

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRONÔMICAS
CAMPUS DE BOTUCATU

**GESTÃO DOS RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS NA
MICRORREGIÃO HOMOGÊNEA SERRA DE BOTUCATU:
CARACTERIZAÇÃO FÍSICA DOS RESÍDUOS SÓLIDOS DOMÉSTICOS NA
CIDADE DE BOTUCATU/SP**

SELENE DE OLIVEIRA

Dissertação apresentada à Faculdade de Ciências Agronômicas da UNESP - Campus de Botucatu, para obtenção do título de Mestre em Agronomia - Área de Concentração em Energia na Agricultura.

Botucatu - SP
Setembro - 1997

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRONÔMICAS
CAMPUS DE BOTUCATU

**GESTÃO DOS RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS NA
MICRORREGIÃO HOMOGÊNEA SERRA DE BOTUCATU:
CARACTERIZAÇÃO FÍSICA DOS RESÍDUOS SÓLIDOS DOMÉSTICOS NA
CIDADE DE BOTUCATU/SP**

SELENE DE OLIVEIRA

Orientador: **Prof. Dr. Antenor Pasqual**

Dissertação apresentada à Faculdade de Ciências Agronômicas da Unesp - Campus de Botucatu, para obtenção do título de Mestre em Agronomia - Área de Concentração em Energia na Agricultura.

Botucatu - SP
Setembro - 1997

FICHA CATALOGRÁFICA ELABORADA PELA SEÇÃO DE AQUISIÇÃO E TRATAMENTO DA INFORMAÇÃO
DIRETORIA DE SERVIÇO DE BIBLIOTECA E DOCUMENTAÇÃO - FCA
UNESP/LAGEADO - BOTUCATU (SP)

Oliveira, Selene de
O48g Gestão dos resíduos sólidos urbanos na microrregião homogênea Serra de Botucatu -
Caracterização física dos resíduos sólidos domésticos na cidade de Botucatu/SP / Selene
de Oliveira. – Botucatu, 1997
xii, 127 f. : il. (algumas color.) ; 28 cm

Dissertação (mestrado) -- Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências
Agronômicas, Botucatu, 1997

Orientador: Antenor Pasqual
Bibliografia: f. 91-96

1. Resíduos sólidos urbanos - Gerenciamento - Botucatu (SP) 2. Lixo - Tratamento -
Aproveitamento 3. Resíduos sólidos urbanos - Caracterização física I. Título

CDD (21) 363.7285098161

Palavras-chave: Lixo; Resíduos sólidos urbanos; Botucatu

*“É mais difícil desintegrar um preconceito
do que o átomo.”*

ALBERT EINSTEIN

BIOGRAFIA DO AUTOR

SELENE DE OLIVEIRA, nasceu em 20 de julho de 1961, na cidade de Lavras - Minas Gerais. Graduou-se no ano de 1985 em Engenharia Agrícola na Escola Superior de Agricultura de Lavras - ESAL, atualmente Universidade Federal de Lavras (UFLA).

De 1989 a 1992 foi Chefe da Divisão do Meio Ambiente da Prefeitura Municipal de Lavras/MG e Secretária Executiva do Conselho Municipal de Defesa e Conservação do Meio Ambiente (CODEMA), e em 1993 foi Secretária Municipal de Desenvolvimento Rural da Prefeitura de Itutinga/MG.

Fez vários cursos de Especialização de 1990 a 1992 em Gestão Ambiental, como: Administração dos serviços de limpeza urbana, Técnicas de tratamento e disposição final de resíduos sólidos urbanos, e Educação ambiental e cidadania; e de 1994 a 1995, cursou na ESAL, Pós-graduação “Lato-senso” Solos e Meio ambiente.

Atividade atual: pesquisadora na área de resíduos sólidos urbanos.

OFERECIMENTO

Ofereço:

à minha mãe, Maria de Lourdes.

AGRADECIMENTOS

Agradeço:

à DEUS e aos meus Amigos Espirituais, pela força que recebi em horas difíceis de minha estada em Botucatu;

à minha Mãe, pelo amparo constante, mesmo que de longe;

ao Professor Pasqual pela orientação e aprendizado, carinho e amizade;

à Faculdade de Ciências Agrônômicas/UNESP;

aos funcionários e docentes do Departamento de Ciências Ambientais;

aos colegas de pós-graduação pela amizade e momentos de lazer;

ao Núcleo de Pesquisas de Resíduos Sólidos e Líquidos, do Departamento de Ciências Ambientais/Unesp, composto por: Ademércio Antônio Paccola Alcides Lopes Leão, Antenor Pasqual, Mário Sérgio Rodrigues, Alessandra A. G. F. de Toledo, Luciana P. Barreira e Vera Lúcia P. Salazar, pois sem o apoio, carinho e amizade este trabalho não poderia ter sido concluído;

às Prefeituras Municipais, pois sem a colaboração este trabalho não seria possível, principalmente à Secretaria Municipal de Obras e Planejamento da Prefeitura de Botucatu/SP;

ao CNPq - Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico, que financiou a realização deste trabalho;

SUMÁRIO

Página	
LISTA DE QUADROS.....	VIII
LISTA DE FIGURAS.....	IX
LISTA DE ABREVIATURAS E DE SÍMBOLOS.....	X
1 RESUMO.....	01
2 SUMMARY.....	02
3 INTRODUÇÃO.....	03
4 REVISÃO DE LITERATURA.....	07
4.1 Resíduos sólidos.....	07
4.2 Gerenciamento de resíduos sólidos urbanos.....	12
4.3 Fluxo de resíduos sólidos urbanos.....	16
4.3.1 Tratamento e/ou aproveitamento de resíduos sólidos urbanos.....	20
4.3.1.1 Reciclagem.....	21
4.3.1.2 Compostagem.....	26
4.3.2 Disposição final.....	36
4.3.2.1 Aterro sanitário.....	37
4.4 Caracterização dos resíduos sólidos urbanos.....	41
4.5 Características dos municípios da microrregião Serra de Botucatu/SP.....	46
4.6 Área de Proteção Ambiental (APA).....	65
5 MATERIAL E MÉTODOS.....	68
5.1 Cronograma de atividades realizadas.....	69
5.2 Elaboração do formulário.....	70
5.3 Visitas técnicas.....	71
5.4 Amostragem e caracterização física dos resíduos sólidos domésticos de Botucatu/SP.....	72
6 RESULTADOS	77
6.1 Verificação do gerenciamento dos resíduos sólidos urbanos nos municípios da Microrregião Homogênea Serra de Botucatu	77
6.2 Caracterização física dos resíduos sólidos domésticos na cidade de Botucatu/SP.....	79

7 DISCUSSÃO.....	81
7.1 Gerenciamento de resíduos sólidos urbanos nos municípios da microrregião.....	81
7.2 Caracterização física dos resíduos sólidos domésticos em Botucatu/SP.....	84
8 CONCLUSÕES.....	88
9 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	91
APÊNDICE.....	97
APÊNDICE 1 - LEGISLAÇÃO E NORMAS CITADAS.....	97
APÊNDICE 2 - FORMULÁRIO.....	99
APÊNDICE 3 - FOTOS (visitas técnicas).....	101
APÊNDICE 4 - PLANTA da cidade de Botucatu/SP.....	118

LISTA DE QUADROS

Quadro	Página
1 Responsabilidade pelo gerenciamento dos resíduos sólidos.....	15
2 Programas de coleta seletiva nos estados brasileiros.....	19
3 Materiais mais aproveitados na reciclagem dos resíduos sólidos urbanos.....	23
4 Relações (C/N, C/P, C/S) e a proporção na decomposição.....	32
5 Parâmetros e tolerâncias permitidos para compostos orgânicos.....	33
6 Teores de metais pesados, características de compostos orgânicos e concentrações permitidas.....	34
7 Resíduos orgânicos como reservatório de nutrientes para as plantas.....	35
8 Composição física dos resíduos sólidos urbanos de algumas cidades brasileiras, em vários anos.....	43
9 Variação da composição física dos resíduos sólidos urbanos na cidade de São Paulo/SP, em diversos anos.....	44
10 Características dos municípios da Microrregião Homogênea Serra de Botucatu/SP composta por 16 municípios.....	63
11 Características dos municípios da microrregião.....	64
12 Frequência e horário de coleta dos resíduos sólidos domésticos na cidade de Botucatu/SP.....	72
13 Setores representativos, fonte geradora de resíduos e nível sócio-econômico da população da cidade de Botucatu/SP.....	73
14 Resultados da disposição final dos resíduos sólidos urbanos nos municípios da microrregião.....	78
15 Total de resíduos sólidos domésticos coletados em Botucatu/SP.....	79
16 Caracterização física (em kg) - base úmida - dos resíduos sólidos domésticos de Botucatu/SP.....	80
17 Composição física (% em peso) - base úmida - dos resíduos sólidos domésticos de Botucatu/SP.....	80

LISTA DE FIGURAS

Figura	...	Página
1	Localização da Microrregião Homogênea Serra de Botucatu/SP.....	05
2	Microrregião Homogênea Serra de Botucatu/SP - composta por 16 municípios.....	06
3	Diagrama da classificação dos resíduos sólidos.....	11
4	Fluxo do sistema integrado de resíduos sólidos urbanos.....	17
5	Esquema de reciclagem primária.....	22
6	Esquema de reciclagem secundária.....	22
7	Esquema de reciclagem terciária.....	23
8	Fluxograma de operação de uma usina de reciclagem e compostagem.....	25
9	Métodos operacionais de aterro sanitário.....	39
10	Composição física média dos resíduos sólidos urbanos no Brasil.....	45
11	Caracterização física dos resíduos sólidos urbanos nos Estados Unidos.....	45
12	Tipos de classes de capacidade de uso da terra para fins conservacionistas, ocorrentes na microrregião.....	62
13	Municípios pertencentes a APA de Corumbataí - Perímetro de Botucatu e Tejuapá.....	67
14	Diagrama da amostragem e caracterização física dos resíduos sólidos.....	75
15	Amostragem e caracterização física dos resíduos sólidos domésticos de Botucatu/SP	76

LISTA DE ABREVIATURAS E DE SÍMBOLOS

ABES - Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental.

ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas.

APA - Área de Proteção Ambiental.

C/N - relação carbono/nitrogênio.

C/P - relação carbono/fósforo.

C/S - relação carbono/enxofre.

CEA - Centro de Estudos Ambientais/UNESP - Rio Claro/SP.

CEMPRE - Compromisso Empresarial para Reciclagem - São Paulo/SP.

CETESB - Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental do Estado de São Paulo.

C_fa e *C_wa* - *C* zona climática, *f* ou *w* variedade climática específica em termos de umidade, *a* sub-tipo térmico para a região.

CH₄ - gás metano.

CO₂ - dióxido de carbono.

CONAMA - Conselho Nacional do Meio Ambiente - Brasil.

DBO - Demanda Bioquímica de Oxigênio.

EMBRAPA - Empresa Brasileira de Pesquisas Agropecuária.

FAEPE - Fundação de Apoio ao Ensino, Pesquisa e Extensão da Universidade Federal de Lavras (UFLA).

FUNDUNESP - Fundação para o Desenvolvimento da UNESP.

h - hora.

hab. - habitante.

H₂O - água.

H₂S - gás sulfídrico.

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística.

IEP - Ingresso Energético por Pessoa.

IPT - Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo S.A.

K - potássio.

K₂O - óxido de potássio.

kg - quilograma.

km² - quilômetro quadrado.

L - litro.

MJ - Mega Joule.

m - metro

m³ - metro cúbico.

mg - miligrama.

mm - milímetro.

N₂ - nitrogênio.

O₂ - oxigênio.

°C - graus Celsius.

P - fósforo.

P₂O₅ - pentóxido de fósforo.

PET - polietileno tereftalato.

PEV - Postos de Entrega Voluntária.

pH - potencial hidrogeniônico.

R.S.U. - Resíduos Sólidos Urbanos.

SEMA - Secretaria do Meio Ambiente - Brasil.

SO₂ - anidrido sulfuroso.

t - toneladas.

US.EPA - United States Environmental Protection Agency (Agência Americana de Proteção

Ambiental).

1 RESUMO

O presente trabalho visa oferecer algumas contribuições para o gerenciamento dos resíduos sólidos urbanos (R.S.U.) na Microrregião Homogênea Serra de Botucatu/SP, composta por 16 municípios:

Águas de Santa Bárbara, Anhembi, Arandu, Areiópolis, Avaré, Bofete, Botucatu, Cerqueira César, Conchas, Coronel Macedo, Itaí, Itatinga, Paranapanema, Pardinho, São Manuel, Taquarituba; totalizando uma população de 336.481 habitantes. Nos municípios, foram coletados dados referentes: às populações, aspectos climatológicos, geográficos, tipo de solos, desenvolvimento tecnológico e agrícola, leis com relação a Área de Proteção Ambiental e limpeza pública, e principalmente as técnicas de tratamento e/ou disposição final dos resíduos sólidos urbanos; com visitas aos sítios de disposição final dos resíduos sólidos urbanos em cada município.

Além destes estudos específicos, na cidade de Botucatu, foram feitas amostragens para a caracterização física dos resíduos sólidos domésticos, visando alternativas de tratamento e aproveitamento dos resíduos sólidos, que são materiais orgânicos com um alto potencial energético para a agricultura (composto orgânico), ou reduzindo o consumo de energia elétrica e a extração de recursos naturais não renováveis, visando a reciclagem dos materiais inorgânicos presentes nos resíduos sólidos.

MANAGEMENT OF MUNICIPAL SOLID WASTES IN HOMOGENEOUS MICROREGION OF BOTUCATU - PHYSIC CHARACTERIZATION OF DOMESTIC SOLID WASTES IN CITY BOTUCATU/SP. Botucatu, 1997. 127p. Dissertação (Mestrado em Agronomia/Energia na Agricultura) - Faculdade de Ciências Agronômicas, Universidade Estadual Paulista.

Author: SELENE DE OLIVEIRA

Adviser: ANTENOR PASQUAL

2 SUMMARY

The present work aims the management of municipal solid wastes (MSW) in the Homogeneous Microregion of Botucatu/SP, with 16 cities: Águas de Santa Bárbara, Anhembi, Arandu, Areiópolis, Avaré, Bofete, Botucatu, Cerqueira César, Conchas, Coronel Macedo, Itaí, Itatinga, Paranapanema, Pardinho, São Manuel, Taquarituba, with total population of 336.481 citizens. In cities, it was data collected for population, climate aspects, geographical, soil type, agricultural and technology development, laws with relation Environmental Protection Area and public cleansing, mainly treatment techniques and/or ultimate disposal of municipal solid wastes. For that, it was visits *in situ* of the ultimate disposal of municipal solid wastes the of cities.

Besides these specific studies, in the city Botucatu, made sampling and physic characterization of domestic solid wastes, intending alternates processing of solid wastes, wich are organics material with high energetic potential for agriculture (organic compound), or reductioning the eletric power consumption and the nonrenewables resources extraction, intending the recycling of inorganics matetial at solid wastes.

Keywords: Municipal solid wastes (MSW), processing of wastes, physic characterization of municipal solid wastes, homogeneous microregion of Botucatu/SP.

3 INTRODUÇÃO

A Microrregião Homogênea Serra de Botucatu (MRHSB), está localizada no Estado de São Paulo/Brasil, pertence a Mesoregião Sudoeste Paulista, composta por 16 municípios com características próprias, com área total de 11.143 km², conforme o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE,1992), Figura 1.

As microrregiões homogêneas foram delineadas pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - IBGE na década de 60, visando obter um sistema de análise para o desenvolvimento de estudos voltados às políticas de planejamento regional. Constituem-se em unidades de análise menos individualizadas que o município, permitindo o acesso a maior quantidade de informações. A definição das microrregiões homogêneas além das características físicas da área, tiveram por base indicadores sócio-econômicos que definem o nível de desenvolvimento urbano e rural. Inicialmente foram delimitadas 361 microrregiões homogêneas, em todo Brasil, sendo 42 no Estado de São Paulo (numeradas de 225 a 267), conforme Antuniassi (1989).

A microrregião Serra de Botucatu (com o número 253), é formada pelos seguintes municípios, Figura 2:

Águas de Santa Bárbara

Anhembi

Arandu

Conchas

Coronel Macedo

Itaí

Areiópolis

Itatinga

Avaré

Paranapanema

Bofete

Pardinho

Botucatu

São Manuel

Cerqueira César

Taquarituba

Os aspectos para a escolha desta microrregião foram: a localização, os tipos de solo e as características sócio-econômicas de cada município; por ser uma microrregião semi-desenvolvida e semi-agroindustrializada (Krom,1992), e ainda, ter vários municípios pertencentes a Área de Proteção Ambiental (APA de Corumbataí - Perímetro de Botucatu e Tejuπά).

O objetivo do presente trabalho consiste em verificar o tratamento e a disposição final dos resíduos sólidos urbanos nos municípios da microrregião, com visitas “in loco”; estudar a possibilidade de gestão técnica para a disposição adequada dos resíduos sólidos urbanos (R.S.U.), visando o desenvolvimento agrícola e urbano nos municípios; caracterizar quantitativamente os resíduos sólidos domésticos da cidade de Botucatu/SP.

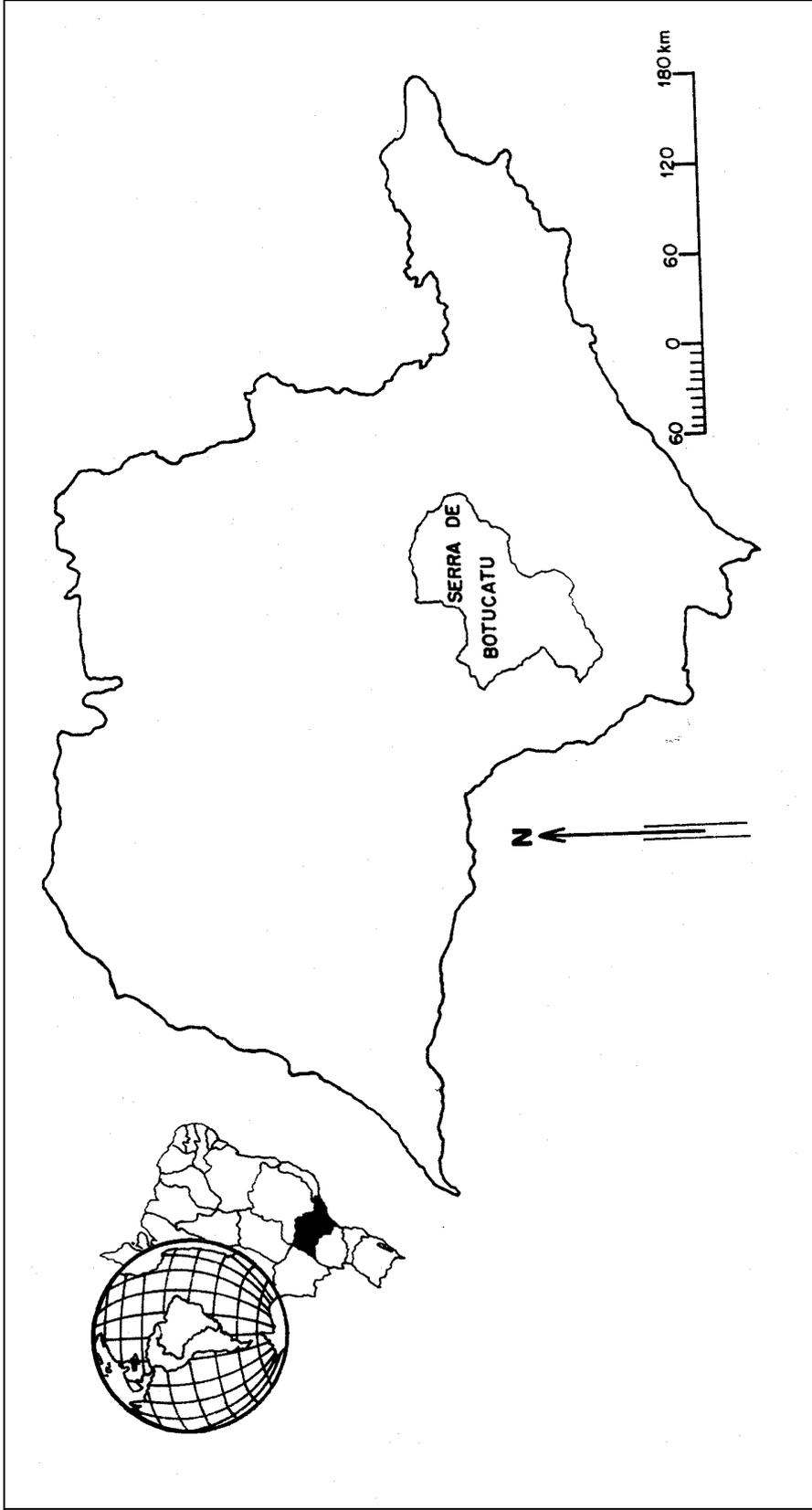


Figura 1. Localização da Microrregião Homogênea Serra de Botucatu/SP.
* Área total de 11.143 km² (aproximadamente 5% da área do Estado de São Paulo)

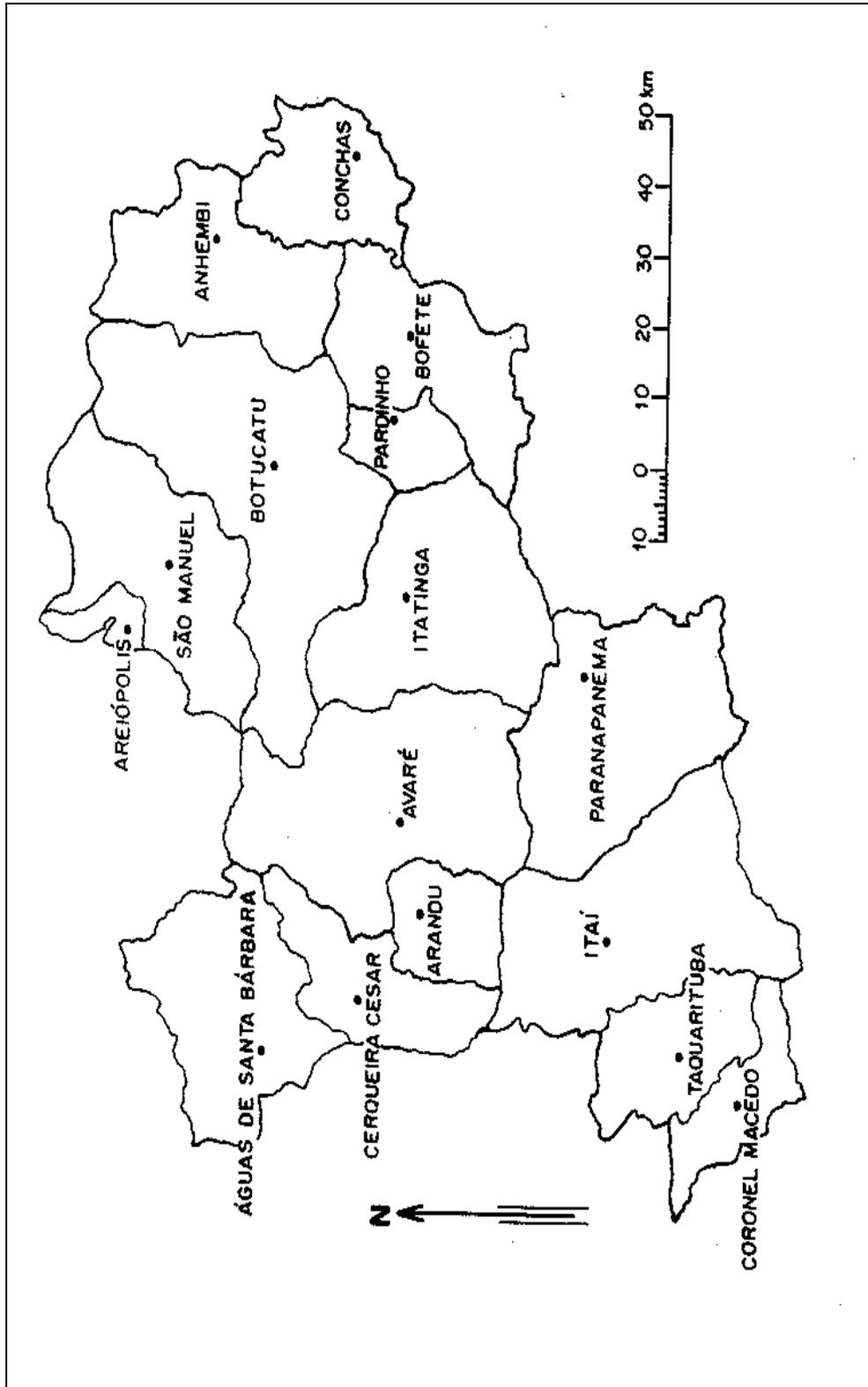


Figura 2. Microrregião Homogênea Serra de Botucatu/SP - composta por 16 municípios.

4 REVISÃO DE LITERATURA

4.1 Resíduos sólidos

A Associação Brasileira de Normas Técnicas - ABNT (1987), NBR 10.004, define resíduos sólidos como “resíduos nos estados sólidos e semi-sólidos, que resultam de atividades da comunidade de origem: urbana, agrícola, radioativa e outros (perigosos e/ou tóxicos). Ficam incluídos nesta definição os lodos provenientes de sistemas de tratamento de água, aqueles gerados em equipamentos e instalações de controle de poluição, bem como determinados líquidos cujas particularidades tornem inviável seu lançamento na rede pública de esgoto ou corpos d'água, ou exijam para isso soluções técnicas e economicamente inviáveis, em face à melhor tecnologia disponível”.

De acordo com a norma NBR 10.004 - ABNT (1987), os resíduos sólidos são classificados em três categorias:

- Resíduos Classe I - Perigosos: resíduos sólidos ou mistura de resíduos que, em função de suas características de inflamabilidade, corrosividade, reatividade, toxicidade e patogenicidade, podem apresentar riscos à saúde pública, provocando ou contribuindo para um aumento de mortalidade ou incidência de doenças e/ou apresentar efeitos adversos ao meio ambiente, quando manuseados ou dispostos de forma inadequada.
- Resíduos Classe II - Não Inertes: resíduos sólidos ou mistura de resíduos sólidos que não se enquadram na Classe I (perigosos) ou na Classe III (inertes). Estes resíduos podem ter propriedades tais como: combustibilidade, biodegradabilidade, ou solubilidade em água.

- Resíduos Classe III - Inerte: resíduos sólidos ou mistura de resíduos sólidos que, submetidos a testes de solubilização não tenham nenhum de seus constituintes solubilizados, em concentrações superiores aos padrões de potabilidade de águas, excetuando-se os padrões: aspecto, cor, turbidez e sabor. Como exemplo destes materiais podemos citar, rochas, tijolos, vidros e certos plásticos e borrachas que não são decompostos prontamente.

Segundo Gomes (1989), os resíduos sólidos urbanos são, também, classificados de acordo com seus diferentes graus de biodegradabilidade, em:

- Facilmente degradáveis: materiais de origem biogênica;
- Moderadamente degradáveis: papel, papelão e outros produtos celulósicos;
- Dificilmente degradáveis: trapos, couro (tratado), borracha e madeira;
- Não - degradáveis: vidros, metal, plástico.

Conforme Oliveira (1969), denomina-se resíduos sólidos urbanos ou municipais todo e qualquer tipo de lixo produzido nas cidades, proveniente de atividades humanas, que são lançados no ambiente. A palavra lixo provem do latim “lix” que significa cinzas. Já os resíduos gerados nas áreas rurais, são denominados de resíduos sólidos agrícolas, como embalagens de adubos, de defensivos agrícolas, e outros, onde algumas embalagens são altamente tóxicas pelo resíduo que permanece no recipiente, devendo ter muito cuidado com a sua disposição final, cujo enfoque embora importante e necessário não será objeto do presente trabalho. Os resíduos sólidos urbanos podem ter várias origens, e sua composição varia conforme as características da cidade, clima e estações do ano, hábitos e padrão de vida da população, eficiência dos serviços de limpeza pública, e a situação sócio-econômica da comunidade.

Gomes (1989) e Jardim et al.(1995) classificam os resíduos sólidos urbanos, em função de sua origem, como:

- Residencial ou doméstico: constituído de restos de alimentação, invólucros diversos, varreduras, folhagens, ciscos e outros materiais descartados pela população diariamente;
- Comercial: proveniente de diversos estabelecimentos comerciais, como escritórios, lojas, hotéis, restaurantes, supermercados, quitandas e outros, apresentando mais ou menos os mesmos componentes que os resíduos sólidos domésticos, como papéis, papelão, plásticos, caixas, restos de lavagem, etc.;
- Industrial: proveniente de diferentes áreas do setor industrial, de constituição muito variada, conforme as matérias-primas empregadas e o processo industrial utilizado;

- Resíduos de serviços de saúde ou hospitalar: constituído de resíduos das mais diferentes áreas dos estabelecimentos hospitalares: refeitório, cozinha, área de patogênicos, administração, limpeza; e resíduos provenientes de farmácias, laboratórios, de postos de saúde, de consultórios dentários e clínicas veterinárias;
- Especiais: constituído por resíduos e materiais produzidos esporadicamente como: folhagens de limpeza de jardins, restos de poda, animais mortos, mobiliários e entulhos;
- Feiras, varrição e outros: proveniente de varrição regular de ruas, conservação da limpeza de núcleos comerciais, limpeza de feiras, constituindo-se principalmente de papéis, tocos de cigarros, invólucros, restos de capinas, areia, cisco e folhas;
- De aeroportos, portos, terminais rodoviários e ferroviários: constituem os resíduos sépticos, ou seja, aqueles que contêm ou podem conter germes patogênicos, trazidos aos portos, terminais rodoviários e aeroportos; basicamente, originam-se de materiais de higiene, restos de alimentação, que podem veicular doenças provenientes de outras cidades, estados ou países. Porém, os resíduos assépticos, nestes locais, são considerados como domiciliares.

A classificação dos resíduos sólidos, segundo sua origem, está representada na Figura 3.

Quando dispostos inadequadamente, os resíduos sólidos constituem problemas de ordem estética e/ou ameaça à saúde pública. A falta de um sistema de limpeza urbana que compreenda a coleta, o transporte e a disposição final dos resíduos sólidos urbanos, pode causar vários problemas sociais e ambientais (Oliveira, 1974), como:

- Contaminação da população: os resíduos sólidos urbanos espalhados nos lotes vagos ou terrenos baldios, representa um grande potencial de contaminação, visto conterem bactérias e patógenos (microorganismos infectantes);
- Proliferação de vetores: os resíduos sólidos urbanos estocados ou dispostos inadequadamente tornam-se um excelente meio para o surgimento de seres, que podem transmitir várias doenças;
- Catação: a disposição inadequada dos resíduos sólidos urbanos leva algumas pessoas a catá-los, sem nenhuma preocupação com a higiene e segurança, podendo resultar subempregos e má qualidade de vida à estas pessoas;

- Poluição do solo: os resíduos sólidos urbanos dispostos inadequadamente sobre o solo, acarretam várias alterações nas características do mesmo, tornando-se um poluidor potencial de aquíferos;
- Poluição das águas: o carreamento dos resíduos sólidos urbanos pelas águas das chuvas para os fundos de vales, córregos, rios e ribeirões, provoca um grande impacto sobre as águas superficiais, poluindo-as, além de constituir obstáculos mecânicos ao livre escoamento das mesmas;
- Poluição do ar: as partículas emitidas para a atmosfera e odores, podem produzir efeitos nocivos ao homem e ao meio ambiente.

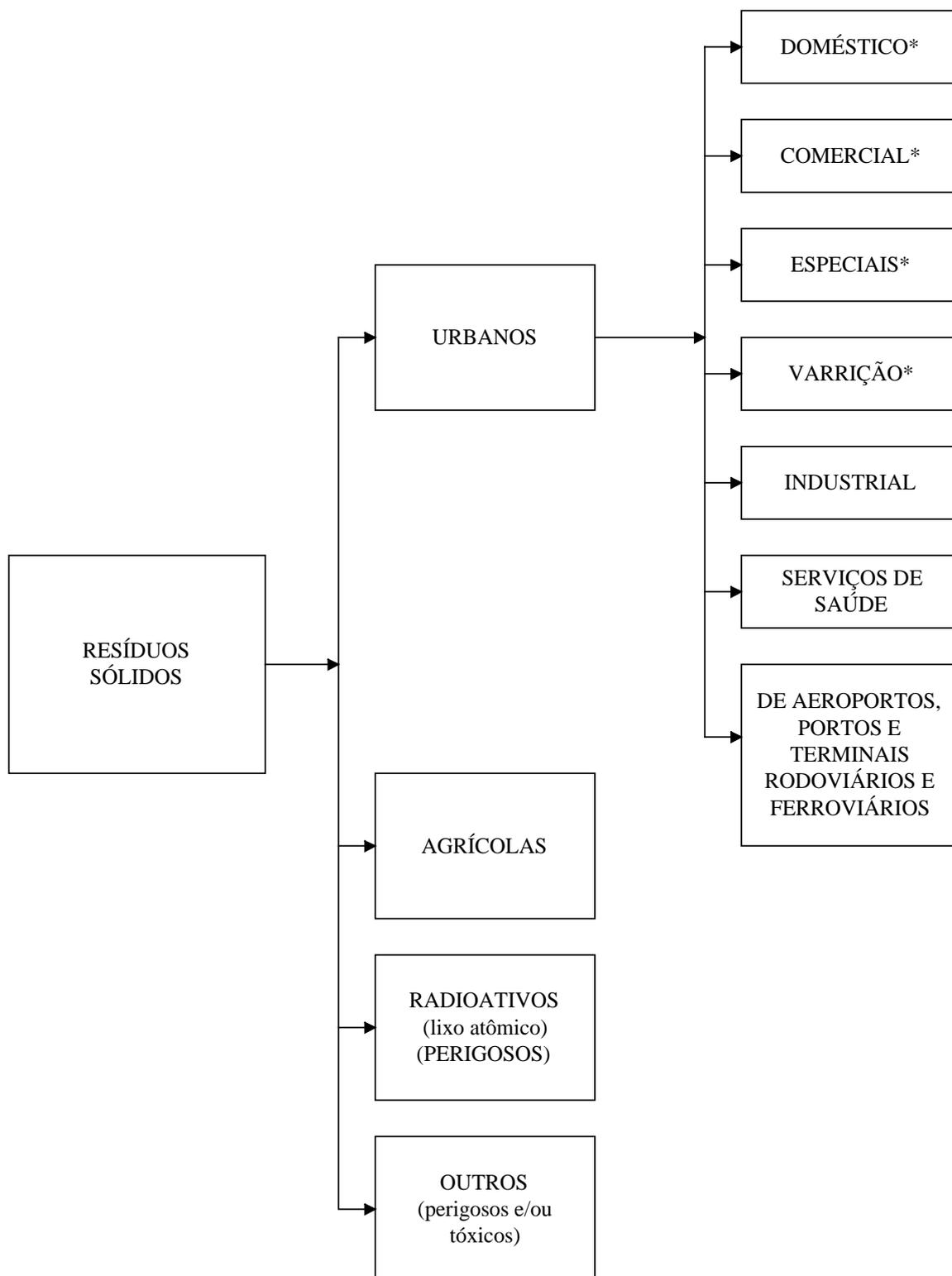


Figura 3. Diagrama da classificação dos resíduos sólidos.

Fonte: Schalch (1995) - modificado

* Responsabilidade pelo gerenciamento é da prefeitura municipal.

4.2 Gerenciamento de resíduos sólidos urbanos

O progresso de qualquer região, em geral é acompanhado pela maior produção e complexidade de resíduos e aumento do grau de poluição, alterando portanto a qualidade do ambiente; contudo, é conveniente ressaltar que é possível harmonizar o desenvolvimento sócio-econômico de uma região, com a proteção da qualidade do meio, controlando adequadamente a poluição do solo, água e ar e também a poluição visual. A solução dos problemas de resíduos sólidos está relacionada com sua composição quantitativa e qualitativa, e com suas características físicas, químicas e biológicas. A composição e as características dos resíduos sólidos urbanos, vem sofrendo modificações, principalmente devido ao desenvolvimento e progresso de muitas regiões. A situação inadequada em que se encontram muitas cidades, com relação aos problemas de limpeza pública e dos resíduos sólidos urbanos é fato, onde a solução exige conhecimentos, estudos, projetos bem mantidos e operados, sem alterar as condições da qualidade do ambiente em geral.

Leite (1995) cita que o primeiro serviço municipal de limpeza pública no Brasil, foi organizado na cidade do Rio de Janeiro em 1828, onde muito provavelmente essa organização funcionou de forma precária, pois publicações da época, criticavam veementemente questões referentes à higiene pública, negligenciados pelas autoridades sanitárias. O primeiro número da revista “Semana Ilustrada” (dezembro de 1860), focaliza, por exemplo, a atividade dos “tigres” em plena corte imperial; “tigres” eram negros escravos encarregados de transportar em barricas os resíduos domésticos e dejetos para serem lançados ao mar, nas águas da Baía de Guanabara. É importante notar que esse hábito sobreviveria em algumas cidades do interior até os primeiras décadas do século XX, e ainda, ocorrem, atualmente, principalmente em córregos e ribeirões.

Ogata (1983) estudou a evolução urbana da cidade de São Paulo e de suas áreas receptoras de resíduos sólidos urbanos. Esta foi dividida em cinco fases: século XIX (1800 a 1850 e 1850 a 1900) e século XX (1900 a 1925, 1925 a 1950 e 1950 a 1975), onde em síntese, verificou-se que as formas de disposição dos resíduos sólidos, da cidade, predominou o lixão, porém pode-se destacar alguns marcos dentro do apresentado. A I Guerra Mundial frustrou a tentativa do município de resolver tecnicamente o problema do volume de resíduos por meio de incineração, pois sua participação ficou reduzida nos anos posteriores a 1917, devido a falta de verbas e interesse político. No ano de 1926, foram criadas as primeiras celas de fermentação dos resíduos sólidos urbanos, aplicado pelo processo Beccari, este tratamento representou uma forma embrionária de

transformação dos resíduos sólidos em composto orgânico, e até 1940 conseguiu-se evitar o desperdício dos recursos naturais e trazer fundos à prefeitura, através de sua venda. Porém, sérias restrições foram impostas a todos os serviços da municipalidade, por ocasião da II Guerra Mundial, inclusive no setor de limpeza pública, este conflito mundial representou, na verdade, a etapa divisória entre a fase do aproveitamento racional dos resíduos (de 1926 a 1945) e a fase de predomínio do lixão como forma principal de disposição dos resíduos (de 1946 a 1974). Pelo exposto, vê-se que os dois grandes conflitos mundiais frustraram a tentativa das administrações públicas em amenizar os problemas de disposição inadequada dos resíduos sólidos urbanos, pois o País ficou, na época, em desordem e sem a preocupação com a qualidade de vida de seus habitantes.

Ainda, Ogata (1983) verificou que as populações vizinhas ao lixão são de agrupamentos de pessoas com menor grau de instrução e menor poder aquisitivo, e que vários problemas de saúde são constatados, mas que esta população se conforma com a condição de viver perto de um depósito de resíduos urbanos, o que acontece, também, atualmente.

Campos (1991) cita vários programas nacionais de limpeza pública e disposição dos resíduos sólidos urbanos, como: em 1982 o programa “Diretrizes Nacionais de Limpeza Urbana”, apresentou dados que constataram vários problemas na questão de resíduos sólidos, entre os quais, despreparo dos responsáveis pelos serviços; desperdícios na aplicação de recursos financeiros, mão-de-obra e equipamentos; desconhecimento até mesmo de terminologia técnica pelos responsáveis pelos serviços, sendo que estes problemas ainda persistem nos dias de hoje. Em 1987, no Caderno Finsocial, foi analisada a coleta e disposição dos resíduos sólidos nas 180 maiores cidades brasileiras, onde constatou-se, com relação ao destino final, o seguinte: 59% só vazadouro a céu aberto (lixão) ou em águas, 32% só aterro sanitário ou controlado, 9% soluções híbridas (mistura vazadouro e aterro); e o “Programa de implantação de usinas de reciclagem de resíduos sólidos”, concluiu que a usina simplificada de reciclagem de resíduos sólidos era econômica e socialmente viável para o programa de âmbito nacional. Em 1990, no “Programa Nacional de Limpeza Urbana”, foram levantadas 50 usinas de compostagem e reciclagem no Brasil, entre as desativadas, em funcionamento, e início de obras.

Ainda, Campos (1991) diagnosticando a situação dos resíduos sólidos no Brasil, alerta para a situação agravante que se encontra os cerca de 4.000 lixões

espalhados por todo o País, causando uma série de prejuízos ambientais, sociais e para a saúde pública.

São 241.614 toneladas de resíduos sólidos urbanos produzidos diariamente no Brasil, onde cerca de 90.000 toneladas por dia são de resíduos sólidos domésticos (algo em torno de 26 milhões de toneladas por ano) dispostos, a maioria, a céu aberto (Jardim et al,1995). A disposição final e o tratamento dos resíduos sólidos urbanos no Brasil, conforme IBGE (1991), era: 76% em céu aberto (lixão); 13% aterro controlado (lixão controlado); 10% aterro sanitário; 0,9% usina de compostagem; 0,1% usina de incineração.

Ferreira (1994) cita que a taxa média de geração dos resíduos sólidos domiciliares em áreas urbanas é de, aproximadamente, 0,5 kg por pessoa por dia em países subdesenvolvidos; na cidade de São Paulo a média é de 1,0 kg/pessoa por dia. Em países desenvolvidos pode chegar a 2,0 kg/pessoa por dia; nos Estados Unidos o total gerado é cerca de 1,8 kg por pessoa por dia, segundo Hinrichs (1991).

Campos (1992) fez uma abordagem geral de estudos preliminares para a seleção de alternativas de disposição de resíduos sólidos de um município, que depende de fatores da política municipal, e esclarecimento ao poder público das implicações de cada tipo de solução a ser adotada - Plano Diretor Municipal. E recomenda, que para se desenvolver os estudos da melhor forma de tratamento e disposição final dos resíduos, deve-se procurar realizar as atividades de acordo com vários fatores, como: conhecimento do problema (visitas técnicas de inspeção nos locais de disposição final); levantamento de dados dos municípios (lei de uso e ocupação do solo, população urbana, comércio de recicláveis e utilização do composto na região, orçamento municipal, áreas disponíveis para tratamento e disposição dos resíduos, etc.); levantamento dos dados históricos e atuais da limpeza urbana; entre outros. A definição da melhor alternativa para o tratamento e a disposição final dos resíduos sólidos, será aquela mais viável em termos técnicos, econômicos e ambientais.

Portanto, gerenciar os resíduos sólidos urbanos de forma integrada, é um conjunto articulado de ações normativas, operacionais, financeiras e de planejamento, que uma administração municipal desenvolve, baseado em critérios sanitários, ambientais e econômicos para coletar, tratar e dispor os resíduos sólidos de uma cidade.

A responsabilidade pelo gerenciamento dos resíduos sólidos urbanos é da administração pública municipal, porém os outros tipos de resíduos sólidos é de responsabilidade do seu gerador, conforme Quadro 1.

Quadro 1. Responsabilidade pelo gerenciamento dos resíduos sólidos.

TIPO DE RESÍDUOS SÓLIDOS	RESPONSABILIDADE
Doméstico	Prefeitura
Comercial	Prefeitura
Especiais	Prefeitura *
Feiras, varrição e outros	Prefeitura
De serviços de saúde	Gerador
Industrial	Gerador
De aeroportos, portos e terminais ferroviários e rodoviários	Gerador
Agrícolas	Gerador
Outros (tóxicos e/ou perigosos)	Gerador

Fonte: Jardim et al.(1995)

* Entulhos: a prefeitura é co-responsável por pequena quantidade de acordo com legislação municipal vigente (coleta especial).

Ferreira (1994) verificou que a maioria dos municípios brasileiros, apresenta as mesmas características no fluxo de resíduos sólidos urbanos, da geração à disposição final, envolvendo simplesmente as atividades de coleta regular, transporte e sua descarga em sítios quase sempre selecionados em função da disponibilidade, da distância em relação ao centro urbano e da via de acesso, geralmente, ocorrendo a céu aberto.

A US.EPA - United States Environmental Protection Agency - Agência Americana de Proteção Ambiental (1989) cita que um gerenciamento integrado de resíduos sólidos urbanos eficaz consiste naquele que completa o uso de práticas administrativas de resíduos, com manejo seguro e efetivo fluxo de resíduos sólidos urbanos, com o mínimo de impactos sobre a saúde pública e o meio ambiente. Este sistema de gerenciamento integrado de resíduos deverá conter alguns ou todos os seguintes componentes:

- redução de resíduos (incluindo reuso dos produtos);
- reciclagem de materiais (incluindo compostagem);
- recuperação de energia por resíduo combustível;
- disposição final (aterros sanitários).

No fluxo de resíduos sólidos urbanos são incluídos diferentes procedimentos (Ferreira,1994), como:

- coleta seletiva, com a separação de algumas categorias de resíduos mais ocorrentes, como: vidro, papel e papelão, metais, e embalagens plásticas;
- segregação mecânica, com a finalidade de separar materiais orgânicos dos inorgânicos nos locais de recepção (usinas de reciclagem);
- compostagem e/ou vermicompostagem, que processam restos orgânicos (através de microrganismos) com a finalidade de produzir fertilizantes para o uso agrícola e/ou com tecnologia na qual se utilizam minhocas (anelídeo) para produção de composto orgânico;
- incineração, um processo de tratamento térmico, mais comumente empregado na eliminação dos resíduos de serviços de saúde;
- aterros sanitários energéticos, com drenagem, captação dos gases produzidos pelo processo de biodegradação dos componentes orgânicos e seu aproveitamento econômico.

4.3 Fluxo de resíduos sólidos urbanos

O fluxo de resíduos sólidos urbanos constitui de práticas administrativas combinadas, onde todos os componentes trabalham juntos para formar um sistema adequado a cada situação particular da administração municipal (US.EPA,1989). Este fluxo do sistema integrado de resíduos está representado na Figura 4.

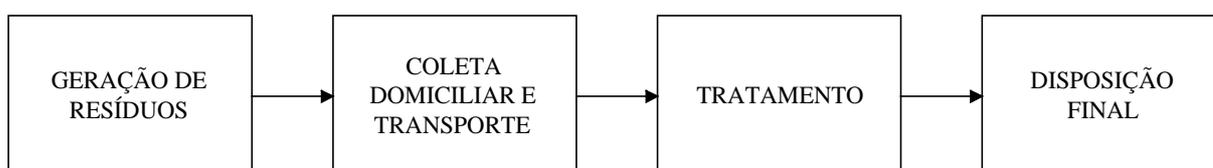


Figura 4. Fluxo do sistema integrado de resíduos sólidos urbanos.

Fonte: Galvão Junior (1994) - modificado

A geração de resíduos sólidos urbanos é um fenômeno inevitável que ocorre diariamente em quantidades e composições que dependem do tamanho da população e do desenvolvimento econômico de cada município. O acondicionamento dos resíduos sólidos urbanos é de responsabilidade do gerador (residência, estabelecimento comercial, serviços de saúde, etc.), que é armazenado em sacos plásticos resistente à perfuração e não podem ser transparentes. Os sacos plásticos de cor branca são reservados para o acondicionamento de serviços de saúde, segundo Jardim et al.(1995).

A coleta dos resíduos sólidos urbanos e o seu transporte para áreas de tratamento e disposição final são ações do serviço público, de grande importância e viabilidade para a população, que impedem o desenvolvimento de vetores transmissores de doenças que encontram alimento e abrigo nos resíduos. Estes resíduos precisam ser transportados mecanicamente do ponto de geração à disposição final, serviços estes que se caracterizam pelo envolvimento dos cidadãos, que devem acondicionar os resíduos sólidos adequadamente e apresentá-lo em dias, locais e horários preestabelecidos, conforme Jardim et al.(1995).

A norma NBR 12.980 da Associação Brasileira de Normas Técnicas - ABNT (1993), define os diferentes tipos de serviços de coleta de resíduos sólidos urbanos:

- coleta domiciliar (regular ou convencional), que consiste na coleta dos resíduos sólidos de residências, estabelecimentos comerciais, e indústrias cujo volume não ultrapasse o previsto em legislação municipal;
- coleta de feiras, praias, calçadas e demais logradouros públicos;
- coleta de resíduos de serviços de saúde, englobando hospitais, ambulatórios, postos de saúde, laboratórios, farmácias, clínicas veterinárias, etc. Esta coleta e transporte é de responsabilidade do gerador, conforme Resolução Conama nº 05 de 05/08/93, porém na prática, a prefeitura acaba tendo que fazer ou orientar e fiscalizar.

E a coleta especial consiste nos resíduos não recolhidos pela coleta regular ou convencional, tais como entulho civil, mobiliários (móveis e utensílios velhos) animais mortos e podas de jardins; pode ser regular ou programada para onde e quando houver resíduos a serem removidos. Os entulhos, podem ser reciclados para a construção civil.

A coleta seletiva tem por objetivo a separação, na própria fonte geradora, dos materiais que podem ser recuperados, com um acondicionamento

diferenciado para cada material ou grupo de materiais. Os requisitos para haver coleta seletiva, são: existir um mercado para os recicláveis, e o cidadão deve estar consciente das vantagens e deve querer cooperar (educação ambiental). A operação da coleta seletiva pode ser: domiciliar (realizada por caminhão de carroceira passando semanalmente coletando os materiais) ou através de Postos de Entrega Voluntária (PEVs), que são caçambas e contêineres de diferentes cores, instalados, geralmente, em pontos estratégicos onde a população possa levar os materiais previamente separados, conforme Jardim et al.(1995).

Eigenheer (1993) avaliou que a coleta seletiva de resíduos sólidos urbanos iniciou-se no Brasil, de forma sistemática e documentada, em abril de 1985 em São Francisco, bairro da cidade de Niterói, no estado Rio de Janeiro. A partir desta data várias outras cidades começaram a fazer coleta seletiva, como por exemplo: em São Paulo (bairro Vila Madalena, e Favela Monte Azul - 1989); em São Sebastião/SP (bairro da Vila Amélia - 1989); em Limeira/SP (Programa Limeira Limpa - 1990); em Santos/SP (Programa Lixo Limpo - 1990); em São José dos Campos/SP (Projeto Luxo do Lixo - 1990); em Porto Alegre/RS (bairro Bom Fim - 1990); em Florianópolis/SC (Programa Beija-flor - 1988); em Curitiba/PR (Programa Lixo Que Não É Lixo); em Salvador/BA; em Santo André/SP; e em outras cidades de coleta seletiva não formal.

Jardim et al.(1995) citam que o custo médio desses programas é cerca de US\$ 240 por tonelada coletada (algo em torno de dez vezes maior que o custo da coleta regular), e a receita média por tonelada vendida é de US\$ 30; nestes dados não foram considerados os benefícios de educação ambiental e mudança de comportamento pelos consumidores, estes retornos, a curto prazo, não são mensuráveis em termos econômicos.

Portanto, a coleta seletiva não é uma prática que garanta benefícios econômicos, mas porém, seu princípio fundamental é desenvolver uma consciência à população que resulte em mudanças nas práticas cotidianas e aponte novas formas de sociabilidade, de ética e qualidade de vida.

Conforme Jardim et al.(1995), a educação ambiental é uma peça fundamental para o sucesso de qualquer programa de coleta seletiva. Esta forma de educação, que neste caso visa ensinar o cidadão sobre o papel como gerador de resíduos sólidos urbanos, é principalmente dirigido às escolas, abrangendo, também a comunidade inteira. Quando a população fica ciente do seu poder ou dever de separar os resíduos

sólidos, passará a contribuir mais ativamente ao programa, com isto os programas de coleta seletiva têm menores custos. Um dos princípios básicos da educação ambiental sobre resíduos sólidos urbanos é o conceito dos três “Rs”: Reduzir, Reutilizar e Reciclar.

Pesquisas realizadas pelo IPT (Instituto de Pesquisas Tecnológicas) e CEMPRE (Compromisso Empresarial para Reciclagem), em 1.112 municípios brasileiros, onde responderam perguntas sobre a situação da coleta, reciclagem e disposição dos resíduos urbanos, constatou-se a existência de 82 programas de coleta seletiva operados pela prefeitura, a maioria iniciados em 1990. Estes programas se concentram nos seguintes estados, Quadro 2.

Quadro 2. Programas de coleta seletiva nos estados brasileiros.

ESTADOS	CIDADES QUE FAZEM COLETA SELETIVA
São Paulo	26 cidades
Rio Grande do Sul	12 cidades
Minas Gerais	8 cidades
Paraná	8 cidades
Santa Catarina	7 cidades
Rio de Janeiro	4 cidades
Bahia	4 cidades
Pernambuco	4 cidades
Espírito Santo	2 cidades
Paraíba	2 cidades
Acre	1 cidade
Goiás	1 cidade
Mato Grosso	1 cidade
Pará	1 cidade
Brasília	1 cidade

Fonte: Jardim et al.(1995)

4.3.1 Tratamento e/ou aproveitamento de resíduos sólidos urbanos

“Sistemas de tratamento de resíduos sólidos consistem no conjunto de unidades, processos e procedimentos que alteram as características físicas, químicas ou biológicas dos resíduos e conduzem à minimização do risco à saúde pública e à qualidade do meio ambiente”, conforme CONAMA (Conselho Nacional do Meio Ambiente) - Resolução nº 05 de 05/08/93.

Existem vários sistemas de tratamento e/ou aproveitamento de resíduos sólidos, como: reciclagem, compostagem e incineração.

A incineração é considerada às vezes, como forma de disposição final. Na realidade é um sistema de tratamento que consiste num processo de combustão controlada para transformação de resíduos sólidos, líquidos e gases combustíveis em dióxido de carbono, outros gases e água. Isto reduz significativamente os volumes e pesos iniciais, sendo estes gases diluídos na atmosfera através da chaminé. Os incineradores de pequeno porte, resolvem o problema de resíduos de serviços de saúde, quando bem operados, eliminando completamente os organismos patogênicos (Sant'ana Filho, 1991). No entanto quando são mal operados e mal construídos, ocorre a emissão de compostos tóxicos como as dioxinas e furanos (que constituem uma classe de substâncias organocloradas).

Lindenberg (1990b) cita que para haver uma combustão completa a temperatura deve ser constante entre 800°C e 1000°C na parte superior da câmara de incineração, para garantir a oxidação completa, de forma a serem eliminados pela chaminé os óxidos mais simples, como: gás carbônico, vapor d'água, dióxido de nitrogênio e dióxido de enxofre; os gases provenientes da chaminé não podem conter: mercaptanas, monóxido de enxofre, gás sulfídrico, aldeídos, hidrocarbonetos e outras formas poluidoras, nem mesmo partículas sólidas combustíveis. As temperaturas superiores a 1000°C podem provocar fusão do material nas paredes, com prejuízo dos refratários e outros componentes do incinerador. Após a combustão completa, os gases resultantes devem ser filtrados para eliminação das partículas sólidas em suspensão, inclusive daquelas de dimensões muito reduzidas, por serem as que maiores danos provocam à saúde. Quando os gases ao saírem para a atmosfera pela chaminé, se apresentam claros e sem fumaça, é porque sofreram combustão eficiente, e quando forem de cor branca indicam a existência de vapor d'água em suspensão; se forem escuros é porque contêm partículas sólidas invisíveis, às vezes visíveis até a olho nu.

Segundo Lima (1991), os remanescentes da incineração dos resíduos sólidos são: gases - anidrido carbônico (CO_2) e anidrido sulfuroso (SO_2); nitrogênio (N_2); gás inerte proveniente do ar utilizado como fonte de oxigênio e dos próprios resíduos sólidos; oxigênio (O_2) proveniente do ar em excesso que não consegue ser completamente queimado; água (H_2O); cinzas e escórias que constituem de metais ferrosos; e inertes como vidros, pedras, etc. Os remanescentes sólidos podem ser aproveitados (dependendo do material incinerado) ou serem dispostos em aterro sanitário.

Como o objetivo deste trabalho é a gestão de resíduos sólidos urbanos gerados em médios e pequenos municípios, a seguir serão abordados alguns processos que podem ser viáveis nas cidades deste porte.

4.3.1.1 Reciclagem

Com a reciclagem pode-se aproveitar o material inorgânico dos resíduos sólidos urbanos, reduzindo o consumo de energia; gerando menos poluição ambiental e visual; diminuindo a extração de recursos naturais não renováveis; reduzindo (em até 20%) o volume de rejeitos a ser destinado aos aterros sanitários e/ou lixões, aumentando a vida útil dos aterros; e ainda contribuindo para a limpeza urbana e saúde pública. Para se fazer uma melhor seleção dos materiais recicláveis, o ideal, é a coleta seletiva, segundo Eigenheer (1993).

As formas de reciclagem podem ser: primária, secundária e terciária, conforme Nels, citado por Galvão Junior (1994):

- Primária: o produto, após o uso, retorna ao ciclo para ser utilizado de uma forma secundária, diferente de sua função original, Figura 5. O custo do retorno do reciclável ao ciclo é desprezível. Exemplo: reutilização de embalagens plásticas de supermercados no acondicionamento de resíduos sólidos domiciliares.

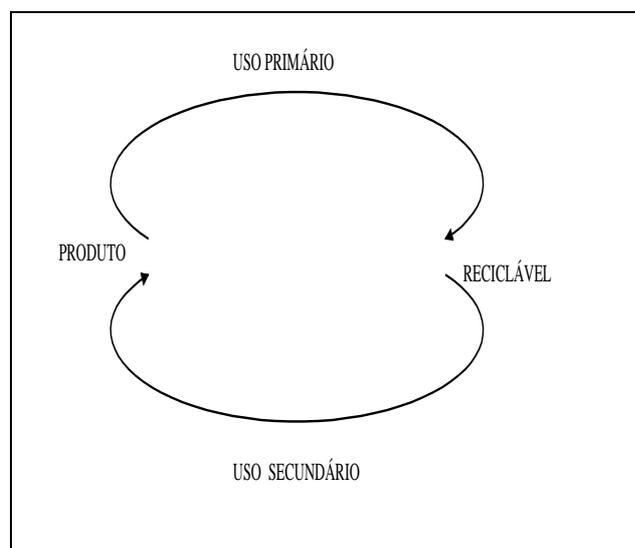


Figura 5. Esquema de reciclagem primária.

Fonte: Galvão Junior (1994)

- Secundária: o produto retorna ao ciclo após uma operação de beneficiamento que consiste na limpeza de impurezas, Figura 6. O custo do beneficiamento pode ser elevado dependendo do tipo de material. Existem perdas de massa nos materiais. Exemplo: reciclagem de vidro e do plástico duro.

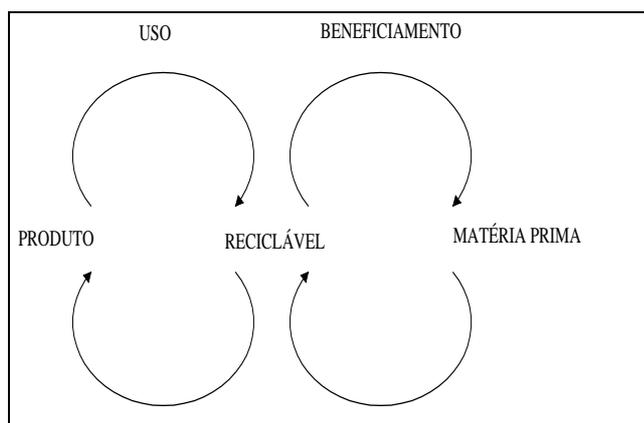


Figura 6. Esquema de reciclagem secundária.

Fonte: Galvão Junior (1994)

- Terciária: o produto retorna ao ciclo após passar por operações físicas (térmicas) e por processos químicos e biológicos, Figura 7. As perdas de massa e o custo de reprocessamento dos materiais são elevados. Em função da complexidade das operações, a reciclagem terciária é considerada uma forma de tratamento. Exemplo: compostagem.

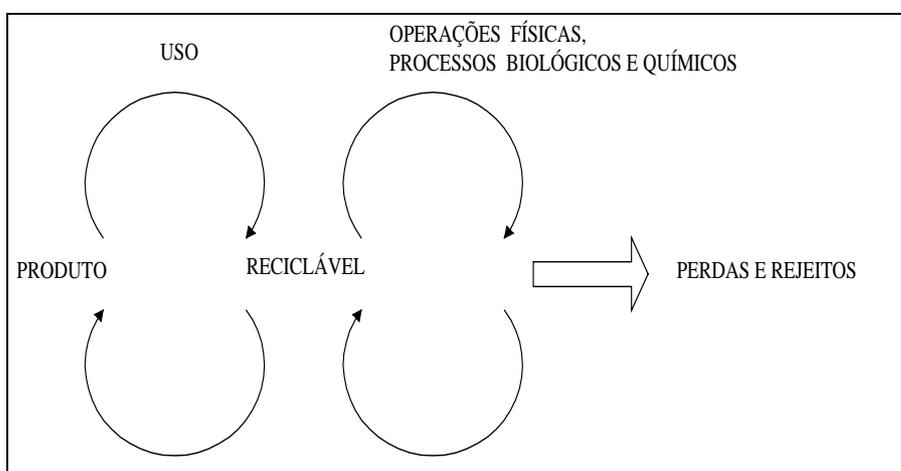


Figura 7. Esquema de reciclagem terciária.
Fonte: Galvão Junior (1994)

Os materiais que mais são aproveitados no Brasil, na reciclagem, são: papel/papelão, plásticos, vidros e metais, conforme é mostrado no Quadro 3.

Quadro 3. Materiais mais aproveitados na reciclagem dos resíduos sólidos urbanos.

MATERIAL	% em PESO	% RECICLADA	VANTAGENS
Papel	24%	37%	Consumo de 10 a 50 vezes menos água;
Papelão	4,1%	60%	Redução de 50% de energia elétrica;
Plástico filme	5% a 10%	15%	Redução de 50% de energia elétrica;
Plástico rígido	6% a 15%	15%	Redução de 50% de energia elétrica;
PET *	1,4%	21%	Redução de 70% de energia elétrica;
Lata de alumínio	< 1,0%	61%	Redução de 95% de energia elétrica;
Lata de aço	3,0%	18%	Redução de 74% de energia elétrica;
Vidro	3,0%	27,6%	1/3 de cacos reduz 20% de energia elétrica.

Fonte: Jardim et al (1995)

*PET (polietileno tereftalato)

Quando uma prefeitura opta por um programa de reciclagem, tem que tomar uma decisão estratégica em relação ao processo de separação dos materiais a serem reciclados: separação dos materiais na fonte (coleta seletiva) e envio à usina de triagem para segregação por tipo de material; ou separação dos materiais, após a coleta convencional e transporte de resíduos sólidos urbanos, na usina de reciclagem.

Galvão Junior (1994) verificou que os diferentes tipos de tecnologia das usinas diferem quanto ao grau de mecanização, utilização de mão de obra, capacidade de processamento, entre outros. Os principais sistemas de usinas existentes no Brasil são: Dano e Triga (para municípios de grande porte), e Simplificado, Stollmeier, Cetesb, Sanecom, Maqbrit (para municípios de médio e pequeno porte), muitas destas usinas estão paradas ou desativadas cuja causa predominante está relacionada à instalação das mesmas em locais inadequados. Os demais fatores que mais contribuem para a ineficiência desses sistemas são: a falta de recursos para manutenção, operação, ampliação, adaptação; e a falta de capacitação técnica por parte de quem as opera (Santos, 1992).

O esquema geral de operação de uma usina de reciclagem e compostagem pode ser observado na Figura 8.

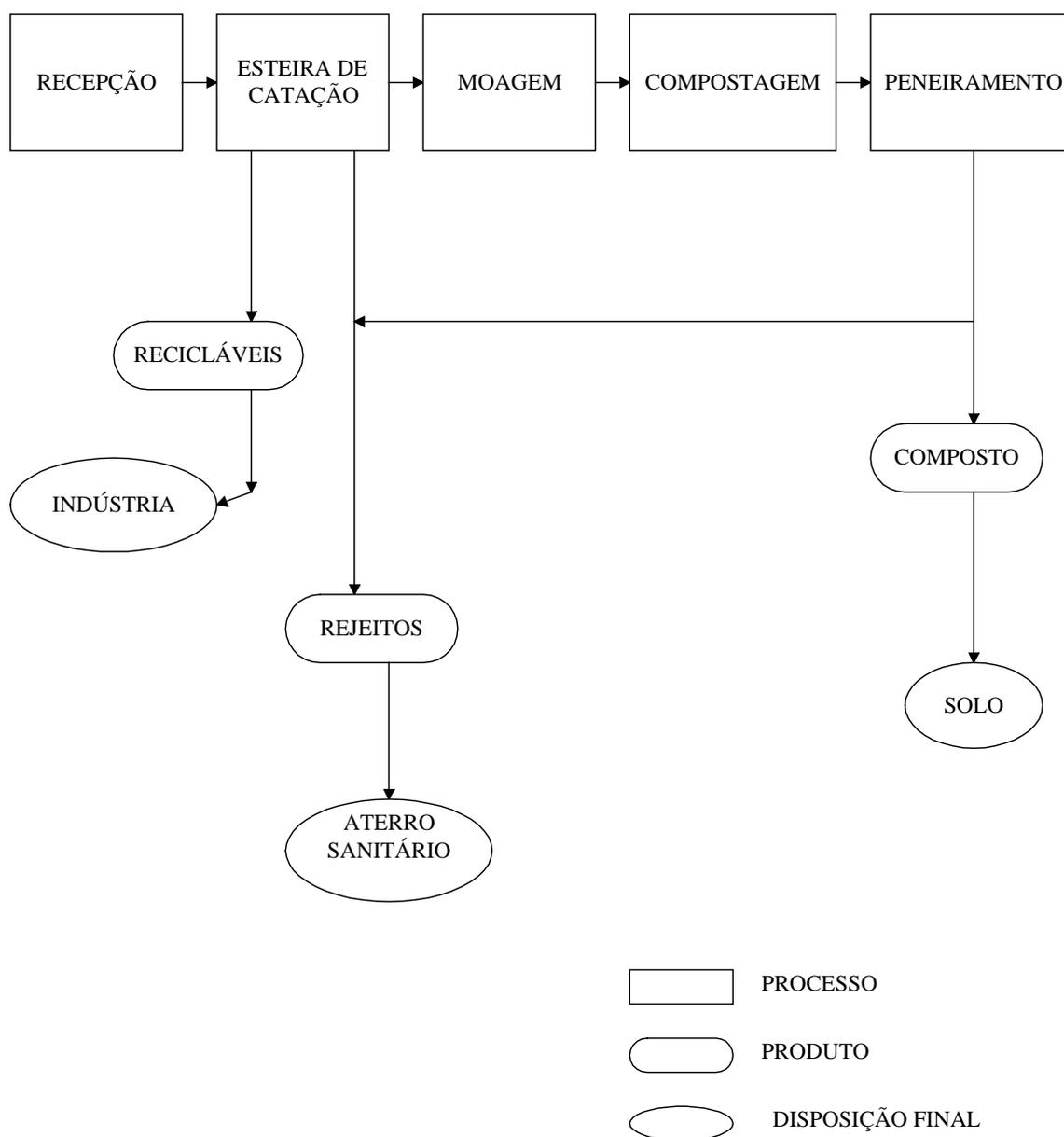


Figura 8. Fluxograma de operação de uma usina de reciclagem e compostagem.
Fonte: Galvão Junior (1994)

4.3.1.2 Compostagem

Compostagem consiste num processo biológico de decomposição controlada da fração orgânica biodegradável contida nos resíduos de modo a resultar em um produto estável, similar ao húmus. Este produto final, o composto, definido como sendo um adubo preparado com restos animais e/ou vegetais, domiciliares, separadamente ou combinados, sendo portanto considerado como um material condicionador de solos.

Os tipos de processos aplicados aos sistemas de compostagem baseiam-se em três diferentes classificações (Rameh, 1981):

- uso de oxigênio - aeróbio ou anaeróbio;
- temperatura - processo mesofílico e processo termofílico;
- tecnologia empregada - método natural ou ao ar livre ou em leiras, e método acelerado ou mecanizado.

Nos processos aeróbios, há presença de ar, temperaturas elevadas, formação de CO₂, liberação de gás hidrocarboneto e vapor d'água; e nos processos anaeróbios, há ausência de ar, baixas temperaturas, formação de CH₄, H₂S e outros, e ainda, processos mistos (facultativos), que combinam os dois processos anteriores (Santos,1992).

No processo mesofílico, as temperaturas variam entre 40^o a 55^o C, e no termofílico, as temperaturas são superiores a 55^oC, atingindo no máximo 70^oC (Santos,1992).

Nos processos utilizados para a produção de composto baseados no método natural, o material é colocado ao ar livre formando leiras ou valas com aeração, o período de estabilidade do material é bastante variado, de 8 a 12 semanas, as leiras devem ser revolvidas periodicamente e cobertas, devido às condições climáticas locais (chuvas); e no processo baseado no método acelerado, o material tem o início da digestão aeróbia em meio fechado onde são mantidas condições favoráveis de agitação, aeração, temperatura e redução das dimensões das partes orgânicas, o tempo de permanência depende do bioestabilizador usado, segundo Lindenberg (1990a).

O método natural de compostagem é recomendado para usinas de pequeno porte, que tratam os resíduos sólidos domiciliares de até 150 mil pessoas; e o método acelerado é recomendado para instalações que tratam os resíduos sólidos de mais de 300 mil habitantes, pois é mais rápido e requer menor área; para população entre 150 e

300 mil habitantes, deverão ser feitos estudos para a escolha de alternativa mais adequada com avaliação tecno-econômica, conforme Jardim et al.(1995).

Pereira Neto (1992) cita que, de modo geral, qualquer processo de compostagem consiste em três operações básicas: preparação da matéria-prima; estabilização do material; peneiramento do composto para posterior uso. A preparação da matéria-prima, ou seja, dos resíduos sólidos urbanos, é feita na entrada da usina, na recepção; o material é colocado em esteira de catação manual de reciclados (triagem); o material orgânico é triturado, estabilizado, peneirado, e colocado para maturação final. O período de compostagem depende, fundamentalmente, do processo utilizado e do tipo de material a ser compostado; na compostagem dos resíduos sólidos urbanos, a matéria orgânica se constitui, basicamente, de restos de alimentos, papéis, pedaços de madeira, folhagens e excrementos. Este período, geralmente, varia de 25 a 35 dias para a fase de digestão (fermentação e a bioestabilização da matéria orgânica, quando ocorrem as reações bioquímicas de oxidação mais intensas predominantemente termofílicas); e de 30 a 60 dias para a maturação no pátio de cura, com reviradas semanais.

Segundo Lindenberg (1990a), as dimensões do pátio de cura, depende da quantidade do material tratado. São usadas leiras com 1,50m de altura por 3m de base, de perfil triangular, com espaço entre elas de 3m para a operação de reviramento. O piso do pátio deve ser de concreto armado ou asfáltico, ou seja, impermeável, devido o ataque do chorume, que deve ser reaproveitado por meio de irrigação, retornado às leiras, pois este é rico em nutrientes solúveis e possuir alta carga de microrganismos.

Santos (1992) cita que a sistematização dos processos de compostagem iniciou por volta do ano de 1920, com o inglês Sir Albert Howard, em Indore, Índia, que obteve um sistema de produção de composto com as características desejadas e a curto prazo, como resultado de uma série de experimentos, o qual denominou de Sistema Indore. Em 1922, em Florença, Itália, Giovanni Beccari, aprimorou o processo de Howard, reduzindo a fermentação de 180 dias para 40 dias. Por volta de 1929, na França, Jean Bordain, e também Verdier, desenvolveram processos baseados em modificações do Sistema Beccari. No entanto, foi Van Mannen, em 1932, na Holanda, quem modificou o processo Indore. Daí em diante foram surgindo inúmeros sistemas de tratamento, que na essência promovem quase os mesmos processos, só que usando diferentes equipamentos. A escolha do melhor processo depende de uma série de estudos que vão desde a origem e formação dos resíduos, sua caracterização qualitativa e

quantitativa, até a disponibilidade de mercado para absorver tanto os produtos reciclados, como o composto propriamente dito. Deve-se incluir, também, observação sobre o comportamento populacional e a evolução percentual em função do tempo.

Independente do método ou sistema de compostagem utilizado, a produção do composto dá-se somente após a fase de maturação, quando ocorrem as reações enzimáticas de humificação. Vários autores citados por Pereira Neto (1992), alertam para o perigo do uso agrícola de um composto não-maturado o qual produz toxinas durante a maturação no solo, interferindo em sua biota.

Principais fatores intervenientes na compostagem

A compostagem, como processo biológico, é afetada por qualquer fator que possa influenciar a sua atividade microbiológica. Dentre estes fatores (Pereira Neto,1992), destacam-se:

- a) Taxa de oxigenação (aeração);
- b) Temperatura;
- c) Teor de umidade;
- d) Concentração de nutrientes, relação C/N, principalmente;
- e) Tamanho da partícula;
- f) Potencial hidrogeniônico (pH).

a) Taxa de oxigenação:

Pereira Neto (1992) cita que, teoricamente, a taxa ótima de aeração seria a que satisfizesse a demanda bioquímica de oxigênio durante as diversas fases do processo. Entretanto, alguns fatores de ordem prático-operacional e as influências exercidas pela temperatura, teor de umidade, natureza do material a ser compostado, tamanho das partículas, modo de aeração, etc., inviabilizam tal objetivo. A compostagem deve ser, de preferência, desenvolvida aerobicamente. A eficiência dos processos aeróbios sobre os anaeróbios na estabilização de resíduos orgânicos, vem cientificamente sendo comprovada; onde conclui-se que o consumo máximo de oxigênio ocorre quando a temperatura da pilha está em torno de 55^oC , fase em que torna-se necessário encontrar um mecanismo de aeração capaz de satisfazer tal demanda (revolvimento das leiras e/ou leiras

com injeção de ar). Os processos anaeróbios, provocam problemas ambientais resultantes da liberação de produtos malcheirosos, tais como, mercaptanas, gás sulfídrico, aminas e ácidos voláteis (Rameh, 1981).

De acordo com Pereira Neto (1992), o ar necessário ao tratamento aeróbio de resíduos sólidos domésticos, é de $51\text{m}^3/\text{h/t}$, ou seja, $1,23\text{m}^3$ de O_2 por kg/dia; e conforme Lindenberg (1990a), nos EUA a introdução de ar, sob uma pressão de 50 a 150mm de coluna de água, é de $2,10\text{m}^3$ de O_2 por dia/kg; onde será obtida a quantidade suficiente de oxigênio disponível e contar com a remoção indispensável do gás carbônico formado nas leiras de compostagem.

b) Temperatura:

Segundo Lindenberg (1990a), a temperatura é o fator indicativo do equilíbrio biológico, o que reflete a eficiência do processo de compostagem. O processo de compostagem pode ser dividido em quatro estágios subsequentes: mesofílico, termofílico, esfriamento e maturação final.

Rameh (1981) cita que durante o início do processo de compostagem os resíduos se apresentam com temperatura próxima à do ambiente (psicofílica) e com ligeira acidez (pH em torno de 4,5). Os organismos mesofílicos, conforme vão-se multiplicando, promovem a elevação rápida da temperatura, em torno de 40° a 45°C , acompanhada pela formação de ácidos orgânicos a partir da matéria orgânica mais facilmente degradável, o que determina o abaixamento do pH da massa. Após esta fase, a temperatura se eleva, ultrapassando os 45°C (50° a 70°C), passando a degradação da matéria orgânica a ser efetuada pelos organismos aerobiontes termofílicos, onde o pH da massa também se eleva (em torno de 7,5), podendo haver liberação de amônia, em forma gasosa, quando há disponibilidade de nitrogênio.

Conforme Pereira Neto (1992), existem artifícios de engenharia (um deles pode ser leiras com injeção de ar), para manter temperaturas de compostagem (ótima de 60°C), pelo período mais longo possível (de 10 a 15 dias), a fim de obter vantagens sobre esta fase, como: desenvolvimento de uma população de microrganismos diversificada, aumento da taxa de decomposição da matéria orgânica, ação para a eliminação de microrganismos patogênicos, e eliminação de sementes de ervas daninhas, ovos de parasitas, larvas de insetos, etc.

Para as temperaturas superiores a 60°C, os fungos termofílicos morrem e a degradação biológica é mantida pelas bactérias, que formam esporos, e pelas actinomicetáceas. Com a degradação da matéria orgânica existente, a atividade biológica vai se reduzindo com a conseqüente ocorrência de menor geração de calor, havendo, portanto, um esfriamento da massa, onde começa a estabilidade, segundo Lindenberg (1990a).

Em seguida, o material deve ser posto para maturação, em pátio de cura, a fim de que continue seu processo de estabilização, permitindo que o carbono remanescente (ligado as estruturas mais resistentes como as ligninas e celulose) seja mineralizado. Temperaturas elevadas (acima de 70°C), retardam o período de compostagem, pois é pernicioso à atividade microbiológica de degradação, além de interferir na qualidade do composto (Pereira Neto,1992).

c) Teor de umidade:

Pereira Neto (1992) cita que o teor de umidade ideal dos resíduos a serem tratados, durante o início do processo de compostagem, é da ordem de 50 a 60% (ótima 50%), e no final do processo o teor ótimo é de 30%. Altos teores, fazem com que a água ocupe os espaços vazios da massa, impedindo a livre passagem do oxigênio, o que poderá causar anaerobiose no meio. Baixos teores de umidade, inibem a atividade microbiológica, diminuindo a taxa de estabilização. O teor de umidade é controlado, na prática, com base na capacidade de aeração da massa de compostagem (manual ou mecânica), nas características físicas do material (estrutura, porosidade, etc.), e na necessidade de satisfazer à demanda microbiológica.

d) Concentração de nutrientes, relação C/N, principalmente:

A fração orgânica dos resíduos sólidos urbanos é fonte satisfatória de aminoácidos, vitaminas, proteínas, sais minerais e, macro e micronutrientes essenciais à boa atividade de oxidação no processo de compostagem (Pereira Neto,1992). Os microrganismos, para manterem ativo o processo de compostagem, exigem, além do substrato orgânico, uma quantidade mínima de outros elementos necessários à sua

constituição celular. Suas maiores necessidades são o Carbono, como fonte de energia, e o Nitrogênio, como importante formador da estrutura celular. O carbono é exigido em maior quantidade, porém, quando em excesso, o processo da compostagem se retrai, uma vez que o nitrogênio passa a constituir fator limitante ao crescimento dos microrganismos; o excesso de carbono pode também propiciar condições ácidas na massa de compostagem, visto que o CO₂ liberado é altamente solúvel. Por outro lado, a compostagem de resíduos com baixo teor de carbono, ou seja, resíduos ricos em nitrogênio, elimina o excesso de nitrogênio pela volatilização da amônia, com uma tendência natural de restabelecer o balanço entre os dois elementos, (Rameh,1981).

Conforme Rameh (1981), o equilíbrio da relação C/N é um fator de fundamental importância na compostagem, cujo principal objetivo é criar condições para fixar os nutrientes, de forma que possam ser posteriormente liberados por meio do composto. Dessa forma, para o início do processo, aceita-se como ótima uma relação C/N de 30:1, o que influenciará a boa atividade biológica, diminuindo o período de compostagem; atingindo uma relação C/N de 18:1 no final do processo. Relações C/N baixas, pH acima de 8 e elevadas temperaturas, implicam na perda de nitrogênio sob a forma de amônia; recomenda-se neste caso, a adição de serragem, palha, papel, entre outros, à massa a ser compostada; e se a relação C/N for alta, pode-se adicionar, por exemplo, lodo de esgoto seco.

Siqueira (1993) cita que a relação entre os teores de Carbono, e os de Nitrogênio, Fósforo e Enxofre, depende da qualidade dos resíduos em decomposição. Quando a relação C/N for maior que 30 a decomposição é lenta, a medida que o resíduo é decomposto sua relação C/N cai em torno de 20 a 30, e a partir da C/N menor que 20, o material está em estado avançado de humificação. As relações C/P e C/S são bastantes diferentes em função de menor requerimento destes nutrientes pela microbiota do solo; observar Quadro 4.

Quadro 4. Relações (C/N, C/P, C/S) e a proporção na decomposição.

RELAÇÃO			DECOMPOSIÇÃO
C/N	C/P	C/S	
> 30	> 300	> 400	Lenta
20 - 30	200 - 300	200 - 400	Total
< 20	< 200	< 200	Humificação

Fonte: Siqueira (1993)

e) Tamanho da partícula:

Pereira Neto (1992) cita que o tamanho da partícula do material a ser compostado é também importante, visto que, quanto mais fragmentado for o material, maior será a área superficial sujeita ao ataque microbiológico, diminuindo o período de compostagem. Aumentando a porosidade do material, facilita sua aeração, mantendo, porém, as características estruturais para a formação da pilha de compostagem. A altura da pilha é definida com base neste parâmetro, tentando evitar a compactação excessiva durante a compostagem. As leiras devem ser reviradas semanalmente, para haver aeração e evitar a compactação. O tamanho ideal das partículas, em se tratando da compostagem dos resíduos sólidos urbanos, deve situar-se na faixa de 20 a 50mm.

f) Potencial hidrogeniônico (pH):

Segundo Pereira Neto (1992), o pH da massa de compostagem não é, usualmente, um fator crítico no processo, onde verifica-se a existência de um fenômeno de “auto-regulação” do pH, efetuado pelos microrganismos no decorrer do processo.

Entretanto, conforme Rameh (1981), na fase inicial da compostagem, a acidez do material tende a aumentar em virtude da formação de ácidos orgânicos, atingindo pH próximo de 4,5. Durante a compostagem, o pH tende a ficar na faixa alcalina, variando de 7,5 a 9,0; sendo na fase final em torno de 7,0. Para a maioria das bactérias, a faixa ótima de pH é de 6 a 7,5; e para os fungos de 5,5 a 8,0.

Composto orgânico

Lindenberg (1990a) define composto orgânico como sendo um produto homogêneo obtido através de processo biológico, pelo qual a matéria orgânica existente nos resíduos é convertida, em material mais estável, pela ação principalmente de microrganismos já presentes no próprio resíduo, ou adicionadas por meio de inoculantes. É, acima de tudo, um condicionador do solo, assim classificado pelo fato de sua matéria orgânica humificada estar em maior proporção, e que corresponde a cerca de 40 a 70%.

De acordo com o Decreto Federal nº 86.955 de 18/02/82, que dispõe sobre a inspeção, a fiscalização da produção e do comércio de fertilizantes orgânicos, e com Portaria nº 01 de 20/04/82 da Secretaria de Fiscalização Agropecuária do Ministério da Agricultura, os parâmetros de controle e tolerâncias para compostos orgânicos, são os apresentados no Quadro 5.

Quadro 5. Parâmetros e tolerâncias permitidos para compostos orgânicos.

PARÂMETROS	VALOR	TOLERÂNCIA
Matéria orgânica total	mínimo 40%	36%
Nitrogênio total	mínimo 1,0%	0,9%
Umidade	máxima 40%	44%
Relação C/N	máxima 18/1	21/1
pH	mínimo 6,0	5,4

Fonte: Decreto Federal nº 86.955/82

Schalch e Rezende (1991), verificaram que a utilização do composto como adubo deve ser precedida de um estudo das características físico-químicas do solo, pois é necessário que se controle a quantidade de metais tóxicos, o destino e a especiação de cada metal, que depende da quantidade de matéria orgânica presente nesse solo e do tipo de planta e/ou sistemas biológicos que aí existam. Os metais podem por exemplo, ficar retidos no solo, serem absorvidos pelas plantas e outro organismo; se solúveis, serem lixiviados, contaminando os cursos d'água e infiltrando-se no solo, contaminando, por sua vez, as águas subterrâneas. Teores de metais pesados em compostos orgânicos são observados no Quadro 6.

Quadro 6. Teores de metais pesados, características de compostos orgânicos, e concentrações permitidas.

METAIS e CARACTERÍSTICAS	USINA DE CORNÉLIO PROCÓPIO (PR) (Teor em base seca)	USINA DE NOVO HORIZONTE (SP) (Teor em base seca)	CONCENTRAÇÕES PERMITIDAS
As (arsênio)	n.a.	n.a.	< 50,0 mg/kg (máx.)
Cu (cobre)	296 mg/kg	55,2 10 ³ mg/kg	--
Zn (zinco)	n.a.	151 mg/kg	--
Cd (cádmio)	98,5 mg/kg	0,12 mg/kg	< 5,0 mg/kg (máx.)
Pb (chumbo)	26,8 mg/kg	71,6 mg/kg	--
Cr (cromo)	46,6 mg/kg	n.a.	--
Ni (níquel)	22,2 mg/kg	5,22 mg/kg	--
Hg (mercúrio)	n.a.	0,84 mg/kg	< 2,0 mg/kg (máx.)
Ba (bário)	< 4,87 mg/kg	n.a.	--
Ag (prata)	1,47 mg/kg	n.a.	--
Carbono orgânico	5,8%	15,1% em C	--
Nitrogênio total	1,01%	1,30%	1,0 % (min.)
P ₂ O ₅	0,29%	0,11% em P	--
K ₂ O	0,59%	0,41% em K	--
Matéria orgânica	n.a.	n.a.	40% (min.)
Relação C/N	n.a.	11,6	18/1 (máx.)
pH	10,1	8,1	6,0 (min.)
Umidade	12%	23,3%	40% (máx.)
Sólidos voláteis	23,5%	26,4%	--

Fonte: Decreto Federal nº 86.955/82, Luz (1986) e Lindenberg (1990a) n.a. = não analisado

Além de condicionar o solo, o composto orgânico tem várias características (Pereira Neto,1992) como:

- melhora as características físicas estruturais do solo;
- pode ser utilizado como excelente matéria-prima no processamento de fertilizantes industriais; e melhora o aproveitamento dos fertilizantes minerais;
- aumento da capacidade de retenção de água e de ar no solo;
- ativação substancial da vida microbiana; e estabelecimento de colônias de minhocas, besouros e outros que revolvem e adubam o solo;
- incremento do teor de micronutrientes e macronutrientes;
- efeitos favoráveis pela presença de micronutrientes e de certas substâncias antibióticas;
- ação agregadora em solos com baixo teor de argila;
- aumento da estabilidade do pH;

- fomenta o desenvolvimento do sistema radicular;
- auxilia na recuperação de solos degradados;
- utilizado em parque e jardins, na proteção de encostas, na produção de ração animal, etc.

Segundo Lindenberg (1990a), o composto não é um adubo mineral, mas sim um biofertilizante, um condicionador de solos, e também um fornecedor de macronutrientes secundários e de micronutrientes, Quadro 7; onde sua aplicação permite, pela sua ação sinérgica, aumentar o rendimento da adubação mineral de 30 a 70%.

Quadro 7. Resíduos orgânicos como reservatório de nutrientes para as plantas.

NUTRIENTES	NECESSIDADE DA PLANTA	RESTOS VEGETAIS	COMPOSTO CURADO	ESTERCO DE CURRAL	ESTERCO DE GALINHA
N	1,5 a 4%	0,6 a 4%	1,59%	2,60%	2,0%
P	0,1 a 0,4%	0,1 a 1%	0,27%	2,40%	2,0%
K	0,1 a 2,5%	0,4 a 4%	0,98%	2,25%	1,0%
S	0,2 a 1,0%	0,2 a 2%	0,50%	n.a.	n.a.
Ca, Mg	0,1 a 2,5%	0,4 a 4%	0,50%	n.a.	n.a.
Micronutrientes	0,1 a 150 ppm	0,001 a 0,2%	0,005 a 2%	n.a.	n.a.

Fontes: Siqueira (1993) e Lindenberg (1990a) n.a. = não analisado

Os tipos de compostos, comercializados no Brasil, (Santos,1992), são:

- composto cru (composto de segunda): a matéria orgânica foi triturada, homogeneizada, porém não digerida. Desta forma, se usado na agricultura, traz problemas pois a relação C/N ainda é bastante alta; quando vendido, a maturação é feita na própria propriedade antes da aplicação;
- composto curado (de primeira): a matéria orgânica já foi digerida e bioestabilizada; e após permanência no pátio de cura, com condições corretas de aeração, pode ser aplicado na agricultura, por ter relação C/N próxima de 18:1, e pH em torno de 7;
- composto beneficiado: composto curado e peneirado em peneiras de malha fina de 10 a 15mm, ou enriquecido com fertilizantes químicos, para uso agrícola.

Rameh (1981) cita que a aplicação do composto deve ser feita incorporado à terra, pelo menos 15 dias antes do plantio; deve estar a uma profundidade suficiente para que fique ao alcance do sistema radicular de maior atividade e sem a possibilidade de receber diretamente os raios solares; e deve ser precedida pela correção da

acidez do solo; a aplicação dos adubos minerais, quando necessária, deve ser posterior à incorporação de composto e pouco antes do plantio, para obtenção do melhor rendimento possível. A quantidade de composto a ser aplicado varia de acordo com as condições do solo, da cultura e do clima, podendo-se considerar como referência uma aplicação anual entre 8 a 20 toneladas por hectare.

4.3.2 Disposição final

A disposição ou destinação ou destino final dos resíduos sólidos urbanos consiste em uma das preocupações dos administradores municipais, pois mesmo com o tratamento e/ou aproveitamento dos resíduos ainda tem os resíduos do resíduo (rejeito). Existem sistemas de disposição final (Sant'ana Filho,1991) como:

- descarga a céu aberto ou lixão;
- aterro controlado (lixão controlado);
- aterro sanitário; e aterro sanitário energético.

O lixão consiste em uma forma inadequada de disposição final de resíduos sólidos, onde os resíduos são jogados sobre o solo, sem medidas de proteção ao meio ambiente ou à saúde pública; é a forma mais utilizada nos municípios brasileiros (Jardim et al,1995).

Aterro controlado é uma variação do lixão; nesta forma de disposição, os resíduos sólidos são cobertos com terra, de forma arbitrária, onde reduz os problemas de poluição visual, mas não reduz as poluições do solo, das águas e atmosférica, não levando em consideração a formação de líquidos e gases (Sant'ana Filho,1991). O termo aterro controlado é muito confundido com aterro sanitário, onde muitas administrações públicas, sem o profundo conhecimento ambiental e de engenharia, apresentam “soluções” à disposição inadequada de resíduos sólidos urbanos, e o que se verifica é um lixão controlado e não um aterro sanitário.

4.3.2.1 Aterro sanitário

Segundo a norma NBR 8.419 da Associação Brasileira de Normas Técnicas - ABNT (1984), “ aterro sanitário de resíduos sólidos urbanos consiste na técnica

de disposição de resíduos sólidos no solo, sem causar danos ou riscos à saúde pública e à segurança, minimizando os impactos ambientais, método este que utiliza princípios de engenharia para confinar os resíduos sólidos à menor área possível e reduzi-los ao menor volume permissível, cobrindo-os com uma camada de terra na conclusão de cada jornada de trabalho e em intervalos menores se necessário”.

Leão (1995) analisou que os aterros estão se tornando cada vez mais distantes das cidades, aumentando o custo de transportes. Novos aterros sofrem da síndrome conhecida como “NIMBY: not in my backyard” - não em meu quintal. A maior parte dos aterros sanitários hoje disponíveis estão com sua vida útil limitada. O uso inadequado de aterros vem acarretando sérios impactos no meio ambiente, principalmente poluição do solo e águas subterrâneas pela infiltração de líquidos percolados, e das águas superficiais pelo escoamento de líquidos percolados ou carreamento de resíduos das águas de chuva. Em 1989, dos 7.924 aterros existentes nos EUA, apenas 2.000 estarão abertos para uso no ano 2000, mas apenas seis estados tem aterros que durarão mais de vinte anos. O mesmo se aplica para as cidades brasileiras, algumas com maiores pressões; na cidade de São Paulo, dos quatro grandes aterros que respondem por 88% de todo volume de resíduos sólidos a serem aterrados, dois já estão saturados e outros dois estarão até o ano 2010.

Sant’ana Filho (1992) cita as várias vantagens da utilização desse processo de disposição final dos resíduos sólidos: disposição dos resíduos de forma adequada; capacidade de absorver grande quantidade de resíduos; limitação da procriação de vetores; limitação da ação dos catadores de resíduos sólidos; possibilidade de recuperação de áreas degradadas, para fins de lazer e recreação pública; condições especiais para decomposição biológica da matéria orgânica contida nos resíduos sólidos; aceita qualquer tipo de resíduos sólidos; e os fatores limitantes desse método, são: disponibilidade de grandes áreas próximas aos centros urbanos; disponibilidade de material de cobertura diária; condições climáticas de operação durante o ano.

Na escolha do terreno para implantação de um aterro sanitário são necessários vários levantamentos (Sant’ana Filho,1992), tais como: levantamentos geológicos, hidrogeológicos, geomorfológico, topográficos, climáticos, ecológicos; aspectos culturais e econômicos. Os terrenos devem estar suficientemente afastados de mananciais destinados ao abastecimento público de água, e sempre que possível o solo deverá ser impermeável, ou seja, conter alto teor de argila. Conforme Rocca et al.(1993),

deve ser observado distâncias de 10km entre o terreno e a área urbana, e distâncias maiores que 200m de corpos d'água superficiais, e teores de argila de 56 a 62%.

A execução de um aterro sanitário, Figura 9, é basicamente, feita por três métodos (técnicas) de aterramento (Sant'ana Filho,1992):

A - método da trincheira: empregada em áreas de topografia plana e suave;

B - método da rampa: empregada em áreas relativamente secas e planas, que apresentam disponibilidade de material de abertura;

C - método da área: empregada em zonas baixas, de topografia regular, onde o lençol freático esta localizado próximo à superfície.

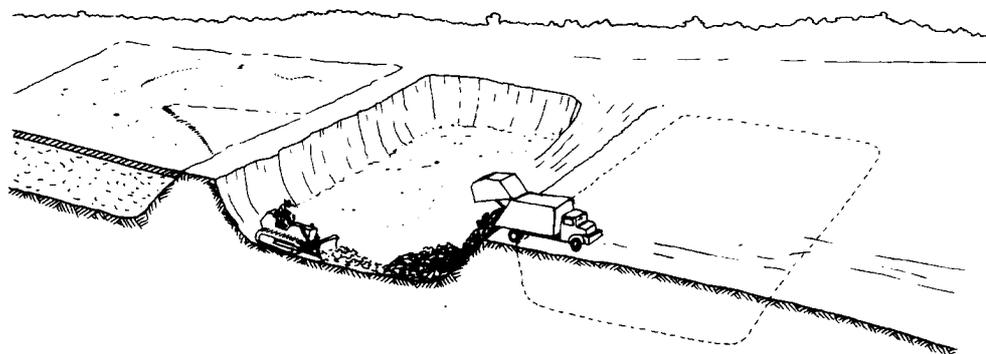
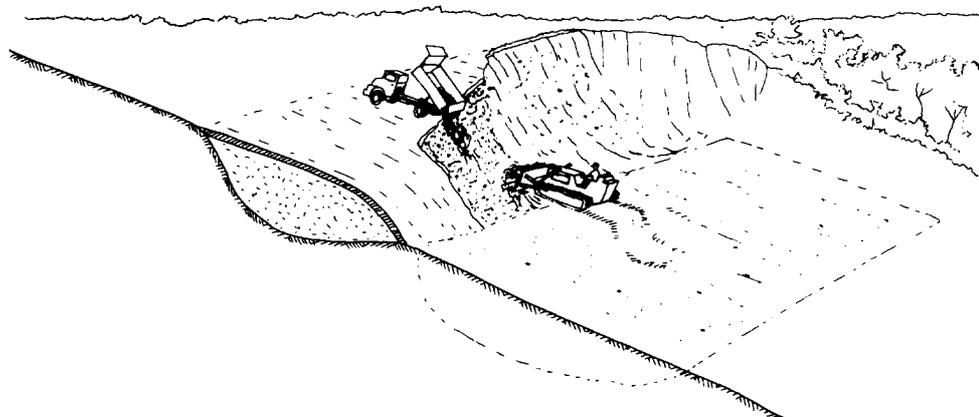
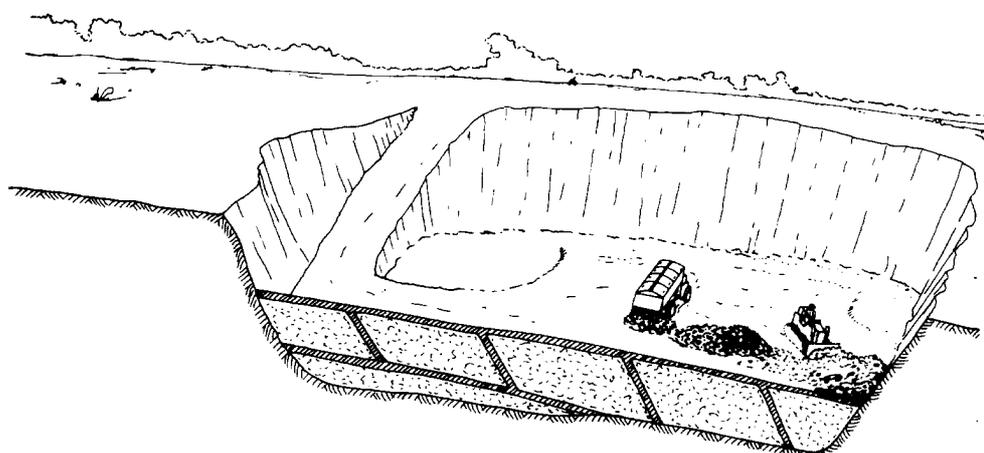
A - Método da trincheira**B - Método da rampa****C - Método da área**

Figura 9. Métodos operacionais de aterro sanitário.
Fonte: Jardim et al.(1995)

Os resíduos são colocados em camadas (células) compactadas por trator de esteira, onde a altura total das células, pode variar de 2 a 5 metros, e a espessura da camada de terra de cobertura varia de 15 a 30 cm. A compactação dos resíduos sólidos é realizada para reduzir seu volume, e é feita diariamente no final de cada jornada (Fuzaro,1990).

As partes componentes de um aterro sanitário (Sant'ana Filho,1992), são: sistema de drenagem de águas pluviais, gases e chorume; cercas; portaria; balança; pátio; iluminação, entre outros;

A drenagem das águas pluviais é feita por valetas ao redor do aterro. A drenagem dos gases é feita por tubos perfurados, colocados verticalmente em lugares estratégicos acompanhando a evolução das células. E a drenagem de percolados (chorume mais águas de chuva) é feita através de drenos (canaletas) abertos sob a célula de resíduos sólidos e preenchidos com pedras britadas ou material similar. O chorume é um material muito poluente devido a sua composição, sua Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO₅) é em torno de 6.000mg/L a 20.000mg/L (Sant'ana Filho,1992), necessitando de um tratamento antes de ser lançado em rios ou córregos, normalmente utiliza-se lagoas de estabilização para este tratamento.

Aterro sanitário energético consiste na conservação e recuperação da energia existente nos resíduos sólidos urbanos domiciliares. É a energia contida no gás bioquímico (biogás) produzido no aterro pela decomposição anaeróbia da matéria orgânica, constituído de uma mistura de 60% de metano (CH₄) e 40% de dióxido de carbono (CO₂). Os gases são drenados através de sistemas combinados de drenos verticais e horizontais no aterro, e conduzidos para um queimador ("flare"), onde é queimado e posteriormente armazenado, segundo Calichman (1979).

4.4 Caracterização dos resíduos sólidos urbanos

Caracterizar os resíduos sólidos urbanos de um município, ou determinar a composição física dos resíduos produzidos por uma população, é tarefa árdua, mas de primordial importância para qualquer projeto na área de resíduos sólidos (Gomes,1989).

Os resíduos sólidos urbanos gerados em uma cidade, são do tipo: domiciliar, comercial, especiais, de feiras e varrição, sendo de atribuição e responsabilidade exclusiva das prefeituras, desde a coleta até a disposição final.

Segundo Stech (1990), quando se realiza a caracterização dos resíduos sólidos urbanos em um município, deve-se definir bem o objetivo desta caracterização. Normalmente o principal objetivo é definir a forma de disposição final mais adequada a ser aplicada aos resíduos sólidos gerados em uma determinada comunidade; ou viabilizar a implantação de algum sistema de tratamento, como por exemplo a compostagem a partir dos resíduos sólidos (onde é necessário determinar a quantidade média de matéria orgânica que está chegando aos resíduos); e avaliar a viabilidade do aproveitamento do material inorgânico para instalação de usina de triagem e posterior venda dos materiais recicláveis, estas caracterizações são feitas no destino final dos resíduos sólidos. E segundo Jardim et al (1995) quando o objetivo é o dimensionamento de frota para a limpeza pública, a caracterização deverá ser executada como os resíduos sólidos se apresentam para a coleta, em suas condições naturais, ou seja, em sua forma de acondicionamento.

Jardim et al (1995) citam que as características dos resíduos sólidos urbanos são influenciadas por vários fatores como: número de habitantes, poder aquisitivo, nível educacional, hábitos e costumes da população; condições climáticas e sazonais; as mudanças na política econômica de um país também são causas que influenciam na composição dos resíduos sólidos de uma comunidade.

Gomes (1989) verificou que os resultados obtidos na caracterização dos resíduos sólidos urbanos de um município, poderão ser comparados com os de outro local, ou até mesmo servirem como base para comunidades onde ainda não se tenha realizado esta caracterização, sendo que a utilização da composição física dos resíduos de outra cidade, só é válida quando as populações, e os próprios municípios, possuem características muito semelhantes. Ainda assim, a autora recomenda que se utilize estes

dados, copiados, em uma fase preliminar, partindo-se posteriormente para a caracterização dos resíduos sólidos da cidade e somente depois, de posse destes resultados, é que se deve dar continuidade ao projeto. A composição física dos resíduos sólidos urbanos é obtida através da análise do percentual de seus componentes mais comuns, tais como: vidro, plástico, metais, papel, matéria orgânica e outros.

Gomes (1989) estudando a caracterização física dos resíduos sólidos urbanos da cidade de São Carlos/SP, com cerca 150 mil habitantes, verificou que os resíduos sólidos urbanos da cidade não variam significadamente em função das estações do ano, e segundo as variações sócio-econômicas da população, verificou que a zona onde residem as classes mais pobres é que se produz maior quantidade de matéria orgânica, e nas zonas de nível aquisitivo mais elevado e principalmente na área comercial as proporções de papel são maiores. Com estes dados, a autora, concluiu que a quantidade de matéria orgânica contida nos resíduos sólidos é inversamente proporcional ao desenvolvimento e evolução das cidades, e que a percentagens de papel, plástico, metal e vidro aumentaram com o passar dos anos, sendo esta a tendência de geração dos resíduos sólidos urbanos pelas populações.

A composição física dos resíduos sólidos urbanos de diversas cidades brasileiras, em diferentes anos, está representada no Quadro 8. A variação na composição física dos resíduos sólidos urbanos na cidade de São Paulo/SP - Brasil, em diversos anos, está representada no Quadro 9. E a composição física média, dos resíduos sólidos urbanos no Brasil está representada na Figura 10 e dos Estados Unidos na Figura 11.

Quadro 8. Composição física dos resíduos sólidos urbanos de algumas cidades brasileiras, em vários anos.

CIDADES (ANO)	COMPOSIÇÃO FÍSICA (%)					
	Matéria Orgânica	Papel Papelo	Plástico	Vidro	Metal	Outros
Botucatu/SP (1990)	45,0	23,0	9,0	3,7	4,3	15,0
São Carlos/SP (1989)	56,7	21,3	8,5	1,4	5,4	6,7
Americana/SP (1986)	46,0	13,0	12,0	1,0	6,0	22,0
Campinas/SP (1985)	72,3	19,0	3,6	0,8	2,2	2,1
São José do Rio Preto/SP (1985)	42,1	16,9	6,7	4,0	9,8	20,5
Rio Claro/SP (1985)	62,8	15,2	5,5	2,1	3,5	10,9
Praia Grande/SP (1984)	54,4	23,9	10,1	3,9	3,4	4,4
Belo Horizonte/MG (1971)	69,9	16,8	1,9	2,5	3,3	5,6
Brasília/DF (1972)	19,9	27,1	2,4	3,0	3,2	44,4
Manaus/AM (1979)	51,1	29,0	2,8	4,7	6,8	5,6
Porto Alegre/RS (1983)	74,4	10,6	6,0	1,4	4,2	3,4
Curitiba/PR (1993)	66,0	3,0	6,0	2,0	2,0	21,0
Rio de Janeiro/RJ (1993)	22,0	23,0	15,0	3,0	4,0	33,0
São Paulo/SP (1993)	37,8	29,6	9,0	4,9	5,4	13,3
Salvador/BA (1993)	43,0	19,0	11,0	4,0	4,0	19,0
Fortaleza/CE (1994)	65,6	14,6	7,8	7,0	5,0	—

Fonte: Gomes (1989), Bona (1990) e Jardim et al.(1995)

Quadro 9. Variação da composição física dos resíduos sólidos urbanos na cidade de São Paulo/SP, em diversos anos.

ANOS	COMPOSIÇÃO FÍSICA (%)									
	Matéria Orgânica	Papel Papelão	Plástico	Vidro	Metal	Trapo	Madeira, Couro Borracha	Inertes		
1927	82,5	13,4	---	0,9	1,7	1,5	---	---	---	---
1947	76,0	16,7	---	1,4	2,2	2,7	---	---	---	---
1957	76,0	16,7	---	1,4	2,2	2,0	0,8	---	---	---
1965	76,0	16,8	---	1,5	2,2	3,1	---	---	---	---
1969	52,2	29,2	1,9	2,6	7,8	2,4	3,8	0,1	0,1	0,1
1971	51,1	24,1	2,6	3,9	6,9	3,2	3,6	4,6	4,6	4,6
1976	52,5	28,4	7,2	6,3	5,6	2,3	2,3	9,0	9,0	9,0
1979	38,3	29,6	9,0	14,6	5,5	2,2	0,8	---	---	---
1989	55,0	17,0	7,5	1,5	3,2	---	---	---	---	---
1990	47,4	29,6	9,0	4,2	5,3	3,0	---	---	---	---
1993	37,8	29,6	9,0	4,9	5,4	---	---	---	---	---

Fonte: Gomes (1989) e Jardim et al. (1995)

(---) o material não era utilizado na época, ou não foi analisado.

COMPOSIÇÃO MÉDIA DOS RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS
BRASIL

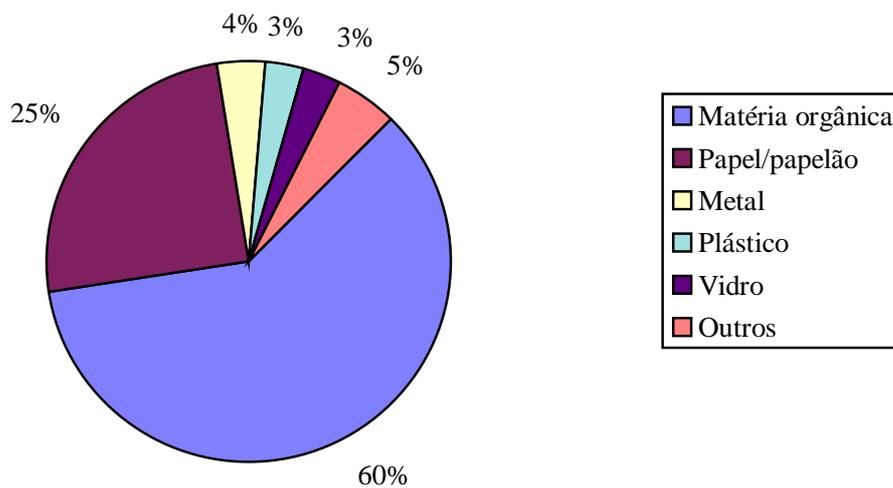


Figura 10. Composição física média dos resíduos sólidos urbanos no Brasil.
Fonte: Jardim et al.(1995)

COMPOSIÇÃO MÉDIA DOS RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS
ESTADOS UNIDOS

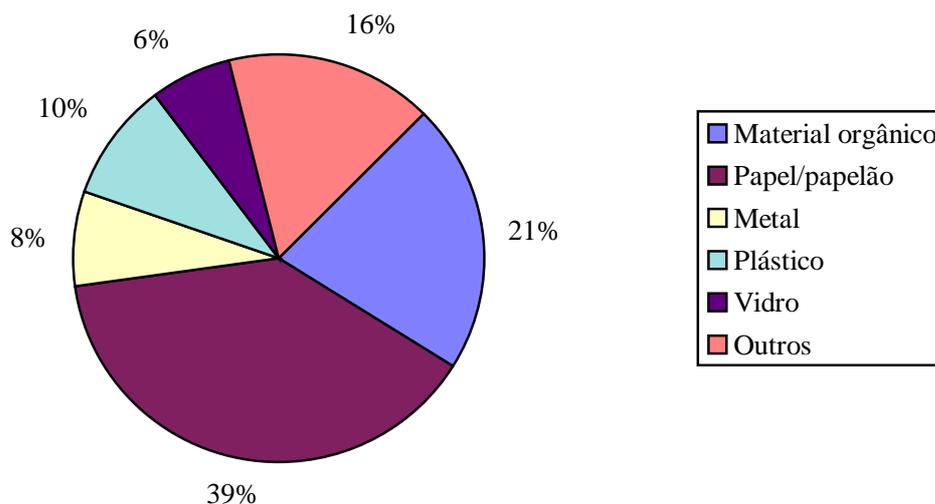


Figura 11. Caracterização física dos resíduos sólidos urbanos nos Estados Unidos.
Fonte: US.EPA (1996)

4.5 Características dos municípios da microrregião Serra de Botucatu/SP

Este item da revisão, contém uma caracterização (por ordem populacional) dos 16 municípios pertencentes a microrregião homogênea Serra de Botucatu/SP. Pode-se observar uma síntese nos Quadros 10 e 11.

A descrição de detalhes dos municípios estudados se justifica na medida que deseja-se estabelecer, se possível, uma relação entre a entrada de energia (“input”) na zona urbana e a sua saída (“output”) sendo que as cidades se comportam como uma caixa-preta (“black-box”) com a sua dinâmica interna.

1 - BOTUCATU

O nome “Ibytu-katu”, na língua Tupi, tem o significado de “Bons Ares”.

Conforme IBGE (1992), o município de Botucatu está localizado na região centro-sul do Estado de São Paulo, nas coordenadas 22° 52’ 20” latitude Sul e 48° 26’ 37” longitude Oeste de Greenwich. Com área de 1.496 km². Localiza-se na Bacia Hidrográfica Tietê Médio Superior, onde é drenada pela Bacia do Rio Tietê ao norte e do Rio Pardo ao sul. Altitude de 700 a 940m no topo da Cuesta, e de 400 a 500m no “front” da Cuesta.

Segundo IBGE (1996), sua população atual é 100.826 habitantes. Com uma faixa etária, predominante, de 41 a 59 anos.

Martins (1996) verificou que o clima predominante no município, segundo os critérios adotados por Koppen é **Cfa**, clima mesotérmico (temperado), região constantemente úmida, tendo quatro ou mais meses com temperaturas médias superiores a 10°C, cuja temperatura do mês mais quente é igual ou superior a 22°C, índice médio pluviométrico anual de 1.516,8mm.

Segundo Barros e Tornero (1992), nesta área encontra-se a “Cuesta de Botucatu” que é uma forma de relevo existente dentro de um planalto (Planalto Ocidental), a parte da frente (“front”) apresenta uma grande declividade, em forma de escarpa, onde se localiza o “Aqüífero Botucatu”, enquanto o lado oposto (reverso) é muito maior mas apresenta

uma declividade menor. Portanto, o relevo compreende em três formas distintas: frente da Cuesta, topo de Cuesta e reverso da Cuesta.

Segundo Brasil (1960), e atualizado pela Embrapa (1988), os principais tipos de solos ocorrentes no município são: Latossolo Vermelho Escuro, Latossolo Vermelho Amarelo textura média, Latossolo Roxo, Areia Quartzosa podzólica e Areia Quartzosa latossólica, Podzólico Vermelho Amarelo, Solos Litólicos, Solos Hidromórficos.

Segundo Santos Junior (1995) a vegetação na Cuesta é do tipo mata pluvial do Paraná (Mata Atlântica), e no topo da Cuesta cerrado com manchas de mata. O município encontra-se dentro da área do domínio da Mata Atlântica, em uma região considerada de transição fitogeográfica, com influência da mata pluvial perenifólia e da costa Atlântica, da mata mista latifoliada com araucária do cerrado, do Chaco e do Pampa. Com uma cobertura vegetal de 10,45% do município, em suas florestas existem espécies exóticas (*Pinus* e *Eucaliptus spp*), mata natural (mata primária, cerrado, cerrado) e capoeira.

Conforme Santos Junior (1995) a atividade predominante no município é a indústria, com cerca de 130 indústrias, com atividades econômicas, desde roupas, agasalhos até fábrica de aviões. Na agropecuária, existe culturas anuais e semi-perenes, como: cana-de-açúcar (para indústria), milho, feijão, arroz, cana para forragem, mandioca (para indústria); e culturas perenes, como: café e citros. E bovinocultura (corte, leite e misto), suinocultura, avicultura (corte e postura), apicultura, e outros, como: eqüinos, ovinos, muares e asininos, bubalinos e caprinos.

Segundo Santos Junior (1995), o município possui 4 hospitais, 7 postos de saúde municipais e 2 postos de saúde estaduais. Na área social o município conta com 5 creches municipais, 5 centros de educação infantil e 5 creches privadas. A rede de ensino conta com 3 redes oficializadas: estadual (21 estabelecimentos de 1º e 2º graus na zona urbana e 8 na zona rural); particular, com 11 escolas de pré-escola, suplência, 1º e 2º graus; e universitário (Unifac); e na rede municipal tem-se vários níveis desde a pré-escola à cursos profissionalizantes. Na rede estadual superior tem-se a Unesp (Universidade Estadual Paulista), abrangendo os cursos de Agronomia, Engenharia Florestal, Medicina Veterinária, Zootecnia, Ciências Biológicas, Enfermagem e Medicina.

A renda per capita mensal do município é em média de 0 a 2 salários mínimos. A receita anual do município é de aproximadamente R\$ 25 milhões, conforme o balancete de dezembro de 1995 da Prefeitura Municipal de Botucatu/SP.

Segundo Barros e Tornero (1992) o município de Botucatu, possui 26% (395,6 km²) de sua área territorial inserida dentro dos limites da APA (Área de Proteção Ambiental) de Corumbataí, criada pelo Decreto Estadual de nº 20.960/83.

As Leis Municipais que regem o município são: Lei Orgânica do município datada de 05/04/90, Lei de Uso e Ocupação do Solo nº 2.640 de 05/08/87, e a Lei nº 3.286 de 05/11/93, que dispõe sobre o serviço de limpeza pública, segundo informações da Prefeitura Municipal de Botucatu/SP.

2 - AVARÉ

Fundada por pioneiros vindos de Pouso Alegre/MG, a Vila foi chamada de Rio Novo, elevada a categoria de Cidade com o nome de Avaré “Terra do Verde, da Água e do Sol”.

Segundo IBGE (1992) o município de Avaré, está localizado do Estado de São Paulo, nas coordenadas 23° 05’ latitude S e 48° 55’ longitude W de Greenwich. Com área de 1.288km² e altitude de 780m. Localiza-se na Bacia Hidrográfica Paranapanema Alto. Tendo uma população de 69.568 habitantes (IBGE,1996).

Segundo Brasil (1960) o clima predominante no município, segundo os critérios adotados por Koppen é **Cfa**, clima mesotérmico (temperado), região constantemente úmida, tendo quatro ou mais meses com temperaturas médias superiores a 10°C, cuja temperatura do mês mais quente é igual ou superior a 22°C.

Conforme Brasil (1960), e atualizado pela Embrapa (1988), os principais tipos de solos ocorrentes no município são: Latossolo Vermelho Amarelo textura média, Latossolo Roxo, Areia Quartzosa podzólica e Areia Quartzosa latossólica, Podzólico Vermelho Amarelo, Solos Hidromórficos.

Segundo Gesiei Junior (1996) as atividades econômicas que sobressaem são: agropecuária (com gado leiteiro, criatório de minipôneis, e haras com criação de cavalos das raças Árabe, Manga-Larga e Apollosa); o comércio; o turismo (com a represa de Jurumirim, Horto Florestal, entre outros); e um emergente setor industrial. A rede de ensino

do município conta com pré-escola, jardins, creches e ensino supletivo. E na área do bem-estar social o município atende, crianças e adolescentes até 18 anos abandonadas em um abrigo temporário “Casa Transitória”. Há produção de hortaliças em uma horta comunitária, onde adolescentes de até 16 anos aprendem a preparar a terra, plantar e colher os produtos para consumo familiar; e famílias com crianças de 0 a 10 anos recebem o “sopão” oferecido pela prefeitura.

A receita anual do município é de aproximadamente R\$ 31 milhões. O município tem sua Lei Orgânica promulgada em 29/03/90, segundo informações da Prefeitura Municipal de Avaré/SP.

Segundo Barros e Tornero (1992) o município possui 12% (144,5 km²) de sua área territorial inserida dentro dos limites da APA (Área de Proteção Ambiental) de Corumbataí, criada pelo Decreto Estadual de nº 20.960/83.

3 - SÃO MANUEL

A origem do nome do município é devido a doação de terras ao local denominado Águas Claras para o patrimônio da capela de São Manuel, onde a cidade foi denominada de São Manuel do Paraíso e posteriormente São Manuel.

Segundo IBGE (1992) o município de São Manuel está localizado da região centro-sul do Estado de São Paulo, nas coordenadas 22^o 43' 52" latitude Sul e 48^o 34' 14" longitude Oeste de Greenwich. Com área de 845 km², e altitude de 700m. Localiza-se na Bacia Hidrográfica Tietê Médio Inferior. Tendo uma população atual de 34.643 habitantes conforme IBGE (1996).

Martins (1996) verificou que o clima predominante no município, segundo critérios adotados por Koppen é **Cfa**, clima mesotérmico, região constantemente úmida, tendo quatro ou mais meses com temperatura média superior a 10^oC, cuja temperatura do mês mais quente é igual ou superior a 22^oC, o índice pluviométrico médio anual é de 1.870mm.

Segundo Brasil (1960), e atualizado pela Embrapa (1988), os principais tipos de solos ocorrentes no município são: Latossolo Vermelho Amarelo textura média, Latossolo Roxo, Areia Quartzosa podzólica e Areia Quartzosa latossólica, Podzólico Vermelho Amarelo, Terra Roxa Estruturada, Solos Hidromórficos.

Segundo Sanches (1996) as atividades econômicas são a agropecuária como a cana de açúcar, soja e laranja; e no setor industrial o município conta com 55 empresas com várias linhas de produção. A rede de ensino conta com mais de 800 alunos no setor de pré-escola. No setor técnico há cursos de Contabilidade, Administração de Empresas e Edificações; e cursos profissionalizantes do Senai. No setor superior a Faculdade de Filosofia e Letras conta com um número grande de alunos; e existe várias escolas estaduais e uma privada com cursos de 1^o e 2^o graus e pré-vestibular. Na área de assistência e promoção social, a prefeitura distribui mais de 200 cestas básicas por mês às pessoas carentes, e o Fundo Social de Solidariedade do município desenvolve campanhas e cursos para gestantes.

A receita anual do município é de aproximadamente R\$ 14 milhões, segundo informações da Prefeitura Municipal de São Manuel/SP.

Conforme Barros e Tornero (1992) o município possui 4% (35,6km²) de sua área territorial inserida dentro dos limites da APA (Área de Proteção Ambiental) de Corumbataí, criada pelo Decreto Estadual de nº 20.960/83.

4 - TAQUARITUBA

Segundo IBGE (1992) o município de Taquarituba, está localizado na região sudoeste do Estado de São Paulo, nas coordenadas 23^o 31' latitude S e 49^o 14' longitude W de Greenwich. Com área de 451 km² e a altitude é de 620m. Localiza-se na Bacia Hidrográfica Paranapanema Alto. Conforme IBGE (1996) sua população atual é de 20.028 habitantes.

Segundo Brasil (1960), o clima predominante é, conforme critérios adotados por Koppen, **Cfa**, clima mesotérmico úmido, sem estiagem, em que a temperatura média do mês mais quente é maior do que 22^oC; o índice pluviométrico anual varia de 1.100 a 1.700mm.

De acordo com Brasil (1960), e atualizado pela Embrapa (1988), os principais tipos de solos ocorrentes no município são: Latossolo Roxo, Terra Roxa Estruturada, Solos Hidromórficos.

A receita anual do município é de aproximadamente R\$ 12 milhões, segundo informações da Prefeitura Municipal de Taquarituba/SP.

O município pertence a Área de Proteção Ambiental (APA) de Corumbataí, segundo o Decreto Estadual nº 20.960 de 08/06/83.

5 - ITAÍ

Segundo IBGE (1992) o município de Itaí, está localizado no Estado de São Paulo, nas coordenadas 23^o 24' latitude S e 49^o 05' longitude W de Greenwich. Com área total de 1.205 km² e altitude de 630m. Localiza-se na Bacia Hidrográfica Paranapanema Alto. Conforme IBGE (1996) sua população atual é de 17.473 habitantes.

Conforme Brasil (1960), o clima predominante, segundo critérios adotados por Koppen, é **Cfa**, clima mesotérmico úmido, sem estiagem, em que a temperatura média do mês mais quente é maior do que 22^o C.

Segundo Brasil (1960), e atualizado pela Embrapa (1988), os principais tipos de solos ocorrentes no município são: Latossolo Vermelho Escuro, Latossolo Roxo, Areia Quartzosa podzólica e Areia Quartzosa latossólica, Terra Roxa Estruturada, Solos Hidromórficos.

As principais atividades são agrícolas, com produção de cana de açúcar, feijão e milho, e no setor industrial sobressaem as indústrias Cargill e Usina Lontra, conforme informações da Prefeitura Municipal.

A receita anual do município é de aproximadamente R\$ 11,6 milhões, segundo informações da Prefeitura Municipal de Itaí/SP.

6 - ITATINGA

Segundo IBGE (1992) o município de Itatinga, está localizado no Estado de São Paulo, nas coordenadas 23^o 06' latitude S e 48^o 36' longitude W de Greenwich. Com área total de 946 km² e altitude de 840m. Localiza-se na Bacia Hidrográfica Paranapanema Alto. Conforme IBGE (1996) sua população atual é de 13.952 habitantes.

Conforme Brasil (1960), o clima predominante no município, segundo os critérios adotados por Koppen, é **Cfa**, clima mesotérmico (temperado), região constantemente úmida, tendo quatro ou mais meses com temperaturas médias superiores a 10°C, cuja temperatura do mês mais quente é igual ou superior a 22°C.

Segundo Brasil (1960), e atualizado pela Embrapa (1988), os principais tipos de solos ocorrentes no município são: Latossolo Vermelho Amarelo textura média, Latossolo Vermelho Escuro, Latossolo Roxo, Areia Quartzosa, Areia Quartzosa podzólica e Areia Quartzosa latossólica, Podzólico Vermelho Amarelo, Solos Hidromórficos.

A receita anual do município é de aproximadamente R\$ 5.071.261,86 segundo informações da Prefeitura Municipal de Itatinga/SP.

Conforme Barros e Tornero (1992) o município de Itatinga possui 66% (643,3 km²) de sua área territorial inserida dentro dos limites da APA (Área de Proteção Ambiental) de Corumbataí, criada pelo Decreto Estadual de nº 20.960/83.

7 - CERQUEIRA CÉSAR

Segundo IBGE (1992) o município de Cerqueira César, está localizado no Estado de São Paulo, com coordenadas 23^o 01' latitude Sul e 49^o 09' longitude Oeste de Greenwich. Com área de 520 km², altitude de 760m. Localiza-se na Bacia Hidrográfica do Paranapanema Alto. De acordo com IBGE (1996) sua população atual é de 13.952 habitantes.

Segundo Brasil (1960), o clima predominante no município, segundo os critérios adotados por Koppen, é **Cfa**, clima mesotérmico (temperado), região constantemente úmida, tendo quatro ou mais meses com temperaturas médias superiores a 10°C, cuja temperatura do mês mais quente é igual ou superior a 22°C, o índice pluviométrico deste tipo climático varia entre 1.100 e 1.700mm, anualmente.

Conforme Brasil (1960), e atualizado pela Embrapa (1988), os principais tipos de solos ocorrentes no município são: Latossolo Roxo, Areia Quartzosa podzólica e Areia Quartzosa latossólica.

A receita anual do município é de aproximadamente R\$ 3,8 milhões. A Lei Orgânica do município é datada de 20/04/90, segundo informações da Prefeitura Municipal de Cerqueira César/SP.

8 - PARANAPANEMA

Segundo IBGE (1992) o município de Paranapanema está localizado no Estado de São Paulo, nas coordenadas 23° 23' latitude Sul e 48° 43' longitude Oeste de

Greenwich. Com uma área de 885 km². Localiza-se na Bacia Hidrográfica Paranapanema Alto, com altitude de 600m. Tendo uma população de 12.471 habitantes (IBGE,1996).

Conforme Brasil (1960), o clima predominante no município, segundo os critérios adotados por Koppen, é **Cfa**, clima mesotérmico (temperado), região constantemente úmida, tendo quatro ou mais meses com temperaturas médias superiores a 10°C, cuja temperatura do mês mais quente é igual ou superior a 22°C.

Segundo Brasil (1960), e atualizado pela Embrapa (1988), os principais tipos de solos ocorrentes no município são: Latossolo Roxo, Terra Roxa Estruturada, Areia Quartzosa podzólica e Areia Quartzosa latossólica, Solos Litólicos substrato folheto/argilite, Solos Hidromórficos.

A principal atividade econômica é a pecuária de corte. A receita anual do município é de aproximadamente R\$ 4 milhões, segundo informações da Prefeitura Municipal de Paranapanema/SP.

9 - CONCHAS

A origem do nome do município é devido a grande quantidade de moluscos, envolvidos em conchas, das mais variadas cores, que pontilhavam o riacho que corre próximo a cidade.

Segundo IBGE (1992) o município de Conchas está localizado da região centro-oeste do Estado de São Paulo, nas coordenadas 23^o 00' latitude Sul e 48^o 00' longitude Oeste de Greenwich. Com área de 465 km². Numa altitude de 500m. Localiza-se na Bacia Hidrográfica do Tietê Médio Superior. Tendo uma população atual de 13.104 habitantes (IBGE,1996).

Conforme Brasil (1960) o clima predominante no município, segundo critérios adotados por Koppen, é **Cwa**, clima mesotérmico de inverno seco em que a temperatura média do mês mais frio é inferior a 18°C, e com estação chuvosa no verão em que a temperatura do mês mais quente pode ultrapassar 22°C, o índice pluviométrico varia de 1.200 a 1.400mm anual.

Segundo Brasil (1960), e atualizado pela Embrapa (1988), os principais tipos de solos ocorrentes no município são: Podzólico Vermelho Amarelo, Areia

Quartzosa podzólica e Areia Quartzosa latossólica, Solos Litólicos substrato arenito, Solos Litólicos substrato folheto/argilito, Terra Roxa Estruturada, Solos Hidromórficos.

As principais atividades econômicas são: pecuária leiteira, pequenas indústrias e serviço portuário através da Hidrovia Tietê/Paraná, segundo informações da Prefeitura Municipal.

A receita anual do município é aproximadamente de R\$ 5 milhões. O município obedece as Leis Federais e Estaduais de Uso e Ocupação do Solo, e sua Lei Orgânica Municipal é de 05/04/90, conforme informações da Prefeitura Municipal de Conchas/SP.

10 - AREIÓPOLIS

Segundo IBGE (1992) o município de Areiópolis está localizado na região centro-sul do Estado de São Paulo nas coordenadas 22^o 40' latitude S e 48^o 39' longitude W de Greenwich. Com área de 85 km². Numa altitude de 620m. Localiza-se na Bacia Hidrográfica Tietê Médio Inferior. Tendo uma população atual de 10.145 habitantes (IBGE,1996).

Conforme Brasil (1960), o clima predominante no município, segundo critérios adotados por Koppen, é **Cfa**, clima mesotérmico, região constantemente úmida, tendo quatro ou mais meses com temperatura média superior a 10^oC, cuja temperatura do mês mais quente é igual ou superior a 22^oC.

Segundo Brasil (1960), e atualizado pela Embrapa (1988), os principais tipos de solos ocorrentes no município são: Latossolo Vermelho Amarelo textura média, Latossolo Roxo, Areia Quartzosa podzólica e Areia Quartzosa latossólica, Podzólico Vermelho Amarelo, Terra Roxa Estruturada, Solos Hidromórficos.

A atividade do município é principalmente a canavieira. A receita anual do município é de aproximadamente R\$ 3 milhões, segundo informações da Prefeitura Municipal de Areiópolis/SP.

11 - ARANDU

O nome Arandu significa “barreiro” na língua Guarani.

Segundo IBGE (1992) o município de Arandu, está localizado no Estado de São Paulo, nas coordenadas 23° 08' latitude S e 49° 03' longitude W de Greenwich. Com área de 228 km² e altitude de 640m. Localiza-se na Bacia Hidrográfica Paranapanema Alto. Tendo uma população atual de 5.437 habitantes, (IBGE,1996).

Conforme Brasil (1960) o clima predominante no município, segundo os critérios adotados por Koppen, é **Cfa**, clima mesotérmico (temperado), região constantemente úmida, tendo quatro ou mais meses com temperaturas médias superiores a 10°C, cuja temperatura do mês mais quente é igual ou superior a 22°C.

Segundo Brasil (1960), e atualizado pela Embrapa (1988), os principais tipos de solos ocorrentes no município são: Latossolo Vermelho Amarelo textura média, Latossolo Roxo, Areia Quartzosa podzólica e Areia Quartzosa latossólica, Podzólico Vermelho Amarelo, Solos Hidromórficos.

As atividades econômicas que sobressaem são: agropecuária com criação de cavalos de raça Quarto de Milha e gado Nelore PO e POI, cultivo de bananas da variedade Nanicão, de café, milho, arroz, feijão, mandioca, hortaliças em geral, e gado leiteiro, segundo informações da Prefeitura Municipal.

A receita anual do município é de aproximadamente R\$ 3 milhões. Há no município Lei de Uso e Ocupação do Solo - Código de Obras n^o 192 de 20/06/77, segundo informações da Prefeitura Municipal de Arandu/SP.

12 - BOFETE

Segundo IBGE (1992) o município de Bofete está localizado no Estado de São Paulo, nas coordenadas 23° 06' latitude Sul e 48° 15' longitude Oeste de Greenwich. Com uma área de 645 km², e altitude de 570m. Localiza-se na Bacia Hidrográfica Tietê Médio Superior. Conforme IBGE (1996), sua população atual é de 6.729 habitantes.

Conforme Brasil (1960), o clima predominante no município, segundo os critérios adotados por Koppen, é **Cfa**, clima mesotérmico (temperado), região constantemente úmida, tendo quatro ou mais meses com temperaturas médias superiores a 10°C, cuja temperatura do mês mais quente é igual ou superior a 22°C, o índice médio pluviométrico anual varia de 1.100 a 1.700mm.

Segundo Brasil (1960), e atualizado pela Embrapa (1988), os principais tipos de solos ocorrentes no município são: Latossolo Roxo, Latossolo Vermelho Escuro, Areia Quartzosa podzólica e Areia Quartzosa latossólica, Podzólico Vermelho Amarelo, Solos Litólicos substrato folheto/argilite, Solos Hidromórficos.

A atividade econômica principal é o reflorestamento. O município é regido pela Lei Orgânica Municipal de 05/04/90 e pela Lei de Uso e Ocupação do Solo nº 651 de 23/12/74, segundo informações da Prefeitura Municipal.

A receita anual do município é de aproximadamente R\$ 2 milhões, conforme balancete de 1995 da Prefeitura Municipal de Bofete/SP.

Segundo Barros e Tornero (1992) o município, possui 71% (466,5 km²) de sua área territorial inserida dentro dos limites da APA (Área de Proteção Ambiental) de Corumbataí, criada pelo Decreto Estadual de nº 20.960/83.

13 - CORONEL MACEDO

A origem do nome do município é devido homenagem feita ao grande chefe político Coronel Macedo, vulto de muito prestígio na região, no ano de 1911.

Segundo IBGE (1992) o município de Coronel Macedo, está localizado na região sudoeste do Estado de São Paulo, nas coordenadas 23^o 37' 52" latitude S e 49^o 18' 49" longitude W de Greenwich. A área do município é de 327 km² e a altitude é de 640 m. Localiza-se na Bacia Hidrográfica Paranapanema Alto. Conforme IBGE (1996) a população atual é de 5.640 habitantes.

Conforme Brasil (1960), o clima predominante é, segundo critérios adotados por Koppen, **Cfb**, clima mesotérmico úmido, sem estiagem, em que a temperatura média do mês mais quente é maior do que 22^oC, o índice pluviométrico anual é de aproximadamente 1.200mm. O relevo é movimentado com predominância de planalto, e de vegetação floresta subtropical.

Segundo Brasil (1960), e atualizado pela Embrapa (1988), os principais tipos de solos ocorrentes no município são: Latossolo Roxo, Terra Roxa Estruturada, Solos Hidromórficos.

As atividades econômicas são: agropecuária, com cultivo de feijão, arroz, milho e soja, criação de bovinos e suínos; industrial com fábricas de cerâmica e serraria.

Na área de ensino: 1 escola estadual, 7 escolas estaduais rurais e 1 escola municipal de 1^o grau. A receita anual do município é de aproximadamente R\$ 3 milhões, segundo informações da Prefeitura Municipal de Coronel Macedo/SP.

O município pertence a Área de Proteção Ambiental (APA) de Corumbataí, conforme Decreto Estadual nº 20.960, de 08/06/83.

14 - ÁGUAS DE SANTA BÁRBARA

A origem do nome do município é devido a devoção da comunidade por Santa Bárbara e pela beleza e milagres de suas águas.

Segundo IBGE (1992) o município de Águas de Santa Bárbara, está localizado no sudeste do Estado de São Paulo, nas coordenadas 22° 52' latitude Sul e 49° 14' longitude Oeste de Greenwich. Com uma área de 813 km², e altitude de 560m. Localiza-se na Bacia Hidrográfica Paranapanema Alto. Tendo uma população atual de 4.317 habitantes (IBGE,1996).

Conforme Brasil (1960) o clima predominante no município, segundo os critérios adotados por Koppen, é **Cfa**, clima mesotérmico (temperado), região constantemente úmida, tendo quatro ou mais meses com temperaturas médias superiores a 10°C, cuja temperatura do mês mais quente é igual ou superior a 22°C, o índice médio pluviométrico anual varia de 1.100 a 1.700mm.

Segundo Brasil (1960), e atualizado pela Embrapa (1988), os principais tipos de solos ocorrentes no município são: Latossolo Vermelho Amarelo, Latossolo Vermelho Escuro textura média, Latossolo Roxo, Areia Quartzosa podzólica e Areia Quartzosa latossólica, Podzólico Vermelho Amarelo.

As principais atividades econômicas, são: turismo (estância hidromineral) e lazer (cachoeira do Capão Rico e corredeiras do Rio Pardo).

A receita anual do município é de aproximadamente R\$ 3 milhões. A Lei Orgânica do município é datada de 04/04/90 e a Lei de Uso e Ocupação do Solo é baseada na Lei Federal nº 6.766, segundo informações da Prefeitura Municipal de Águas de Santa Bárbara/SP.

15 - ANHEMBI

Segundo IBGE (1992) o município de Anhembi, está localizado no Estado de São Paulo, nas coordenadas 22° 47' latitude Sul e 48° 07' longitude Oeste de Greenwich. Com área de 728 km². Numa altitude de 480m. Localiza-se na Bacia Hidrográfica Tietê Médio Superior. Tendo uma população atual de 4.125 habitantes (IBGE,1996).

Conforme Brasil (1960) o clima predominante no município, segundo a classificação de Koppen, é **Cwa**, clima mesotérmico de inverno seco em que a temperatura média do mês mais frio é inferior a 18°C, e com estação chuvosa no verão em que a temperatura do mês mais quente pode ultrapassar 22°C, o índice pluviométrico deste tipo climático varia entre 1.100 e 1.700mm anual.

Segundo Brasil (1960), e atualizados pela Embrapa (1988) os principais tipos de solos ocorrentes no município são: Podzólico Vermelho Amarelo, Areia Quartzosa podzólica e Areia Quartzosa latossólica, Solos Hidromórficos.

A receita anual do município é de aproximadamente R\$ 2,8 milhões, conforme informações da Prefeitura Municipal de Anhembi/SP.

16 - PARDINHO

Segundo IBGE (1992) o município de Pardinho está localizado no Estado de São Paulo, nas coordenadas 23° 04' latitude Sul e 48° 22' longitude Oeste de Greenwich. Com uma área de 216 km², e altitude de 900m. Localiza-se na Bacia Hidrográfica Paranapanema Alto. Conforme IBGE (1996) a população atual é de 4.071 habitantes.

Conforme Brasil (1960) o clima predominante no município, segundo os critérios adotados por Koppen, é **Cfa**, clima mesotérmico (temperado), região constantemente úmida, tendo quatro ou mais meses com temperaturas médias superiores a 10°C, cuja temperatura do mês mais quente é igual ou superior a 22°C, o índice médio pluviométrico anual varia de 1.100 a 1.700mm.

Segundo Brasil (1960), e atualizados pela Embrapa (1988), os principais tipos de solos ocorrentes no município são: Latossolo Roxo, Latossolo Vermelho Escuro, Areia Quartzosa podzólica e Areia Quartzosa latossólica, Podzólico Vermelho Amarelo, Solos Litólicos substrato folheto/argilito, Solos Hidromórficos.

A receita anual do município é de aproximadamente R\$ 1 milhão, conforme informações da Prefeitura Municipal de Pardinho/SP.

Segundo Barros e Tornero (1992), o município de Pardinho, possui 29% (58 km²) de sua área territorial inserida dentro dos limites da APA (Área de Proteção Ambiental) de Corumbataí, criada pelo Decreto Estadual de nº 20.960/83.

Os principais tipos de solos ocorrentes nos municípios na microrregião são detalhados, segundo Embrapa (1988):

- Latossolo Vermelho Escuro (LE), solos profundos, textura média a argilosa, cor vermelho escuro, bem drenados, localizados em altitudes de 540 a 700m;
- Latossolo Vermelho Escuro textura média (LE), solos profundos, acentuadamente drenados, cor geralmente vermelho a vermelho escuro;
- Latossolo Vermelho Amarelo textura média (LV), solos profundos, bem drenados, cor vermelho, ácidos de baixa fertilidade, localizados em altitudes de 600 a 900m;
- Latossolo Roxo (LR), solos muito profundos, argilosos, bem drenados, cor arroxeada, localizados em altitude de 500 a 700m;
- Podzólico Vermelho Amarelo (PV), solos medianamente profundos, cor amarelada, ácidos e com saturação de bases baixa, localizados em altitudes de 500 a 600m;
- Terra Roxa Estruturada (TR), solos férteis, argilosos, bem drenados, coloração arroxeada;
- Areia Quartzosa (AQ), solos profundos, muito friável, textura muito leve, acentuadamente drenados, originados de arenito, normalmente ácidos e fertilidade aparente muito baixa;
- Areia Quartzosa podzólica e Areia Quartzosa latossólica (AQp.AQl), solos profundos, textura muito leve, acentuadamente drenadas, cor vermelho amarelo, originados de arenitos, baixa fertilidade, susceptíveis a erosão, localizados em altitudes de 420 a 740m;
- Solos Litólicos substrato arenito (R), solos pouco desenvolvidos, moderadamente drenados, ligeiramente ácidos a ligeiramente alcalinos e com saturação de bases alta;
- Solos Litólicos substrato folheto/argilito (R), solos pouco desenvolvidos, imperfeitamente drenados;
- Solos Litólicos substrato basalto (R), solos pouco desenvolvidos, espessura de aproximadamente 35cm, saturação de bases alta, localizados em altitudes de 700m;

- Solos Hidromórficos (Hi), solos de várzea, pouco profundo, com acumulação de matéria orgânica, localizados em baixadas.

Krom (1992) cita os tipos de classes de capacidade de uso da terra para fins conservacionistas, ocorrentes na microrregião, Figura 12. Este tipo de classificação, representa um grupamento de unidades pedológicas em classes de terras, baseadas no grau de limitação de uso, mais relacionadas com o comportamento agrícola dos solos, com o propósito de definir sua máxima capacidade de uso, sem riscos de degradação do solo. Dentro das oito classes de capacidade de uso, estão as subclasses baseadas na natureza da limitação de uso, (Vieira e Vieira, 1983).

Conforme Vieira e Vieira (1983), as classes são representadas por números romanos, que divide as terras em próprias ou impróprias para cultivos anuais. São as seguintes:

- CLASSE I - Terra *muito boa* sob todos os pontos de vista; aparentemente sem problemas especiais de conservação.
- CLASSE II - Terra *boa* em determinados pontos; apresenta problemas simples de conservação e requer práticas especiais de melhoramento do solo, além das práticas comuns.
- CLASSE III - Terra *moderadamente boa* para cultivos; apresenta problemas complexos de conservação e requer práticas especiais de melhoramento do solo, além das práticas comuns.
- CLASSE IV - Terra *relativamente boa* para cultivos ocasionais, inconveniente para produção regular de culturas. Impróprias pelo perigo que oferece à erosão; apresenta-se boa para pastos e/ou florestas.
- CLASSE V - Terras que não se prestam ao cultivo regular e são ligeiramente suscetíveis à danificação.
- CLASSE VI - Não utilizável para qualquer cultivo de ciclo curto e seu uso é limitado, de algum modo, para pastagens e florestas. Apresenta-se medianamente suscetível de danificação, necessitando de restrições moderadas em seu uso com ou sem práticas especiais.

- SUBCLASSE VI - os fatores limitantes são a topografia acidentada, baixa capacidade de armazenamento de água, umidade excessiva, salinidade, sendo o solo medianamente erodido e suscetível a erosão.

- CLASSE VII - Não se apresenta somente incultivável, mas também severas restrições contém para o uso com pastagens; requer extremo cuidado para evitar a erosão.

- SUBCLASSE VII - os fatores limitantes são o relevo, solo raso, lençol freático superficial, solo severamente erodido e alta suscetibilidade à erosão.

- CLASSE VIII - É somente adaptada à vida selvagem, podendo entretanto ser de proveito para a recreação. Como exemplo temos: sopé de montes rochosos, dunas, argila litorânea, pântano, areia pantanosa, etc.

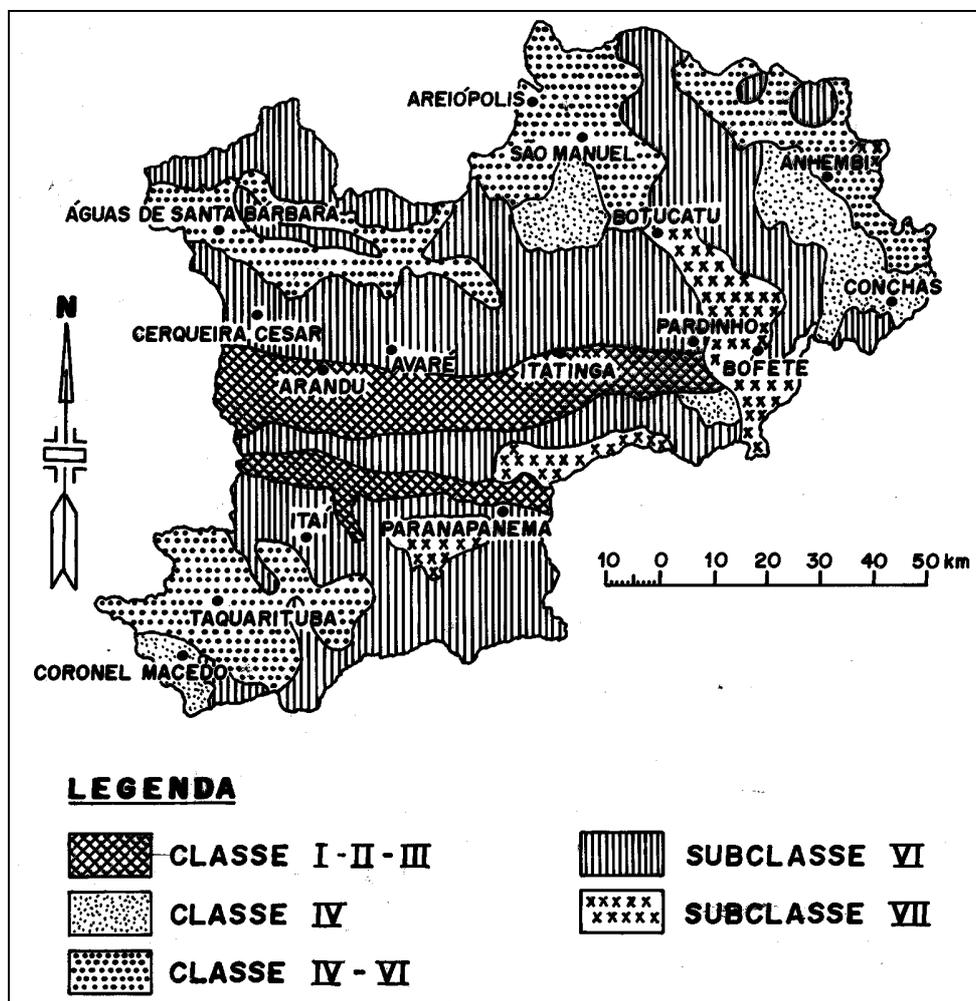


Figura 12. Tipos de classes de capacidade de uso da terra para fins conservacionistas, ocorrentes na microrregião.

Fonte: Krom (1992)

Quadro 10. Características dos municípios da Microrregião Homogênea Serra de Botucatu/SP - composta por 16 municípios.

MUNICÍPIOS	ÁREA		COORD.		GEOGRÁFICAS		BACIA HIDROGRÁFICA	APA*
	(km ²)	(m)	(Lat. S)	(Long. W)				
Águas de Santa Barbara	813	560	22° 52'	49° 14'	Parapanema Alto		-	
Anhemi	728	480	22° 47'	48° 07'	Tietê Médio Superior		-	
Arandu	228	640	23° 08'	49° 03'	Parapanema Alto		-	
Areiópolis	85	620	22° 40'	48° 39'	Tietê Médio Inferior		-	
Avaré	1.288	780	23° 05'	48° 55'	Parapanema Alto		Perím. Botucatu	
Bofete	645	570	23° 06'	48° 15'	Tietê Médio Superior		Perím. Botucatu	
Botucatu	1.496	940	22° 52'	48° 26'	Tietê Médio Superior		Perím. Botucatu	
Cerqueira César	520	760	23° 01'	49° 09'	Parapanema Alto		-	
Conchas	465	500	23° 00'	48° 00'	Tietê Médio Superior		-	
Coronel Macedo	327	640	23° 37'	49° 18'	Parapanema Alto		Perímetro. Tejupá	
Itaí	1.205	630	23° 24'	49° 05'	Parapanema Alto		-	
Itatinga	946	840	23° 06'	48° 36'	Parapanema Alto		Perím. Botucatu	
Parapanema	885	600	23° 23'	48° 43'	Parapanema Alto		-	
Pardinho	216	900	23° 04'	48° 22'	Parapanema Alto		Perím. Botucatu	
São Manuel	845	700	22° 43'	48° 34'	Tietê Médio Inferior		Perím. Botucatu	
Taquarituba	451	620	23° 31'	49° 14'	Parapanema Alto		Perímetro. Tejupá	
TOTAL	11.143							

Fontes: Anuários Estatísticos IBGE (1992) - * Decreto Estadual nº 20.960/83 APA (Área de Proteção Ambiental)

Quadro 11. Características dos municípios da microrregião.

MUNICÍPIOS	POPULAÇÃO *		POPULAÇÃO **		TOTAL **	RECEITA ANUAL R\$ (milhões) ***
	(mil)	URBANA	URBANA	RURAL		
Águas de						
Santa Barbara	4.317	5.480	1.320		6.800	3.000.000,00
Anhembí	4.125	2.400	1.184		3.584	2.800.000,00
Arandu	5.437	2.945	2.673		5.618	3.000.000,00
Areiópolis	10.145	7.894	2.122		10.016	3.000.000,00
Avaré	69.568	64.717	4.863		69.580***	31.000.000,00
Bofete	6.729	3.200	2.451		5.651	2.000.000,00
Botucatu	100.826	84.717	7.954		92.671	25.000.000,00
Cerqueira César	13.952	10.281	3.000		13.281	3.800.000,00
Conchas	13.104	6.600	4.900		11.500	5.000.000,00
Coronel Macedo	5.640	3.518	2.220		5.738	3.000.000,00
Itaí	17.473	11.473	6.000		17.473 *	11.600.000,00
Itatinga	13.952	11.770	2.182		13.952 *	5.000.000,00
Paranapanema	12.471	7.206	5.595		12.801	4.000.000,00
Pardinho	4.071	3.500	3.000		6.500	1.000.000,00
São Manuel	34.643	40.000	5.000		45.000***	14.000.000,00
Taquarituba	20.028	13.614	4.932		18.546	12.000.000,00
TOTAL	336.481					129.200.000,00

Fontes: *Censo populacional IBGE(1996) - **Anuários Estatísticos IBGE(1992) - ***Prefeituras Municipais (1996)

4.6 Área de Proteção Ambiental (APA)

De acordo com a Lei Federal nº 6.902, de 21 de abril de 1981, no artigo 8º, o Poder Executivo, quando houver relevante interesse público, poderá declarar determinadas áreas do Território Nacional como de interesse para a proteção ambiental, a fim de assegurar o bem-estar das populações humanas e conservar ou melhorar as condições ecológicas locais; e com a Lei Federal nº 6.938, de 31 de agosto de 1981, artigo 9º, inciso VI, são instrumentos da Política Nacional do Meio Ambiente: a criação de espaços territoriais especialmente protegidos pelo Poder Público Federal, Estadual e Municipal, tais como áreas de proteção ambiental, de relevante interesse ecológico e reservas extrativistas.

O Decreto Estadual nº 20.960, de 8 de junho de 1983, declara áreas de proteção ambiental regiões situadas em diversos municípios, dentre os quais Corumbataí, Botucatu e Tejuπά. Considerando: que as “cuestas” nelas contidas constituem-se num importante divisor de águas, nascendo em suas encostas muitos rios e várias fontes hidrotermais de importância econômica e medicinal; que o conjunto paisagístico por elas formado, além dos seus valores ambientais intrínsecos, constitui-se em anfiteatros naturais de grande beleza cênica.

Os municípios pertencentes a Área de Proteção Ambiental de Corumbataí - Perímetro Botucatu, são: Angatuba, *Avaré*, *Bofete*, *Botucatu*, *Guareí*, *Itatinga*, *Pardinho*, *Porangaba*, e *São Manuel*, onde 6 municípios pertencem a microrregião em estudo; e os pertencentes a Área de Proteção Ambiental de Corumbataí - Perímetro Tejuπά, são: *Barão de Antonina*, *Coronel Macedo*, *Fatura*, *Itaporanga*, *Piraju*, *Sarutaiá*, *Taguai*, *Taquarituba*, *Tejuπά*, e *Timburi*, onde 2 municípios pertencem a microrregião em estudo; Figura 13.

Devido a este aspecto relevante e como é objetivo deste trabalho, também, a conservação e recuperação ambiental; serão apresentadas maiores informações sobre as APA's.

Ainda, de acordo com a Lei nº 6.902, de 27/04/81, artigo 9º, o Poder Executivo estabelecerá normas, limitado ou proibido:

- a) a implantação e o funcionamento de indústrias potencialmente poluidoras, capazes de afetar mananciais de águas;

- b) a realização de obras de terraplanagem e a abertura de canais, quando essas iniciativas importarem em sensíveis alteração das condições ecológicas locais;
- c) o exercício de atividades capazes de provocar uma acelerada erosão das terras e/ou um acentuado assoreamento dos recursos hídricos;
- d) o exercício de atividades que ameaçam extinguir na área protegida, as espécies raras da bacia regional.

A Resolução CONAMA (Conselho Nacional do Meio Ambiente) n^o 10, de 14 de dezembro de 1988, artigo 2^o, resolve que as Áreas de Proteção Ambiental - APA's terão sempre um zoneamento ecológico econômico, que estabelecerá normas de uso, de acordo com as condições locais bióticas, geológicas, urbanísticas, agropastoris, extrativistas, culturais e outras; e no artigo 5^o, resolve que nas APA's onde existam ou possam existir atividades agrícolas ou pecuárias, não será admitida a utilização de agrotóxicos e outros biocidas que ofereçam riscos sérios na sua utilização, inclusive ao que se refere ao seu poder residual, a SEMA (Secretaria do Meio Ambiente) relacionará as classes de agrotóxicos de uso permitido nas APA's; o cultivo da terra será feito de acordo com as práticas de conservação do solo; e não será admitido o pastoreio excessivo, considerando-se como tal aquele capaz de acelerar sensivelmente os processos de erosão.

As Áreas de Proteção Ambiental constituem em espaço ideal para as práticas de desenvolvimento sustentável. O objetivo e a natureza das APA's permite ao Poder Público a possibilidade de monitorar formas concretas de desenvolvimento sócio-econômico em harmonia com o gerenciamento ambiental.

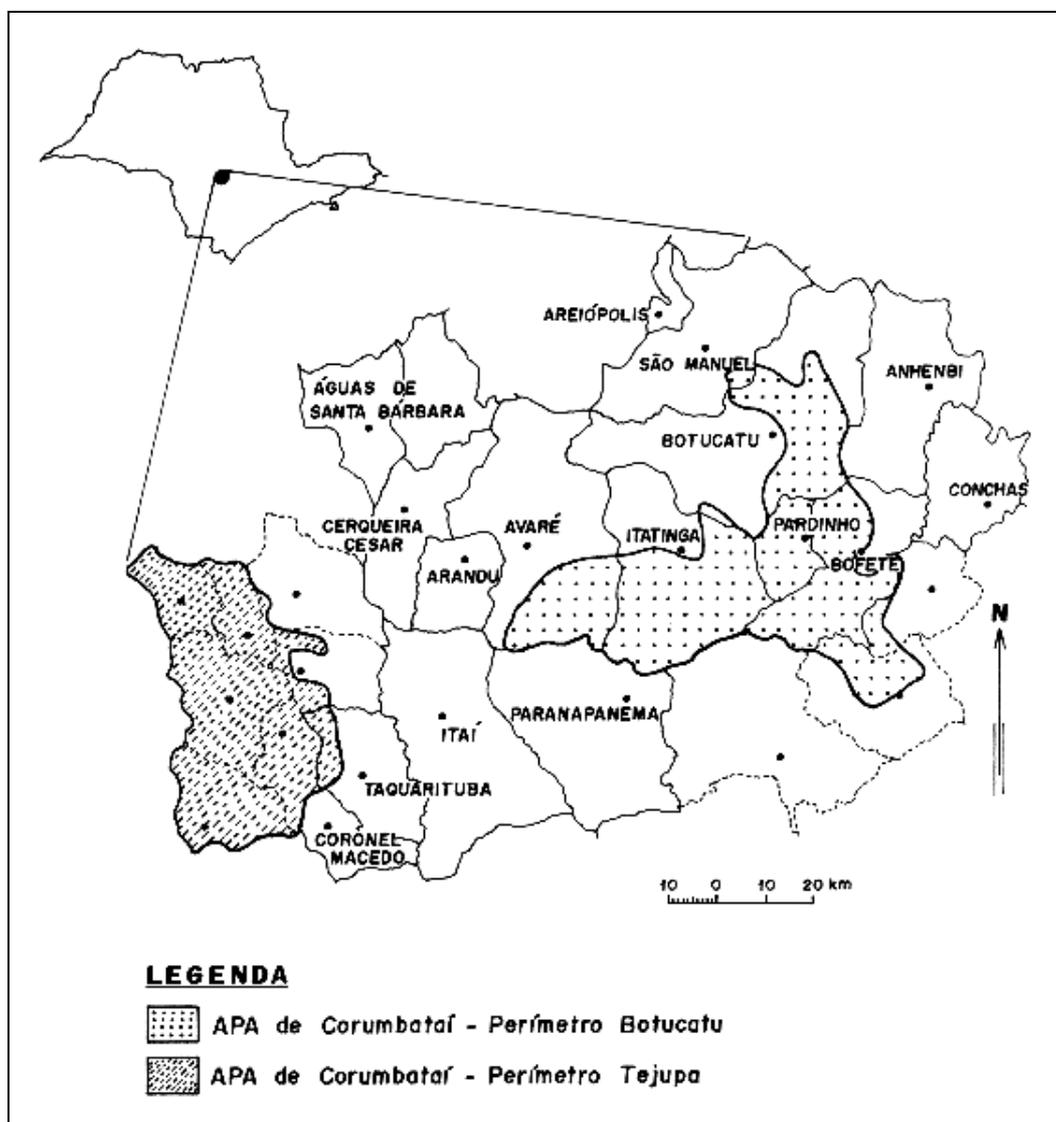


Figura 13. Municípios pertencentes a APA de Corumbataí - Perímetro de Botucatu e Tejupá.

5 MATERIAL E MÉTODOS

O material utilizado para atingir os objetivos do presente trabalho, foram os resíduos sólidos urbanos gerados nos 16 municípios, pertencentes a Microrregião Homogênea Serra de Botucatu (MHSB):

Águas de Santa Bárbara	Conchas
Anhembi	Coronel Macedo
Arandu	Itaí
Areiópolis	Itatinga
Avaré	Paranapanema
Bofete	Pardinho
Botucatu	São Manuel
Cerqueira César	Taquarituba

Nos municípios da microrregião, foram coletados dados referente às populações, aspectos climatológicos, geográficos, tipo de solos, desenvolvimento tecnológico e agrícola, leis que regem os municípios com relação a Área de Proteção Ambiental e limpeza pública, e principalmente as técnicas de tratamento e/ou disposição final dos resíduos sólidos urbanos.

Na cidade de Botucatu foi feita a amostragem e caracterização física dos resíduos sólidos domésticos, utilizando para tanto resíduos gerados, diariamente, pela população de 100.826 habitantes; coletados na disposição final do município.

A metodologia empregada para obtenção e coletas dos dados referentes aos municípios foi feita a partir de contatos com as prefeituras municipais, para explicar o porque do envio dos formulários devidamente preenchidos e das visitas técnicas a cada um dos municípios; elaboração e envio de formulário de informações às prefeituras municipais; visita “in loco” no 16 municípios, para verificação do tratamento e/ou disposição final dos resíduos sólidos urbanos; análise dos formulários e visitas para tabulação dos resultados, conclusões e recomendações.

O método empregado para a amostragem e caracterização física dos resíduos sólidos domésticos na cidade de Botucatu, foi baseado em Leão (1997)*, com algumas adaptações.

5.1 Cronograma de atividades realizadas

O período de realização desta pesquisa ocorreu durante os meses de Março de 1996 a Junho de 1997, sendo dividido nas seguintes etapas:

- Março de 1996: contato telefônico com os prefeitos municipais dos 16 municípios.
- Abril de 1996: elaboração e envio do formulário de informações às prefeituras municipais.
- Maio de 1996: visitas técnicas ao sistema de tratamento e/ou de disposição final dos resíduos sólidos urbanos, nos municípios: *Anhembi, Bofete, Conchas e Pardinho*.

* LEÃO, A. L. (Faculdade de Ciências Agrônômicas, UNESP - Campus de Botucatu). Comunicação pessoal, 1997

- Junho de 1996: visitas técnicas ao sistema de tratamento e/ou de disposição final dos resíduos sólidos urbanos, nos municípios: *Areiópolis, Avaré, Botucatu, Coronel Macedo, Itaí, Itatinga, Paranapanema, São Manuel e Taquarituba*.
- Agosto de 1996: envio de correspondência agradecendo a atenção e colaboração das prefeituras municipais no decorrer das visitas técnicas na disposição final de resíduos sólidos urbanos.
- Outubro e Novembro de 1996: visitas técnicas ao sistema de tratamento e/ou de disposição final dos resíduos sólidos urbanos, nos seguintes municípios: *Águas de Santa Bárbara, Arandu e Cerqueira César*; envio de correspondência agradecendo a atenção e colaboração das prefeituras municipais no decorrer das visitas técnicas.
- Março de 1997: análise dos formulários de informações e das visitas técnicas nos 16 municípios da microrregião estudada.
- Abril a Junho de 1997: caracterização física dos resíduos sólidos domésticos na cidade de Botucatu/SP; análise e conclusão dos dados coletados.

5.2 Elaboração do formulário

A elaboração do formulário teve como meta a obtenção de informações referentes aos objetivos deste trabalho.

No formulário foram abordadas as seguintes informações:

- Nome do prefeito municipal e vice-prefeito; endereço completo da prefeitura municipal; população do município (urbana e rural); área do município;
- Receita do município, verificação se o município tem receitas para soluções alternativas sobre a problemática dos resíduos sólidos urbanos;
- Leis municipais ambientais, para verificação se o município estava consciente das leis ambientais;
- Principais atividades do município, para verificação do tipo mais freqüente de resíduos gerados no município e a possibilidade de sua utilização alternativa;

- Tipo de disposição final, de veículos utilizados na coleta, frequência e abrangência dos serviços de coleta dos resíduos sólidos no município, para verificação dos serviços de limpeza pública;
- Verificação de possibilidades de aproveitamento dos resíduos sólidos no município.

O modelo do formulário enviado aos 16 municípios da Microrregião Homogênea Serra de Botucatu/SP, é apresentado no Apêndice 2.

5.3 Visitas técnicas

Nas visitas técnicas realizadas nos 16 municípios, pertencentes a microrregião, compondo uma área total de 11.143 km², foi verificado “in loco” a disposição final dos resíduos sólidos urbanos; as coletas de dados foram feitas com veículos cedidos pela UNESP/FCA - Campus de Botucatu/SP, com os quais foram percorridos, aproximadamente, 1.850 quilômetros de estrada.

As visitas foram realizadas a partir de contato com o prefeito municipal ou com o chefe do departamento de limpeza pública ou obras e planejamento, dependendo do organograma municipal de cada cidade, ou ainda, do Plano Diretor, estes encontros visaram a complementação de alguns itens dos formulários que não foram preenchidos e informações pessoais referentes a limpeza pública e também obter o histórico e mapa do município; visita ao local de disposição final dos resíduos sólidos urbanos, de cada município. Foram fotografados todos os locais de disposição final dos resíduos sólidos urbanos e contato direto com os funcionários encarregados da operação dos mesmos, as fotos são apresentadas no Apêndice 3.

O cronograma das viagens para as visitas foi realizado conforme as distâncias, em quilômetros, e em dias disponíveis de veículos, ficando assim dividido:

Dia 29/05/96 visita em: Anhembi, Bofete, Conchas, e Pardinho.

Dia 11/06/96 visita em: Botucatu.

Dia 18/06/96 visita em: Areiópolis, Avaré, Itatinga e São Manuel.

Dia 25/06/96 visita em: Coronel Macedo, Itaí, Paranapanema, e Taquarituba.

Dia 25/10/96 visita em: Águas de Santa Bárbara, Arandu e Cerqueira César.

5.4 Amostragem e caracterização física dos resíduos sólidos domésticos de Botucatu/SP.

Para a realização das amostragens na cidade de Botucatu, primeiramente, foi feito contato com a empresa Tejofran* de Saneamento e Serviços Gerais Ltda., que é a responsável pelo sistema de coleta dos resíduos sólidos urbanos (doméstico e comercial) do município.

A abrangência dos serviços de coleta dos resíduos sólidos domésticos na cidade atinge 100% da população. O sistema de coleta da cidade é dividido em 12 setores, em função da frequência, horário e percurso do caminhão de coleta, que é apresentado no Apêndice 4.

A frequência do sistema de coleta é diária em dias alternados. A frota utilizada pela empresa de limpeza pública é constituída de 4 caminhões do tipo compactador com capacidade de 8 a 10 toneladas/unidade; a frequência e horário de coleta dos resíduos sólidos domésticos na cidade de Botucatu, é mostrado no Quadro 12.

Quadro 12. Frequência e horário de coleta dos resíduos sólidos domésticos na cidade de Botucatu/SP.

SETOR	DIAS DE COLETAS	TURNOS
1	Segunda/Quarta/Sexta	Diurno
2	Segunda/Quarta/Sexta	Diurno
3	Segunda/Quarta/Sexta	Diurno
4	Diária	Diurno/Noturno
5	Segunda/Quarta/Sexta	Noturno
6	Segunda/Quarta/Sexta	Noturno
1a	Terça/Quinta/Sábado	Diurno
2a	Terça/Quinta/Sábado	Diurno
3a	Terça/Quinta/Sábado	Noturno
4a	Diária	Diurno/Noturno
5a	Terça/Quinta/Sábado	Noturno
6a	Terça/Quinta/Sábado	Noturno

Fonte: Empresa Tejofran Ltda.* - 1996

As amostragens foram realizadas no aterro sanitário municipal de Botucatu, localizado à Rodovia Eduardo Zucari - km 2,5; distanciado 17km do centro urbano.

A frequência de amostragem foi feita com duas amostras por caminhão/setor/dia, o que totalizou de oito amostras nos meses de abril (30/04/97), de maio (09/05/97 e 12/05/97), de junho (26/06/97), estações sazonais outono e inverno. Este procedimento foi devido a necessidade de realização das amostragens em dias secos e por ser disponível mão de obra cedida pela Prefeitura Municipal de Botucatu.

Gomes (1989) verificou e concluiu que os resíduos sólidos domésticos não variam, significativamente, sua composição física em função das estações do ano.

Foram escolhidos 5 setores representativos, em função da maior concentração populacional, fonte geradora e nível sócio-econômico, resultando em 42% dos setores da cidade; conforme mostrado no Quadro 13.

Quadro 13. Setores representativos, fonte geradora de resíduos e nível sócio-econômico da população da cidade de Botucatu/SP.

SETORES REPRESENTATIVOS	FONTE GERADORA	NÍVEL SÓCIO ECONÔMICO
3	Residencial	Média - baixa
2	Residencial	Média
1	Residencial	Média - baixa
4 e 4a	Comercial/Residencial	Alta
3a	Residencial	Média

Fonte: Empresa Tejofran Ltda. - 1996

* Os setores 4, 4a e 3a foram amostrados em um mesmo caminhão, em um único dia.

Conforme Klee e Carreth, citados por Gomes (1989), esta quantidade de amostra é suficiente para a caracterização, pois resulta valores equivalentes ao de amostras maiores.

As amostras foram coletadas em caminhões dos setores representativos. Anotou-se: o número da placa do caminhão, o nome do motorista, a capacidade do caminhão (em toneladas), os bairros do setor e o dia da amostragem.

O caminhão do setor representativo descarregou o seu conteúdo em local determinado, onde do monte de resíduos foi feita uma leira quadrada, com volume

* A citação não implica endosso à empresa por parte da FCA ou por pessoas envolvidas direta ou indiretamente nesta pesquisa.

relativo a capacidade do caminhão; a leira foi dividida em 16 quadrantes com volume de 1m³; escolheu-se, aleatoriamente, dois quadrantes representativos.

A seguir os resíduos dos quadrantes foram retirados, manualmente, da leira e colocados sobre uma lona plástica preta (dimensão 4x4).

As amostras (sacos de acondicionamento de resíduos) foram rompidos, manualmente, e os materiais foram triados por tipo.

A caracterização física foi feita, separando-se o material inorgânico do orgânico, e sendo os materiais colocados em caixas de plástico duro (engradados de garrafas sem as divisórias), com tara conhecida.

Os resíduos sólidos domésticos foram divididos em:

Papel/papelão, metal (alumínio e aço), plástico (filme e duro), vidro, matéria orgânica e outros.

O material, separado, foi pesado em uma balança eletrônica marca Fizola modelo BP 15 capacidade max. 15 kg (a pesagem foi feita por etapas, considerando a capacidade máxima da balança, e somando os valores para um resultado final de cada material), posteriormente fez-se a percentagem em peso (base úmida).

Diagrama e fotografia da amostragem e caracterização física dos resíduos sólidos domésticos na cidade de Botucatu, são mostrados nas Figuras 14 e 15.

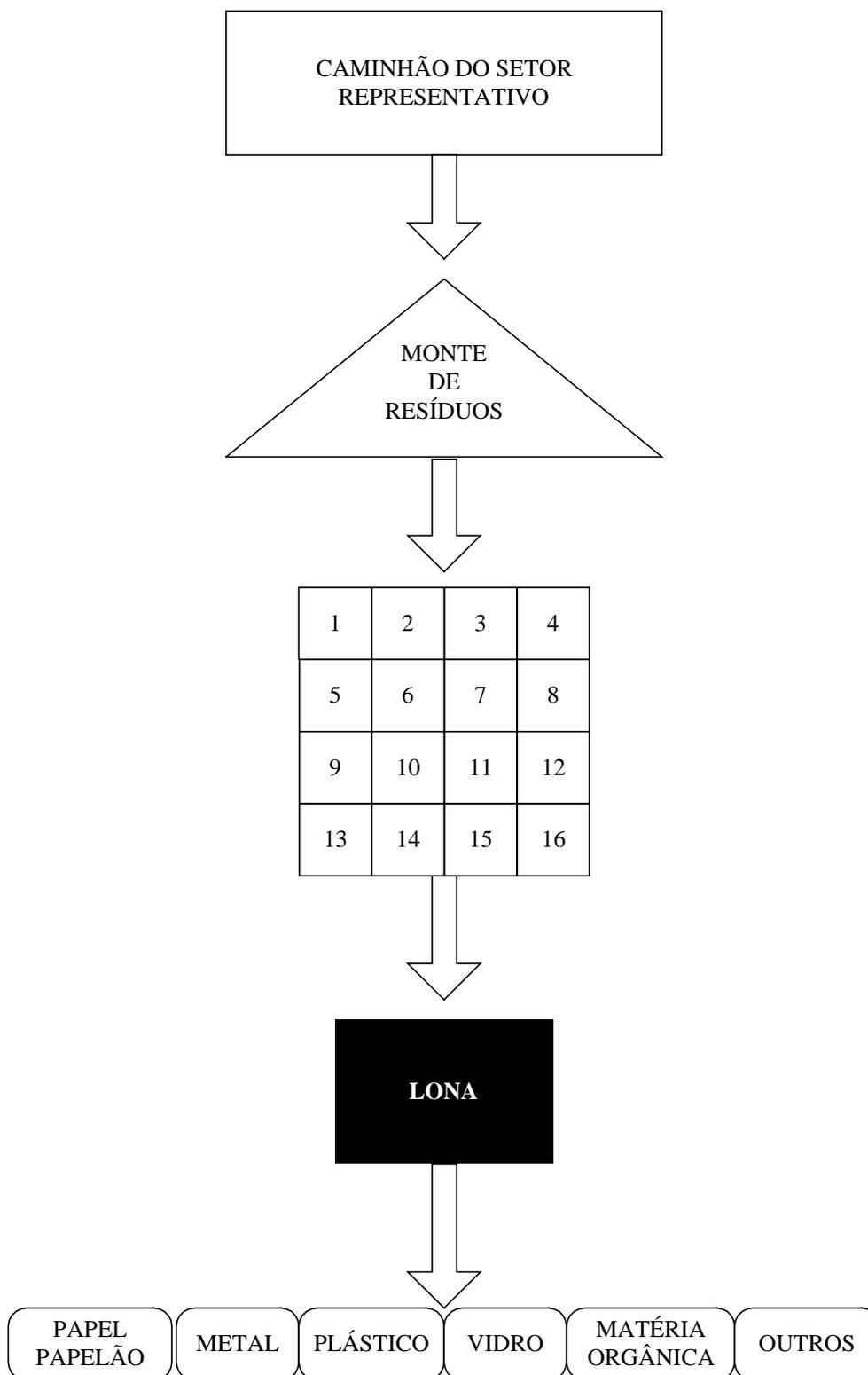


Figura 14. Diagrama da amostragem e caracterização física dos resíduos sólidos.



Figura 15. Amostragem e caracterização física dos resíduos sólidos domésticos de Botucatu/SP

6 RESULTADOS

Os resultados desta pesquisa estão divididos de acordo com os objetivos propostos, em dois grupos:

- Verificação do gerenciamento dos resíduos sólidos urbanos nos municípios da Microrregião Homogênea Serra de Botucatu;
- Caracterização física dos resíduos sólidos domésticos na cidade de Botucatu/SP

6.1 Verificação do gerenciamento dos resíduos sólidos urbanos nos municípios da Microrregião Homogênea Serra de Botucatu

A geração de resíduos sólidos urbanos (R.S.U.) nos municípios da Microrregião Homogênea Serra de Botucatu (MRHSB) é em torno de 160 toneladas por dia.

A frota utilizada para a coleta e transporte dos resíduos sólidos, nos 16 municípios, é constituída por veículos coletadores de tração mecânica, onde 56,25% utilizam caminhão de carroceria com compactador; 37,5% utilizam caminhão aberto e 6,25% utilizam coletadores convencionais - tipo prefeitura, com carroceria fechada e metálica com tampas abauladas sem compactação.

A análise dos formulários de informações dos 16 municípios; 62,5% dos municípios devolveram o formulário devidamente preenchido. Dos 10 municípios que

enviaram o formulário 11,2% teceram algum comentário sobre possibilidades de alternativas de tratamento e/ou aproveitamento dos resíduos sólidos urbanos.

Nas visitas às 16 prefeituras municipais, constatou-se que 25% foi contato direto com o prefeito municipal; 31,25% foi contato com o secretário ou chefe de departamento de obras e planejamento; e 43,75% foi contato com funcionários da limpeza pública.

Nas visitas “in loco” na disposição final dos resíduos sólidos urbanos, foram verificados e fotografados todos os locais de disposição de resíduos nos 16 municípios; as fotos são apresentadas no Apêndice 3. Os resultados são apresentados no Quadro 14.

Quadro 14. Resultados da disposição final dos resíduos sólidos urbanos nos municípios da microrregião.

MUNICÍPIOS	DISPOSIÇÃO FINAL	LOCAL
Águas de Santa Bárbara	Lixão	Valas
Anhembi	Lixão	Voçoroca
Arandu	Lixão	Terreno plano
Areiópolis	Lixão	Corte da FEPASA*
Avaré	Lixão controlado	Terreno plano
Bofete	Lixão	Voçoroca
Botucatu	Aterro sanitário	Terreno inclinado
Cerqueira César	Lixão controlado	Terreno plano
Conchas	Lixão	Terreno plano
Coronel Macedo	Lixão	Terreno plano
Itaí	Lixão	Terreno plano
Itatinga	Usina de reciclagem/compostagem	Terreno plano
Paranapanema	Lixão	Valas
Pardinho	Lixão	Voçoroca e Valas
São Manuel	Lixão	Corte da FEPASA*
Taquarituba	Lixão	Terreno plano

* FEPASA - Ferrovia Paulista S/A

Conforme os resultados, foi constatado que dos 16 municípios, 75% da disposição final é inadequada, pois dispõem os resíduos sólidos urbanos na forma de lixão; 12,5% têm disposição final controlada, e 12,5% têm disposição final adequada dos resíduos

sólidos urbanos: aterro sanitário ou usina de reciclagem/compostagem (mas com disposição dos rejeitos na usina em lixão).

6.2 Caracterização física dos resíduos sólidos domésticos na cidade de Botucatu/SP

A população de Botucatu, com 100.826 habitantes (incluindo os distritos de: Rio Bonito, Vitoriana, Mina, Porto Saide, Santo Antônio de Sorocaba e César Neto) produz, em média, 48,3 toneladas de resíduos sólidos domésticos por dia (1.449 toneladas por mês); representando uma produção per capita por dia de 0,479 kg, ou seja, 479 g/hab./dia in natura.

O Quadro 15, mostra a quantidade de resíduos sólidos domésticos coletados na cidade durante o período da amostragem dos resíduos, deste trabalho.

Quadro 15. Total de resíduos sólidos domésticos coletados em Botucatu/SP.

DIAS	SETOR	CAMINHÃO (n^o placa)	PESO DOS RESÍDUOS (t)
30/04/97	3	GKZ 2416	5,03
09/05/97	2	BOG 2262	4,36
12/05/97	1	BMF 8701	1,47
26/06/97	4, 4a e 3a	GKZ 2416	2,74
TOTAL			13,6

Os resultados obtidos na caracterização física, com oito amostragens, dos resíduos sólidos domésticos em Botucatu, são apresentados no Quadro 16. E a média total da composição física dos resíduos sólidos domésticos, é apresentada no Quadro 17.

Quadro 16. Caracterização física (em kg) - base úmida - dos resíduos sólidos domésticos de Botucatu/SP.

SETOR	3		2		1		4, 4a e 3a	
	30/04/97	09/05/97	12/05/97	26/06/97	01	02	01	02
AMOSTRA	01	02	01	02	01	02	01	02
MATERIAL	PESO		PESO		PESO		PESO	
	kg		kg		kg		kg	
Matéria Orgânica	211,275	286,178	144,340	246,835	70,390	56,500	118,580	115,830
Papel/Papelão	15,940	17,905	21,780	14,020	9,185	7,150	12,755	16,605
Metal	8,265	9,825	10,140	14,830	4,110	5,955	3,545	4,140
Plástico	22,410	28,030	16,970	28,075	9,555	8,495	13,715	9,475
Vidro	4,630	5,400	7,010	5,550	2,725	1,900	1,900	2,800
Outros	6,060	12,885	13,410	22,110	5,250	3,055	3,745	2,450
TOTAL	268,580	360,223	213,650	331,420	101,215	83,055	154,240	151,300

Quadro 17. Composição física (% em peso) - base úmida - dos resíduos domésticos de Botucatu/SP.

DATA	30/04/97		09/05/97		12/05/97		26/06/97		MÉDIA
	PESO	%	PESO	%	PESO	%	PESO	%	
COMPONENTES	kg	%	kg	%	kg	%	kg	%	
Matéria Orgânica	497,453	79,11	391,175	71,77	126,890	68,86	234,410	76,72	74,11
Papel/Papelão	33,845	5,38	35,800	6,57	16,335	8,87	29,360	9,61	7,61
Metal	18,090	2,88	24,970	4,58	10,065	5,46	7,685	2,52	3,86
Plástico	50,440	8,02	45,045	8,26	18,050	9,79	23,190	7,58	8,41
Vidro	10,030	1,60	12,560	2,30	4,625	2,51	4,700	1,54	1,99
Outros	18,945	3,01	35,520	6,52	8,305	4,51	6,195	2,03	4,02
TOTAL	628,803	100	545,070	100	184,270	100	305,540	100	

7 DISCUSSÃO

7.1 Gerenciamento de resíduos sólidos urbanos nos municípios da microrregião

Nas visitas aos municípios os contatos foram positivos, pois a maioria das administrações públicas (prefeitos, secretários ou funcionários da limpeza pública) cooperaram com o objetivo deste trabalho, onde mostraram interesse em conhecer as possíveis soluções da problemática dos resíduos sólidos urbanos, tecendo comentários sobre a existência de alguma proposta de alternativas de aproveitamento dos resíduos sólidos, como: coleta seletiva, utilização do composto orgânico (com necessidade de mercado disponível), consórcio intermunicipal para usina de reciclagem/compostagem (com preocupação de operação e manutenção adequada), educação ambiental (iniciando desde a primeira idade).

No fluxo dos resíduos sólidos nos municípios visitados, verificou-se:

- A geração de resíduos sólidos urbanos na microrregião, é em torno de 160 toneladas por dia, ou seja, cerca de 96 toneladas de matéria orgânica, que pode ser transformada, pelo sistema de compostagem, em composto orgânico, que além de ser um condicionador de solos, aumenta a estabilidade do pH e auxilia na recuperação de solos degradados, pois a maioria dos municípios têm solo pertencente a subclasse VI, onde são solos salinos, medianamente erodidos e suscetíveis a erosão, e também a aplicação de composto orgânico permite aumentar o rendimento da adubação mineral em até 70%; utilizando, assim uma alternativa para o aproveitamento dos resíduos orgânicos, e reduzindo os impactos

ambientais e sociais, que estes causam quando dispostos inadequadamente. O processo de compostagem poderia ser feito em cada município ou consórcio de municípios.

- A coleta e transporte dos resíduos, nos municípios, é feita por veículos coletadores de tração mecânica, onde a maioria utiliza caminhão de carroceria com compactador, que reduz o volume dos resíduos, mas tem o inconveniente de dificultar a separação dos materiais quando se pretende fazer triagem dos componentes orgânicos dos inorgânicos; e cerca de 37% utiliza caminhão aberto, que apresenta o inconveniente, devido ao trajeto do veículo e vento, de deixar materiais esparramados pelo seu percurso, prejudicando a limpeza urbana ou, em certos casos, a limpeza rodoviária. Observou-se, ainda, que todos os municípios realizam coleta regular (domiciliar, comercial, feiras e varrição), em dias alternados. A coleta de serviços de saúde (resíduos classe I), é na maioria feita pela prefeitura, mesmo sendo esta prática de responsabilidade do gerador, pois o manejo seguro destes resíduos é fundamental para evitar a contaminação e riscos à saúde pública, conforme a Resolução Conama nº 05 de 05/08/93. E com relação a coleta seletiva, em 25% dos 16 municípios existem propostas para implantação deste tipo de coleta.

- A questão do tratamento e/ou aproveitamento dos resíduos sólidos urbanos, é a mais problemática pois a maioria dos municípios não processa seus resíduos; em Itatinga, na época da visita, estava sendo construindo uma usina de reciclagem; em Botucatu existe proposta de aproveitamento de resíduos pelo sistema de usina de compostagem, onde possivelmente, os resíduos sólidos terão um tratamento e um aproveitamento adequado; em Avaré existe um projeto de aproveitamento de resíduos, com recipientes de recicláveis no centro urbano; em Conchas, segundo informações do chefe do departamento de obras, foi implantado um programa de troca de materiais recicláveis, onde era trocado um saco plástico de cerca de 60kg por “ticket” de alimentação, porém o mercado de recicláveis ficou fraco devido a distância da cidade com relação às indústrias recicladoras, com isto o programa foi desativado. Com relação ao tratamento de resíduos sólidos de serviço de saúde, na maioria dos municípios não existe tratamento para esta classe de resíduos, quando existe incinerador estes são mal operados e mal construídos.

- A disposição final dos resíduos sólidos é feita, na maioria dos municípios (75%) em forma de lixão (onde encontra-se, em alguns lixões, penas de aves de abatedores, carcaças, couros, vísceras de animais abatidos); os terrenos utilizados são

escolhidos devido a distância do centro urbano, entre 200m a 14 km, e a disponibilidade em dispor os resíduos sólidos em algum local que “não seja em meu quintal”, como por exemplo: voçoroca, corte de ferrovias (desativadas), terrenos em valas, terrenos planos ou inclinados, a maioria é em área rural, que dificulta o transporte na época de chuva, assim as prefeituras dispõem seus resíduos em mais de um local, como por exemplo no município de Pardinho, sem a preocupação referente às normas ambientais, principalmente, se o município está inserido na Área de Proteção Ambiental. A disposição final dos resíduos de serviços de saúde é na maioria, no mesmo local que dos resíduos sólidos domésticos, sem especial atenção em evitar a contaminação de resíduos não perigosos pelos resíduos perigosos (infectantes, químicos ou radioativos).

Existe uma confusão, por parte das prefeituras municipais, com relação a disposição final - aterro sanitário, pois a maioria, utiliza o termo aterro controlado, como aterro sanitário, e no entanto o que se verifica é um lixão controlado (resíduos sólidos cobertos com terra, quando necessário, não levando em consideração as poluições do solo, águas e ar) e não um aterro sanitário seguindo procedimentos de acordo com a norma NBR 8.419/84 da Associação Brasileira de Normas Técnicas.

Uma das possibilidades alternativas para as soluções dos problemas de resíduos sólidos urbanos na microrregião, seria um ou vários consórcios intermunicipais, com propostas adequadas para o tratamento e disposição final dos resíduos sólidos. Esta proposta poderia ser com relação à implantação de usina de reciclagem/compostagem ou de triagem (incluindo coleta seletiva e educação ambiental) e construção de aterro sanitário, localizados em municípios com facilidade de escoamento dos materiais recicláveis e composto orgânico.

Este consórcio consistiria na reunião dos orçamentos dos municípios e a parcela para cada cidade seria viável, pois existe a utilização dos equipamentos e mão-de-obra em conjunto que acarretaria menor custos de instalações, onde também geraria empregos e uma qualidade de vida melhor para os possíveis catadores de resíduos nos lixões.

Como a área da microrregião é extensa (11.143km²), a hipótese de subdivisão da microrregião seria lançada com 4 consórcios baseados em distâncias entre os municípios, observar Figura 2, assim propostos:

- 1 - Anhembi, Conchas, Bofete e Pardinho.
- 2 - Areiópolis, São Manuel, Botucatu e Itatinga.

3 - Águas de Santa Bárbara, Cerqueira César, Arandu e Avaré.

4 - Paranapanema, Itaí, Taquarituba e Coronel Macedo.

As administrações públicas, poderiam utilizar melhor seu orçamento municipal para soluções alternativas de resíduos sólidos urbanos, porém isto não é feito, devido ao pouco conhecimento ambiental ou disponibilidade de servidores especializados na área. Mas existem instituições ambientais, financeiras e educacionais que auxiliam municípios nas soluções de problemas, que não são somente ambientais, mas também, sociais e de saúde pública.

7.2 Caracterização física dos resíduos sólidos domésticos em Botucatu/SP

Na caracterização física dos resíduos sólidos domésticos em Botucatu, foram escolhidos 5 setores dos 12 setores em que a cidade é dividida, em função da frequência, horário e percurso do caminhão de coleta, mostrado no Quadro 12.

Estes setores escolhidos foram representativos, pois concentrou-se em bairros mais populosos, onde avaliou-se a composição física dos resíduos em mais de 50% com relação a população; e com relação aos setores verificou-se 42% da cidade.

Nas amostragens do caminhão no dia 26/06/97 houve uma coincidência de setores, pois nem sempre o percurso do caminhão é obedecido pelo motorista, e os setores 4 e 4a são definidos como área comercial, ou seja, são coletados resíduos diariamente, como é mostrado no Apêndice 4.

O aterro sanitário municipal de Botucatu, está localizado em local de topografia regular, solo com baixo teor de argila e lençol freático próximo à superfície, isto implica que na implantação do aterro não foram obedecidas todas as normas de procedimento de escolha de terreno para a construção de um aterro sanitário; onde o método de operação de aterramento usado é o de área.

Com relação aos resultados da composição física dos resíduos sólidos domésticos (resíduos classe II e III) em Botucatu, as porcentagens em peso (base úmida) foram identificadas e observou-se o seguinte:

- a porcentagem de matéria orgânica (resíduo facilmente degradável) encontrada em Botucatu foi de 74,11%, ou seja 14,1% a mais do que a média brasileira (60%), justifica-se esta diferença devido ter considerado, na caracterização, materiais como: papel/papelão úmidos, material higiênico, restos de capina e outros materiais orgânicos de difícil separação;
- a porcentagem de papel/papelão (materiais moderadamente degradáveis) encontrada em Botucatu foi de 7,61%, ou seja 17,4% a menos do que a média brasileira (25%), mas observou-se que no setor comercial foi a maior taxa, considerando ainda, que muitos papéis úmidos foram caracterizados com matéria orgânica;
- a porcentagem de metal (alumínio e aço) - materiais não degradáveis, encontrada em Botucatu foi de 3,86%, aproximadamente 4%, que é a média brasileira;
- a porcentagem de plástico (filme e rígido), encontrada em Botucatu foi de 8,41%, ou seja, 5,41% a mais do que a média brasileira (3%), esta diferença justifica-se, pois a população atualmente esta consumindo mais plásticos, os plásticos são considerados resíduos não degradáveis, porém estes plásticos já estão sendo fabricadas com uma porcentagem biodegradável;
- a porcentagem de vidro (material não degradável) encontrada em Botucatu foi de 1,99%, ou seja, 1,01% a menos que a média brasileira (3%), esta diferença justifica-se, pois as embalagens de vidros estão sendo trocadas por embalagens de plástico;
- a porcentagem de outros encontrada em Botucatu foi de 4,02%, neste componente a porcentagem depende muito do que é considerado como outros, neste caso específico, outros foram considerados como têxteis, embalagens longa vida (TetraPak), pneus e materiais de difícil identificação.

Os resultados obtidos na caracterização dos resíduos sólidos urbanos de um município, poderão ser comparados com os de outro local, ou até mesmo servirem como base para comunidades onde ainda não se tenha realizado esta caracterização, sendo que a utilização da composição física dos resíduos de outra cidade, só é válida quando as populações, e os próprios municípios, possuírem características muito semelhantes.

A geração de resíduos sólidos domésticos em Botucatu, é em média 48,3 toneladas por dia, isto representa uma produção per capita de 0,479 kg por dia/pessoa. Uma cidade se comporta como uma caixa-preta (“black-box”), ou seja, relacionando a entrada de energia (“input”) e a saída (“output”) na zona urbana. Considerando este raciocínio, os

materiais encontrados nos resíduos sólidos são considerados saída de energia. Esta energia pode ser recuperada utilizando o poder calorífico inferior nos materiais contidos nos resíduos sólidos. A energia total gerada pelos resíduos sólidos, é em média de 11,16 MJ/kg, segundo US.EPA (1996), e no Brasil, conforme Jardim et al (1995), a média do poder calorífico inferior, é de 5,44 MJ/kg. Considerando ainda, a composição física dos resíduos sólidos urbanos, caracterizados em Botucatu, para cada material encontrado, a produção de energia fica assim representada, segundo US.EPA (1996):

Papel → 15,82 MJ/kg	Plástico (filme e rígido) → 32,79 MJ/kg
Papelão → 16,38 MJ/kg	PET (polietileno tereftalato) → 43,46 MJ/kg
Pneus → 32,0 MJ/kg	Embalagem longa vida (TetraPak) → 26,34 MJ/kg

Os demais materiais não produzem energia alternativa; sem considerar a matéria orgânica que é um potencial energético para solos agrícolas.

Uma das alternativas de tratamento e aproveitamento dos resíduos sólidos domésticos em Botucatu, seria a implantação de um programa de coleta seletiva, primeiramente, num bairro piloto onde tenha associação de moradores ou entidade semelhante, para lapidar as possíveis arestas da implantação. Gradativamente o programa seria estendido para toda cidade.

A educação ambiental é de fundamental importância para se alcançar esse objetivo, pois nos programas de coleta seletiva onde são implantadas campanhas de educação ambiental são os que têm os menores custos. Isto porque a comunidade, tendo recebido constantes informações dirigidas e criativas sobre a mesma, passa a cooperar com o programa.

No próprio aterro sanitário municipal de Botucatu, seria implantado uma pequena usina de triagem, pois há necessidade de separação dos grupos de materiais recicláveis por classe dentro de cada grupo; onde poderia utilizar mão-de-obra dos catadores que existem na cidade. Necessitaria, também, de um pátio de cura, para o tratamento dos resíduos orgânicos, para transforma-los em composto orgânico. Apenas os rejeitos desta usina iriam para o aterro sanitário municipal, com isto aumentaria a sua vida útil.

A relação custo-benefício desta alternativa é, primeiramente, um benefício social e ambiental, pois a coleta seletiva não deve ter finalidade de lucro, a curto prazo. O custo médio de um programa de coleta seletiva, medido por tonelada coletada, é de US\$ 240. A receita média por tonelada vendida é de US\$ 30, onde para cada US\$ 10 gastos com ela, a receita média é de US\$ 1.30, segundo Jardim et al.(1995).

O preço médio do composto orgânico e dos materiais recicláveis, no interior do estado de São Paulo, atualmente, é o seguinte:

Material	Preço (US\$/t)
Composto orgânico	25.00
Papel misto	100.00
Papelão	137.50
Plástico rígido	187.50
PET (polietileno tereftalato)	162.50
Latas de aço	25.00
Alumínio	687.50
Vidros	37.50

Considerando a alternativa de implantação de um programa de coleta seletiva em Botucatu, a administração pública tem de estar ciente de que este programa deve estar baseado em tecnologia para efetuar a coleta, transporte e separação; informação (educação ambiental) e mercado para os materiais recicláveis e composto orgânico; pois existem vários programas no país que foram desativados devido a falta de gerenciamento destes fatores.

Na cidade de Botucatu, está inserida a UNESP - Universidade Estadual Paulista, com vários profissionais especializados na área de resíduos sólidos urbanos, onde poderiam ser utilizados para auxiliar a prefeitura na solução deste grande problema.

8 CONCLUSÕES

A análise e o estudo dos dados e informações apresentadas neste trabalho, permitem concluir que:

Nos municípios da Microrregião Homogênea Serra de Botucatu, o gerenciamento dos resíduos sólidos urbanos não é efetuado com manejo seguro e o fluxo dos resíduos sólidos não é efetivo, principalmente ao que se refere ao tratamento e/ou aproveitamento e a disposição final dos resíduos.

A geração de resíduos sólidos urbanos na microrregião, é em torno de 160 toneladas por dia. A frota utilizada para a coleta e transporte dos resíduos sólidos, nos municípios, é constituída por veículos coletadores de tração mecânica.

O tratamento de resíduos sólidos urbanos é precário, pois somente um município pretende tratar seus resíduos sólidos adequadamente, implantando usina de reciclagem/compostagem; entre outros municípios existem propostas de tratamento; mas a maioria destes não tem nenhum tratamento e/ou aproveitamento de resíduos sólidos urbanos.

A disposição final dos resíduos sólidos urbanos, na maioria dos municípios é feita em céu aberto, na forma inadequada de lixão, sem a preocupação de poluição ambiental ou a saúde pública, principalmente se o município esta inserido na Área de Proteção Ambiental, pois a maioria destas administrações públicas não têm consciência de que estas áreas constituem em espaço ideal para as práticas de desenvolvimento sustentável e

possibilitam monitorar formas concretas de desenvolvimento sócio-econômico em harmonia com o gerenciamento ambiental.

Existe uma confusão, por parte das prefeituras municipais, com relação a disposição final - aterro sanitário, pois utilizam o termo aterro controlado, como aterro sanitário, e no entanto o que se verifica é um lixão controlado e não um aterro sanitário seguindo procedimentos de acordo com a Associação Brasileira de Normas Técnicas.

A proposta de consórcio intermunicipal para alternativa de soluções do problema dos resíduos sólidos urbanos na microrregião, foi considerada interessante por parte de algumas administrações públicas, com adequado tratamento e/ou aproveitamento e disposição final dos resíduos sólidos.

Portanto, gerenciar os resíduos sólidos urbanos de forma integrada, é um conjunto articulado de ações normativas, operacionais, financeiras e de planejamento, que uma administração municipal desenvolve, baseado em critérios sanitários, ambientais e econômicos para coletar, tratar/aproveitar e dispor os resíduos sólidos de uma cidade.

A geração de resíduos sólidos domésticos na cidade de Botucatu/SP, é em média 48,3 toneladas por dia, isto representa uma produção per capita de 0,479 kg por pessoa por dia.

Uma das alternativas para o gerenciamento integrado de resíduos sólidos urbanos em Botucatu, seria a implantação de um programa de coleta seletiva, primeiramente num bairro piloto. Gradativamente o programa seria estendido para toda cidade.

Mas a administração pública deve estar ciente de que a coleta seletiva não é uma prática que garanta benefícios econômicos, mas porém, seu princípio fundamental é desenvolver uma consciência à população que resulte em mudanças de comportamento para uma melhor qualidade de vida.

Embora não seja muito evidente neste estudo, há uma estreita relação entre a produção de resíduos sólidos urbanos e o nível econômico do município, onde o ingresso energético por pessoa (IEP) representado pela produção média diária de resíduos sólidos urbanos em torno de 0,5kg/pessoa/dia diante das médias americanas se apresenta como um índice de poder aquisitivo, portanto de nutrição.

A composição física quantitativa dos resíduos sólidos domésticos em Botucatu (% em peso - base úmida), foi a seguinte: Matéria orgânica = 74,11%, Papel e papelão = 7,61%, Metal = 3,86%, Plástico = 8,41%, Vidro = 1,99%, Outros = 4,02%.

A operação de caracterização quantitativa dos resíduos sólidos domésticos de uma cidade, é tarefa stressante, necessitando de muita determinação e perseverança das pessoas nela envolvidas.

Concluindo, a educação ambiental, sem dúvida, é uma ferramenta chave para solucionar os problemas de resíduos sólidos urbanos, pois nela os cidadãos vão se inteirando da problemática e conscientizando que assim terão uma melhor qualidade de vida.

9 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ANTUNIASSI, M.H.R. Estrutura fundiária, produção e pessoal ocupado na agropecuária da Microrregião Homogênea Serra de Botucatu. In: ENCONTRO DE ESTUDOS SOBRE A AGROPECUÁRIA NA REGIÃO DE BOTUCATU, 1, 1989, Botucatu. *Anais ...* Botucatu: FCA/Unesp, 1989. p.20-42.
- BARROS, Z.X., TORNERO, M. T. *Condições de preservação da vegetação original na Cuesta de Botucatu*. Botucatu, 1992. 10p. (Monografia apresentada ao curso de Geografia da Unifac - Associação de Ensino de Botucatu).
- BONA, L.C. *Quantidade e classificação do lixo urbano em Botucatu/SP*. Botucatu: s.n., 1990. “não pag.”
- BRASIL. Ministério da Agricultura. Centro Nacional de Ensino e Pesquisas Agronômicas, Boletim 12. *Levantamento de reconhecimento dos solos do estado de São Paulo*. Rio de Janeiro: s.n., 1960. 634p.
- CALICHMAN, E. Gás de aterro sanitário. *Limpeza Pública*, n.14, p.6-11, 1979.
- CAMPOS, H.K.T. Resíduos sólidos: diagnóstico da situação atual. *BIO - Rev. da Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental/ABES*, v.3, p.23-4, 1991.

- CAMPOS, H.K.T. Estudos preliminares para seleção de alternativas de disposição de resíduos sólidos urbanos. In: DISPOSIÇÃO FINAL DE RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS, 1, 1992, Belo Horizonte. *Curso...* Belo Horizonte: ABES, 1992. p.1-12.
- EMBRAPA. *Critérios para distinção de classes de solos e de fases de unidades de mapeamento em uso pelo SNLCS (Serviço Nacional de Levantamento e Conservação de Solos)*. Rio de Janeiro, 1988. 67p.
- EIGENHEER, E.M. (Org.) Coleta seletiva de lixo: experiências brasileiras. In: SEMINÁRIO DE AVALIAÇÃO DE EXPERIÊNCIAS BRASILEIRAS DE COLETA SELETIVA DE LIXO, 1, 1992, Rio de Janeiro. *Anais...* Rio de Janeiro: Instituto de Estudos da Religião (ISER), 1993. p.7-81.
- FERREIRA, A. (Coord.) *A questão dos resíduos sólidos urbanos: um projeto institucional da UNESP*. São Paulo: FUNDUNESP, 1994. 74p.
- FUZARO, J.A. Aterro sanitário. In: RESÍDUOS SÓLIDOS DOMÉSTICOS: TRATAMENTO E DISPOSIÇÃO FINAL, 1, 1990, São Paulo. *Curso...* São Paulo: CETESB, 1990. p.121-82.
- GALVÃO JUNIOR, A.C. *Aspectos operacionais relacionados com usinas de reciclagem e compostagem de resíduos sólidos domiciliares no Brasil*. São Carlos, 1994. 113p. Dissertação (Mestrado em Hidráulica e Saneamento) - Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo.
- GESIEI JUNIOR. Avaré. *Revista da Prefeitura de Avaré/SP*, v.1, p.1-22, 1996.
- GOMES, L.P. *Estudo da caracterização física e da biodegradabilidade dos resíduos sólidos urbanos em aterros sanitários*. São Carlos, 1989. 166p. Dissertação (Mestrado em Hidráulica e Saneamento) - Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo.

HINRICHS, R.A. *Energy*. New York: Phototake, 1991. 560p.

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. *Anuários Estatísticos do Brasil*. Rio de Janeiro: IBGE, 1991-1992.

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. *Censo populacional*, 1996.

JARDIM, N.S. et al. *Lixo Municipal: manual de gerenciamento integrado*. São Paulo: Instituto de Pesquisas Tecnológicas (IPT), e Compromisso Empresarial para Reciclagem (CEMPRE), 1995. 278p.

KROM, V. *Transformações no setor agrícola em quatro microrregiões no estado de São Paulo*. Botucatu, 1992. 164p. Tese (Doutorado em Agronomia/Energia na Agricultura) - Faculdade de Ciências Agrônomicas, Universidade Estadual Paulista.

LEÃO, A.L. Manejo de resíduos sólidos urbanos para produção de energia e novos materiais. In: TAUK-TORNISIELO, S. M. (Org.). *Análise ambiental: estratégias e ações*. Rio Claro: CEA/Unesp, 1995. p.238-43.

LEITE, W.C.A. Resíduos Sólidos urbanos: Contribuição para o gerenciamento. In: TAUK-TORNISIELO, S. M. (Org.). *Análise ambiental: estratégias e ações*. Rio Claro: CEA/Unesp, 1995. p.227-31.

LIMA, L.M.Q. *Tratamento do lixo*. 2. ed. São Paulo: Hemus, 1991. 240p.

LINDENBERG, R.C. Compostagem. In: RESÍDUOS SÓLIDOS DOMÉSTICOS: TRATAMENTO E DISPOSIÇÃO FINAL, 1, 1990, São Paulo. *Curso...* São Paulo: CETESB, 1990a. p.13-72.

- LINDENBERG, R.C. Incineração e pirólise. In: RESÍDUOS SÓLIDOS DOMÉSTICOS: TRATAMENTO E DISPOSIÇÃO FINAL, 1, 1990, São Paulo. *Curso...* São Paulo: CETESB, 1990b. p.74-101.
- LUZ, F.X.R. O tratamento do lixo. *Limpeza Pública*, p.14-35, 1986.
- MARTINS, D. *Classificação climática de Botucatu e São Manuel*. Botucatu: Departamento de Ciências Ambientais - Faculdade de Ciências Agrônômicas/UNESP, 1996. 2p.
- OGATA, M. G. *Os resíduos sólidos na organização do espaço e na qualidade do ambiente urbano: uma contribuição geográfica ao estudo do problema na cidade de São Paulo*. São Paulo, 1983. 156p. Dissertação (Mestrado) - Universidade de São Paulo.
- OLIVEIRA, W.E. Introdução ao problema do lixo. *Revista DAE*, v.74, p.58-69, 1969.
- OLIVEIRA, W.E. Resíduos sólidos. *Revista DAE*, v.97, p.96-103, 1974.
- PEREIRA NETO, J.T. Conceitos modernos de compostagem. In: TÉCNICAS DE TRATAMENTO DE LIXO DOMICILIAR URBANO, 1, 1992, Belo Horizonte. *Curso...* Belo Horizonte: ABES, 1992. p.77-92.
- RAMEH, C.A.S. Projeto de uma usina de compostagem. *Engenharia Sanitária*, v.2, p.201-203, 1981.
- ROCCA, A.C.C. et al. *Resíduos sólidos industriais*. 2.ed. São Paulo: CETESB, 1993. 234p.
- SANCHES, G. *São Manuel: ontem e hoje*. Barra Bonita: Evergraf, 1996. 111p.
- SANT'ANA FILHO, R. Importância dos serviços de limpeza urbana. In: ADMINISTRAÇÃO DOS SERVIÇOS DE LIMPEZA URBANA, 1, 1991, Belo Horizonte. *Curso...* Belo Horizonte: ABES, 1991. p.1-41.

- SANT'ANA FILHO, R. Aterro sanitário. In: TÉCNICAS DE TRATAMENTO DE LIXO DOMICILIAR URBANO, 1, 1992, Belo Horizonte. *Curso...* Belo Horizonte: ABES, 1992. p.13-43.
- SANTOS JUNIOR, M. B. (Org.) *Manual de Botucatu*. Botucatu: Prefeitura Municipal de Botucatu, 1995. 69p.
- SANTOS, E. S.A. Usinas de reciclagem e beneficiamento de lixo. In: DISPOSIÇÃO FINAL DE RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS, 1, 1992, Belo Horizonte. *Curso...* Belo Horizonte: ABES, 1992. p.70-6.
- SCHALCH, V., REZENDE, M. O. O. O processo de compostagem do lixo e sua relação com a qualidade de adubo formado. *BIO*, p.44-7, 1991.
- SCHALCH, V. Atividades envolvidas no gerenciamento de resíduos sólidos. In: TAUKE TORNISIELO, S. M. (Org.). *Análise ambiental: estratégias e ações*. Rio Claro: CEA/Unesp, 1995. p.231-37.
- SIQUEIRA, J. O. Biologia do solo. In: SOLOS E MEIO AMBIENTE, 1, 1993, Lavras. *Curso...* Lavras: ESAL/FAEPE, 1993. p.37-62.
- STECH, P. J. Resíduos sólidos: caracterização. In: RESÍDUOS SÓLIDOS DOMÉSTICOS: TRATAMENTO E DISPOSIÇÃO FINAL, 1, 1990, São Paulo. *Curso...* São Paulo: CETESB, 1990. p.1-12.
- US. EPA - UNITED STATES. ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY. *The solid waste dilemma: an agenda for action*. Washington: U.S. Government Print Office, 1989. 70p.
- US. EPA - UNITED STATES. ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY. *Waste Characterization Report*. Washington: MSW Factbook, Ver. 3.0, 1996.

VIEIRA, L. S.,VIEIRA, M. N. F. *Manual de Morfologia e Classificação de Solos*. 2 ed. São Paulo: Ceres, 1983. 317p.

APÊNDICE 1

LEGISLAÇÃO E NORMAS CITADAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - ABNT. 1984 (NBR 8.419).

Apresentação de projetos de aterros sanitários de resíduos urbanos - Procedimento. Rio de Janeiro, 13p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - ABNT. 1987 (NBR 10.004).

Resíduos sólidos - Classificação. Rio de Janeiro, 63p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - ABNT. 1993 (NBR 12.980).

Coleta, varrição e acondicionamento de resíduos sólidos urbanos - Terminologia. Rio de Janeiro, 6p.

DECRETO FEDERAL nº 86.955, de 18/02/82. Regulamenta a Lei nº 6.894 de 16/12/80, alterada pela Lei nº 6.934 de 13/07/81, que dispõe sobre a inspeção e a fiscalização da produção e do comércio de fertilizantes, corretivos, inoculantes, estimulantes ou biofertilizantes destinados à agricultura.

DECRETO ESTADUAL nº 20.960, de 08/06/83. Declara áreas de proteção ambiental regiões situadas em diversos municípios, dentre os quais Corumbataí, Botucatu e Tejuπά.

LEI FEDERAL nº 6.902, de 27/04/81. Dispõe sobre a criação de Estação Ecológica, Áreas de Proteção Ambiental, e dá outras providências.

LEI FEDERAL nº 6.938, de 31/08/81. Dispõe sobre a Política Nacional do Meio Ambiente, seus fins e mecanismos de formulação e aplicação, e dá outras providências.

PORTARIA nº 01, de 20/04/82, revogada pela Portaria nº 01 de 04/03/83, que aprova as normas, sobre especificações, garantias, tolerâncias e procedimentos para coleta de amostras de produtos, e modelos oficiais a serem utilizados pela inspeção e fiscalização da produção e do comércio de fertilizantes, corretivos, inoculantes, estimulantes e biofertilizantes, destinados à agricultura.

RESOLUÇÃO CONAMA nº 10, de 14/12/88. Define as Áreas de Proteção Ambiental (APA's).

RESOLUÇÃO CONAMA nº 05, de 05/08/93. Dispõe sobre a destinação final de resíduos sólidos. Define normas mínimas para tratamento de resíduos sólidos oriundos de serviços de saúde, portos e aeroportos. Estende exigências aos terminais rodoviários e ferroviários.

APÊNDICE 2

FORMULÁRIO

INFORMAÇÕES SOBRE O MUNICÍPIO DE _____

- Nome do Prefeito:
- Nome do Vice-Prefeito:
- Endereço completo da Prefeitura:.....
.....
- População Urbana:
- População Rural:
 - População Total:
- Área do Município:
- Receita Anual do Município: R\$
- Lei Orgânica do Município: N^o
- Lei de Uso e Ocupação do Solo: N^o
- Atividades do Município: Industrial () Comercial () Rural ()
Outras (citar): _____
- Limpeza Pública:
 - Tipo de disposição final de lixo: Lixão () Aterro Sanitário ()
Outras (citar): _____
 - Coleta e transporte do lixo é feita pela:
 - Prefeitura () Nome do departamento e responsável pela limpeza pública:
.....
 - Empresa privada () Nome da empresa:
Endereço:
Nome do diretor:
 - Tipos de veículos utilizados para coleta do lixo:

Caminhão compactador () quantos? _____

Caminhão aberto () quantos? _____

Outros (citar): _____ quantos? _____

- Frequência do sistema de coleta:

Diária () Noturna alternada () quais os dias da semana ? _____

Diurna alternada () quais os dias da semana ? _____

- Abrangência dos serviços de coleta de lixo no município:

() Toda a cidade 100% () Parte da cidade ____%

- Existe alguma proposta no Município sobre o aproveitamento de lixo?

Sim () Não ()

Que tipo de proposta? Coleta seletiva () Compostagem ()

Outras (citar): _____

- Há possibilidades de venda de recicláveis para indústrias perto do Município?

Sim () Não ()

Comentários: _____

- Há possibilidades dos produtores rurais utilizarem o composto orgânico?

Sim () Não ()

Comentários: _____

LOCAL:

DATA:

Assinatura do responsável:

Cargo:

OBS.: Autorizo a utilização das informações contidas neste formulário na Dissertação da Eng^a. Agrícola Selene de Oliveira e publicações científicas.

Assinatura: _____

APENDICE 3

FOTOS (visitas técnicas)

As fotos apresentadas neste apêndice estão em ordem cronológica das visitas nos 16 municípios pertencentes a Microrregião Homogênea Serra de Botucatu/SP.

A seqüência foi a seguinte:

- Figura 1 Município de Anhembi - visita no dia 29/05/96;
- Figura 2 Município de Bofete - visita no dia 29/05/96;
- Figura 3 Município de Conchas - visita no dia 29/05/96;
- Figura 4 Município de Pardinho - visita no dia 29/05/96;
- Figura 5 Município de Botucatu - visita no dia 11/06/96;
- Figura 6 Município de Areiópolis - visita no dia 18/06/96;
- Figura 7 Município de Avaré - visita no dia 18/06/96;
- Figura 8 Município de Itatinga - visita no dia 18/06/96;
- Figura 9 Município de São Manuel - visita no dia 18/06/96;
- Figura 10 Município de Coronel Macedo - visita no dia 25/06/96;
- Figura 11 Município de Itaí - visita no dia 25/06/96;
- Figura 12 Município de Paranapanema - visita no dia 25/06/96;
- Figura 13 Município de Taquarituba - visita no dia 25/06/96;
- Figura 14 Município de Águas de Santa Bárbara - visita no dia 25/10/96;
- Figura 15 Município de Arandu - visita no dia 25/10/96;
- Figura 16 Município de Cerqueira César - visita no dia 25/10/96;

A seguir são apresentadas as fotos da disposição final dos resíduos sólidos urbanos de cada município.



Figura 1 Município de Anhembi - 29/05/96



Figura 2 Município de Bofete - 29/05/96

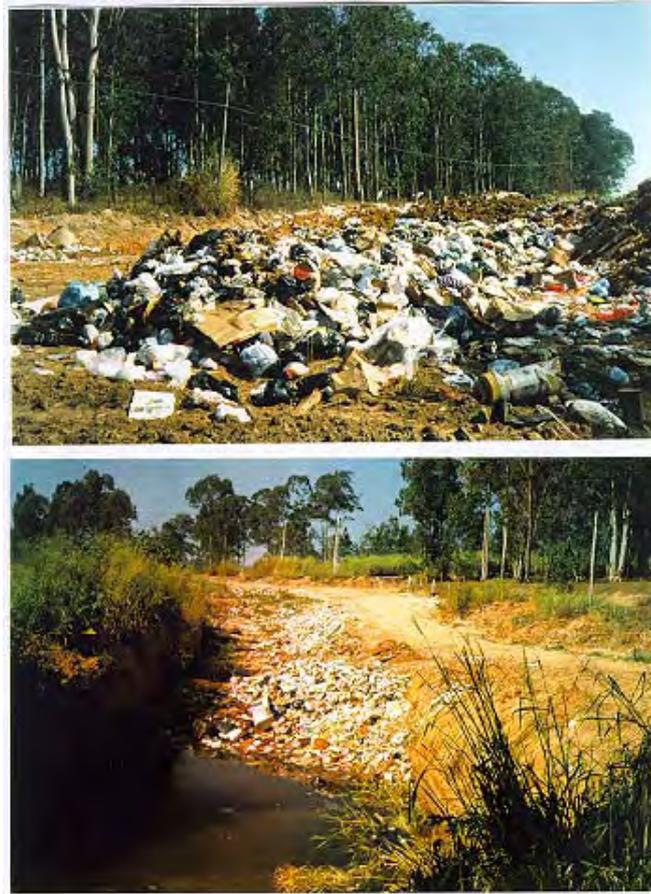


Figura 3 Município de Conchas - 29/05/96



Figura 4 Município de Pardinho - 29/05/96



Figura 5 Município de Botucatu - 11/06/96



Figura 6 Município de Areiópolis - 18/06/96



Figura 7 Município de Avaré - 18/06/96



Figura 8 Município de Itatinga - 18/06/96



Figura 9 Município de São Manuel - 18/06/96



Figura 10 Município de Coronel Macedo - 25/06/96



Figura 11 Município de Itaí - 25/06/96



Figura 12 Município de Paranapanema - 25/06/96



Figura 13 Município de Taquarituba - 25/06/96



Figura 14 Município de Águas de Santa Bárbara - 25/10/96

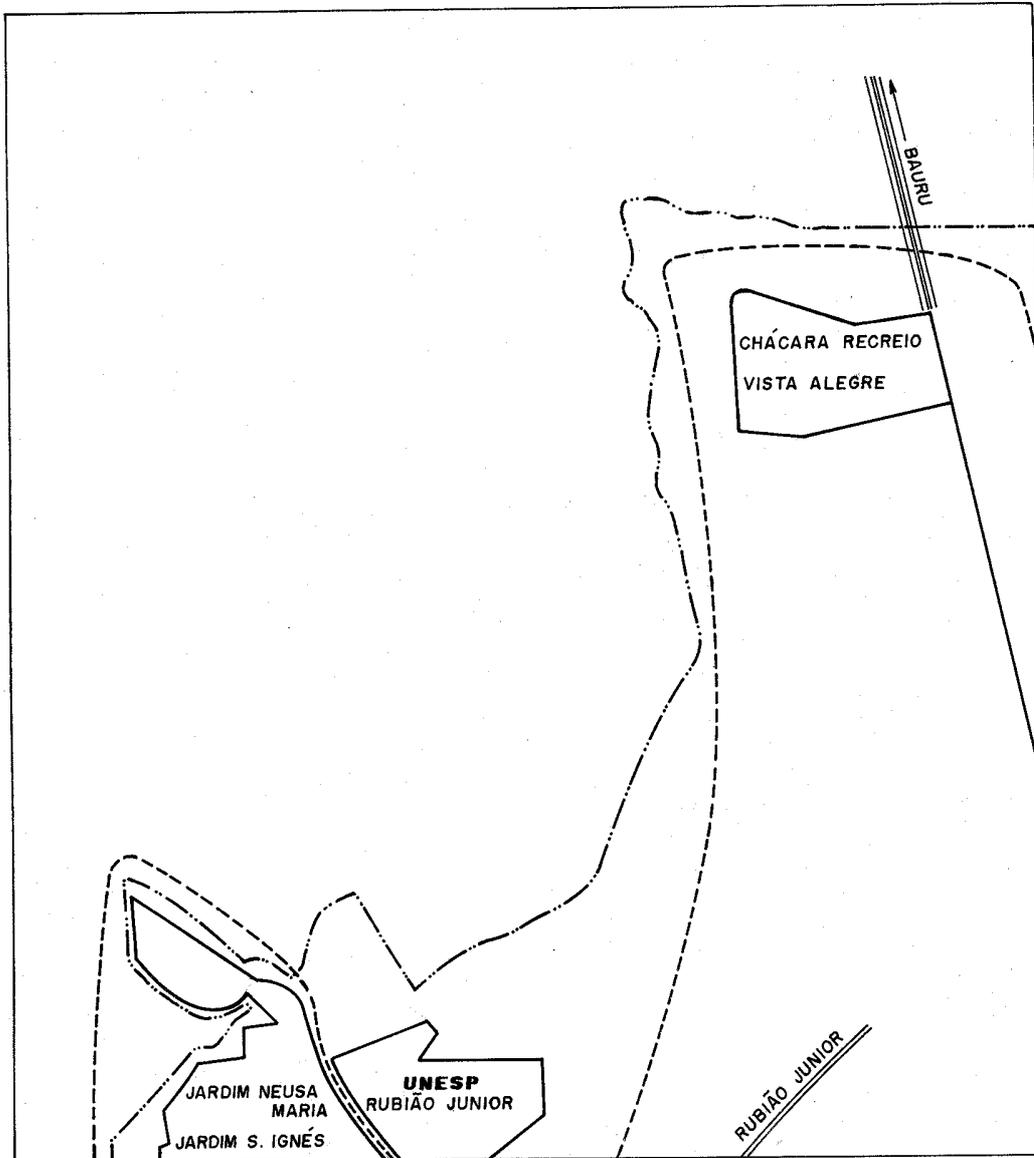


Figura 15 Município de Arandu - 25/10/96



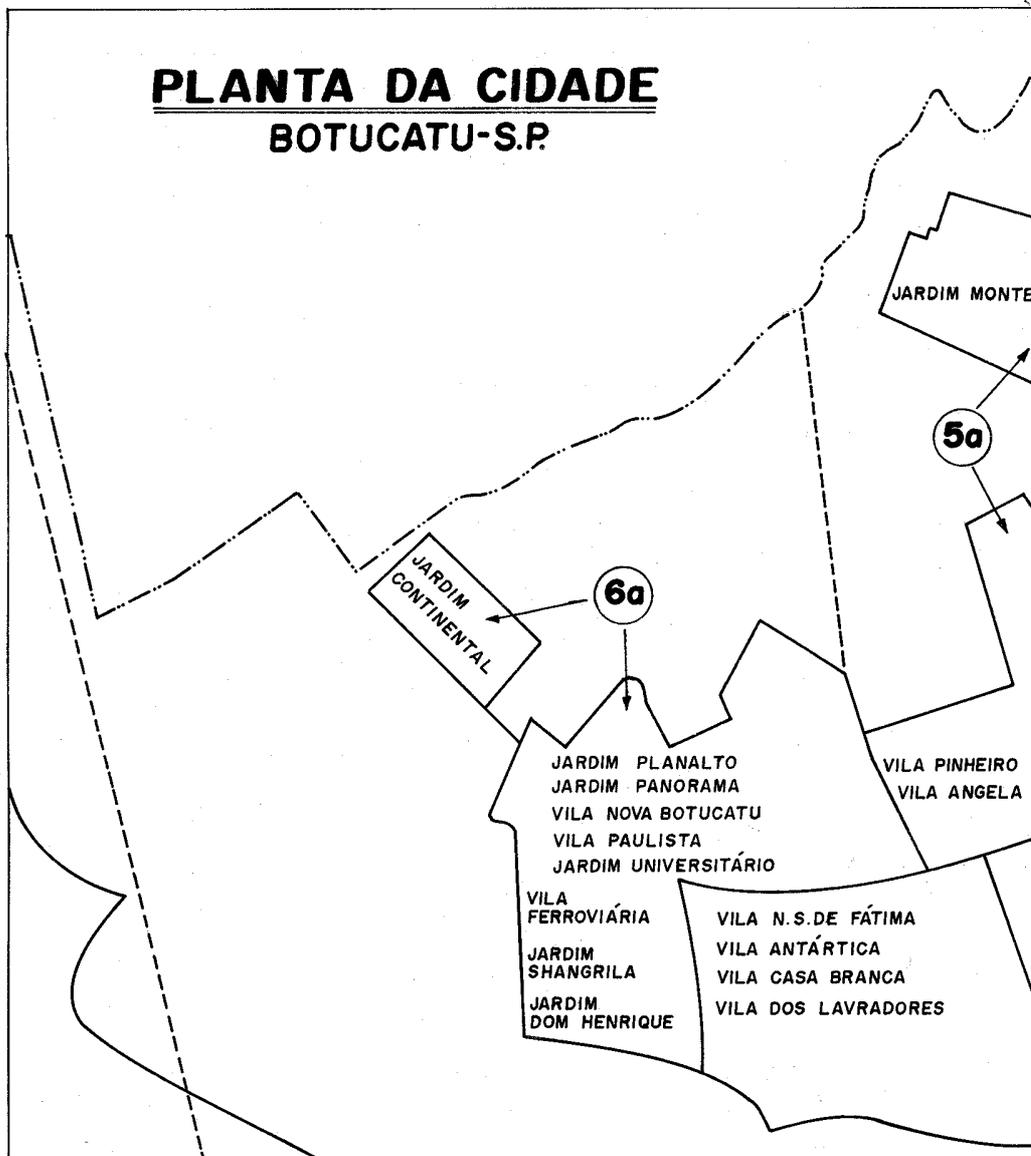
Figura 16 Município de Cerqueira César - 25/10/96

MAPA: A1



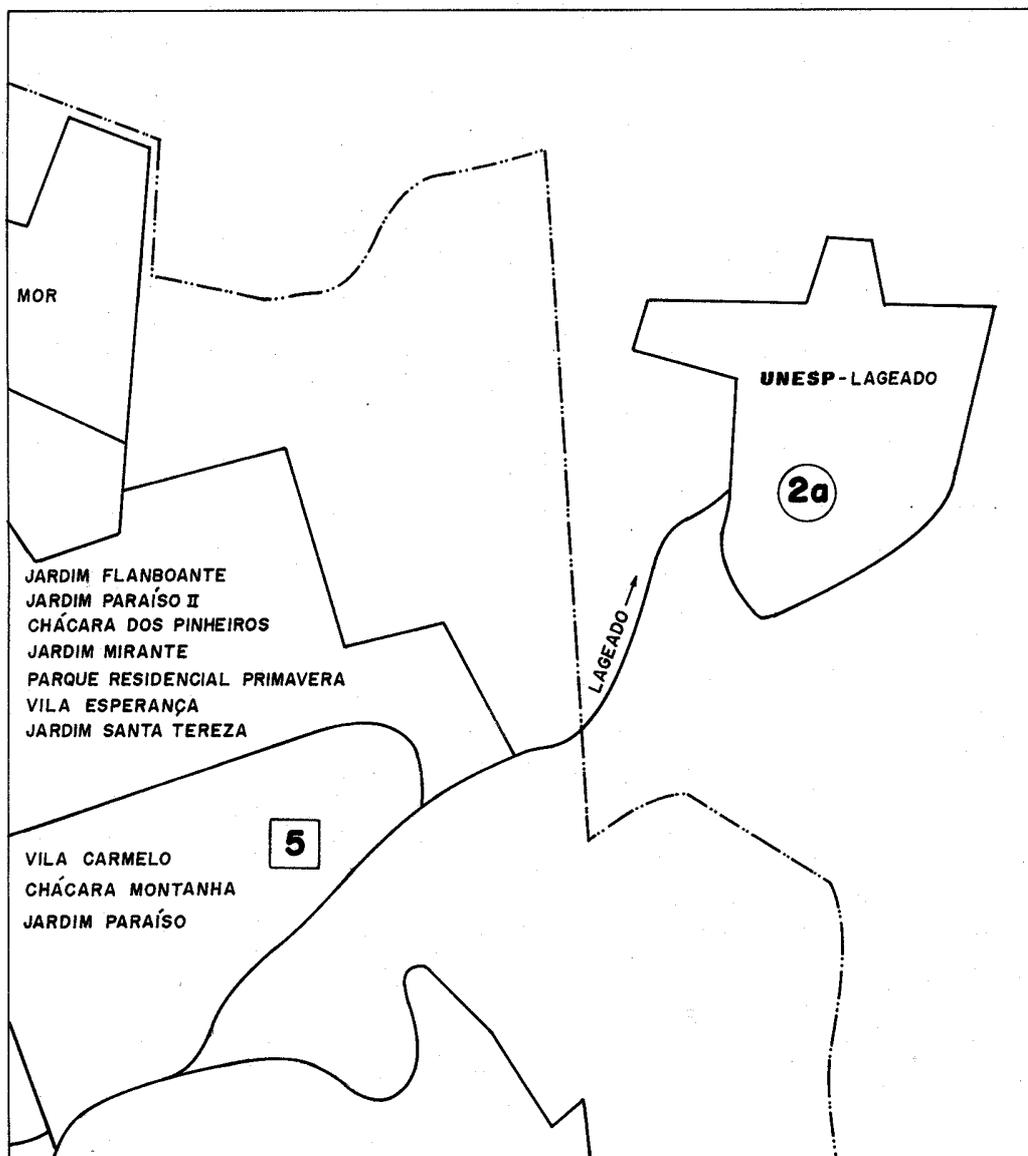
Prossegue para direita no mapa B1 e para baixo no mapa A2

MAPA: B1



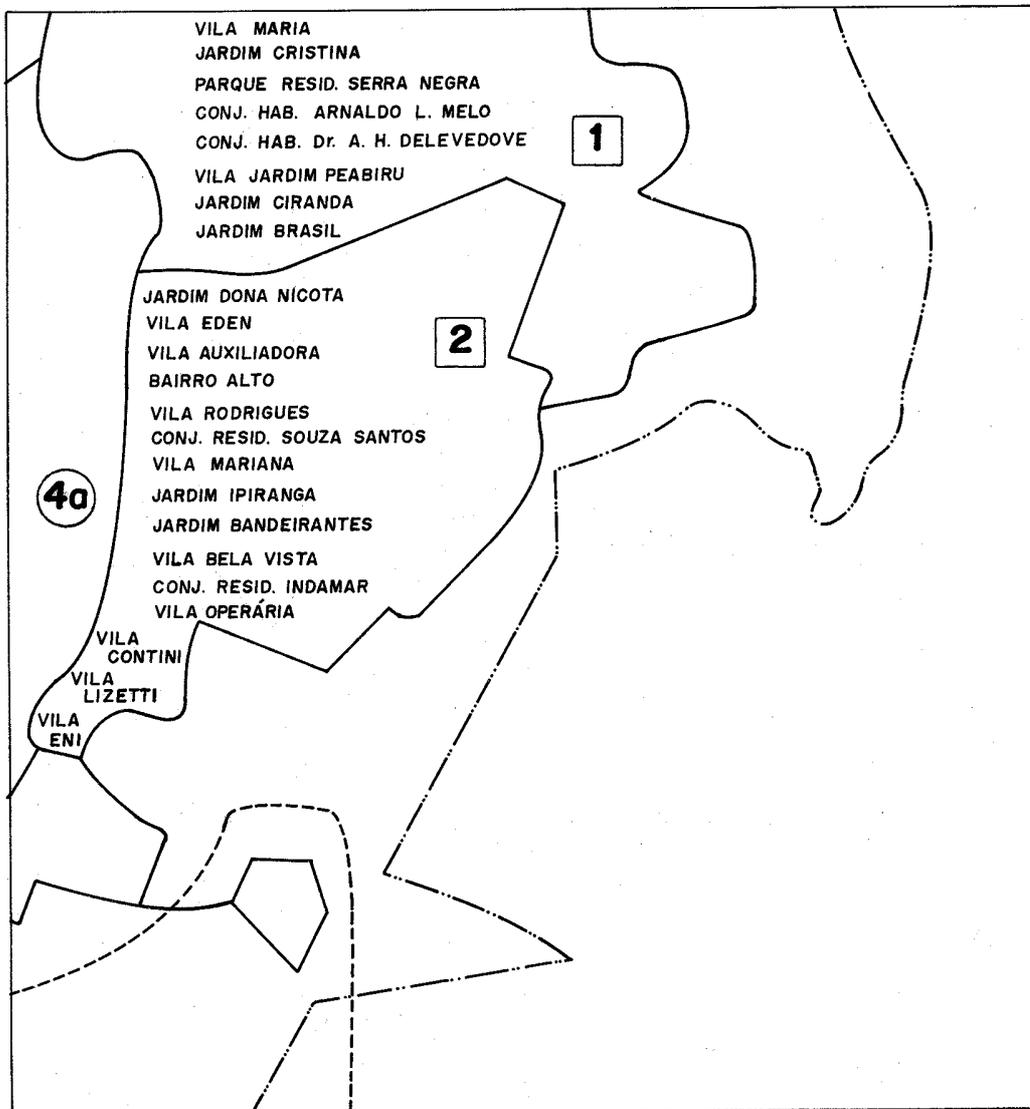
Prossegue para direita no mapa C1 e para baixo no mapa B2

MAPA: C1



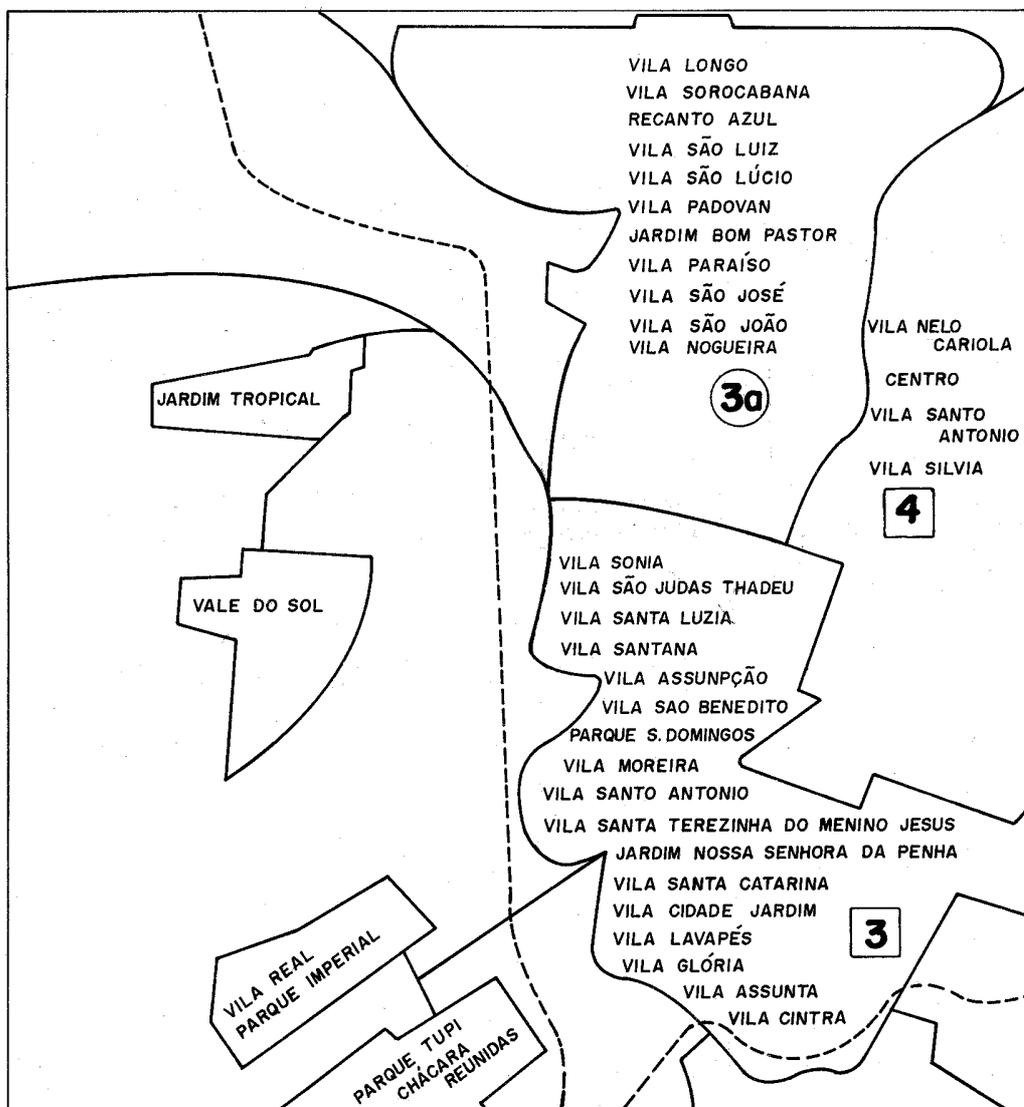
Prossegue para direita no mapa C2 e para esquerda no mapa B1

MAPA: C2



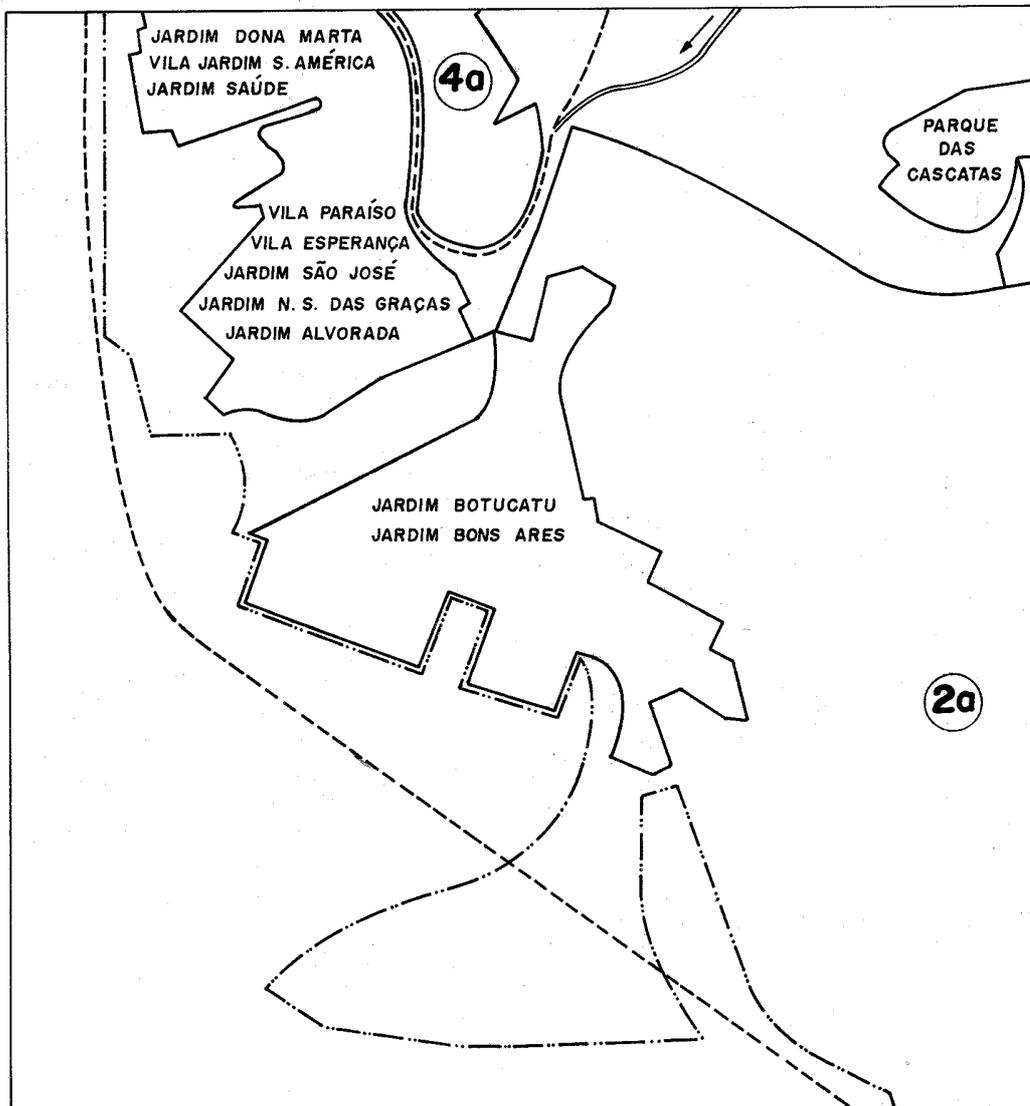
Prossegue para esquerda no mapa B2, para cima no mapa C1 e para baixo na mapa C3

MAPA: B2



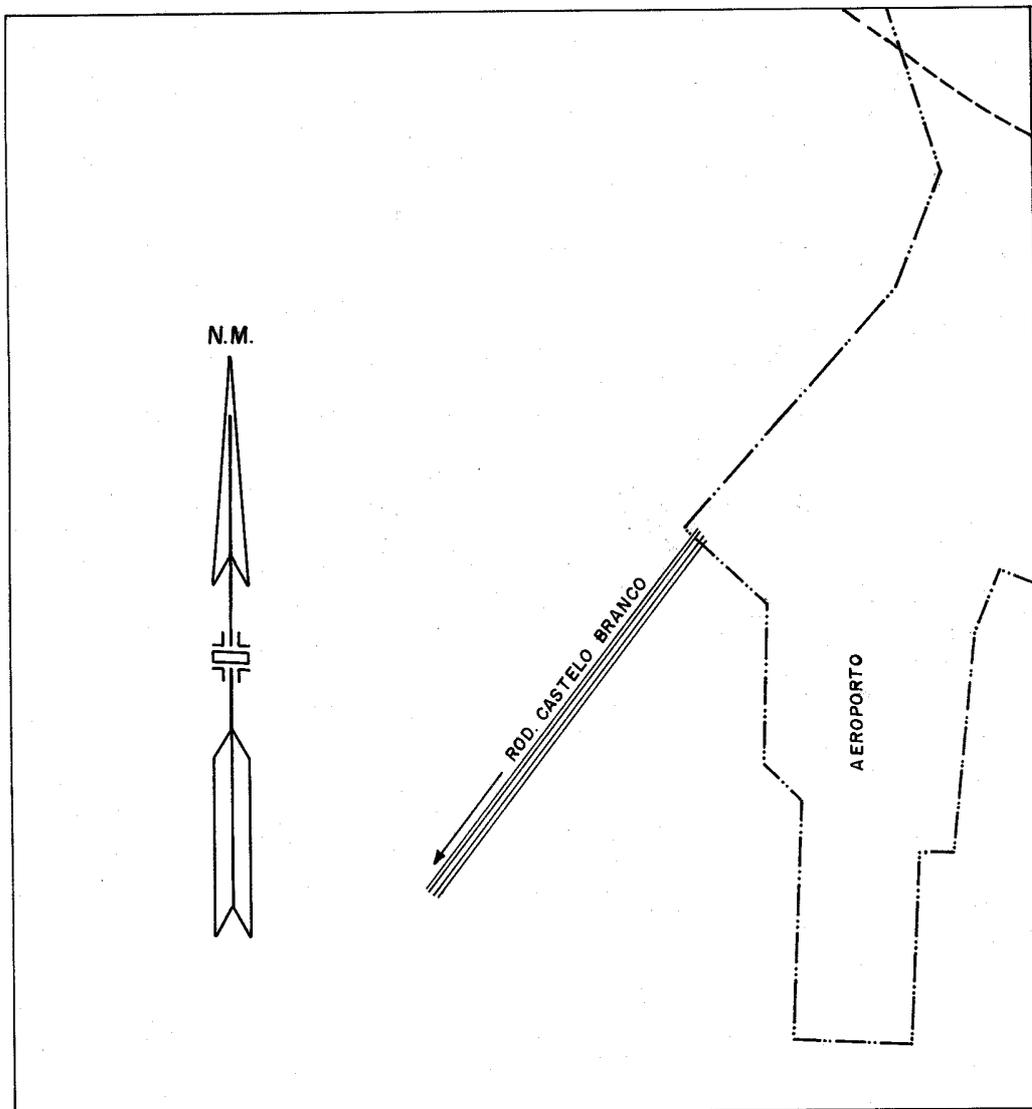
Prossegue para esquerda no mapa A2, para cima no mapa B1, para direita no mapa C2 e para baixo no mapa B3

MAPA: A2



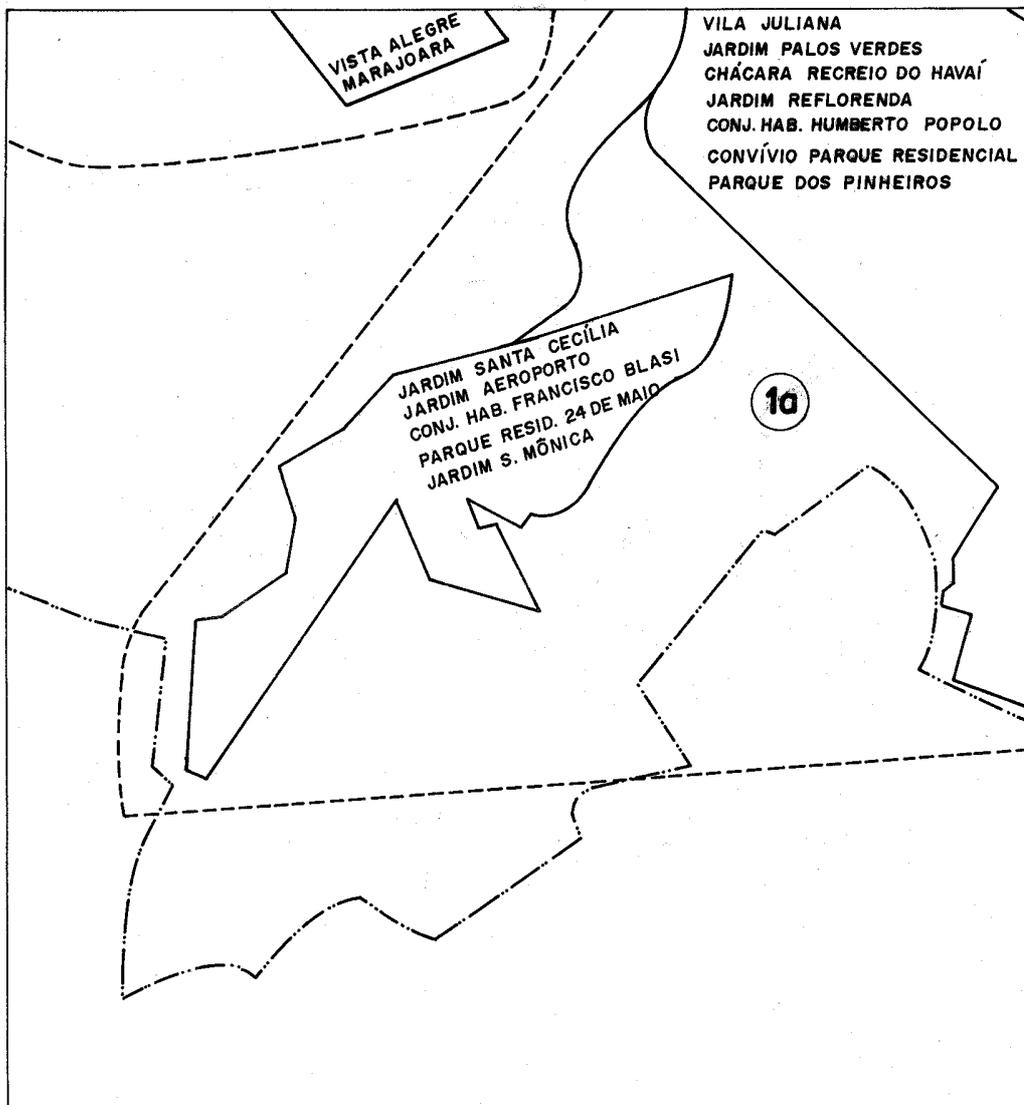
Prossegue para cima no mapa A1, para direita no mapa B2, e para baixo no mapa A3

MAPA: A3



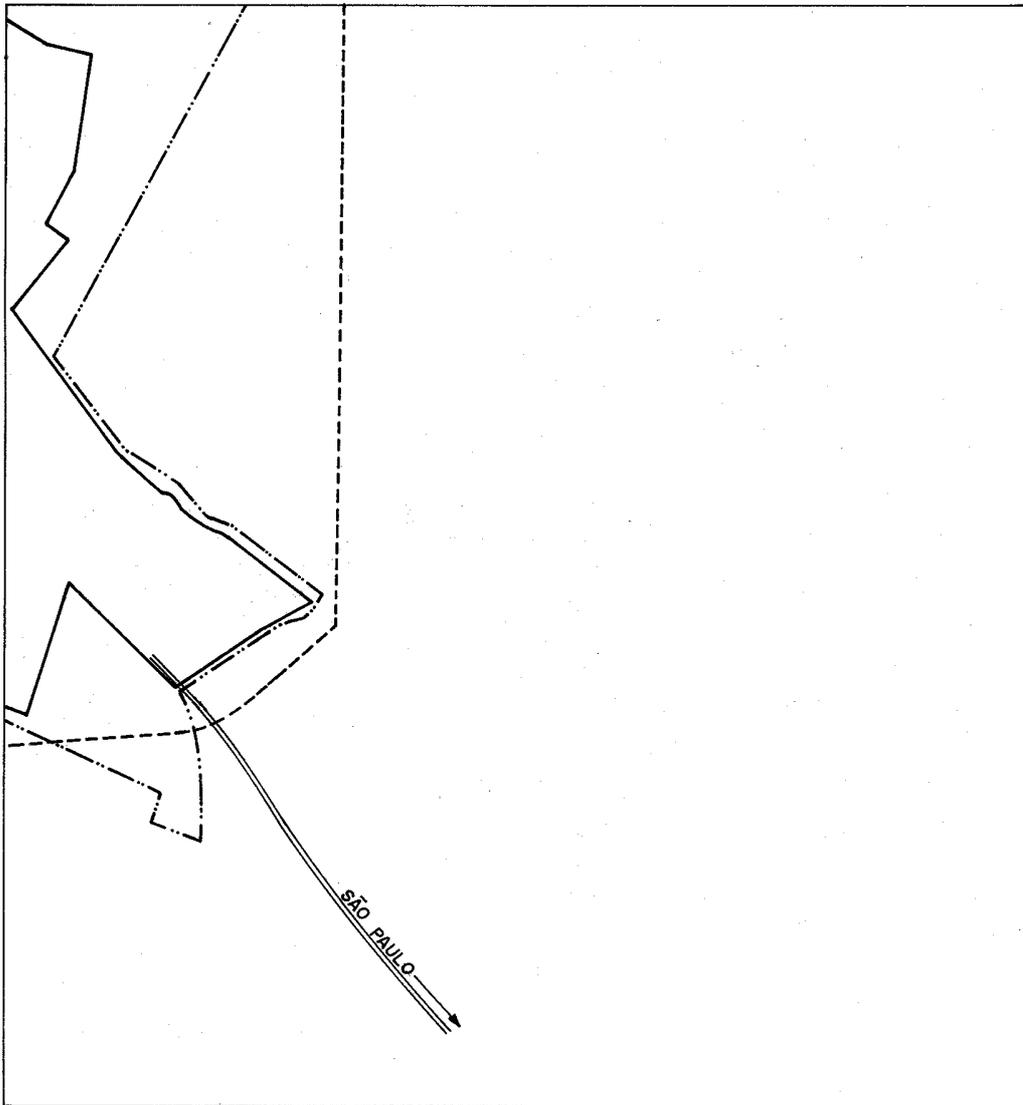
Prossigue para cima no mapa A2 e para direita no mapa B3

MAPA: B3



Prossegue para esquerda no mapa A3, para cima no mapa B2, e para direita na mapa C3

MAPA: C3



Prosegue para esquerda no mapa B3, para cima no mapa C2