor devido à complexidade de se obter informações mais precisas de outros municípios<sup>4</sup>.

Durante a realização do trabalho, foram realizados telefonemas para as prefeituras de cada um dos municípios envolvidos e constatou-se que esses dados são de difícil acesso. Mesmo sendo o próprio órgão público ou até mesmo alguma instituição privada responsável pela coleta e disposição final dos resíduos, não se tem documentado com exatidão tais informações.

Assim, devido a tal complexidade de se obter os dados e ao grande número de municípios que este estudo engloba –, optou-se pela simplificação da utilização de somente um município como referência.

#### **3.1.7.1 Os custos operacionais**

É importante, para a obtenção dos resultados, a inclusão nos modelos dos custos operacionais dos aterros, ou seja, dos gastos realizados com as manutenções e reparos que os aterros demandam, juntamente com os dispêndios necessários para acomodar os resíduos no solo. Assim, estes custos foram calculados a partir de um valor médio de R\$ 15,00/t por dia de lixo aterrado para cada aterro.

---

<sup>4</sup> Tanto os custos de implantação quanto os custos operacionais de aterros sanitários não devem ser os mesmos para as diferentes cidades. Recomenda-se que, em trabalhos futuros, recursos sejam alocados para a obtenção de detalhamento de tais custos

Este valor do custo diário por tonelada foi obtido através de informações cedidas no início do ano de 2002, pelo atual administrador do aterro do município de Piracicaba, Valdemar Correr. Segundo ele, apesar de cada município, de acordo com as quantidades de lixo que produz e com o tamanho da sua unidade receptora, poder observar um valor distinto de custo, um valor médio de R\$ 15,00/t é adotado.

Dessa forma, para cada município selecionado, tanto no modelo “macro” como no “micro”, será obtido o produto entre a quantidade de lixo produzido por dia e a média do custo de manutenção e disposição (vide Anexo D).

### **3.1.7.2 Custo do transporte do lixo**

O custo do transporte de lixo também será incorporado ao modelo. O valor usado como referência será um valor médio do transporte de uma tonelada de resíduos por quilômetro obtido através de dados coletados por Cunha (2000) para o município de Piracicaba.

Em seu trabalho, Cunha (2000) obteve dados de coleta de resíduos para 27 setores atendidos na cidade de Piracicaba. Tais dados fornecem, por mês, as distâncias percorridas nestes setores até a unidade receptora, as quantidades de lixo movimentadas em cada um dos setores e o custo por quilômetro para transportar essas quantidades. Assim, através da manipulação desses dados, obteve-se que o custo médio para o frete de lixo em Piracicaba (e que será utilizado nos modelos deste trabalho) é de R\$ 0,0174/t/km (vide Anexo E), durante um dia padrão de operação.

## **3.2 Representação matemática**

Para cada um dos modelos propostos no trabalho, serão definidos três cenários, sugerindo resultados alternativos. Nas seções 3.3.1 e 3.3.2 são especificados os modelos e seus respectivos cenários.

O modelo adotado neste estudo envolve uma estrutura de programação inteira mista, e refere-se à minimização de uma função objetivo. Nela, estão incorporados os custos considerados para a obtenção da localização ótima das unidades receptoras de resíduos (custo de transporte dos resíduos e o custo operacional dos aterros), compreendendo  $m$

localidades produtoras e  $n$  receptoras de lixo, e estando sujeita a várias restrições de ordem física e comportamental. A seguir, apresenta-se as especificações das equações e inequações do modelo básico proposto.

*Função objetivo:*

$$\text{Min } Z = \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n A_{ij} x_{ij} C_{ij} + \sum_{j=1}^n F_j CO_j \quad (1)$$

onde:

$Z$  = valor da função objetivo

$A_{ij}$  = distância rodoviária do município  $i$  ao município  $j$ .

$x_{ij}$  = quantidade de lixo produzido no município  $i$  e aterrado no município  $j$ .

$C_{ij}$  = custo de transporte do lixo produzido no município  $i$  e aterrado no município  $j$ .

$F_j$  = variável binária, tipo zero-um, associada à recepção ou não de lixo por um aterro sanitário (ou lixão) localizado no município  $j$ .

$CO_j$  = custo operacional (manutenção e disposição) do aterro ou lixão localizado no município  $j$ .

Restrições:

a) A movimentação de lixo a partir do município  $i$  não deve exceder a produção do próprio município.

$$\sum_{j=1}^n x_{ij} - S_i \leq 0, \text{ para todo } i. \quad (2)$$

onde:

$\sum_{j=1}^n x_{ij}$  = quantidade total de lixo produzido no município  $i$  e transportada para os municípios  $j$ .

$S_i$  = quantidade de lixo produzido no município  $i$ .

b) Capacidade de recepção dos aterros sanitários e/ou lixões.

$$\sum_{i=1}^m x_{ij} \leq D_j F_j, \text{ para todo } j. \quad (3)$$

onde:

$\sum_{i=1}^m x_{ij}$  = quantidade de lixo recebida dos municípios produtores de lixo no aterro do município  $j$ .

$D_j$  = capacidade total de recepção de resíduos no município  $j$ .

$F_j$  = variável binária, tipo zero-um, associada à recepção ou não de lixo por um aterro sanitário (ou lixão) no município  $j$ .

c) Existência de pelo menos uma unidade receptora de resíduos no Estado de São Paulo.

$$\sum_{j=1}^n F_j \geq 1 \quad (4)$$

onde:

$F_j$  = variável binária, tipo zero-um, associada à recepção de lixo por um aterro sanitário ou lixão no município  $j$ .

d) Exclusão dos aterros considerados inadequados, ou seja, cuja média de seus IQRs sejam inferiores a  $k$ .

$$x_{ij} = 0 \quad \text{se } P_j \leq k, \text{ para todo } i \text{ e } j. \quad (5)$$

onde:

$P_j$  = valor do IQR do município  $j$ .

$k$  = IQR mínimo exigido para que um município possa ser selecionado.

$x_{ij}$  = quantidade de lixo produzido no município  $i$  e aterrado no município  $j$ .

### **3.3 Os modelos**

#### **3.3.1 O modelo “macro”**

O modelo “macro”, como já mencionado na seção 3.1.4.1 deste trabalho, é composto por 66 municípios ( $m = n = 66$ ), que são os três maiores produtores de resíduos de cada uma das 22 UGRHIs. Os três cenários, que compõem este modelo, estão especificados a seguir.

##### **3.3.1.1 O cenário “macro” 1**

O modelo anteriormente descrito em 3.3, com  $k = 8,1$  na equação (5), representa o que se chamou de cenário “macro” 1. Nele, especificou-se que deveria haver pelo menos um aterro sanitário ou lixão selecionado para a recepção dos resíduos, em todo o Estado de São Paulo, não existindo então, um limite de unidades receptoras, ou seja, todas as disponíveis poderiam ser utilizadas. Além disso, se determinou que somente os municípios com IQRs iguais ou superiores a 8,1, ou seja aqueles adequados, poderiam ser selecionados.

##### **3.3.1.2 O cenário “macro” 2**

Um segundo cenário formulado para o modelo “macro” foi o denominado de cenário “macro” 2, onde se buscou uma outra alternativa para a obtenção dos resultados. Neste cenário, alterou-se a especificação de que somente os aterros com IQRs maiores ou iguais a 8,1 deveriam ser selecionados. Determinou-se assim que os aterros controlados poderiam fazer parte do resultado, ou seja, as unidades com IQR maiores ou iguais a 6,1 ( $k = 6,1$  na equação (5)) poderiam fazer parte da solução encontrada.

##### **3.3.1.3 O cenário “macro” 3**

Foi proposto também um terceiro cenário para este modelo, que foi nomeado de cenário “macro” 3. Neste cenário não foram consideradas as variáveis de caracterização dos aterros, ou seja, a restrição envolvendo o IQR, representada pela equação (5), não foi considerada.

### **3.3.2 O modelo “micro”**

O modelo “micro” também refere-se à minimização de uma função objetivo, incorporando custos considerados para a obtenção da localização ótima das unidades receptoras de resíduos (custo de transporte dos resíduos e o custo operacional dos aterros), envolvendo 57 municípios ( $m = n = 57$ ) da UGRHI 5 (já descritos na seção 3.1.4.2) e estando sujeito a várias restrições de ordem física e comportamental.

#### **3.3.2.1 O cenário “micro” 1**

Seguindo os mesmos moldes do cenário “macro” 1, especificou-se no cenário “micro” 1, que deveria haver pelo menos um aterro sanitário ou lixão selecionado para a recepção dos resíduos, em toda a UGRHI 5, não existindo, então, um limite de unidades receptoras, ou seja, todas as disponíveis poderiam ser utilizadas. Além disso, se determinou que somente os municípios com IQRs iguais ou superiores a 8,1 (com  $k = 8,1$  na equação (5)), ou seja aqueles adequados, poderiam ser selecionados.

#### **3.3.2.2 O cenário “micro” 2**

Com o cenário “micro” 2, procurou-se obter outra alternativa para a obtenção de resultados. Neste cenário, alterou-se a especificação de que somente os aterros com IQRs maiores ou iguais a 8,1 deveriam ser selecionados. Determinou-se agora que, os aterros controlados poderiam fazer parte do resultado, ou seja, as unidades com IQR maiores ou iguais a 6,1 ( $k = 6,1$  na equação (5)), poderiam fazer parte da solução apontada.

#### **3.3.2.3 O cenário “micro” 3**

O terceiro e último cenário micro foi o chamado de cenário “micro” 3, nele, as variáveis de caracterização do aterro, ou seja, os IQRs, informados na equação (5), foram desconsiderados.

## **4. ANÁLISE DOS RESULTADOS**

Neste capítulo, são apresentados os resultados obtidos para cada cenário considerado no presente estudo. As estruturas de entrada e saída de resultados dos modelos “macro” e “micro” para os cenários propostos, codificados através da linguagem de otimização GAMS (Brooke et al., 1992), estão disponíveis nos Apêndice III e IV deste trabalho.

### **4.1 Os cenários “macros”**

#### **4.1.1 O cenário “macro” 1**

No primeiro cenário “macro” proposto, onde se especificou que no mínimo um aterro ou lixão deveria ser selecionado para a recepção dos resíduos, tendo que possuir IQR de no mínimo 8,1, dos 66 municípios incorporados no modelo, foram escolhidas cinco localidades de depósito.

Observa-se que a solução para o problema em questão, ou seja, a minimização dos custos considerados para a obtenção da localização ótima das unidades receptoras de resíduos (custo de transporte dos resíduos mais custo operacional dos aterros), dadas as condições estipuladas para este cenário, equivale a R\$ 29.242,44 por dia. Os locais selecionados para unidades receptoras de resíduos e as respectivas quantidades de lixo transportadas das unidades produtoras para tais unidades receptoras são ilustrados na Tabela 8.

Tabela 8. Volume transportado de lixo dos centros de produção para as unidades receptoras, em toneladas por dia, cenário “macro” 1.

Unidades Receptoras	Santo Antonio do Pinhal	São José do Rio Pardo	Sorocaba	Votuporanga	Assis
<b>Centros de Produção</b>					
Campos do Jordão	17,50	-	-	-	-
São Bento do Sapucaí	1,90	-	-	-	-
Santo Antonio do Pinhal (vala)	1,20	-	-	-	-
São José dos Campos	372,70	-	-	-	-
Taubaté	139,90	-	-	-	-
Jacareí	91,70	-	-	-	-
Caraguatatuba	30,10	-	-	-	-
Ubatuba	25,90	-	-	-	-
São Sebastião	22,90	-	-	-	-
Ribeirão Preto	-	351,60	-	-	-
Mocóca	-	22,90	-	-	-
São José do Rio Pardo (vala)	-	16,70	-	-	-
Campinas	-	-	666,30	-	-
Piracicaba	-	-	189,90	-	-
Jundiaí	-	-	179,80	-	-
São Paulo	-	-	6849,90	-	-
Guarulhos	-	-	733,80	-	-
São Bernardo do Campo	-	-	481,70	-	-
Santos	-	-	249,30	-	-
São Vicente	-	-	181,50	-	-
Guarujá	-	-	159,00	-	-
Franca	-	169,10	-	-	-
Batatais	-	19,30	-	-	-
São Joaquim da Barra (vala)	-	16,30	-	-	-
Mogi-Guaçu	-	58,10	-	-	-
Araras	-	39,20	-	-	-
Sertãozinho	-	36,20	-	-	-
Sorocaba	-	-	292,70	-	-
Itú	-	-	61,90	-	-
Botucatu	-	-	51,90	-	-
Registro	-	17,10	-	-	-
Iguape	-	-	8,80	-	-
Cajati	-	-	8,40	-	-
Barretos (vala)	-	-	-	39,50	-
Bebedouro (vala)	-	-	-	28,00	-
Orlândia	-	14,10	-	-	-
Bauru	-	-	-	-	186,10
São Carlos	-	91,70	-	-	-
Araraquara	-	86,50	-	-	-
Itapetininga	-	-	55,90	-	-
Itapeva	-	-	24,40	-	-
Itararé (vala)	-	-	17,10	-	-
São José do Rio Preto	-	-	-	202,20	-
Catanduva	-	-	-	52,10	-
Votuporanga (vala)	-	-	-	29,10	-
Matão	-	27,70	-	-	-
Lins (vala)	-	-	-	-	25,70
Taquaritinga	-	-	-	19,00	-
Ourinhos (vala)	-	-	-	-	35,70
Assis (vala)	-	-	-	-	33,30
Avaré	-	-	28,90	-	-
Jales	-	-	-	16,90	-



Continuação – Tabela 8

<b>Unidades Receptoras</b>	<b>Santo Antonio do Pinhal</b>	<b>São José do Rio Pardo</b>	<b>Sorocaba</b>	<b>Votuporanga</b>	<b>Assis</b>
<b>Centros de Produção</b>					
Santa Fé do Sul (vala)	-	-	-	10,00	-
Ilha Solteira	-	-	-	9,30	-
Araçatuba	-	-	-	82,20	-
Birigui	-	-	-	36,40	-
Penápolis	-	-	-	20,20	-
Tupã (vala)	-	-	-	-	24,10
Dracena (vala)	-	-	-	-	14,90
Garça (vala)	-	-	-	-	14,60
Marília (vala)	-	-	-	-	94,80
Adamantina (vala)	-	-	-	-	12,10
Osvaldo Cruz (vala)	-	-	-	-	10,50
Presidente Prudente	-	-	-	-	92,60
Presidente Venceslau (vala)	-	-	-	-	13,80
Presidente Epitácio (vala)	-	-	-	-	14,50
<b>TOTAL</b>	<b>703,80</b>	<b>966,50</b>	<b>10241,20</b>	<b>544,90</b>	<b>572,70</b>

Fonte: Resultados da pesquisa

A partir dos resultados para este cenário, verifica-se que do total de 13.029,10 toneladas produzidas diariamente pelos 66 municípios que compõem o modelo, a cidade de Sorocaba ficou responsável pelo aterramento de 78,60% deste total. Os demais municípios escolhidos, São José do Rio Pardo, Santo Antonio do Pinhal, Assis e Votuporanga, foram incumbidos de receber, respectivamente, 7,42%, 5,40%, 4,40% e 4,18% do total. A Figura 12 ilustra as localizações dos municípios no Estado de São Paulo, assim como representa simbolicamente as quantidades de lixo recebidas por cada um deles.



Figura 12 – Municípios selecionados para o cenário “macro” 1

De acordo com o especificado no modelo, todos os municípios selecionados apresentam IQR de no mínimo 8,1. Com exceção do município de Sorocaba, os demais possuem custos operacionais pequenos se comparados com a média das 66 cidades (vide Tabela 9) – devido às quantidades relativamente pequenas de lixo que produzem, como especificado na seção 3.1.7.1 deste trabalho.

O município de Sorocaba, apesar de apresentar custos de disposição mais elevados (por produzir maiores quantidades de lixo) que as demais cidades escolhidas, possui disponível maior capacidade de recepção de lixo que os demais, apresentando área para disposição final maior que a média dos municípios que compõem o modelo (vide Tabela 9).

Tabela 9. IQR, custos operacionais praticados e obtidos no cenário, capacidades dos aterros dos municípios selecionados no cenário “macro” 1 e médias do custo operacional e da capacidade dos aterros dos 66 municípios envolvidos no cenário.

Municípios selecionados no cenário “macro” 1	IQR	Custos operacionais praticados (R\$/dia)	Capacidade dos aterros (m <sup>2</sup> )	Custos operacionais obtidos (R\$/dia)
Santo Antonio do Pinhal (vala)	10	18,00	10.000,00	10557,00
São José do Rio Pardo (vala)	8,5	250,50	40.000,00	14497,50
Sorocaba	8,7	4.390,50	110.000,00	153618,00
Votuporanga (vala)	9,5	436,50	40.000,00	8173,50
Assis (vala)	9	499,50	38.485,70	8590,50
<b>Média do custo operacional praticado (R\$/dia)</b>	<b>2.961,16</b>			
<b>Média da capacidade aterros (m<sup>2</sup>)</b>	<b>106.819,98</b>			

Fonte: CETESB, 2000 e resultados da pesquisa

As distâncias entre os municípios fornecedores dos receptores também influenciaram na determinação de quais cidades destinariam seus restos para quais municípios, pois menores distâncias implicam custos de transporte reduzidos.

#### 4.1.2 O cenário “macro” 2

Assim como o anterior, este cenário “macro” 2 também se utiliza do IQR como fator restritivo à existência de unidades receptoras de resíduos. Entretanto, tal restrição foi flexibilizada, podendo agora ser incorporados à seleção os municípios que apresentam IQRs de no mínimo 6,1, ou seja, aqueles que possuem aterros em situações controladas (mas não totalmente adequadas) poderão ser também escolhidos.

Neste caso, verificou-se que a solução encontrada, ou seja, a minimização dos custos considerados para a obtenção da localização ótima das unidades receptoras de resíduos, dadas as condições estipuladas para este cenário, equivale a R\$ 22.502,25 por dia (23,05% inferior ao custo anterior). A Tabela 10 fornece informações relativas às quantidades que seriam dispostas em cada uma das cidades selecionadas.



Continuação – Tabela 10

<b>Unidades Receptoras</b>	<b>Santo Antonio do Pinhal</b>	<b>Jacareí</b>	<b>Batatais</b>	<b>Mogi-Guaçú</b>	<b>Taquaritinga</b>	<b>Ilha Solteira</b>	<b>Penápolis</b>	<b>Garça</b>
<b>Centros de Produção</b>								
Jales	-	-	-	-	-	16,90	-	-
Santa Fé do Sul (vala)	-	-	-	-	-	10,00	-	-
Ilha Solteira	-	-	-	-	-	9,30	-	-
Araçatuba	-	-	-	-	-	-	82,20	-
Birigui	-	-	-	-	-	-	36,40	-
Penápolis	-	-	-	-	-	-	20,20	-
Tupã (vala)	-	-	-	-	-	-	24,10	-
Dracena (vala)	-	-	-	-	-	14,90	-	-
Garça (vala)	-	-	-	-	-	-	-	14,60
Marília (vala)	-	-	-	-	-	-	-	94,80
Adamantina (vala)	-	-	-	-	-	-	12,10	-
Oswaldo Cruz (vala)	-	-	-	-	-	-	10,50	-
Presidente Prudente	-	-	-	-	-	-	92,60	-
Presidente Venceslau (vala)	-	-	-	-	-	13,80	-	-
Presidente Epitácio (vala)	-	-	-	-	-	14,50	-	-
<b>TOTAL</b>	<b>160,50</b>	<b>9232,80</b>	<b>634,30</b>	<b>1583,40</b>	<b>316,80</b>	<b>79,40</b>	<b>535,10</b>	<b>486,90</b>

Fonte: Resultados da pesquisa

Verifica-se que a partir dos resultados para este cenário, foram selecionadas oito cidades para serem receptoras de resíduos. A cidade de Jacareí ficou responsável pelo aterramento de 70,86% do total de 13.029,10 toneladas produzidas diariamente pelos 66 municípios que compõem o modelo. Aos municípios de Mogi-Guaçu, Batatais e Penápolis foram destinados, respectivamente, 12,15%, 4,87% e 4,11% do total dos resíduos. A quantia correspondente a 8,01% do lixo restante foi distribuído entre os municípios de Santo Antonio do Pinhal, Taquaritinga, Ilha Solteira e Garça. A Figura 13 ilustra as localizações dos municípios no Estado de São Paulo, assim como representa simbolicamente as quantidades de lixo recebidas por cada um deles.



Figura 13 – Municípios selecionados para o cenário “macro” 2

De acordo com o especificado no modelo, todos os municípios selecionados apresentam IQR de no mínimo 6,1. Entre os oito municípios escolhidos, somente Santo Antonio do Pinhal está presente também no cenário anterior, possuindo portanto, IQR acima de 8,1. Outra cidade selecionada neste cenário, mas que não aparece no cenário “macro” 1 e possui IQR acima de 8,1, é o município de Mogi-Guaçu (vide Tabela 11).

Tabela 11. IQR, custos operacionais praticados e obtidos no cenário, capacidades dos aterros dos municípios selecionados no cenário “macro” 2 e médias do custo operacional e da capacidade dos aterros dos 66 municípios envolvidos no cenário.

Municípios selecionados no cenário “macro” 2	IQR	Custos operacionais praticados (R\$/dia)	Capacidade dos aterros (m <sup>2</sup> )	Custos operacionais obtidos (R\$/dia)
Santo Antonio do Pinhal (vala)	10	18,00	10.000,00	2407,50
Jacareí	6,3	1375,50	681.145,00	138492,00
Batatais	7,3	289,50	42.000,00	9514,50
Mogi-Guaçu	9,1	871,50	6.000,00	23751,00
Taquaritinga	6,8	285,00	10.000,00	4752,00
Ilha Solteira	7,9	139,50	36.300,00	1191,00
Penápolis	6,4	303,00	45.000,00	8026,50
Garça (vala)	7,7	219,00	32.666,30	7302,00
<b>Média do custo operacional (R\$/dia)</b>	<b>2.961,16</b>			
<b>Média da capacidade aterros (m<sup>2</sup>)</b>	<b>106.819,98</b>			

Fonte: CETESB, 2000 e resultados da pesquisa.

Todos os municípios selecionados neste cenário possuem custos operacionais abaixo da média das 66 localidades (vide Tabela 11), devido à quantidade relativamente pequena de resíduos que produzem diariamente. O município de Jacareí, apesar de apresentar custos de disposição mais elevados (por produzir maiores quantidades de lixo) que as demais cidades escolhidas, possui disponível maior capacidade de recepção de lixo que os demais (vide Tabela 11).

As menores distâncias entre os municípios produtores de resíduos e os locais de depósitos (que equivalem a menores custos de transporte), também foram relevantes para a definição dos locais aos quais as cidades deverão destinar seu lixo.

#### **4.1.3 O cenário “macro” 3**

Neste cenário “macro” 3, ao contrário dos anteriores, não se considera as variáveis de caracterização dos aterros (IQRs). Assim, qualquer município, independente de suas condições operacionais e estruturais, podem ser escolhidos. Verificou-se que os custos considerados para a obtenção da localização ótima das unidades receptoras de resíduos, equivaleram a R\$ 19.946,39 diários (11,35 % inferior ao cenário “macro” 2 e 31,79% inferior ao cenário “macro” 1) . Listam-se, na Tabela 12, os municípios e as quantidades referentes ao volume de lixo transportado dos centros produtores às unidades receptoras.

Tabela 12. Volume transportado de lixo dos centros de produção para as unidades receptoras, em toneladas por dia, cenário “macro” 3.

Unidades Receptoras	Santo Antonio do Pinhal	São Vicente	Batatais	Itu	Iguape	Taquaritinga	Santa Fé do Sul	Garça	Oswaldo Cruz
<b>Centros de Produção</b>									
Campos do Jordão	17,50	-	-	-	-	-	-	-	-
São Bento do Sapucaí	1,90	-	-	-	-	-	-	-	-
Santo Antonio do Pinhal (vala)	1,20	-	-	-	-	-	-	-	-
São José dos Campos	372,70	-	-	-	-	-	-	-	-
Taubaté	139,90	-	-	-	-	-	-	-	-
Jacareí	91,70	-	-	-	-	-	-	-	-
Caraguatatuba	30,10	-	-	-	-	-	-	-	-
Ubatuba	25,90	-	-	-	-	-	-	-	-
São Sebastião	-	22,90	-	-	-	-	-	-	-
Ribeirão Preto	-	-	351,60	-	-	-	-	-	-
Mococa	-	-	22,90	-	-	-	-	-	-
São José do Rio Pardo (vala)	-	-	16,70	-	-	-	-	-	-
Campinas	-	-	-	666,30	-	-	-	-	-
Piracicaba	-	-	-	189,90	-	-	-	-	-
Jundiaí	-	-	-	179,80	-	-	-	-	-
São Paulo	-	6849,90	-	-	-	-	-	-	-
Guarulhos	-	733,80	-	-	-	-	-	-	-
São Bernardo do Campo	-	481,70	-	-	-	-	-	-	-
Santos	-	249,30	-	-	-	-	-	-	-
São Vicente	-	181,50	-	-	-	-	-	-	-
Guarujá	-	159,00	-	-	-	-	-	-	-
Franca	-	-	169,10	-	-	-	-	-	-
Batatais	-	-	19,30	-	-	-	-	-	-
São Joaquim da Barra (vala)	-	-	16,30	-	-	-	-	-	-
Mogi-Guaçu	-	-	-	58,10	-	-	-	-	-
Araras	-	-	-	39,20	-	-	-	-	-
Sertãozinho	-	-	36,20	-	-	-	-	-	-
Sorocaba	-	-	-	292,70	-	-	-	-	-
Itú	-	-	-	61,90	-	-	-	-	-
Botucatu	-	-	-	-	51,90	-	-	-	-
Registro	-	-	-	-	17,10	-	-	-	-
Iguape	-	-	-	-	8,80	-	-	-	-
Cajati	-	-	-	-	8,40	-	-	-	-
Barretos (vala)	-	-	-	-	-	39,50	-	-	-
Bebedouro (vala)	-	-	-	-	-	28,00	-	-	-
Orlândia	-	-	14,10	-	-	-	-	-	-
Bauru	-	-	-	-	-	-	-	186,10	-
São Carlos	-	-	-	-	-	91,70	-	-	-
Araraquara	-	-	-	-	-	86,50	-	-	-
Itapetininga	-	-	-	55,90	-	-	-	-	-
Itapeva	-	-	-	24,40	-	-	-	-	-
Itararé (vala)	-	-	-	17,10	-	-	-	-	-
São José do Rio Preto	-	-	-	-	-	202,20	-	-	-
Catanduva	-	-	-	-	-	52,10	-	-	-
Votuporanga (vala)	-	-	-	-	-	-	29,10	-	-
Matão	-	-	27,70	-	-	-	-	-	-
Lins (vala)	-	-	-	-	-	-	-	25,70	-
Taquaritinga	-	-	-	-	-	19,00	-	-	-
Ourinhos (vala)	-	-	-	-	-	-	-	35,70	-
Assis (vala)	-	-	-	-	-	-	-	33,30	-
Avaré	-	-	-	28,90	-	-	-	-	-



Continuação – Tabela 12

Unidades Receptoras	Santo Antonio do Pinhal	São Vicente	Batatais	Itu	Iguape	Taquaritinga	Santa Fé do Sul	Garça	Oswaldo Cruz
<b>Centros de Produção</b>									
Jales	-	-	-	-	-	-	16,90	-	-
Santa Fé do Sul (vala)	-	-	-	-	-	-	10,00	-	-
Ilha Solteira	-	-	-	-	-	-	9,30	-	-
Araçatuba	-	-	-	-	-	-	-	-	82,20
Birigui	-	-	-	-	-	-	-	-	36,40
Penápolis	-	-	-	-	-	-	-	-	20,20
Tupã (vala)	-	-	-	-	-	-	-	-	24,10
Dracena (vala)	-	-	-	-	-	-	-	-	14,90
Garça (vala)	-	-	-	-	-	-	-	14,60	-
Marília (vala)	-	-	-	-	-	-	-	94,80	-
Adamantina (vala)	-	-	-	-	-	-	-	-	12,10
Oswaldo Cruz (vala)	-	-	-	-	-	-	-	-	10,50
Presidente Prudente	-	-	-	-	-	-	-	-	92,60
Presidente Venceslau (vala)	-	-	-	-	-	-	-	-	13,80
Presidente Epitácio (vala)	-	-	-	-	-	-	-	-	14,50
<b>TOTAL</b>	<b>680,9</b>	<b>8678,1</b>	<b>673,9</b>	<b>1614,2</b>	<b>86,2</b>	<b>519</b>	<b>65,3</b>	<b>390,2</b>	<b>321,3</b>

Fonte: Resultados da pesquisa

A partir dos resultados para este cenário, nove municípios foram selecionados para serem depósitos de resíduos. A cidade de São Vicente ficou responsável pelo aterramento de 66,61% do total produzido, ou seja, receberia a maioria das 13.029,10 toneladas produzidas diariamente pelos 66 municípios que compõem o modelo. As cidades de Itu, Santo Antonio do Pinhal e Batatais alojariam, respectivamente, 12,39%, 5,23% e 5,17% do montante produzido. Os depósitos localizados em Iguape, Taquaritinga, Santa Fé do Sul, Garça e Oswaldo Cruz se incumbiriam de aterrar os 10,61% do lixo restante. A localização dos municípios escolhidos como receptores para este cenário, assim como a representação simbólica das quantidades de lixo recebidas por cada um deles, são ilustradas na Figura 14.



Figura 14 – Municípios selecionados para o cenário “macro” 3

Neste cenário, de acordo com o especificado, não se considerou a restrição do IQR, ocorrendo, portanto, a possibilidade de qualquer município – independente de suas características operacionais e locais - ser escolhido como unidade receptora. Dos nove municípios selecionados, somente quatro (Santo Antonio do Pinhal, Batatais, Taquaritinga e Garça) possuem IQRs acima de 6,1, ou seja, possuem condições no mínimo controladas em termos locais e estruturais de seus aterros. Os demais municípios escolhidos neste cenário “macro” 3 apresentam valores de IQR abaixo de 6,1, o que, segundo CETESB (2000), os caracterizaria como aterros inadequados. São, portanto, em termos operacionais, estruturais e locais, unidades inadequadas para receberem resíduos (vide Tabela 13).

Tabela 13. IQR, custos operacionais praticados e obtidos no cenário, capacidades dos aterros dos municípios selecionados no cenário “macro” 3 e médias do custo operacional e da capacidade dos aterros dos 66 municípios envolvidos no cenário.

<b>Municípios selecionados no cenário “macro” 3</b>	<b>IQR</b>	<b>Custos operacionais praticados (R\$/dia)</b>	<b>Capacidade dos aterros (m<sup>2</sup>)</b>	<b>Custos operacionais obtidos (R\$/dia)</b>
Santo Antonio do Pinhal (vala)	10	18,00	10.000,00	9133,50
São Vicente	1,9	2.722,50	96.500,00	130171,50
Batatais	7,3	289,50	42.000,00	10108,50
Itu	5,8	928,50	8.0000,00	24213,00
Iguape	1,2	132,00	100.000,00	1293,00
Taquaritinga	6,8	285,00	10.000,00	7785,00
Santa Fé do Sul	3,4	150,00	5.000,00	979,50
Garça (vala)	7,7	219,00	32.666,30	5853,00
Oswaldo Cruz	5,0	157,50	242.000,00	4819,50
<b>Média do custo operacional (R\$/dia)</b>	<b>2.961,16</b>			
<b>Média da capacidade aterros (m<sup>2</sup>)</b>	<b>10.6819,98</b>			

Fonte: CETESB, 2000 e resultados da pesquisa.

Todos os municípios selecionados neste cenário possuem custos operacionais abaixo da média das 66 localidades (vide Tabela 13), devido à quantidade relativamente pequena de resíduos que produzem diariamente. O município de São Vicente, apesar de apresentar custos de disposição mais elevados (por produzir maiores quantidades de lixo) que as demais cidades escolhidas, possui elevada capacidade de recepção em comparação às demais, fazendo com que ele receba a maioria dos resíduos (vide Tabela 13). A cidade de Iguape, apesar de possuir, entre os locais selecionados, maior capacidade de recepção e custo operacional relativamente baixo, não foi escolhida para aterrar a maior parte dos materiais por estar mais distante dos fornecedores, o que acarretaria maiores custos de transporte.

## **4.2 Os cenários “micros”**

### **4.2.1 O cenário “micro” 1**

Neste primeiro cenário “micro”, da mesma forma como considerado no cenário “macro” 1, estipulou-se que somente poderiam ser incluídos na solução os municípios cujos aterros apresentem IQR de no mínimo 8,1 (aterros adequados). Para o cenário em questão, as exigências estipuladas foram atendidas, e foi obtido valor de R\$ 1.501,81,

referente à minimização dos custos. A Tabela 14 ilustra os municípios escolhidos e as quantidades de resíduos por eles aterradas.

Tabela 14. Volume transportado de lixo dos centros de produção para as unidades receptoras, em toneladas por dia, cenário “micro” 1.

Unidades Receptoras	Corumbataí	Jarinu	Holambra	Nova Odessa
<b>Centros de Produção</b>				
Elias Fausto	-	-	-	4,10
Santo Antônio de Posse	-	-	5,90	-
Atibaia	-	38,70	-	-
Bom Jesus dos Perdões	-	4,50	-	-
Cosmópolis	-	-	17,00	-
Rafard	-	-	-	2,90
Capivari	-	-	-	13,40
Artur Nogueira	-	-	12,20	-
Cordeirópolis	-	-	-	6,40
Piracaia	-	9,20	-	-
Joanópolis	-	4,20	-	-
Pinhalzinho	-	2,10	-	-
Águas de São Pedro	0,70	-	-	-
São Pedro (vala)	9,00	-	-	-
Nazaré Paulista (vala)	-	2,30	-	-
Americana	-	-	-	90,80
Hortolândia	-	-	-	75,80
Sumaré	-	-	-	96,60
Pedra Bela (vala)	-	0,50	-	-
Tuiuti	-	-	0,90	-
Iracemópolis (vala)	-	-	-	5,90
Analândia (vala)	1,10	-	-	-
Vargem (vala)	-	1,00	-	-
Pedreira	-	-	13,70	-
Campinas	-	-	-	666,30
Limeira	-	-	-	142,80
Monte Mor (vala)	-	-	-	13,60
Santa Bárbara D'Oeste	-	-	-	83,80
Ipeúna (vala)	1,40	-	-	-
Morungaba (vala)	-	3,10	-	-
Santa Maria da Serra (vala)	1,60	-	-	-
Itupeva	-	7,70	-	-
Mombuca	-	-	-	0,90
Piracicaba	-	-	-	189,90
Rio das Pedras (vala)	-	-	-	8,80
Saltinho	-	-	-	1,90
Rio Claro	81,70	-	-	-
Santa Gertrudes	6,20	-	-	-
Corumbataí (vala)	0,70	-	-	-
Valinhos	-	-	-	31,30
Amparo	-	-	17,30	-

Continuação – Tabela 14

<b>Unidades Receptoras</b>				
<b>Centros de Produção</b>	<b>Corumbataí</b>	<b>Jarinu</b>	<b>Holambra</b>	<b>Nova Odessa</b>
Itatiba	-	26,20	-	-
Monte Alegre do Sul	-	-	1,30	-
Campo Limpo Paulista	-	24,90	-	-
Indaiatuba	-	-	-	72,30
Jundiá	-	179,80	-	-
Louveira	-	8,80	-	-
Várzea Paulista	-	37,10	-	-
Vinhedo	-	18,40	-	-
Paulínea	-	-	-	20,30
Salto	-	-	-	36,80
Jarinu (vala)	-	4,60	-	-
Bragança Paulista	-	55,50	-	-
Charqueada (vala)	4,70	-	-	-
Holambra (vala)	-	-	1,60	-
Nova Odessa (vala)	-	-	-	16,40
Jaguariúna	-	-	10,30	-
<b>TOTAL</b>	<b>107,10</b>	<b>428,60</b>	<b>80,20</b>	<b>1581,00</b>

Fonte: Resultados da pesquisa

Neste cenário “micro” 1, quatro municípios foram selecionados para serem receptores de resíduos. A cidade de Nova Odessa, segundo os resultados obtidos, acomodaria 71,97% do total produzido, ou seja, ele receberia a maioria das 2.196,90 toneladas produzidas diariamente pelos 57 municípios da UGRHI 5 que compõem o modelo. As cidades de Jarinu, Corumbataí e Holambra acomodariam, respectivamente, 19,51%, 4,88% e 3,65% do montante gerado.

A Figura 15 mostra a localização da UGRHI 5 no Estado de São Paulo, as cidades escolhidas como receptoras para este cenário, assim como a representação simbólica das quantidades de lixo recebidas por cada uma delas.



Figura 15 – Municípios selecionados para o cenário “micro” 1 e a localização da UGRHI 5 no Estado de São Paulo.

De acordo com o que foi especificado para este cenário, todos os municípios selecionados apresentam IQR de no mínimo 8,1. Os municípios escolhidos possuem custos operacionais pequenos se comparados com a média das 57 cidades (vide Tabela 15), devido às quantidades relativamente pequenas de lixo que produzem, como especificado na seção 3.1.7.1 deste trabalho.

Tabela 15. IQR, custos operacionais praticados e obtidos no cenário, capacidades dos aterros dos municípios selecionados no cenário “micro” 1 e médias do custo operacional e da capacidade dos aterros dos 57 municípios envolvidos no cenário.

Municípios selecionados no cenário “micro” 1	IQR	Custos operacionais praticados (R\$/dia)	Capacidade dos aterros (m <sup>2</sup> )	Custos operacionais obtidos (R\$/dia)
Corumbataí (vala)	8,2	10,50	24.211,30	1606,50
Jarinu (vala)	9,0	69,00	59.000,00	6429,00
Holambra (vala)	9,3	24,00	42.000,00	1203,00
Nova Odessa (vala)	9,3	246,00	80.000,00	23715,00
<b>Média do custo operacional (R\$/dia)</b>	<b>579,13</b>			
<b>Média da capacidade aterros (m<sup>2</sup>)</b>	<b>27.452,18</b>			

Fonte: CETESB, 2000 e resultados da pesquisa

#### 4.2.2 O cenário “micro” 2

Neste cenário “micro” 2, assim como no cenário anterior, utiliza-se os IQRs para restringir a existência de unidades receptoras de resíduos. Entretanto, tal restrição foi flexibilizada, podendo agora ser incorporados à seleção, aterros em situações controladas (mas não totalmente adequadas), ou seja, aqueles que possuem IQR mínimo de 6,1.

A solução encontrada, ou seja, referente à minimização dos custos considerados para a obtenção da localização ótima das unidades receptoras de resíduos, dadas as condições estipuladas para este cenário, equivale a R\$ 1.471,46 (2,02% inferior ao cenário anterior). A Tabela 16 fornece informações relativas às quantidades que serão dispostas em cada uma das cidades selecionadas.

Tabela 16. Volume transportado de lixo dos centros de produção para as unidades receptoras, em toneladas por dia, cenário “micro” 2.

Unidades Receptoras	Vargem	Itupeva	Corumbataí	Holambra	Nova Odessa
<b>Centros de Produção</b>					
Elias Fausto	-	-	-	-	4,1
Santo Antônio de Posse	-	-	-	5,90	-
Atibaia	38,70	-	-	-	-
Bom Jesus dos Perdões	4,50	-	-	-	-
Cosmópolis	-	-	-	17,00	-
Rafard	-	-	-	-	2,9
Capivari	-	-	-	-	13,4
Artur Nogueira	-	-	-	12,20	-
Cordeirópolis	-	-	-	-	6,4
Piracaia	9,20	-	-	-	-
Joanópolis	4,20	-	-	-	-
Pinhalzinho	2,10	-	-	-	-
Águas de São Pedro	-	-	0,70	-	-
São Pedro (vala)	-	-	9,00	-	-
Nazaré Paulista (vala)	2,30	-	-	-	-
Americana	-	-	-	-	90,80
Hortolândia	-	-	-	-	75,80
Sumaré	-	-	-	-	96,60
Pedra Bela (vala)	0,50	-	-	-	-
Tuiuti	0,90	-	-	-	-
Iracemápolis (vala)	-	-	-	-	5,90
Analândia (vala)	-	-	1,10	-	-
Vargem (vala)	1,00	-	-	-	-
Pedreira	-	-	-	13,70	-
Campinas	-	-	-	-	666,30

Continuação – Tabela 16

Unidades Receptoras	Vargem	Itupeva	Corumbataí	Holambra	Nova Odessa
<b>Centros de Produção</b>					
Limeira	-	-	-	-	142,80
Monte Mor (vala)	-	-	-	-	13,60
Santa Bárbara D'Oeste	-	-	-	-	83,80
Ipeúna (vala)	-	-	1,40	-	-
Morungaba (vala)	-	3,10	-	-	-
Santa Maria da Serra (vala)	-	-	1,60	-	-
Itupeva	-	7,70	-	-	-
Mombuca	-	-	-	-	0,90
Piracicaba	-	-	-	-	189,90
Rio das Pedras (vala)	-	-	-	-	8,80
Saltinho	-	-	-	-	1,90
Rio Claro	-	-	81,70	-	-
Santa Gertrudes	-	-	6,20	-	-
Corumbataí (vala)	-	-	0,70	-	-
Valinhos	-	31,30	-	-	-
Amparo	-	-	-	17,30	-
Itatiba	-	26,20	-	-	-
Monte Alegre do Sul	-	-	-	1,30	-
Campo Limpo Paulista	-	24,90	-	-	-
Indaiatuba	-	72,30	-	-	-
Jundiaí	-	179,80	-	-	-
Louveira	-	8,80	-	-	-
Várzea Paulista	-	37,10	-	-	-
Vinhedo	-	18,40	-	-	-
Paulínea	-	-	-	-	20,3
Salto	-	36,80	-	-	-
Jarinu (vala)	-	4,60	-	-	-
Bragança Paulista	55,50	-	-	-	-
Charqueada (vala)	-	-	4,70	-	-
Holambra (vala)	-	-	-	1,60	-
Nova Odessa (vala)	-	-	-	-	16,4
Jaguariúna	-	-	-	10,30	-
<b>TOTAL</b>	<b>118,90</b>	<b>451,00</b>	<b>107,10</b>	<b>79,30</b>	<b>1440,60</b>

Fonte: Resultados da pesquisa

Foram selecionadas cinco cidades para serem receptoras de resíduos neste cenário. A cidade de Nova Odessa ficou responsável pelo aterramento de 65,57% do total de 2.196,90 toneladas produzidas diariamente pelos municípios da UGRHI 5. Os municípios de Itupeva, Vargem, Corumbataí e Holambra receberiam, respectivamente, 20,53%, 5,41%, 4,88% e 3,61% do restante a ser acomodado. A Figura 16 representa simbolicamente as quantidades de lixo recebidas por cada um dos municípios, ilustrando também suas localizações dentro da UGRHI 5.





Figura 16 – Municípios selecionados para o cenário “micro” 2 e a localização da UGRHI 5 no Estado de São Paulo.

De acordo com o especificado no modelo, todos os municípios selecionados apresentam IQR de no mínimo 6,1. Entre os cinco municípios escolhidos, Corumbataí, Nova Odessa e Holambra, estão presentes também no cenário anterior, possuindo portanto, IQRs acima de 8,1. Outra cidade selecionada neste cenário, mas que não aparece no cenário “macro” 1 e possui IQR acima de 8,1, é o município de Mogi-Guaçu (vide Tabela 17).

Tabela 17. IQR, custos operacionais praticados e obtidos no cenário, capacidades dos aterros dos municípios selecionados no cenário “micro” 2 e médias do custo operacional e da capacidade dos aterros dos 57 municípios envolvidos no cenário.

Municípios selecionados no cenário “micro” 2	IQR	Custos operacionais praticados (R\$/dia)	Capacidade dos aterros (m <sup>2</sup> )	Custos operacionais obtidos (R\$/dia)
Vargem (vala)	6,3	15,00	1.080,00	1.783,50
Itupeva	7,7	115,50	4.000,00	6.765,00
Corumbataí (vala)	8,2	10,50	24.211,30	1.606,50
Holambra (vala)	9,3	24,00	42.000,00	1.189,50
Nova Odessa (vala)	9,3	246,00	80.000,00	21.609,00
<b>Média do custo operacional (R\$/dia)</b>	<b>579,13</b>			
<b>Média da capacidade aterros (m<sup>2</sup>)</b>	<b>27.452,18</b>			

Fonte: CETESB, 2000 e resultados da pesquisa

Todos os municípios selecionados neste cenário possuem custos operacionais abaixo da média das 57 localidades (vide Tabela 17), devido à quantidade relativamente pequena de resíduos que produzem diariamente. O município de Nova Odessa, apesar de apresentar custos de disposição mais elevados (por produzir maiores quantidades de lixo) que as demais cidades escolhidas, possui disponível maior capacidade de recepção de lixo. Dessa forma, é ela que está aterrando maior volume de lixo.

As menores distâncias entre os municípios produtores e receptores de resíduos também foram relevantes para a definição dos locais para os quais as cidades deverão destinar seu lixo.

#### 4.2.3 O cenário “micro” 3

Neste cenário “micro” 3, não se considera as variáveis de caracterização dos aterros (IQRs). Dessa forma, qualquer município pode ser escolhido. Verificou-se que os custos considerados para a obtenção da localização ótima das unidades receptoras de resíduos (custo de transporte dos resíduos e o custo operacional dos aterros), equivalem a R\$ 1.422,13 (3,35% inferior ao cenário “micro” 2 e 5,30% inferior ao cenário “micro” 1). Lista-se, na Tabela 18, os municípios e as quantidades referentes ao volume de lixo transportado dos centros produtores às unidades receptoras para este cenário.

Tabela 18. Volume transportado de lixo dos centros de produção para as unidades receptoras, em toneladas por dia, cenário “micro” 3.

Unidades Receptoras	Tuiuti	Iracemápolis	Vargem	Itupeva	Nova Odessa
<b>Centros de Produção</b>					
Elias Fausto	-	-	-	-	4,1
Santo Antônio de Posse	5,90	-	-	-	-
Atibaia	-	-	38,70	-	-
Bom Jesus dos Perdões	-	-	4,50	-	-
Cosmópolis	-	-	-	-	17,00
Rafard	-	-	-	-	2,9
Capivari	-	-	-	-	13,4
Artur Nogueira	-	-	-	-	12,20
Cordeirópolis	-	6,40	-	-	-
Piracaia	-	-	9,20	-	-
Joanópolis	-	-	4,20	-	-
Pinhalzinho	-	-	2,10	-	-

Continuação – Tabela 18

Unidades Receptoras	Tuiuti	Iracemópolis	Vargem	Itupeva	Nova Odessa
<b>Centros de Produção</b>					
Águas de São Pedro	-	0,70	-	-	-
São Pedro (vala)	-	9,00	-	-	-
Nazaré Paulista (vala)	-	-	2,30	-	-
Americana	-	-	-	-	90,80
Hortolândia	-	-	-	-	75,80
Sumaré	-	-	-	-	96,60
Pedra Bela (vala)	-	-	0,50	-	-
Tuiuti	0,90	-	-	-	-
Iracemópolis (vala)	-	5,90	-	-	-
Analândia (vala)	-	1,10	-	-	-
Vargem (vala)	-	-	1,00	-	-
Pedreira	13,70	-	-	-	-
Campinas	-	-	-	-	666,30
Limeira	-	142,80	-	-	-
Monte Mor (vala)	-	-	-	-	13,60
Santa Bárbara D'Oeste	-	-	-	-	83,80
Ipeúna (vala)	-	1,40	-	-	-
Morungaba (vala)	3,10	-	-	-	-
Santa Maria da Serra (vala)	-	1,60	-	-	-
Itupeva	-	-	-	7,70	-
Mombuca	-	-	-	-	0,90
Piracicaba	-	189,90	-	-	-
Rio das Pedras (vala)	-	8,80	-	-	-
Saltinho	-	1,90	-	-	-
Rio Claro	-	81,70	-	-	-
Santa Gertrudes	-	6,20	-	-	-
Corumbataí (vala)	-	0,70	-	-	-
Valinhos	-	-	-	31,30	-
Amparo	17,30	-	-	-	-
Itatiba	-	-	-	26,20	-
Monte Alegre do Sul	1,30	-	-	-	-
Campo Limpo Paulista	-	-	-	24,90	-
Indaiatuba	-	-	-	72,30	-
Jundiaí	-	-	-	179,80	-
Louveira	-	-	-	8,80	-
Várzea Paulista	-	-	-	37,10	-
Vinhedo	-	-	-	18,40	-
Paulínea	-	-	-	-	20,3
Salto	-	-	-	36,80	-
Jarinu (vala)	-	-	-	4,60	-
Bragança Paulista	-	-	55,50	-	-
Charqueada (vala)	-	4,70	-	-	-
Holambra (vala)	-	-	-	-	1,60
Nova Odessa (vala)	-	-	-	-	16,4
Jaguariúna	-	-	-	-	10,3
<b>TOTAL</b>	<b>42,20</b>	<b>462,80</b>	<b>118,00</b>	<b>447,90</b>	<b>1126,00</b>

Fonte: Resultados da pesquisa

A partir dos resultados para este cenário, cinco municípios foram selecionados para serem depósitos de resíduos. A cidade de Nova Odessa ficou responsável pelo aterramento de 51,25% do total produzido, recebendo a maioria das 2.196,90 toneladas produzidas diariamente pelos 57 municípios que compõem o modelo micro. As cidades de Iracemápolis e Itupeva alojariam, respectivamente, 21,07% e 20,39% do montante produzido. Os depósitos localizados em Vargem e Tuiuti se incumbiriam de aterrar 7,29% do lixo restante. A localização dos municípios escolhidos como receptores para este cenário e a representação simbólica das quantidades de lixo recebidas por cada um deles, são ilustradas na Figura 17.



Figura 17 – Municípios selecionados para o cenário “micro” 3 e a localização da UGRHI no Estado de São Paulo.

Neste cenário, de acordo com o especificado, não se considerou a restrição do IQR, ocorrendo, portanto, a possibilidade de qualquer município – independente de suas características operacionais e locais - ser escolhido como unidade receptora. Dos cinco municípios selecionados, três (Vargem, Holambra e Nova Odessa) possuem IQRs acima de 6,1, ou seja, possuem condições no mínimo controladas em termos locais e estruturais de seus aterros. Os outros dois municípios escolhidos neste cenário “micro” 3, apresentam valores de IQR abaixo de 6,1, o que, segundo CETESB (2000), os caracterizaria como aterros inadequados. São, portanto, em termos operacionais,

estruturais e locacionais, unidades inadequadas para receberem resíduos (vide Tabela 19).

Tabela 19. IQR, custos operacionais praticados e obtidos no cenário, capacidades dos aterros dos municípios selecionados no cenário “micro” 3 e médias do custo operacional e da capacidade dos aterros dos 57 municípios envolvidos no cenário.

<b>Municípios selecionados no cenário “micro” 3</b>	<b>IQR</b>	<b>Custos operacionais praticados (R\$/dia)</b>	<b>Capacidade dos aterros (m<sup>2</sup>)</b>	<b>Custos operacionais obtidos (R\$/dia)</b>
Tuiuti	5,5	13,50	24.037,00	633,00
Iracemápolis	5,6	88,50	2.000,00	6942,00
Vargem (vala)	6,3	15,00	1.080,00	1770,00
Holambra (vala)	9,3	24,00	42.000,00	6718,50
Nova Odessa (vala)	9,3	246,00	80.000,00	16890,00
<b>Média do custo operacional (R\$/dia)</b>	<b>579,13</b>			
<b>Média da capacidade aterros (m<sup>2</sup>)</b>	<b>27.452,18</b>			

Fonte: CETESB, 2000 e resultados da pesquisa

Todos os municípios selecionados neste cenário possuem custos operacionais abaixo da média das 57 localidades (vide Tabela 19), devido à quantidade relativamente pequena de resíduos que produzem diariamente. O município de Nova Odessa, apesar de apresentar custos de disposição maiores que os demais selecionados (por produzir maiores quantidades de lixo), possui elevada capacidade de recepção, fator determinante para que ele receba a maioria dos resíduos.

## 5. CONCLUSÕES

A escolha do local para acomodar resíduos sólidos deve obedecer a várias normas de caráter ambiental, operacional e econômico.

No Estado de São Paulo, a análise das condições de operação, localização e estruturação de uma unidade receptora passa necessariamente pela avaliação da CETESB – Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental -, que tem sinalizado sobre a qualidade e a eficiência dos aterros paulistas através da formulação do IQR (Índice de Qualidade do Aterro).

Assim, se houvesse a conscientização plena ao se aterrar os resíduos, o uso de locais se restringiria a aqueles que apresentassem IQRs superiores a 8,1. No entanto, a decisão de se utilizar somente locais ecológica e operacionalmente corretos acarretaria em maiores gastos, pois nem todo município possuiria áreas em condições ambientais adequadas para destinar seus restos, tendo que deslocá-los para outros lugares, talvez muito distantes.

Essa afirmação pode ser comprovada através dos resultados obtidos nos vários cenários “macros” e “micros” apresentados neste trabalho. Pôde-se comprovar, através da minimização dos custos considerados para a obtenção da localização ótima das unidades receptoras de resíduos, que ao se considerar os IQRs dos aterros - fator limitante para a existência de locais receptores -, as despesas aumentam (vide Tabela 20).

Tabela 20. Custos diários resultantes através da localização ótima das unidades receptoras de resíduos – por tipo de cenário considerado.

Modelo “macro”		Modelo “micro”	
Cenário	Custo	Cenário	Custo
1 (IQR $\geq$ 8,1)	R\$ 29.242,44	1 (IQR $\geq$ 8,1)	R\$ 1.501,81
2 (IQR $\geq$ 6,1)	R\$ 22.502,25	2 (IQR $\geq$ 6,1)	R\$ 1.471,46
3 (sem IQR)	R\$ 19.946,39	3 (sem IQR)	R\$ 1.422,13

Fonte: Resultados da pesquisa

Através da Tabela 20, percebe-se que conforme se limitam, em termos de IQR, as localidades que devem ser utilizadas como depósitos de lixo, os custos para se efetuar a disposição de materiais se elevam, tanto nos cenários “macros” (envolvendo os 66 municípios paulistas), como no cenário “micro” (englobando as 57 cidades da UGRHI 5).

A não imposição da seleção de aterros adequados nos modelos implica consideráveis reduções de custos. Assim, a diferença dos custos diários no modelo “macro”, do cenário que limita as unidades receptoras às adequadas (“macro” 1), e o que permite a seleção de qualquer local segundo seu IQR (“macro” 3), chegou a 31,79%. No modelo “micro”, essa diferença entre os cenários atingiu a 5,30%.

Portanto, seria mais econômico se depositar resíduos em locais considerados, segundo a classificação da CETESB, inadequados; entretanto, os danos ambientais causados no local serão imensos e, caso haja interesse futuro em se restaurar a área, as despesas poderão ser demasiadamente elevadas, considerando-se que nada foi desenvolvido ao longo da existência do aterro, para se poupar a área.

O presente estudo representa uma forma simplificada de se recomendar localizações para unidades receptoras de resíduos sólidos. Essa afirmação pode ser notada através da utilização de dados simplificados que envolvem os custos de transporte do lixo e os custos operacionais dos aterros. Sugere-se, para estudos futuros, o cálculo de tais custos de forma individual, resultando em um valor particular para cada um dos municípios envolvidos, o que contribuiria para o aperfeiçoamento dos modelos aqui denominados de “macro” e “micro”.

Outra simplificação adotada diz respeito à utilização no modelo “macro” de apenas 66 dos 645 municípios paulistas. Em futuros estudos, seria interessante a incorporação de mais municípios ou até mesmo a utilização do total das cidades paulistas.

Através dos resultados obtidos neste trabalho, aponta-se que, tecnicamente, é possível o recebimento de resíduos de vários municípios por poucas unidades receptoras. Entretanto, o que se observa na prática é uma certa tendência de se aterrar os resíduos nas mesmas localidades onde são produzidos.

Contudo, a maior intenção deste trabalho está em apontar que, a formação de lixo e conseqüentemente a sua disposição, são fatos que necessitam ser constantemente analisados, já que os custos envolvidos num processo de aterramento considerado adequado podem ser bem mais altos que a execução de um tipo de disposição a esmo. Além disso, existe outro ponto importante em termos do local e da forma de se destinar resíduos: a saúde de seres humanos e da natureza, pois neste caso, não está em jogo somente a qualidade de vida dos habitantes do tempo presente, mas também a qualidade de vida das gerações futuras.



## ANEXOS

## Anexo A – Municípios escolhidos para os modelos e seus IQRs.

<b>Município (modelo "macro")</b>	<b>IQR</b>	<b>Município (modelo "micro")</b>	<b>IQR</b>
Campos do Jordão	0	Elias Fausto	1,8
São Bento do Sapucaí	7,5	Santo Antônio de Posse	1,9
Santo Antonio do Pinhal (vala)	10	Atibaia	2,2
São José dos Campos	9,4	Bom Jesus dos Perdões	2,8
Taubaté	9,5	Cosmópolis	2,8
Jacareí	6,3	Rafard	2,8
Caraguatatuba	4,5	Capivari	3
Ubatuba	5,5	Artur Nogueira	3,3
São Sebastião	3,8	Cordeirópolis	3,3
Ribeirão Preto	7,6	Piracaia	3,4
Mocóca	1,2	Joanópolis	3,5
São José do Rio Pardo (vala)	8,5	Pinhalzinho	3,9
Campinas	6,5	Águas de São Pedro	0
Piracicaba	7,8	São Pedro (vala)	4,3
Jundiaí	0	Nazaré Paulista (vala)	4,5
São Paulo	8,6	Americana	4,8
Guarulhos	6,5	Hortolândia	5,1
São Bernardo do Campo	0	Sumaré	0
Santos	3,4	Pedra Bela (vala)	0
São Vicente	1,9	Tuiuti	5,5
Guarujá	7,2	Iracemápolis (vala)	5,6
Franca	6,2	Analândia (vala)	6,3
Batatais	7,3	Vargem (vala)	6,3
São Joaquim da Barra (vala)	2,8	Pedreira	6,4
Mogi-Guaçu	9,1	Campinas	6,5
Araras	3,3	Limeira	6,8
Sertãozinho	3,8	Monte Mor (vala)	0
Sorocaba	8,7	Santa Bárbara D'Oeste	7,1
Itú	5,8	Ipeúna (vala)	0
Botucatu	8,9	Morungaba (vala)	0
Registro	4	Santa Maria da Serra (vala)	0
Iguape	1,2	Itupeva	7,7
Cajati	2,3	Mombuca	0
Barretos (vala)	7,8	Piracicaba	7,8
Bebedouro (vala)	5,7	Rio das Pedras (vala)	7,8
Orlândia	5,3	Saltinho	0
Bauru	9,8	Rio Claro	7,9
São Carlos	8,3	Santa Gertrudes	7,9
Araraquara	6,2	Corumbataí (vala)	8,2
Itapetininga	1,3	Valinhos	8,3
Itapeva	3,1	Amparo	8,5
Itararé (vala)	5,9	Itatiba	8,5
São José do Rio Preto	7,5	Monte Alegre do Sul	0
Catanduva	2,3	Campo Limpo Paulista	0

## Continuação – Anexo A

Votuporanga (vala)	9,5	Indaiatuba	8,7
Matão	6,5	Jundiaí	0
Lins (vala)	5,1	Louveira	0
Taquaritinga	6,8	Várzea Paulista	8,7
Ourinhos (vala)	8,6	Vinhedo	0
Assis (vala)	9	Paulínea	8,9
Avaré	1,5	Salto	8,9
Jales	6,7	Jarinu (vala)	9
Santa Fé do Sul (vala)	3,4	Bragança Paulista	9,2
Ilha Solteira	7,9	Charqueada (vala)	9,2
Araçatuba	1,8	Holambra (vala)	9,3
Birigui	1,9	Nova Odessa (vala)	9,3
Penápolis	6,4	Jaguariúna	0
Tupã (vala)	6,4		
Dracena (vala)	3,6		
Garça (vala)	7,7		
Marília (vala)	5,3		
Adamantina (vala)	3,7		
Oswaldo Cruz (vala)	5		
Presidente Prudente	2,8		
Presidente Venceslau (vala)	3,8		
Presidente Epitácio (vala)	4,8		

Fonte: Elaboração própria a partir de CETESB (2000).

**Anexo B** – Itens selecionados para a elaboração dos IQRs.Características do local:

- Capacidade de suporte do solo;
- Proximidade de núcleos habitacionais;
- Proximidade de corpos de água;
- Proximidade do lençol freático;
- Permeabilidade do solo;
- Disponibilidade de material para recobrimento;
- Qualidade do material para recobrimento;
- Condições do sistema viário, trânsito e acessos;
- Isolamento visual da vizinhança;
- Legalidade da localização.

Infraestrutura implantada:

- Cercamento da área;
- Portaria/guarita;
- Impermeabilização da base do aterro;
- Drenagem de chorume;
- Drenagem de águas pluviais definitiva;
- Drenagem de águas pluviais provisória;
- Trator de esteiras ou compatível;
- Outros equipamentos;
- Sistema de tratamento de chorume;
- Acesso à frente de trabalho;
- Vigilantes;
- Sistema de drenagem de gases;
- Controle do recebimento de cargas;
- Monitorização de águas subterrâneas;
- Atendimento de estipulações de projeto.

Condições operacionais:

- Aspecto geral;
- Ocorrência de lixo a descoberto;
- Recobrimento do lixo;
- Presença de urubus ou gaivotas;
- Presença de moscas em grande quantidade;
- Presença de catadores;
- Criação de animais (porcos, bois);
- Descarga de serviços de serviço de saúde;
- Descarga de resíduos industriais;
- Funcionamento da drenagem pluvial definitiva;
- Funcionamento da drenagem pluvial provisória;
- Funcionamento da drenagem de chorume;
- Funcionamento do sistema de tratamento de chorume;
- Funcionamento do sistema de monitorização das águas subterrâneas;
- Eficiência da equipe de vigilância;
- Manutenção dos acessos internos.

**Anexo C** – Itens não considerados e considerados na elaboração dos IQRs de instalações em valas.

Os itens não considerados nas instalações em valas são:

Infraestrutura implantada:

- Portaria/guarita;
- Impermeabilização da base do aterro;
- Drenagem de chorume;
- Trator de esteiras ou compatível;
- Outros equipamentos;
- Sistema de tratamento de chorume;
- Vigilantes;
- Sistema de drenagem de gases;
- Controle do recebimento de cargas;
- Monitorização de águas subterrâneas;

Condições operacionais:

- Funcionamento da drenagem de chorume;
- Funcionamento do sistema de tratamento de chorume;
- Funcionamento de monitorização de águas subterrâneas;
- Eficiência da equipe de vigilância.

Os itens que são somente contabilizados nos aterros em valas são:

Infraestrutura implantada:

- Vida útil das valas;
- Dimensões das valas.

**Anexo D** – Custos de operacionais dos aterros nos municípios que compõem os modelos “macro” e “micro” .

<b>Município ("macro")</b>	<b>Custos operacionais (R\$/dia)</b>	<b>Município ("micro")</b>	<b>Custos operacionais (R\$/dia)</b>
Campos do Jordão	262,50	Elias Fausto	61,50
São Bento do Sapucaí	28,50	Santo Antônio de Posse	88,50
Santo Antonio do Pinhal (vala)	18,00	Atibaia	580,50
São José dos Campos	5590,50	Bom Jesus dos Perdões	67,50
Taubaté	2098,50	Cosmópolis	255,00
Jacareí	1375,50	Rafard	43,50
Caraguatatuba	451,50	Capivari	201,00
Ubatuba	388,50	Artur Nogueira	183,00
São Sebastião	343,50	Cordeirópolis	96,00
Ribeirão Preto	5274,00	Piracaia	138,00
Mocóca	343,50	Joanópolis	63,00
São José do Rio Pardo (vala)	250,50	Pinhalzinho	31,50
Campinas	9994,50	Águas de São Pedro	10,50
Piracicaba	2848,50	São Pedro (vala)	135,00
Jundiaí	2697,00	Nazaré Paulista (vala)	34,50
São Paulo	102748,50	Americana	1362,00
Guarulhos	11007,00	Hortolândia	1137,00
São Bernardo do Campo	7225,50	Sumaré	1449,00
Santos	3739,50	Pedra Bela (vala)	7,50
São Vicente	2722,50	Tuiuti	13,50
Guarujá	2385,00	Iracemápolis (vala)	88,50
Franca	2536,50	Analândia (vala)	16,50
Batatais	289,50	Vargem (vala)	15,00
São Joaquim da Barra (vala)	244,50	Pedreira	205,50
Mogi-Guaçu	871,50	Campinas	9994,50
Araras	588,00	Limeira	2142,00
Sertãozinho	543,00	Monte Mor (vala)	204,00
Sorocaba	4390,50	Santa Bárbara D'Oeste	1257,00
Itú	928,50	Ipeúna (vala)	21,00
Botucatu	778,50	Morungaba (vala)	46,50
Registro	256,50	Santa Maria da Serra (vala)	24,00
Iguape	132,00	Itupeva	115,50
Cajati	126,00	Mombuca	13,50
Barretos (vala)	592,50	Piracicaba	2848,50
Bebedouro (vala)	420,00	Rio das Pedras (vala)	132,00
Orlândia	211,50	Saltinho	28,50
Bauru	2791,50	Rio Claro	1225,50
São Carlos	1375,50	Santa Gertrudes	93,00
Araraquara	1297,50	Corumbataí (vala)	10,50
Itapetininga	838,50	Valinhos	469,50
Itapeva	366,00	Amparo	259,50
Itararé (vala)	256,50	Itatiba	393,00
São José do Rio Preto	3033,00	Monte Alegre do Sul	19,50

## Continuação – Anexo D

<b>Município ("macro")</b>	<b>Custos operacionais (R\$/dia)</b>	<b>Município ("micro")</b>	<b>Custos operacionais (R\$/dia)</b>
Catanduva	781,50	Campo Limpo Paulista	373,50
Votuporanga (vala)	436,50	Indaiatuba	1084,50
Matão	415,50	Jundiaí	2697,00
Lins (vala)	385,50	Louveira	132,00
Taquaritinga	285,00	Várzea Paulista	556,50
Ourinhos (vala)	535,50	Vinhedo	276,00
Assis (vala)	499,50	Paulínea	304,50
Avaré	433,50	Salto	552,00
Jales	253,50	Jarinu (vala)	69,00
Santa Fé do Sul (vala)	150,00	Bragança Paulista	832,50
Ilha Solteira	139,50	Charqueada (vala)	70,50
Araçatuba	1233,00	Holambra (vala)	24,00
Birigui	546,00	Nova Odessa (vala)	246,00
Penápolis	303,00	Jaguariúna	154,50
Tupã (vala)	361,50		
Dracena (vala)	223,50		
Garça (vala)	219,00		
Marília (vala)	1422,00		
Adamantina (vala)	181,50		
Oswaldo Cruz (vala)	157,50		
Presidente Prudente	1389,00		
Presidente Venceslau (vala)	207,00		
Presidente Epitácio (vala)	217,50		

Fonte: Elaboração própria a partir de CETESB (2000).

**Anexo E** – Dados referentes a coleta de lixo no município de Piracicaba – cálculo do frete médio – em R\$/t.km.

Setor	Distância percorrida por mês (km) (1)	Quantidade transportada por mês (t) (2)	Custo/km (3)	Frete R\$/t.km (3)/(2) = (4)	(4)*(1)*(2) = (5)	(1)*(2) = (6)
setor 1	2405	346,19	3,19	0,009215	7671,95	832586,95
setor 2	1989	414,05	3,87	0,009347	7697,43	823545,45
setor 3	2158	409,76	3,575	0,008725	7714,85	884262,08
setor 4	1131	333,32	7,47	0,022411	8448,57	376984,92
setor 5	1352	348,27	6,25	0,017946	8450	470861,04
setor 6	2015	294,19	4,19	0,014242	8442,85	592792,85
setor 7	949	327,08	8,91	0,027241	8455,59	310398,92
setor 8	1469	254,67	5,75	0,022578	8446,75	374110,23
setor 9	1313	235,43	5,79	0,024593	7602,27	309119,59
setor 10	1079	242,71	7,05	0,029047	7606,95	261884,09
setor 11	1872	326,17	4,52	0,013858	8461,44	610590,24
setor 12	1859	297,57	4,55	0,015291	8458,45	553182,63
setor 13	1716	359,58	4,93	0,01371	8459,88	617039,28
setor 14	2236	315,64	3,78	0,011976	8452,08	705771,04
setor 15	1157	212,55	6,57	0,03091	7601,49	245920,35
setor 16	780	206,44	9,75	0,047229	7605	161023,2
setor 17	858	221,91	8,86	0,039926	7601,88	190398,78
setor 18	1365	289,12	6,19	0,02141	8449,35	394648,8
setor 19	1365	345,8	6,19	0,017901	8449,35	472017
setor 20	2080	290,94	4,06	0,013955	8444,8	605155,2
setor 21	2730	237,51	3,1	0,013052	8463	648402,3
setor 22	1469	289,64	5,75	0,019852	8446,75	425481,16
setor 23	871	203,97	8,73	0,0428	7603,83	177657,87
setor 24	806	150,8	9,43	0,062533	7600,58	121544,8
setor 25	988	283,79	7,69	0,027098	7597,72	280384,52
setor 26	1963	215,02	3,87	0,017998	7596,81	422084,26
setor 27	2847	245,05	2,97	0,01212	8455,59	697657,35
					218285,2	12.565.504,90
					<b>0,0174</b>	= $\sum (5) / \sum (6)$

Fonte: Elaboração própria a partir de Cunha (2000).



## APÊNDICE I

Distâncias rodoviárias entre os municípios selecionados para o modelo “macro”

	Campos do Jordão	São Bento do Sapucaí	Santo Antonio do Pinhal	São José dos Campos	Taubaté	Jacareí	Caraquatatuba
Campos do Jordão	0	44	19	77	36	88	146
São Bento do Sapucaí	44	0	25	76	54	95	164
Santo Antonio do Pinhal	19	25	0	70	29	81	139
São José dos Campos	77	76	70	0	41	19	90
Taubaté	36	54	29	41	0	52	110
Jacareí	88	95	81	19	52	0	97
Caraquatatuba	146	164	139	90	110	97	0
Ubatuba	159	177	152	140	123	147	50
São Sebastião	170	188	163	114	134	121	28
Ribeirão Preto	434	437	427	361	398	349	446
Mocóca	398	258	391	325	362	313	410
São José do Rio Pardo	280	236	261	317	354	305	402
Campinas	233	236	226	160	197	148	245
Piracicaba	302	305	295	229	266	217	314
Jundiaí	211	214	204	138	175	126	223
São Paulo	164	167	157	91	128	79	176
Guarulhos	152	155	145	79	116	67	164
São Bernardo do Campo	181	184	174	108	145	96	193
Santos	232	235	225	159	196	147	182
São Vicente	228	231	221	155	192	143	178
Guarujá	250	253	243	177	214	165	158
Franca	522	396	515	449	486	437	534
Batatais	475	478	468	402	439	390	487
São Joaquim da Barra	503	506	496	430	467	418	515
Mogi-Guaçu	293	216	286	220	257	208	305
Araras	306	309	299	233	270	221	318
Sertãozinho	457	460	450	384	421	372	469
Sorocaba	254	257	247	181	218	169	266
Itú	258	261	251	185	222	173	270
Botucatu	394	397	387	321	358	309	406
Registro	359	362	352	286	323	274	371
Iguape	366	369	359	293	330	281	378
Cajati	399	402	392	326	363	314	411
Barretos	564	567	557	491	528	479	576
Bebedouro	522	525	515	449	486	437	534
Orlândia	483	486	476	410	447	398	495
Bauru	495	498	488	422	459	410	507
São Carlos	385	388	378	312	349	300	397
Araraquara	430	433	423	357	394	345	442
Itapetininga	335	338	328	262	299	250	347
Itapeva	221	447	437	371	408	359	456

	Santo				Taubaté	Jacareí	Caraguatatuba
	Campos do Jordão	São Bento do Sapucaí	Antonio do Pinhal	São José dos Campos			
Itararé	496	499	489	423	460	411	508
São José do Rio Preto	597	600	590	524	561	512	609
Catanduva	547	550	540	474	511	462	559
Votuporanga	687	690	680	614	651	602	699
Matão	465	468	458	392	429	380	477
Lins	598	601	591	525	562	513	610
Taquaritinga	497	500	490	424	461	412	509
Ourinhos	524	527	517	451	488	439	536
Assis	588	591	581	515	552	503	600
Avaré	396	399	389	323	360	311	408
Jales	759	759	749	683	720	671	768
Santa Fé do Sul	800	803	793	727	764	715	812
Ilha Solteira	880	883	873	807	844	795	892
Araçatuba	690	693	683	617	654	605	702
Birigui	678	681	671	605	642	593	690
Penápolis	645	648	638	572	609	560	657
Tupã	688	691	681	615	652	603	700
Dracena	815	818	808	742	779	730	827
Garça	567	570	560	494	531	482	579
Marília	596	599	589	523	560	511	608
Adamantina	758	761	751	685	722	637	770
Oswaldo Cruz	734	737	727	661	698	649	746
Presidente Prudente	701	704	694	628	665	616	713
Presidente Venceslau	758	761	751	685	722	673	770
Presidente Epitácio	794	797	787	721	758	709	806

	Ubatuba	São Sebastião	Ribeirão Preto	Mococa	São José do Rio Pardo	Campinas	Piracicaba
Campos do Jordão	159	170	434	398	280	233	302
São Bento do Sapucaí	177	188	437	258	236	236	305
Santo Antonio do Pinhal	152	163	427	391	261	226	295
São José dos Campos	140	114	361	325	317	160	229
Taubaté	123	134	398	362	354	197	266
Jacareí	147	121	349	313	305	148	217
Caraguatatuba	50	28	446	410	402	245	314
Ubatuba	0	78	496	460	452	295	364
São Sebastião	78	0	450	422	414	247	318
Ribeirão Preto	496	450	0	121	153	203	185
Mococa	460	422	121	0	27	175	173
São José do Rio Pardo	452	414	153	27	0	167	182
Campinas	295	247	203	175	167	0	71
Piracicaba	364	318	185	173	182	71	0
Jundiaí	273	220	229	201	193	26	97
São Paulo	226	173	285	257	249	82	153

	Ubatuba	São Sebastião	Ribeirão Preto	Mococa	São José do Rio Pardo	Campinas	Piracicaba
Guarulhos	214	167	296	268	260	93	164
São Bernardo do Campo	243	181	306	278	270	103	174
Santos	232	156	356	328	320	153	224
São Vicente	228	152	352	324	316	149	220
Guarujá	208	132	374	346	338	171	242
Franca	584	538	88	175	194	291	273
Batatais	537	491	41	120	135	244	226
São Joaquim da Barra	565	519	69	190	222	272	254
Mogi-Guaçu	355	317	181	111	103	70	91
Araras	368	322	132	120	129	75	57
Sertãozinho	289	473	23	144	176	226	208
Sorocaba	316	263	292	265	257	90	96
Itú	320	267	253	226	218	51	121
Botucatu	456	403	287	275	284	175	104
Registro	431	324	472	444	436	269	340
Iguape	428	331	479	451	443	276	347
Cajati	461	364	512	484	476	309	380
Barretos	626	580	130	251	283	333	315
Bebedouro	584	538	88	209	241	291	273
Orlândia	545	499	49	170	202	252	234
Bauru	557	504	213	260	269	264	209
São Carlos	447	401	110	125	134	154	111
Araraquara	492	446	83	170	179	199	156
Itapetininga	397	344	312	346	338	171	127
Itapeva	506	453	421	455	447	280	236
Itararé	558	505	473	507	499	332	288
São José do Rio Preto	659	613	206	337	346	366	323
Catanduva	609	563	156	287	296	316	273
Votuporanga	749	703	296	427	436	456	413
Matão	527	481	102	205	214	234	191
Lins	660	607	248	363	372	367	312
Taquaritinga	559	513	89	210	242	266	223
Ourinhos	586	533	342	535	527	360	284
Assis	650	597	371	599	591	424	348
Avaré	458	405	267	407	399	232	156
Jales	818	772	365	496	505	525	482
Santa Fé do Sul	862	816	409	540	549	569	526
Ilha Solteira	942	889	443	574	583	603	594
Araçatuba	752	699	333	464	473	459	404
Birigui	740	687	326	443	452	447	392
Penápolis	707	654	306	410	419	414	359
Tupã	750	697	338	453	462	457	402
Dracena	877	824	519	650	659	651	593
Garça	629	576	278	332	341	336	281
Marília	658	605	279	361	370	365	310
Adamantina	820	767	452	523	532	527	472

	Ubatuba	São Sebastião	Ribeirão Preto	Mococa	São José do Rio Pardo	Campinas	Piracicaba
Osvaldo Cruz	796	743	384	499	508	503	448
Presidente Prudente	763	710	455	556	704	537	461
Presidente Venceslau	820	767	512	613	761	594	518
Presidente Epitácio	856	803	548	649	797	630	554

	Jundiaí	São Paulo	Guarulhos	São Bernardo do Campo	Santos	São Vicente	Guarujá
Campos do Jordão	211	164	152	181	232	228	250
São Bento do Sapucaí	214	167	155	184	235	231	253
Santo Antonio do Pinhal	204	157	145	174	225	221	243
São José dos Campos	138	91	79	108	159	155	177
Taubaté	175	128	116	145	196	192	214
Jacareí	126	79	67	96	147	143	165
Caraquatatuba	223	176	164	193	182	178	158
Ubatuba	273	226	214	243	232	228	208
São Sebastião	220	173	167	181	156	152	132
Ribeirão Preto	229	285	296	306	356	352	374
Mocóca	201	257	268	278	328	324	346
São José do Rio Pardo	193	249	260	270	320	316	338
Campinas	26	82	93	103	153	149	171
Piracicaba	97	153	164	174	224	220	242
Jundiaí	0	55	66	76	126	122	144
São Paulo	55	0	19	21	71	67	89
Guarulhos	66	19	0	36	87	83	105
São Bernardo do Campo	76	21	36	0	51	47	69
Santos	126	71	87	51	0	6	14
São Vicente	122	67	83	47	6	0	15
Guarujá	144	89	105	69	14	15	0
Franca	317	373	384	394	444	440	462
Batatais	270	326	337	347	397	393	415
São Joaquim da Barra	298	354	365	375	425	421	443
Mogi-Guaçu	96	152	163	173	223	219	421
Araras	101	157	168	178	228	224	246
Sertãozinho	252	308	319	329	379	375	397
Sorocaba	97	96	109	111	161	157	179
Itú	58	100	113	115	165	161	183
Botucatu	237	236	249	251	301	297	319
Registro	242	195	214	210	193	180	212
Iguape	249	202	221	217	200	187	219
Cajati	282	235	254	250	233	220	252
Barretos	359	415	426	436	486	482	504
Bebedouro	317	373	384	394	444	440	462
Orlândia	278	334	345	355	405	401	423

	Jundiaí	São Paulo	Guarulhos	São Bernardo do Campo	Santos	São Vicente	Gurujá
Bauru	338	337	350	352	402	398	420
São Carlos	180	236	247	257	307	303	325
Araraquara	225	281	292	302	352	348	370
Itapetininga	178	177	190	192	242	238	260
Itapeva	287	286	299	301	351	347	369
Itararé	339	338	351	353	403	399	421
São José do Rio Preto	392	448	459	469	519	515	537
Catanduva	342	398	409	419	469	465	487
Votuporanga	482	538	549	559	609	605	627
Matão	260	316	327	337	387	383	405
Lins	441	440	453	455	505	501	523
Taquaritinga	292	348	359	369	419	415	437
Ourinhos	367	366	379	381	431	427	449
Assis	431	430	443	445	495	491	513
Avaré	239	238	251	253	303	299	321
Jales	551	607	618	628	678	674	696
Santa Fé do Sul	595	651	662	672	722	718	740
Ilha Solteira	629	722	735	737	787	783	805
Araçatuba	533	532	545	547	597	593	615
Birigui	521	520	533	535	585	581	603
Penápolis	488	487	500	502	552	548	570
Tupã	531	530	543	545	595	591	613
Dracena	658	657	670	672	722	718	740
Garça	410	409	422	424	474	470	492
Marília	439	438	451	453	503	499	521
Adamantina	601	600	613	615	665	661	683
Oswaldo Cruz	577	576	589	591	641	637	659
Presidente Prudente	544	543	556	558	608	604	626
Presidente Venceslau	601	600	613	615	665	661	683
Presidente Epitácio	637	636	649	651	701	697	719

	Franca	Batatais	São Joaquim da Barra	Mogi- Guaçu	Araras	Sertãozinho	Sorocaba
Campos do Jordão	522	475	503	293	306	457	254
São Bento do Sapucaí	396	478	506	216	309	460	257
Santo Antonio do Pinhal	515	468	496	286	299	450	247
São José dos Campos	449	402	430	220	233	384	181
Taubaté	486	439	467	257	270	421	218
Jacareí	437	390	418	208	221	372	169
Caraquatuba	534	487	515	305	318	469	266
Ubatuba	584	537	565	355	368	289	316
São Sebastião	538	491	519	317	322	473	263
Ribeirão Preto	88	41	69	181	132	23	292

	Franca	Batatais	São Joaquim da Barra	Mogi- Guaçu	Araras	Sertãozinho	Sorocaba
Mocóca	175	120	190	111	120	144	265
São José do Rio Pardo	194	135	222	103	129	176	257
Campinas	291	244	272	70	75	226	90
Piracicaba	273	226	254	91	57	208	96
Jundiaí	317	270	298	96	101	252	97
São Paulo	373	326	354	152	157	308	96
Guarulhos	384	337	365	163	168	319	109
São Bernardo do Campo	394	347	375	173	178	329	111
Santos	444	397	425	223	228	379	161
São Vicente	440	393	421	219	224	375	157
Guarujá	462	415	443	421	246	397	179
Franca	0	53	61	269	220	111	380
Batatais	53	0	65	222	173	64	333
São Joaquim da Barra	61	65	0	250	201	77	361
Mogi-Guaçu	269	222	250	0	61	204	160
Araras	220	173	201	61	0	155	164
Sertãozinho	111	64	77	204	155	0	315
Sorocaba	380	333	361	160	164	315	0
Itú	341	294	322	121	125	276	40
Botucatu	375	328	356	193	159	310	156
Registro	560	513	541	339	344	495	166
Iguape	567	520	548	346	351	502	199
Cajati	600	553	581	379	384	535	206
Barretos	133	171	92	311	262	108	422
Bebedouro	143	129	90	269	220	66	380
Orlândia	77	43	24	230	181	57	341
Bauru	301	254	282	269	202	215	257
São Carlos	198	151	179	159	92	133	243
Araraquara	171	124	152	204	137	106	288
Itapetininga	400	353	381	241	184	335	77
Itapeva	509	462	490	350	293	444	176
Itararé	561	514	542	402	345	496	228
São José do Rio Preto	221	247	180	371	304	187	455
Catanduva	200	197	147	321	254	137	405
Votuporanga	311	337	270	461	394	277	545
Matão	190	143	169	239	172	93	323
Lins	336	289	298	372	305	229	360
Taquaritinga	177	130	146	271	204	70	355
Ourinhos	430	383	411	430	339	347	286
Assis	459	412	428	494	403	352	350
Avaré	355	308	336	302	211	290	158
Jales	380	406	339	530	463	346	597
Santa Fé do Sul	424	450	383	574	507	390	641
Ilha Solteira	458	484	417	608	541	424	642
Araçatuba	351	374	310	464	397	314	452
Birigui	244	367	303	452	385	307	440

	Franca	Batatais	São Joaquim da Barra	Mogi- Guaçu	Araras	Sertãozinho	Sorocaba
Penápolis	324	347	283	419	352	287	407
Tupã	426	379	389	462	395	319	450
Dracena	537	560	496	653	586	500	577
Garça	366	319	335	341	274	259	329
Marília	367	320	336	370	303	260	358
Adamantina	470	493	429	532	465	433	520
Oswaldo Cruz	432	425	391	508	441	365	496
Presidente Prudente	505	496	464	607	516	436	463
Presidente Venceslau	562	553	521	664	573	493	520
Presidente Epitácio	598	589	557	700	609	529	556
	Itu	Botucatu	Registro	Iguape	Cajati	Barretos	Bebedouro
Campos do Jordão	258	394	359	366	399	564	522
São Bento do Sapucaí	261	397	362	369	402	567	525
Santo Antonio do Pinhal	251	387	352	359	392	557	515
São José dos Campos	185	321	286	293	326	491	449
Taubaté	222	358	323	330	363	528	486
Jacareí	173	309	274	281	314	479	437
Caraquatuba	270	406	371	378	411	576	534
Ubatuba	320	456	431	428	461	626	584
São Sebastião	267	403	324	331	364	580	538
Ribeirão Preto	253	287	472	479	512	130	88
Mocóca	226	275	444	451	484	251	209
São José do Rio Pardo	218	284	436	443	476	283	241
Campinas	51	175	269	276	309	333	291
Piracicaba	121	104	340	347	380	315	273
Jundiaí	58	237	242	249	282	359	317
São Paulo	100	236	195	202	235	415	373
Guarulhos	113	249	214	221	254	426	384
São Bernardo do Campo	115	251	210	217	250	436	394
Santos	165	301	193	200	233	486	444
São Vicente	161	297	180	187	220	482	440
Guarujá	183	319	212	219	252	504	462
Franca	341	375	560	567	600	133	143
Batatais	294	328	513	520	553	171	129
São Joaquim da Barra	322	356	541	548	581	92	90
Mogi-Guaçu	121	193	339	346	379	311	269
Araras	125	159	344	351	384	262	220
Sertãozinho	276	310	495	502	535	108	66
Sorocaba	40	156	166	199	206	422	380
Itú	0	180	206	269	246	383	341
Botucatu	180	0	322	355	362	334	281
Registro	206	322	0	83	44	602	560

	Itu	Botucatu	Registro	Iguape	Cajati	Barretos	Bebedouro
Iguape	269	355	83	0	78	609	567
Cajati	246	362	44	78	0	642	600
Barretos	383	334	602	609	642	0	58
Bebedouro	341	281	560	567	600	58	0
Orlândia	302	336	521	528	561	109	79
Bauru	281	108	423	456	463	256	205
São Carlos	204	175	423	430	463	228	175
Araraquara	249	155	468	475	508	185	132
Itapetininga	121	126	230	263	270	442	400
Itapeva	230	206	188	362	222	551	509
Itararé	282	237	240	414	274	603	561
São José do Rio Preto	416	327	635	642	675	93	117
Catanduva	366	265	585	592	625	102	65
Votuporanga	506	394	725	732	765	183	207
Matão	284	190	503	510	543	148	95
Lins	384	211	526	559	566	211	232
Taquaritinga	316	222	535	542	575	125	72
Ourinhos	310	190	452	485	492	393	337
Assis	374	254	516	549	556	377	342
Avaré	182	62	324	357	364	363	310
Jales	575	448	794	801	834	252	276
Santa Fé do Sul	619	492	838	845	878	296	320
Ilha Solteira	666	493	808	841	848	330	354
Araçatuba	476	303	618	651	658	223	244
Birigui	464	291	606	639	646	216	237
Penápolis	431	258	573	606	613	196	217
Tupã	474	301	616	649	656	302	323
Dracena	601	492	743	776	783	409	430
Garça	353	180	495	528	535	301	249
Marília	382	209	524	557	564	285	250
Adamantina	544	371	686	719	726	342	363
Oswaldo Cruz	520	347	662	695	702	304	325
Presidente Prudente	487	367	629	662	669	377	398
Presidente Venceslau	544	424	686	719	726	434	455
Presidente Epitácio	580	460	722	755	762	470	491

	Orlândia	Bauru	São Carlos	Araraquara	Itapetininga	Itapeva	Itararé
Campos do Jordão	483	495	385	430	335	221	496
São Bento do Sapucaí	486	498	388	433	338	447	499
Santo Antonio do Pinhal	476	488	378	423	328	437	489
São José dos Campos	410	422	312	357	262	371	423
Taubaté	447	459	349	394	299	408	460
Jacareí	398	410	300	345	250	359	411
Caraquatuba	495	507	397	442	347	456	508
Ubatuba	545	557	447	492	397	506	558



	Orlândia	Bauru	São Carlos	Araraquara	Itapetininga	Itapeva	Itararé
São Sebastião	499	504	401	446	344	453	505
Ribeirão Preto	49	213	110	83	312	421	473
Mocóca	170	260	125	170	346	455	507
São José do Rio Pardo	202	269	134	179	338	447	499
Campinas	252	264	154	199	171	280	332
Piracicaba	234	209	111	156	127	236	288
Jundiaí	278	338	180	225	178	287	339
São Paulo	334	337	236	281	177	286	338
Guarulhos	345	350	247	292	190	299	351
São Bernardo do Campo	355	352	257	302	192	301	353
Santos	405	402	307	352	242	351	403
São Vicente	401	398	303	348	238	347	399
Guarujá	423	420	325	370	260	369	421
Franca	77	301	198	171	400	509	561
Batatais	43	254	151	124	353	462	514
São Joaquim da Barra	24	282	179	152	381	490	542
Mogi-Guaçu	230	269	159	204	241	350	402
Araras	181	202	92	137	184	293	345
Sertãozinho	57	215	133	106	335	444	496
Sorocaba	341	257	243	288	77	176	228
Itú	302	281	204	249	121	230	282
Botucatu	336	108	175	155	126	206	237
Registro	521	423	423	468	230	188	240
Iguape	528	456	430	475	263	362	414
Cajati	561	463	463	508	270	222	274
Barretos	109	256	228	185	442	551	603
Bebedouro	79	205	175	132	400	509	561
Orlândia	0	262	159	132	361	470	522
Bauru	262	0	150	130	227	277	308
São Carlos	159	150	0	49	238	347	399
Araraquara	132	130	49	0	283	392	444
Itapetininga	361	227	238	283	0	109	161
Itapeva	470	277	347	392	109	0	42
Itararé	522	308	399	444	161	42	0
São José do Rio Preto	188	229	216	173	450	496	546
Catanduva	136	167	166	123	400	509	561
Votuporanga	278	296	306	263	513	563	613
Matão	149	154	84	41	318	427	479
Lins	285	113	258	215	330	380	411
Taquaritinga	126	148	116	73	350	459	511
Ourinhos	391	131	279	259	226	217	249
Assis	408	190	341	321	296	287	287
Avaré	316	137	204	184	128	144	175
Jales	347	350	375	332	567	617	665
Santa Fé do Sul	391	394	419	376	611	661	709
Ilha Solteira	425	395	453	410	612	662	710
Araçatuba	315	205	343	300	422	472	520

	Orlândia	Bauru	São Carlos	Araraquara	Itapetininga	Itapeva	Itararé
Birigui	308	193	336	293	410	460	508
Penápolis	288	160	316	273	377	427	475
Tupã	375	203	348	305	420	385	385
Dracena	501	394	529	486	523	514	514
Garça	315	71	222	202	299	344	377
Marília	316	100	251	231	328	319	352
Adamantina	434	273	462	419	490	451	451
Oswaldo Cruz	396	249	394	351	466	433	433
Presidente Prudente	469	295	446	422	409	400	400
Presidente Venceslau	526	352	503	479	466	457	457
Presidente Epitácio	562	388	539	515	502	493	493

	São José do Rio Preto	Catanduva	Votuporanga	Matão	Lins	Taquaritinga	Ourinhos
Campos do Jordão	597	547	687	465	598	497	524
São Bento do Sapucaí	600	550	690	468	601	500	527
Santo Antonio do Pinhal	590	540	680	458	591	490	517
São José dos Campos	524	474	614	392	525	424	451
Taubaté	561	511	651	429	562	461	488
Jacareí	512	462	602	380	513	412	439
Caraquatuba	609	559	699	477	610	509	536
Ubatuba	659	609	749	527	660	559	586
São Sebastião	613	563	703	481	607	513	533
Ribeirão Preto	206	156	296	102	248	89	342
Mocóca	337	287	427	205	363	210	535
São José do Rio Pardo	346	296	436	214	372	242	527
Campinas	366	316	456	234	367	266	360
Piracicaba	323	273	413	191	312	223	284
Jundiaí	392	342	482	260	441	292	367
São Paulo	448	398	538	316	440	348	366
Guarulhos	459	409	549	327	453	359	379
São Bernardo do Campo	469	419	559	337	455	369	381
Santos	519	469	609	387	505	419	431
São Vicente	515	465	605	383	501	415	427
Guarujá	537	487	627	405	523	437	449
Franca	221	200	311	190	336	177	430
Batatais	247	197	337	143	289	130	383
São Joaquim da Barra	180	147	270	169	298	146	411
Mogi-Guaçu	371	321	461	239	372	271	430
Araras	304	254	394	172	305	204	339
Sertãozinho	187	137	277	93	229	70	347
Sorocaba	455	405	545	323	360	355	286
Itú	416	366	506	284	384	316	310
Botucatu	327	265	394	190	211	222	190
Registro	635	585	725	503	526	535	452

	São José do Rio Preto	Catanduva	Votuporanga	Matão	Lins	Taquaritinga	Ourinhos
Iguape	642	592	732	510	559	542	485
Cajati	675	625	765	543	566	575	492
Barretos	93	102	183	148	211	125	393
Bebedouro	117	65	207	95	232	72	337
Orlândia	188	136	278	149	285	126	391
Bauru	229	167	296	154	113	148	131
São Carlos	216	166	306	84	258	116	279
Araraquara	173	123	263	41	215	73	259
Itapetininga	450	400	513	318	330	350	226
Itapeva	496	509	563	427	380	459	217
Itararé	546	561	613	479	411	511	249
São José do Rio Preto	0	56	90	142	118	114	300
Catanduva	56	0	146	92	171	64	353
Votuporanga	90	146	0	232	185	204	367
Matão	142	92	232	0	184	484	286
Lins	118	171	185	184	0	162	185
Taquaritinga	114	64	204	484	162	0	280
Ourinhos	300	353	367	286	185	280	0
Assis	284	337	351	307	169	285	74
Avaré	356	294	423	219	240	251	114
Jales	159	215	73	301	241	273	419
Santa Fé do Sul	203	259	117	345	285	317	463
Ilha Solteira	237	293	177	379	286	351	464
Araçatuba	130	183	138	269	96	241	274
Birigui	123	176	131	262	84	234	262
Penápolis	103	156	174	242	51	214	229
Tupã	209	262	236	274	94	252	172
Dracena	316	369	311	455	285	427	301
Garça	208	195	275	214	96	192	131
Marília	192	245	259	215	77	193	106
Adamantina	249	302	244	388	164	360	238
Oswaldo Cruz	211	264	230	320	140	298	220
Presidente Prudente	284	337	320	391	211	369	187
Presidente Venceslau	341	394	365	448	268	462	244
Presidente Epitácio	377	430	401	484	304	462	280
	Assis	Avaré	Jales	Santa Fé do Sul	Ilha Solteira	Araçatuba	Birigui
Campos do Jordão	588	396	759	800	880	690	678
São Bento do Sapucaí	591	399	759	803	883	693	681
Santo Antonio do Pinhal	581	389	749	793	873	683	671
São José dos Campos	515	323	683	727	807	617	605

	Assis	Avaré	Jales	Santa Fé do Sul	Ilha Solteira	Araçatuba	Birigui
Taubaté	552	360	720	764	844	654	642
Jacareí	503	311	671	715	795	605	593
Caraquatatuba	600	408	768	812	892	702	690
Ubatuba	650	458	818	862	942	752	740
São Sebastião	597	405	772	816	889	699	687
Ribeirão Preto	371	267	365	409	443	333	326
Mocóca	599	407	496	540	574	464	443
São José do Rio Pardo	591	399	505	549	583	473	452
Campinas	424	232	525	569	603	459	447
Piracicaba	348	156	482	526	594	404	392
Jundiaí	431	239	551	595	629	533	521
São Paulo	430	238	607	651	722	532	520
Guarulhos	443	251	618	662	735	545	533
São Bernardo do Campo	445	253	628	672	737	547	535
Santos	495	303	678	722	787	597	585
São Vicente	491	299	674	718	783	593	581
Guarujá	513	321	696	740	805	615	603
Franca	459	355	380	424	458	351	244
Batatais	412	308	406	450	484	374	367
São Joaquim da Barra	428	336	339	383	417	310	303
Mogi-Guaçu	494	302	530	574	608	464	452
Araras	403	211	463	507	541	397	385
Sertãozinho	352	290	346	390	424	314	307
Sorocaba	350	158	597	641	642	452	440
Itú	374	182	575	619	666	476	464
Botucatu	254	62	448	492	493	303	291
Registro	516	324	794	838	808	618	606
Iguape	549	357	801	845	841	651	639
Cajati	556	364	834	878	848	658	646
Barretos	377	363	252	296	330	223	216
Bebedouro	342	310	276	320	354	244	237
Orlândia	408	316	347	391	425	315	308
Bauru	190	137	350	394	395	205	193
São Carlos	341	204	375	419	453	343	336
Araraquara	321	184	332	376	410	300	293
Itapetininga	296	128	567	611	612	422	410
Itapeva	287	144	617	661	662	472	460
Itararé	287	175	665	709	710	520	508
São José do Rio Preto	284	356	159	203	237	130	123
Catanduva	337	294	215	259	293	183	176
Votuporanga	351	423	73	117	177	138	131
Matão	307	219	301	345	379	269	262
Lins	169	240	241	285	286	96	84
Taquaritinga	285	251	273	317	351	241	234
Ourinhos	74	114	419	463	464	274	262
Assis	0	184	343	418	365	258	246

	Assis	Avaré	Jales	Santa Fé do Sul	Ilha Solteira	Araçatuba	Birigui
Avaré	184	0	477	521	522	332	320
Jales	343	477	0	48	108	137	155
Santa Fé do Sul	418	521	48	0	70	181	199
Ilha Solteira	365	522	108	70	0	182	200
Araçatuba	258	332	137	181	182	0	12
Birigui	246	320	155	199	200	12	0
Penápolis	213	287	200	244	245	55	43
Tupã	106	282	241	285	270	118	105
Dracena	235	411	230	192	139	181	199
Garça	123	199	237	371	372	182	170
Marília	98	216	311	355	356	166	154
Adamantina	172	348	239	247	200	114	132
Oswaldo Cruz	154	330	235	277	230	110	105
Presidente Prudente	121	297	315	299	246	190	180
Presidente Venceslau	178	354	284	246	193	235	253
Presidente Epitácio	214	390	320	282	229	271	289

	Penápolis	Tupã	Dracena	Garça	Marília	Adamantina	Oswaldo Cruz
Campos do Jordão	645	688	815	567	596	758	734
São Bento do Sapucaí	648	691	818	570	599	761	737
Santo Antonio do Pinhal	638	681	808	560	589	751	727
São José dos Campos	572	615	742	494	523	685	661
Taubaté	609	652	779	531	560	722	698
Jacareí	560	603	730	482	511	637	649
Caraquatuba	657	700	827	579	608	770	746
Ubatuba	707	750	877	629	658	820	796
São Sebastião	654	697	824	576	605	767	743
Ribeirão Preto	306	338	519	278	279	452	384
Mocóca	410	453	650	332	361	523	499
São José do Rio Pardo	419	462	659	341	370	532	508
Campinas	414	457	651	336	365	527	503
Piracicaba	359	402	593	281	310	472	448
Jundiaí	488	531	658	410	439	601	577
São Paulo	487	530	657	409	438	600	576
Guarulhos	500	543	670	422	451	613	589
São Bernardo do Campo	502	545	672	424	453	615	591
Santos	552	595	722	474	503	665	641
São Vicente	548	591	718	470	499	661	637
Guarujá	570	613	740	492	521	683	659
Franca	324	426	537	366	367	470	432
Batatais	347	379	560	319	320	493	425
São Joaquim da Barra	283	389	496	335	336	429	391

	Penápolis	Tupã	Dracena	Garça	Marília	Adamantina	Oswaldo Cruz
Mogi-Guaçu	419	462	653	341	370	532	508
Araras	352	395	586	274	303	465	441
Sertãozinho	287	319	500	259	260	433	365
Sorocaba	407	450	577	329	358	520	496
Itú	431	474	601	353	382	544	520
Botucatu	258	301	492	180	209	371	347
Registro	573	616	743	495	524	686	662
Iguape	606	649	776	528	557	719	695
Cajati	613	656	783	535	564	726	702
Barretos	196	302	409	301	285	342	304
Bebedouro	217	323	430	249	250	363	325
Orlândia	288	375	501	315	316	434	396
Bauru	160	203	394	71	100	273	249
São Carlos	316	348	529	222	251	462	394
Araraquara	273	305	486	202	231	419	351
Itapetininga	377	420	523	299	328	490	466
Itapeva	427	385	514	344	319	451	433
Itararé	475	385	514	377	352	451	433
São José do Rio Preto	103	209	316	208	192	249	211
Catanduva	156	262	369	195	245	302	264
Votuporanga	174	236	311	275	259	244	230
Matão	242	274	455	214	215	388	320
Lins	51	94	285	96	77	164	140
Taquaritinga	214	252	427	192	193	360	298
Ourinhos	229	172	301	131	106	238	220
Assis	213	106	235	123	98	172	154
Avaré	287	282	411	199	216	348	330
Jales	200	241	230	237	311	239	235
Santa Fé do Sul	244	285	192	371	355	247	277
Ilha Solteira	245	270	139	372	356	200	230
Araçatuba	55	118	181	182	166	114	110
Birigui	43	105	199	170	154	132	105
Penápolis	0	91	244	137	121	141	117
Tupã	91	0	141	112	79	70	46
Dracena	244	141	0	249	216	71	101
Garça	137	112	249	0	33	178	154
Marília	121	79	216	33	0	145	121
Adamantina	141	70	71	178	145	0	30
Oswaldo Cruz	117	46	101	154	121	30	0
Presidente Prudente	190	117	116	228	203	96	90
Presidente Venceslau	247	174	63	285	260	140	147
Presidente Epitácio	283	210	99	321	296	176	183

	Presidente Prudente	Presidente Venceslau	Presidente Epitácio
Campos do Jordão	701	758	794
São Bento do Sapucaí	704	761	797
Santo Antonio do Pinhal	694	751	787
São José dos Campos	628	685	721
Taubaté	665	722	758
Jacareí	616	673	709
Caraquatatuba	713	770	806
Ubatuba	763	820	856
São Sebastião	710	767	803
Ribeirão Preto	455	512	548
Mocóca	556	613	649
São José do Rio Pardo	704	761	797
Campinas	537	594	630
Piracicaba	461	518	554
Jundiaí	544	601	637
São Paulo	543	600	636
Guarulhos	556	613	649
São Bernardo do Campo	558	615	651
Santos	608	665	701
São Vicente	604	661	697
Guarujá	626	683	719
Franca	505	562	598
Batatais	496	553	589
São Joaquim da Barra	464	521	557
Mogi-Guaçu	607	664	700
Araras	516	573	609
Sertãozinho	436	493	529
Sorocaba	463	520	556
Itú	487	544	580
Botucatu	367	424	460
Registro	629	686	722
Iguape	662	719	755
Cajati	669	726	762
Barretos	377	434	470
Bebedouro	398	455	491
Orlândia	469	526	562
Bauru	295	352	388
São Carlos	446	503	539
Araraquara	422	479	515
Itapetininga	409	466	502
Itapeva	400	457	493
Itararé	400	457	493
São José do Rio Preto	284	341	377
Catanduva	337	394	430
Votuporanga	320	365	401
Matão	391	448	484

	Presidente Prudente	Presidente Venceslau	Presidente Epitácio
Lins	211	268	304
Taquaritinga	369	462	462
Ourinhos	187	244	280
Assis	121	178	214
Avaré	297	354	390
Jales	315	284	320
Santa Fé do Sul	299	246	282
Ilha Solteira	246	193	229
Araçatuba	190	235	271
Birigui	180	253	289
Penápolis	190	247	283
Tupã	117	174	210
Dracena	116	63	99
Garça	228	285	321
Marília	203	260	296
Adamantina	96	140	176
Oswaldo Cruz	90	147	183
Presidente Prudente	0	59	95
Presidente Venceslau	59	0	40
Presidente Epitácio	95	40	0



## APÊNDICE II

Distâncias rodoviárias entre os municípios da UGRHI 5 para a formulação para modelo “micro”.

	Elias Fausto	Santo Antonio de Posse	Atibaia	Bom Jesus dos Perdões	Cosmópolis	Rafard	Capivari
Elias Fausto	0	86	117	126	64	25	19
Santo Antônio de Posse	86	0	110	119	41	100	94
Atibaia	117	110	0	17	106	131	125
Bom Jesus dos Perdões	126	119	17	0	115	140	134
Cosmópolis	64	41	106	115	0	78	72
Rafard	25	100	131	140	78	0	14
Capivari	19	94	125	134	72	14	0
Artur Nogueira	74	31	116	125	10	88	82
Cordeirópolis	87	80	140	149	45	100	46
Piracaia	137	130	28	19	126	151	145
Joanópolis	160	104	51	42	149	174	168
Pinhalzinho	129	59	52	61	113	143	137
Águas de São Pedro	84	138	174	183	85	79	65
São Pedro	92	146	182	191	93	87	73
Nazaré Paulista	132	125	23	8	121	146	140
Americana	52	69	105	114	32	65	56
Hortolândia	35	56	90	99	29	49	43
Sumaré	32	59	95	104	32	46	40
Pedra Bela	149	80	55	64	138	163	157
Tuiuti	117	47	49	58	101	131	125
Iracemápolis	83	76	136	145	41	73	59
Analândia	152	139	205	214	110	145	131
Vargem	146	84	37	46	135	160	154
Pedreira	82	28	106	115	66	96	90
Campinas	44	47	73	82	41	58	52
Limeira	70	63	123	132	28	77	63
Monte Mor	17	74	105	114	47	31	25
Santa Bárbara D'Oeste	60	77	113	122	40	58	49
Ipeúna	94	117	177	186	82	89	75
Morungaba	97	53	50	59	86	111	105
Santa Maria da Serra	119	173	209	218	120	114	100
Itupeva	43	89	74	83	83	68	62
Mombuca	30	107	136	145	80	25	11
Piracicaba	52	106	142	151	58	47	33
Rio das Pedras	51	120	156	165	72	33	19
Saltinho	38	121	157	166	73	45	32
Rio Claro	102	95	155	164	60	88	74
Santa Gertrudes	96	88	148	157	53	96	82
Corumbataí	139	132	192	201	97	125	111
Valinhos	58	57	61	70	53	72	66

	Elias Fausto	Santo Antonio de Posse	Atibaia	Bom Jesus dos Perdões	Cosmópolis	Rafard	Capivari
Amparo	98	28	66	75	82	112	106
Itatiba	80	83	43	52	79	94	88
Monte Alegre do Sul	113	43	74	83	97	127	121
Campo Limpo Paulista	85	88	44	53	82	99	93
Indaiatuba	20	80	106	115	73	45	39
Jundiaí	70	73	56	65	67	84	78
Louveira	66	69	54	63	63	80	74
Várzea Paulista	84	87	49	58	81	98	92
Vinhedo	65	64	58	67	62	79	73
Paulínea	51	57	93	102	17	65	59
Salto	26	91	117	126	84	51	45
Jarinu	104	97	27	36	93	118	112
Bragança Paulista	119	69	25	34	108	133	127
Charqueada	83	137	173	182	83	78	64
Holambra	83	19	107	116	26	97	91
Nova Odessa	37	63	99	108	36	54	45
Jaguariúna	70	24	94	103	54	84	78

	Artur Nogueira	Cordeirópolis	Piracaia	Joanópolis	Pinhalzinho	Águas de São Pedro	São Pedro
Elias Fausto	74	87	137	160	129	84	92
Santo Antônio de Posse	31	80	130	104	59	138	146
Atibaia	116	140	28	51	52	174	182
Bom Jesus dos Perdões	125	149	19	42	61	183	191
Cosmópolis	10	45	126	149	113	85	93
Rafard	88	100	151	174	143	79	87
Capivari	82	46	145	168	137	65	73
Artur Nogueira	0	49	136	159	92	89	97
Cordeirópolis	49	0	160	183	147	70	68
Piracaia	136	160	0	23	72	194	202
Joanópolis	159	183	23	0	62	217	225
Pinhalzinho	92	147	72	62	0	181	189
Águas de São Pedro	89	70	194	217	181	0	8
São Pedro	97	68	202	225	189	8	0
Nazaré Paulista	131	155	25	48	67	189	197
Americana	36	45	125	148	112	66	74
Hortolândia	39	60	110	133	99	94	102
Sumaré	42	55	115	138	102	81	89
Pedra Bela	113	172	75	65	25	206	214
Tuiuti	80	135	69	59	50	169	177
Iracemápolis	45	34	156	179	143	53	61
Analândia	114	76	225	248	212	73	65
Vargem	145	169	43	20	42	203	211
Pedreira	45	100	126	96	51	134	142

	Artur Nogueira	Cordeirópolis	Piracaia	Joanópolis	Pinhalzinho	Águas de São Pedro	São Pedro
Campinas	51	69	93	116	90	103	111
Limeira	32	13	143	166	130	57	65
Monte Mor	57	70	125	148	117	96	104
Santa Bárbara D'Oeste	44	40	133	156	120	58	66
Ipeúna	86	41	197	220	184	33	29
Morungaba	96	120	70	93	56	154	162
Santa Maria da Serra	124	95	229	252	216	35	31
Itupeva	93	111	94	117	103	145	153
Mombuca	82	71	156	179	150	60	68
Piracicaba	62	43	162	185	149	32	40
Rio das Pedras	76	57	176	199	163	46	54
Saltinho	77	58	177	200	164	47	55
Rio Claro	64	19	175	198	162	68	51
Santa Gertrudes	57	9	168	191	155	76	59
Corumbataí	101	56	212	235	199	74	70
Valinhos	63	83	81	104	90	117	125
Amparo	61	116	86	76	31	150	158
Itatiba	89	105	63	86	72	139	147
Monte Alegre do Sul	76	131	94	84	26	165	173
Campo Limpo Paulista	92	110	64	87	88	144	152
Indaiatuba	83	101	126	149	123	135	143
Jundiaí	77	95	76	99	85	129	137
Louveira	73	91	74	97	83	125	133
Várzea Paulista	91	109	69	92	93	143	151
Vinhedo	72	90	78	101	87	124	132
Paulínea	27	64	113	136	100	98	106
Salto	94	112	137	160	134	146	154
Jarinu	103	127	47	70	71	161	169
Bragança Paulista	118	142	45	35	27	176	184
Charqueada	87	50	193	216	180	22	18
Holambra	16	65	127	150	80	105	113
Nova Odessa	40	49	119	142	106	76	84
Jaguariúna	33	88	114	104	59	122	130

	Nazaré Paulista	Americana	Hortolândia	Sumaré	Pedra Bela	Tuiuti	Iracemópolis
Elias Fausto	132	52	35	32	149	117	83
Santo Antônio de Posse	125	69	56	59	80	47	76
Atibaia	23	105	90	95	55	49	136
Bom Jesus dos Perdões	8	114	99	104	64	58	145
Cosmópolis	121	32	29	32	138	101	41
Rafard	146	65	49	46	163	131	73
Capivari	140	56	43	40	157	125	59

	Nazaré Paulista	Americana	Hortolândia	Sumaré	Pedra Bela	Tuiuti	Iracemápolis
Artur Nogueira	131	36	39	42	113	80	45
Cordeirópolis	155	45	60	55	172	135	34
Piracaia	25	125	110	115	75	69	156
Joanópolis	48	148	133	138	65	59	179
Pinhalzinho	67	112	99	102	25	50	143
Águas de São Pedro	189	66	94	81	206	169	53
São Pedro	197	74	102	89	214	177	61
Nazaré Paulista	0	120	105	110	70	64	151
Americana	120	0	25	20	137	100	33
Hortolândia	105	25	0	8	122	87	56
Sumaré	110	20	8	0	127	90	51
Pedra Bela	70	137	122	127	0	54	168
Tuiuti	64	100	87	90	54	0	131
Iracemápolis	151	33	56	51	168	131	0
Analândia	220	110	125	120	237	200	82
Vargem	52	134	119	124	45	39	165
Pedreira	121	65	52	55	72	39	96
Campinas	88	34	17	24	105	78	65
Limeira	138	28	43	38	155	118	13
Monte Mor	120	35	23	15	137	105	66
Santa Bárbara D'Oeste	128	8	33	28	145	108	25
Ipeúna	192	82	97	92	209	172	47
Morungaba	65	85	70	75	77	32	116
Santa Maria da Serra	224	101	129	116	241	204	88
Itupeva	89	76	57	66	106	90	107
Mombuca	151	56	54	50	168	138	54
Piracicaba	157	34	62	49	174	137	26
Rio das Pedras	171	48	62	63	188	151	40
Saltinho	172	49	77	64	189	152	41
Rio Claro	170	60	75	70	187	150	25
Santa Gertrudes	163	53	68	63	180	143	33
Corumbataí	207	97	112	107	224	187	62
Valinhos	76	48	31	38	93	73	79
Amparo	81	81	68	71	52	19	112
Itatiba	58	70	53	60	75	55	101
Monte Alegre do Sul	89	96	83	86	47	34	127
Campo Limpo Paulista	59	75	58	65	91	85	106
Indaiatuba	121	66	36	34	138	111	97
Jundiaí	71	60	43	50	88	72	91
Louveira	69	56	39	46	86	70	87
Várzea Paulista	64	74	57	64	96	90	105
Vinhedo	73	55	38	45	90	70	86
Paulínea	108	29	16	19	125	88	60
Salto	132	77	55	49	149	122	108
Jarinu	42	92	77	82	74	68	123
Bragança Paulista	40	107	92	97	30	24	138

	Nazaré Paulista	Americana	Hortolândia	Sumaré	Pedra Bela	Tuiuti	Iracemópolis
Charqueada	188	65	93	80	205	168	51
Holambra	122	52	53	56	101	68	61
Nova Odessa	114	14	13	5	131	94	45
Jaguariúna	109	53	40	43	80	47	84

	Analândia	Vargem	Pedreira	Campinas	Limeira	Monte Mor	Santa Bárbara D'Oeste
Elias Fausto	152	146	82	44	70	17	60
Santo Antônio de Posse	139	84	28	47	63	74	77
Atibaia	205	37	106	73	123	105	113
Bom Jesus dos Perdões	214	46	115	82	132	114	122
Cosmópolis	110	135	66	41	28	47	40
Rafard	145	160	96	58	77	31	58
Capivari	131	154	90	52	63	25	49
Artur Nogueira	114	145	45	51	32	57	44
Cordeirópolis	76	169	100	69	13	70	40
Piracaia	225	43	126	93	143	125	133
Joanópolis	248	20	96	116	166	148	156
Pinhalzinho	212	42	51	90	130	117	120
Águas de São Pedro	73	203	134	103	57	96	58
São Pedro	65	211	142	111	65	104	66
Nazaré Paulista	220	52	121	88	138	120	128
Americana	110	134	65	34	28	35	8
Hortolândia	125	119	52	17	43	23	33
Sumaré	120	124	55	24	38	15	28
Pedra Bela	237	45	72	105	155	137	145
Tuiuti	200	39	39	78	118	105	108
Iracemópolis	82	165	96	65	13	66	25
Analândia	0	234	165	134	85	135	107
Vargem	234	0	76	102	152	134	142
Pedreira	165	76	0	43	83	70	73
Campinas	134	102	43	0	52	32	42
Limeira	85	152	83	52	0	53	27
Monte Mor	135	134	70	32	53	0	43
Santa Bárbara D'Oeste	107	142	73	42	27	43	0
Ipeúna	63	206	137	106	50	107	68
Morungaba	185	79	45	53	103	85	93
Santa Maria da Serra	89	128	169	138	92	131	63
Itupeva	176	103	85	42	94	42	84
Mombuca	126	165	103	63	58	36	49
Piracicaba	98	171	102	71	30	64	26
Rio das Pedras	112	185	116	71	44	44	40

	Analândia	Vargem	Pedreira	Campinas	Limeira	Monte Mor	Santa Bárbara D'Oeste
Saltinho	113	186	117	86	45	57	41
Rio Claro	59	184	115	84	28	85	50
Santa Gertrudes	67	177	108	77	22	78	49
Corumbataí	13	221	152	121	65	122	87
Valinhos	148	90	53	14	66	46	56
Amparo	181	56	20	59	99	86	89
Itatiba	170	72	79	36	88	68	78
Monte Alegre do Sul	196	64	35	74	114	101	104
Campo Limpo Paulista	175	73	84	41	93	73	83
Indaiatuba	166	135	76	33	84	19	74
Jundiaí	160	85	69	26	78	58	68
Louveira	156	83	65	22	74	54	64
Várzea Paulista	174	78	83	40	92	72	82
Vinhedo	155	87	60	21	73	53	63
Paulínea	129	122	53	28	47	34	37
Salto	177	146	87	44	95	34	85
Jarinu	192	56	93	60	110	92	100
Bragança Paulista	207	15	61	75	125	107	115
Charqueada	72	202	133	102	55	95	57
Holambra	130	136	33	44	48	71	60
Nova Odessa	114	128	59	28	32	20	22
Jaguariúna	153	84	12	31	71	58	61

	Ipeúna	Morungaba	Santa Maria da Serra	Itupeva	Mombuca	Piracicaba	Rio das Pedras
Elias Fausto	94	97	119	43	30	52	51
Santo Antônio de Posse	117	53	173	89	107	106	120
Atibaia	177	50	209	74	136	142	156
Bom Jesus dos Perdões	186	59	218	83	145	151	165
Cosmópolis	82	86	120	83	80	58	72
Rafard	89	111	114	68	25	47	33
Capivari	75	105	100	62	11	33	19
Artur Nogueira	86	96	124	93	82	62	76
Cordeirópolis	41	120	95	111	71	43	57
Piracaia	197	70	229	94	156	162	176
Joanópolis	220	93	252	117	179	185	199
Pinhalzinho	184	56	216	103	150	149	163
Águas de São Pedro	33	154	35	145	60	32	46
São Pedro	29	162	31	153	68	40	54
Nazaré Paulista	192	65	224	89	151	157	171
Americana	82	85	101	76	56	34	48

	Ipeúna	Morungaba	Santa Maria da Serra	Itupeva	Mombuca	Piracicaba	Rio das Pedras
Hortolândia	97	70	129	57	54	62	62
Sumaré	92	75	116	66	50	49	63
Pedra Bela	209	77	241	106	168	174	188
Tuiuti	172	32	204	90	138	137	151
Iracemápolis	47	116	88	107	54	26	40
Analândia	63	185	89	176	126	98	112
Vargem	206	79	128	103	165	171	185
Pedreira	137	45	169	85	103	102	116
Campinas	106	53	138	42	63	71	71
Limeira	50	103	92	94	58	30	44
Monte Mor	107	85	131	42	36	64	44
Santa Bárbara D'Oeste	68	93	63	84	49	26	40
Ipeúna	0	157	56	148	70	42	56
Morungaba	157	0	189	58	116	122	136
Santa Maria da Serra	56	189	0	180	95	67	81
Itupeva	148	58	180	0	73	113	81
Mombuca	70	116	95	73	0	28	14
Piracicaba	42	122	67	113	28	0	14
Rio das Pedras	56	136	81	81	14	14	0
Saltinho	57	137	82	94	25	15	13
Rio Claro	24	135	78	126	69	41	55
Santa Gertrudes	32	128	86	119	77	49	63
Corumbataí	43	172	97	163	106	78	92
Valinhos	120	41	152	34	77	85	85
Amparo	153	25	185	101	119	118	132
Itatiba	142	23	174	44	99	107	107
Monte Alegre do Sul	168	40	200	116	134	133	147
Campo Limpo Paulista	147	54	179	37	104	112	112
Indaiatuba	138	86	170	23	50	103	58
Jundiá	132	40	164	22	89	97	97
Louveira	128	38	160	20	85	93	93
Várzea Paulista	146	59	178	36	103	111	111
Vinhedo	127	38	159	29	84	92	92
Paulínea	101	73	133	70	67	66	80
Salto	149	97	181	34	56	114	64
Jarinu	164	37	196	54	123	129	143
Bragança Paulista	179	52	211	76	138	144	158
Charqueada	11	153	45	144	59	31	45
Holambra	102	87	140	86	104	78	92
Nova Odessa	86	79	111	70	45	44	58
Jaguariúna	125	53	157	73	91	90	104

	Saltinho	Rio Claro	Santa Gertrudes	Corumbataí	Valinhos	Amparo	Itatiba
Elias Fausto	38	102	96	139	58	98	80
Santo Antônio de Posse	121	95	88	132	57	28	83
Atibaia	157	155	148	192	61	66	43
Bom Jesus dos Perdões	166	164	157	201	70	75	52
Cosmópolis	73	60	53	97	53	82	79
Rafard	45	88	96	125	72	112	94
Capivari	32	74	82	111	66	106	88
Artur Nogueira	77	64	57	101	63	61	89
Cordeirópolis	58	19	9	56	83	116	105
Piracaia	177	175	168	212	81	86	63
Joanópolis	200	198	191	235	104	76	86
Pinhalzinho	164	162	155	199	90	31	72
Águas de São Pedro	47	68	76	74	117	150	139
São Pedro	55	51	59	70	125	158	147
Nazaré Paulista	172	170	163	207	76	81	58
Americana	49	60	53	97	48	81	70
Hortolândia	77	75	68	112	31	68	53
Sumaré	64	70	63	107	38	71	60
Pedra Bela	189	187	180	224	93	52	75
Tuiuti	152	150	143	187	73	19	55
Iracemápolis	41	25	33	62	79	112	101
Analândia	113	59	67	13	148	181	170
Vargem	186	184	177	221	90	56	72
Pedreira	117	115	108	152	53	20	79
Campinas	86	84	77	121	14	59	36
Limeira	45	28	22	65	66	99	88
Monte Mor	57	85	78	122	46	86	68
Santa Bárbara D'Oeste	41	50	49	87	56	89	78
Ipeúna	57	24	32	43	120	153	142
Morungaba	137	135	128	172	41	25	23
Santa Maria da Serra	82	78	86	97	152	185	174
Itupeva	94	126	119	163	34	101	44
Mombuca	25	69	77	106	77	119	99
Piracicaba	15	41	49	78	85	118	107
Rio das Pedras	13	55	63	92	85	132	107
Saltinho	0	56	64	93	100	133	122
Rio Claro	56	0	8	30	98	131	120
Santa Gertrudes	64	8	0	38	91	124	113
Corumbataí	93	30	38	0	135	168	157
Valinhos	100	98	91	135	0	69	22
Amparo	133	131	124	168	69	0	48
Itatiba	122	120	113	157	22	48	0
Monte Alegre do Sul	148	146	139	183	84	15	63
Campo Limpo Paulista	127	125	118	162	33	79	38
Indaiatuba	71	116	109	153	45	92	50



	Saltinho	Rio Claro	Santa Gertrudes	Corumbataí	Valinhos	Amparo	Itatiba
Jundiaí	112	110	103	147	18	65	23
Louveira	108	106	99	143	14	81	24
Várzea Paulista	126	124	117	161	32	84	37
Vinhedo	107	105	98	142	7	63	15
Paulínea	81	79	72	116	40	69	66
Salto	77	127	120	164	56	103	61
Jarinu	144	142	135	179	48	62	30
Bragança Paulista	159	157	150	194	63	41	45
Charqueada	46	33	41	52	116	149	138
Holambra	93	80	73	117	54	49	80
Nova Odessa	59	64	57	101	42	75	64
Jaguariúna	105	103	96	140	41	28	67

	Monte Alegre do Sul	Campo Limpo Paulista	Indaiatuba	Jundiaí	Louveira	Várzea Paulista	Vinhedo
Elias Fausto	113	85	20	70	66	84	65
Santo Antônio de Posse	43	88	80	73	69	87	64
Atibaia	74	44	106	56	54	49	58
Bom Jesus dos Perdões	83	53	115	65	63	58	67
Cosmópolis	97	82	73	67	63	81	62
Rafard	127	99	45	84	80	98	79
Capivari	121	93	39	78	74	92	73
Artur Nogueira	76	92	83	77	73	91	72
Cordeirópolis	131	110	101	95	91	109	90
Piracaia	94	64	126	76	74	69	78
Joanópolis	84	87	149	99	97	92	101
Pinhalzinho	26	88	123	85	83	93	87
Águas de São Pedro	165	144	135	129	125	143	124
São Pedro	173	152	143	137	133	151	132
Nazaré Paulista	89	59	121	71	69	64	73
Americana	96	75	66	60	56	74	55
Hortolândia	83	58	36	43	39	57	38
Sumaré	86	65	34	50	46	64	45
Pedra Bela	47	91	138	88	86	96	90
Tuiuti	34	85	111	72	70	90	70
Iracemápolis	127	106	97	91	87	105	86
Analândia	196	175	166	160	156	174	155
Vargem	64	73	135	85	83	78	87
Pedreira	35	84	76	69	65	83	60
Campinas	74	41	33	26	22	40	21
Limeira	114	93	84	78	74	92	73
Monte Mor	101	73	19	58	54	72	53
Santa Bárbara D'Oeste	104	83	74	68	64	82	63
Ipeúna	168	147	138	132	128	146	127

	Monte Alegre do Sul	Campo Limpo Paulista	Indaiatuba	Jundiaí	Louveira	Várzea Paulista	Vinhedo
Morungaba	40	54	86	40	38	59	38
Santa Maria da Serra	200	179	170	164	160	178	159
Itupeva	116	37	23	22	20	36	29
Mombuca	134	104	50	89	85	103	84
Piracicaba	133	112	103	97	93	111	92
Rio das Pedras	147	112	58	97	93	111	92
Saltinho	148	127	71	112	108	126	107
Rio Claro	146	125	116	110	106	124	105
Santa Gertrudes	139	118	109	103	99	117	98
Corumbataí	183	162	153	147	143	161	142
Valinhos	84	33	45	18	14	32	7
Amparo	15	79	92	65	81	84	63
Itatiba	63	38	50	23	24	37	15
Monte Alegre do Sul	0	94	107	80	96	99	78
Campo Limpo Paulista	94	0	55	15	19	5	28
Indaiatuba	107	55	0	40	36	54	35
Jundiaí	80	15	40	0	4	14	13
Louveira	96	19	36	4	0	18	9
Várzea Paulista	99	5	54	14	18	0	27
Vinhedo	78	28	35	13	9	27	0
Paulínea	84	69	60	54	50	68	49
Salto	118	66	15	51	47	65	46
Jarinu	77	17	93	32	36	22	45
Bragança Paulista	49	61	108	58	56	66	60
Charqueada	164	143	134	128	124	142	123
Holambra	64	85	77	70	66	84	61
Nova Odessa	90	69	39	54	50	68	49
Jaguariúna	43	72	64	57	53	71	48

	Paulínia	Salto	Jarinu	Bragança Paulista	Charqueada	Holambra	Nova Odessa
Elias Fausto	51	26	104	119	83	83	37
Santo Antônio de Posse	57	91	97	69	137	19	63
Atibaia	93	117	27	25	173	107	99
Bom Jesus dos Perdões	102	126	36	34	182	116	108
Cosmópolis	17	84	93	108	83	26	36
Rafard	65	51	118	133	78	97	54
Capivari	59	45	112	127	64	91	45
Artur Nogueira	27	94	103	118	87	16	40
Cordeirópolis	64	112	127	142	50	65	49
Piracaia	113	137	47	45	193	127	119
Joanópolis	136	160	70	35	216	150	142
Pinhalzinho	100	134	71	27	180	80	106
Águas de São Pedro	98	146	161	176	22	105	76

	Paulínia	Salto	Jarinu	Bragança Paulista	Charqueada	Holambra	Nova Odessa
São Pedro	106	154	169	184	18	113	84
Nazaré Paulista	108	132	42	40	188	122	114
Americana	29	77	92	107	65	52	14
Hortolândia	16	55	77	92	93	53	13
Sumaré	19	49	82	97	80	56	5
Pedra Bela	125	149	74	30	205	101	131
Tuiuti	88	122	68	24	168	68	94
Iracemápolis	60	108	123	138	51	61	45
Analândia	129	177	192	207	72	130	114
Vargem	122	146	56	15	202	136	128
Pedreira	53	87	93	61	133	33	59
Campinas	28	44	60	75	102	44	28
Limeira	47	95	110	125	55	48	32
Monte Mor	34	34	92	107	95	71	20
Santa Bárbara D'Oeste	37	85	100	115	57	60	22
Ipeúna	101	149	164	179	11	102	86
Morungaba	73	97	37	52	153	87	79
Santa Maria da Serra	133	181	196	211	45	140	111
Itupeva	70	34	54	76	144	86	70
Mombuca	67	56	123	138	59	104	45
Piracicaba	66	114	129	144	31	78	44
Rio das Pedras	80	64	143	158	45	92	58
Saltinho	81	77	144	159	46	93	59
Rio Claro	79	127	142	157	33	80	64
Santa Gertrudes	72	120	135	150	41	73	57
Corumbataí	116	164	179	194	52	117	101
Valinhos	40	56	48	63	116	54	42
Amparo	69	103	62	41	149	49	75
Itatiba	66	61	30	45	138	80	64
Monte Alegre do Sul	84	118	77	49	164	64	90
Campo Limpo Paulista	69	66	17	61	143	85	69
Indaiatuba	60	15	93	108	134	77	39
Jundiá	54	51	32	58	128	70	54
Louveira	50	47	36	56	124	66	50
Várzea Paulista	68	65	22	66	142	84	68
Vinhedo	49	46	45	60	123	61	49
Paulínea	0	71	80	95	97	43	23
Salto	71	0	104	119	145	88	71
Jarinu	80	104	0	44	160	94	86
Bragança Paulista	95	119	44	0	175	109	101
Charqueada	97	145	160	175	0	103	75
Holambra	43	88	94	109	103	0	60
Nova Odessa	23	71	86	101	75	60	0
Jaguariúna	41	75	81	69	121	21	47

	Jaguariúna
Elias Fausto	70
Santo Antônio de Posse	24
Atibaia	94
Bom Jesus dos Perdões	103
Cosmópolis	54
Rafard	84
Capivari	78
Artur Nogueira	33
Cordeirópolis	88
Piracaia	114
Joanópolis	104
Pinhalzinho	59
Águas de São Pedro	122
São Pedro	130
Nazaré Paulista	109
Americana	53
Hortolândia	40
Sumaré	43
Pedra Bela	80
Tuiuti	47
Iracemápolis	84
Analândia	153
Vargem	84
Pedreira	12
Campinas	31
Limeira	71
Monte Mor	58
Santa Bárbara D'Oeste	61
Ipeúna	125
Morungaba	53
Santa Maria da Serra	157
Itupeva	73
Mombuca	91
Piracicaba	90
Rio das Pedras	104
Saltinho	105
Rio Claro	103
Santa Gertrudes	96
Corumbataí	140
Valinhos	41
Amparo	28
Itatiba	67
Monte Alegre do Sul	43
Campo Limpo Paulista	72
Indaiatuba	64
Jundiaí	57
Louveira	53

	Jaguariúna
Várzea Paulista	71
Vinhedo	48
Paulínea	41
Salto	75
Jarinu	81
Bragança Paulista	69
Charqueada	121
Holambra	21
Nova Odessa	47
Jaguariúna	0

## APÊNDICE III

### Modelo “macro” a partir do software GAMS.

#### Cenário “macro” 1

```
$INLINECOM /* */
$OFFLISTING
$OFFSYMXREF OFFSYMLIST
$ONEMPTY
```

Sets

```
i centro produtor /camjo, sbens..., prese/
j receptor /camjo, sbens..., prese/ ;
```

Parameters

S(i) quantidade de lixo ofertada por dia em ton

```
/camjo 17.5
sbens 1.9
...
prese 14.5 /
```

D(j) capacidade disponivel dos aterros nos municipios em m2

```
/camjo 0
sbens 4500
...
prese 53025.5 /
```

P(j) media das variaveis ambientais

```
/camjo 0.0
sbens 7.5
...
prese 4.8 /
```

C(j) Custo diario de movimentacao no aterro

```
/camjo 262.5
sbens 28.5
...
prese 217.5 / ;
```

Table A(i,j) distancia rodoviaria de i a j em km

	camjo	sbens	...	prese						
camjo	0	44	19	77	36	88	146	159	170	434
sbens	44	0	25	76	54	95	164	177	188	437
...										
prese	296	176	183	95	40	0				;

## Variables

$x(i,j)$  quantidade de lixo produzido na regio  $i$  e aterrado na regio  $j$

$F$  presenca ou nao de aterro

$Z$  valor da funcao objetivo;

Positive Variable  $x$ ;

Binary Variable  $F$ ;

## Equations

objeti

ofe(i)

dem(j)

noater

ambien(j) ;

objeti..  $Z = e = \sum(i,j), 0.37 * A(i,j) * x(i,j) + \sum(j, F(j) * C(j));$

ofe(i)..  $\sum(j, x(i,j)) = e = S(i);$

dem(j)..  $\sum(i, x(i,j)) = l = D(j) * F(j);$

noater ..  $\sum(j, F(j)) = g = 0 ;$

ambien(j)\$(P(j) lt 8.1) ..  $F(j) = e = 0 ;$

OPTION OPTCR = 0.00;

OPTION LIMROW=0 ;

OPTION LIMCOL=0 ;

OPTION SOLPRINT = OFF;

OPTION SYSOUT = OFF;

option iterlim=100000000;

option reslim=100000000;

Model transporte /all/;

solve transporte using mip minimizing Z;

display x.l, Z.l, F.l;

## Cenário “macro” 2

\$INLINECOM /\* \*/  
 \$OFFLISTING  
 \$OFFSYMXREF OFFSYMLIST  
 \$ONEMPTY

Sets

i centro produtor /camjo, sbens..., prese/  
 j receptor /camjo, sbens..., prese/ ;

Parameters

S(i) quantidade de lixo ofertada por dia em ton

/camjo 17.5  
 sbens 1.9  
 ...  
 prese 14.5 /

D(j) capacidade disponivel dos aterros nos municipios em m2

/camjo 0  
 sbens 4500  
 ...  
 prese 53025.5 /

P(j) media das variaveis ambientais

/camjo 0.0  
 sbens 7.5  
 ...  
 prese 4.8 /

C(j) Custo diario de movimentacao no aterro

/camjo 262.5  
 sbens 28.5  
 ...  
 prese 217.5 / ;

Table A(i,j) distancia rodoviaria de i a j em km

	camjo	sbens	...	prese						
camjo	0	44	19	77	36	88	146	159	170	434
sbens	44	0	25	76	54	95	164	177	188	437
...										
prese	296	176	183	95	40	0				

Variables

x(i,j) quantidade de lixo produzido na regioao i e aterrado na regioao j



F presença ou não de aterro  
 Z valor da função objetivo;

Positive Variable x;  
 Binary Variable F;

Equations

objeti  
 ofe(i)  
 dem(j)  
 noater  
 ambient(j) ;

objeti.. Z =e= sum((i,j), 0.37\*A(i,j)\*x(i,j))+ sum(j, F(j)\*C(j));  
 ofe(i).. sum(j, x(i,j)) =e= S(i);  
 dem(j).. sum(i, x(i,j)) =l= D(j)\*F(j);  
 noater .. sum(j, F(j)) =g= 0 ;  
 ambient(j)\$ (P(j) < 6.1) .. F(j) =e= 0 ;

OPTION OPTCR = 0.00;  
 OPTION LIMROW=0 ;  
 OPTION LIMCOL=0 ;  
 OPTION SOLPRINT = OFF;  
 OPTION SYSOUT = OFF;

option iterlim=100000000;

option reslim=100000000;  
 Model transporte /all/;  
 solve transporte using mip minimizing Z;  
 display x.l, Z.l, F.l;

### Cenário “macro” 3

\$INLINECOM /\* \*/  
 \$OFFLISTING  
 \$OFFSYMXREF OFFSYMLIST  
 \$ONEMPTY

Sets

i centro produtor /camjo, sbens..., prese/  
 j receptor /camjo, sbens..., prese/ ;

Parameters

S(i) quantidade de lixo ofertada por dia em ton

/camjo 17.5  
 sbens 1.9  
 ...  
 prese 14.5 /

D(j) capacidade disponivel dos aterros nos municipios em m2

/camjo 0  
 sbens 4500  
 ...  
 prese 53025.5 /

C(j) Custo diario de movimentacao no aterro

/camjo 262.5  
 sbens 28.5  
 ...  
 prese 217.5 / ;

Table A(i,j) distancia rodoviaria de i a j em km

	camjo	sbens	...	prese							
camjo	0	44	19	77	36	88	146	159	170	434	
sbens	44	0	25	76	54	95	164	177	188	437	
...											
prese	296	176	183	95	40	0					;

Variables

$x(i,j)$  quantidade de lixo produzido na regioao i e aterrado na regioao j  
 F presenca ou nao de aterro  
 Z valor da funcao objetivo;

Positive Variable x;

Binary Variable F;

Equations

objeti  
ofe(i)  
dem(j)  
noater

objeti.. Z =e= sum((i,j), 0.37\*A(i,j)\*x(i,j))+ sum(j, F(j))\*C(j);  
ofe(i).. sum(j, x(i,j)) =e= S(i);  
dem(j).. sum(i, x(i,j)) =l= D(j)\*F(j);  
noater .. sum(j, F(j)) =g= 0 ;

OPTION OPTCR = 0.00;  
OPTION LIMROW=0 ;  
OPTION LIMCOL=0 ;  
OPTION SOLPRINT = OFF;  
OPTION SYSOUT = OFF;

option iterlim=100000000;

option reslim=100000000;  
Model transporte /all/;  
solve transporte using mip minimizing Z;  
display x.l, Z.l, F.l;

## APÊNDICE IV

### Modelo “micro” a partir do software GAMS.

#### Cenário “micro” 1

```
$INLINECOM /* */
$OFFLISTING
$OFFSYMXREF OFFSYMLIST
$ONEMPTY
```

Sets

```
i centro produtor /elfau, sposs ... , jagua/
j receptor /elfau, sposs ... , jagua/ ;
```

Parameters

S(i) quantidade de lixo ofertada por dia em ton

```
/elfau 4.1
sposs 5.9
...
jagua 10.3 /
```

D(j) capacidade disponivel dos aterros nos municipios em m2

```
/elfau 17500
sposs 13000
...
jagua 0 /
```

P(j) media variaveis ambientais

```
/elfau 1.8
sposs 1.9
...
jagua 0 /
```

C(j) Custo diario de movimentacao no aterro

```
/elfau 61.5
sposs 88.5
...
jagua 154.5 / ;
```

Table A(i,j) distancia rodoviaria de i a j em km

```
      elfau sposs ...
elfau  0  86  117  126  64  25  19  74  87  137
sposs  86  0  110  119  41  100  94  31  80  130
...
jagua  75  81  69  121  21  47  0  ;
```

## Variables

$x(i,j)$  quantidade de lixo produzido na regio  $i$  e aterrado na regio  $j$   
 $F$  presenca ou nao de aterro  
 $Z$  valor da funcao objetivo;

Positive Variable  $x$ ;  
 Binary Variable  $F$ ;

## Equations

objeti  
 ofe(i)  
 dem(j)  
 noater  
 ambien(j) ;

objeti..  $Z = e = \sum(i,j), 0.0174 * A(i,j) * x(i,j) + \sum(j), F(j) * C(j)$ ;  
 ofe(i)..  $\sum(j, x(i,j)) = e = S(i)$ ;  
 dem(j)..  $\sum(i, x(i,j)) = l = D(j) * F(j)$ ;  
 noater ..  $\sum(j, F(j)) = g = 0$  ;  
 ambien(j)\$(P(j) lt 8.1) ..  $F(j) = e = 0$  ;

OPTION OPTCR = 0.00;  
 OPTION LIMROW=0 ;  
 OPTION LIMCOL=0 ;  
 OPTION SOLPRINT = OFF;  
 OPTION SYSOUT = OFF;

option iterlim=100000000;  
 option reslim=100000000;  
 Model transporte /all/;  
 solve transporte using mip minimizing Z;  
 display x.l, Z.l, F.l;

## Cenário “micro” 2

\$INLINECOM /\* \*/  
 \$OFFLISTING  
 \$OFFSYMXREF OFFSYMLIST  
 \$ONEMPTY

### Sets

i centro produtor /elfau, sposs ... , jagua/  
 j receptor /elfau, sposs ... , jagua/ ;

### Parameters

S(i) quantidade de lixo ofertada por dia em ton

/elfau 4.1  
 sposs 5.9  
 ...  
 jagua 10.3 /

D(j) capacidade disponivel dos aterros nos municipios em m2

/elfau 17500  
 sposs 13000  
 ...  
 jagua 0 /

P(j) media variaveis ambientais

/elfau 1.8  
 sposs 1.9  
 ...  
 jagua 0 /

C(j) Custo diario de movimentacao no aterro

/elfau 61.5  
 sposs 88.5  
 ...  
 jagua 154.5 / ;

Table A(i,j) distancia rodoviaria de i a j em km

	elfau	sposs	...							
elfau	0	86	117	126	64	25	19	74	87	137
sposs	86	0	110	119	41	100	94	31	80	130
...										
jagua	75	81	69	121	21	47	0			

### Variables

x(i,j) quantidade de lixo produzido na regioao i e aterrado na regioao j

F presença ou não de aterro  
 Z valor da função objetivo;

Positive Variable x;  
 Binary Variable F;

Equations

objeti  
 ofe(i)  
 dem(j)  
 noater  
 ambien(j) ;

objeti.. Z =e= sum((i,j), 0.0174\*A(i,j)\*x(i,j))+ sum(j, F(j)\*C(j));  
 ofe(i).. sum(j, x(i,j)) =e= S(i);  
 dem(j).. sum(i, x(i,j)) =l= D(j)\*F(j);  
 noater .. sum(j, F(j)) =g= 0 ;  
 ambien(j)\$ (P(j) < 6.1) .. F(j) =e= 0 ;

OPTION OPTCR = 0.00;  
 OPTION LIMROW=0 ;  
 OPTION LIMCOL=0 ;  
 OPTION SOLPRINT = OFF;  
 OPTION SYSOUT = OFF;

option iterlim=100000000;  
 option reslim=100000000;  
 Model transporte /all/;  
 solve transporte using mip minimizing Z;  
 display x.l, Z.l, F.l;

### Cenário “micro” 3

\$INLINECOM /\* \*/  
 \$OFFLISTING  
 \$OFFSYMXREF OFFSYMLIST  
 \$ONEMPTY

Sets

i centro produtor /elfau, sposs ... , jagua/  
 j receptor /elfau, sposs ... , jagua/ ;

Parameters

S(i) quantidade de lixo ofertada por dia em ton

/elfau 4.1  
 sposs 5.9  
 ...  
 jagua 10.3 /

D(j) capacidade disponivel dos aterros nos municipios em m2

/elfau 17500  
 sposs 13000  
 ...  
 jagua 0 /

C(j) Custo diario de movimentacao no aterro

/elfau 61.5  
 sposs 88.5  
 ...  
 jagua 154.5 / ;

Table A(i,j) distancia rodoviaria de i a j em km

	elfau	sposs	...							
elfau	0	86	117	126	64	25	19	74	87	137
sposs	86	0	110	119	41	100	94	31	80	130
...										
jagua	75	81	69	121	21	47	0			

Variables

$x(i,j)$  quantidade de lixo produzido na regio i e aterrado na regio j  
 F presenca ou nao de aterro  
 Z valor da funcao objetivo;

Positive Variable x;  
 Binary Variable F;

Equations  
 objeti



```
ofe(i)
dem(j)
noater
```

```
objeti.. Z =e= sum((i,j), 0.0174*A(i,j)*x(i,j))+ sum(j, F(j)*C(j));
ofe(i).. sum(j, x(i,j)) =e= S(i);
dem(j).. sum(i, x(i,j)) =l= D(j)*F(j);
noater .. sum(j, F(j)) =g= 0 ;
```

```
OPTION OPTCR = 0.00;
OPTION LIMROW=0 ;
OPTION LIMCOL=0 ;
OPTION SOLPRINT = OFF;
OPTION SYSOUT = OFF;
```

```
option iterlim=100000000;
option reslim=100000000;
Model transporte /all/;
solve transporte using mip minimizing Z;
display x.l, Z.l, F.l;
```

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BROOKE, R.; KENDRICK, D.; MEERAUS, A. **GAMS: A User's Guide, Release 2.25**. 1992, The Scientific Press. 289p.

CAIXETA FILHO, José Vicente. **Pesquisa Operacional: Técnicas de Otimização Aplicadas a Sistemas Agroindustriais**. Piracicaba. Editora Atlas, 2001.

CAMPANILI, M. Brasil trata apenas 22% dos resíduos industriais perigosos. **O Estado de São Paulo**. São Paulo, 03 de maio de 2002. Extraído de [www.estado.com.br](http://www.estado.com.br)

CANASSA, E. M.. **Planejamento de roteiros dos veículos coletores de resíduos sólidos urbanos**. Florianópolis, 1992. 134 p. Dissertação de Mestrado – Universidade Federal de Santa Catarina.

CETESB. Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental. **Aterros sanitários**. Apostilas Ambientais. São Paulo, 1997.

CETESB. Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental. **Aterros sanitários em valas**. Apostilas Ambientais. São Paulo, 1997.

CETESB. Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental. **Inventário Estadual de Resíduos Sólidos Domiciliares**. São Paulo, 2000. (Relatório Síntese). Disponível em: [www.cetesb.sp.gov.br](http://www.cetesb.sp.gov.br)

CUNHA, V. **Gerenciamento da coleta de resíduos sólidos urbanos: Estruturação e aplicação de modelo não-linear de programação por metas**. Piracicaba, 2001. Dissertação (M.S.). Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”. Universidade de São Paulo.

DEWEß, G.; GIRLICH, H.J. Determining locations of stock points from a multi-criteria decision problem. **International journal of production economics**. Leipzig, 1999. University of Leipzig, Germany.

GUIMARÃES, L. T.; **Utilização do Sistema de Informação Geográfica (SIG) para identificação de áreas potenciais para disposição de resíduos na Bacia do Paquequer, município de Teresópolis**. Rio de Janeiro, 2000. Dissertação (M.S.). Universidade Federal do Rio de Janeiro. Disponível em: <http://www.labgis.uerj.br/publicacoes/lucy/>

HOGAN, D. J.; CUNHA, J. M. P.; BAENINGER, R.; CARMO, R.L. (Org) **Um Breve Perfil Ambiental do Estado de São Paulo. Resíduos Sólidos**. In Migração e Ambiente em São Paulo: Aspectos Relevantes da Dinâmica Campinas. Núcleo de Estudos De População. Unicamp, 2000, 518 p.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Pesquisa Nacional de Saneamento Básico 2000**. Ministério do Planejamento, Orçamento e Gestão. Rio de Janeiro. 2002.

Instituto de Pesquisas Tecnológicas. Compromisso Empresarial para Reciclagem. Coordenação: Niza Silva Jardim et al.. **Lixo Municipal: Manual de Gerenciamento Integrado**. São Paulo, 1995.

YE, M.; YEZER, A. M. J. Where will put the garbage? Economic efficiency versus collective choice. **Regional Science & Urban Economics**. St. Mary's City, 1996. Department of Economics, St. Mary's College, MA, USA.

Site: [www.portaldaviagem.com.br](http://www.portaldaviagem.com.br)