

ESTUDO DO PROCESSO DE GERAÇÃO DE RESÍDUOS SÓLIDOS DOMÉSTICOS  
NA CIDADE DE BENTO GONÇALVES - RS

VANIA ELISABETE SCHNEIDER

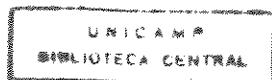
ORIENTADOR: Prof. Dr. LUIZ MÁRIO QUEIROZ LIMA

*Atento que esta é a  
versão definitiva  
da presente tese*

*LM*

Dissertação apresentada à  
Faculdade de Engenharia Civil  
da Universidade Estadual de  
Campinas para obtenção do  
título de Mestre em Hidráulica  
e Saneamento.

Campinas  
Estado de São Paulo  
1994



" O objetivo do conhecimento  
não é descobrir o segredo do  
mundo numa palavra-mestra. É  
dialogar com o mistério do  
mundo."

Edgard Morin

Aos meus filhos  
Alan e alex

OFEREÇO!

Ao ALEXANDRE H. HERMINI  
pelo carinho, incentivo  
e compreensão,

DEDICO!

## AGRADECIMENTOS

Ao Professor Luiz Mário Queiroz Lima, pela confiança, estímulo e dedicação dispendidos na orientação do presente trabalho e na vida profissional.

Ao professor e amigo Márcio D'Olne Campos pelas sugestões, materiais e revisões que em muito elevaram a qualidade deste trabalho.

Ao Departamento de Hidráulica e Saneamento e à Coordenação de Pós-graduação da Faculdade de Engenharia Civil da UNICAMP pela oportunidade no curso de mestrado em Recursos Hídricos e Saneamento.

Ao CNPq/CAPES pela bolsa de estudos concedida durante dois anos.

À Fundação Educacional da Região dos Vinhedos, na pessoa de seu Diretor Sr. Ildoino Pauletto pela oportunidade profissional, pela possibilidade de desenvolver em Bento Gonçalves o presente trabalho e pelo incentivo ao Curso de Mestrado.

A Prefeitura Municipal de Bento Gonçalves, à Empresa COLETARE e à Fasolo S/A de Bento Gonçalves e, à CODECA - Companhia de Desenvolvimento de Caxias do Sul pela colaboração e fornecimento de materiais, equipamentos e recursos humanos para a o estudo do sistema de coleta e na caracterização dos resíduos de Bento Gonçalves.

Ao Professor Eugenio Singer pela possibilidade de ingressar no Curso de Mestrado, pelos conhecimentos transmitidos e pela orientação no primeiro ano do curso.

Aos professores da Faculdade de Engenharia Civil, Lucila Chebel Labaki, Rubens Bresaola Junior, Roberto Feijó de Figueiredo, Antonio Carlos Zuffo, Bruno Coraucci Filho, Egle Novaes Teixeira, José Luiz Antunes de Oliveira e Souza e Rozeli Ferreira pelo carinho, pela amizade e pelas contribuições pessoais e profissionais.

Às secretárias da FEC, Paula, Marli, Benigna, e Beti, pela compreensão, paciência e amizade nos momentos difíceis desta jornada.

Ao Renato, Paulo e Kazu do setor de computação, pela paciência e dedicação no trabalho de edição e impressão deste trabalho e na orientação "pelos caminhos do CHIW".

À equipe de apoio a projetos da FEC pelos desenhos elaborados.

Às alunas Ana Maria Agnolin e Vera Lucia Rodrigues pelo empenho e dedicação na coleta e organização dos dados e pela presença amiga de todos os momentos, que um simples agradecimento não contempla...

Às colegas Raquel Ruffato e Neide Pessin pela colaboração incansável durante a realização deste trabalho e pelos muitos outros encontros que a vida nos propiciou, antecipando os que ainda virão, pela amizade e compreensão.

À Cláudia pela troca de idéias e pela amizade de sempre...

Aos colegas do Campus da Região dos Vinhedos de Bento Gonçalves, João Paulo, Gladis, Isaias e demais professores e funcionários, em especial ao professor José Carlos Koche pela confiança, apoio e incentivo de sempre.

Aos moradores entrevistados e pesquisados, em especial aos Srs. Odir Schenatto, Henrique Bertolini e Bellária Piccoli pela cedência de suas residências para a coleta de dados, sem o que este trabalho não seria possível.

Aos amigos campineiros, Vanda, Lucia, Dina, Nádia, Iara, Rita, Mantô, Simone, Neusa, Juarez, Wolfgang e Anésia, um agradecimento especial pelo carinho, pela força, e pela palavra amiga que tornaram menos ásperos alguns momentos da caminhada.

Aos amigos do sul, Cesar, Agustinho, Beatriz e Luiz, Luci, Sérgio, D. Jarda, Taciana, Lucia e Romeu pela presença sempre constante, mesmo na distância.

Aos meus familiares pela compreensão e incentivo.

A todos que de uma forma ou de outra contribuíram para o meu crescimento pessoal e profissional, os meus sinceros agradecimentos.

## **RESUMO**

**Este estudo, desenvolvido na cidade de Bento Gonçalves - RS, trata da geração de resíduos sólidos domésticos evidenciando as diferenças no comportamento do processo junto à fonte geradora (domicílio) e no destino final, a importância do diagnóstico na formulação de modelos para a gestão de resíduos, e na tomada de decisões.**

**O estudo aponta para o maior grau de eficiência da organização da fonte geradora em detrimento do destino final, na aplicação de um sistema integrado para a gestão de resíduos.**



## ABSTRACT

This study, developed in the city of Bento Gonçalves - RS, deals with the generation of domestic solid waste, evidencing. Differences in the process behavior are evidenced both in the generation source and final destination.

Also this study are addressed the importance of the diagnosis in the formulation of models for waste management, and in the decisions making

The study to point out to the efficiency level greater of the generation and organization to the detriment of final destination in the integrated system applied to waste administration.

## SUMÁRIO

LISTA DE FIGURAS .....	xii
LISTA DE TABELAS .....	xiv
1. INTRODUÇÃO .....	1
2. OBJETIVOS .....	5
2.1. Objetivo Geral .....	5
2.2. Objetivos Específicos .....	5
3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA .....	6
3.1. Das Relações Homem/Natureza na problemática Ambiental.....	6
3.2. Lixo: Matéria Antropogênica .....	10
3.3. O Processo de Geração de Resíduos .....	15
3.3.1. Inesgotabilidade e Marginalidade .....	18
3.3.2. Energia, Entropia e Irreversibilidade ...	22
3.3.3. Biodegradabilidade .....	31
3.3.4. Reciclabilidade .....	35
3.3.5. Descartabilidade .....	37
3.4. Métodos Convencionais de Coleta Tratamento e Disposição de Resíduos Sólidos .....	43
3.4.1. Coleta Tradicional .....	43
3.4.2. Coleta Seletiva .....	44
3.4.3. Os Lixões .....	45
3.4.4. Aterros .....	47
3.4.5. Usinas de Compostagem/reciclagem .....	50
3.4.6. Incineradores .....	51

3.5. Formulação de Modelos .....	52
3.5..1. Sistema Integrado .....	57
3.6. Coleta Diferenciada .....	59
3.6.1. Organização da Fonte Geradora .....	59
3.6.2. Tratamento e Disposição Final .....	63
3.7. O Planejamento no Manejo, Tratamento e Disposição	63
3.8. O Diagnóstico na Definição de Modelos .....	65
3.9. A Educação Ambiental .....	67
3.10. O Município de Bento Gonçalves - RS .....	68
4. METODOLOGIA .....	71
4.1. A Caracterização dos Resíduos na Fonte .....	71
4.1.1. A Unidade Amostral .....	71
4.1.2. Critérios Adotados na Segregação .....	73
4.1.3. A Organização da Fonte Geradora .....	76
4.2. A Caracterização dos Resíduos no Destino Final .	77
4.2.1. Estudo do Sistema de Coleta .....	77
4.2.2. Definição da Amostra .....	78
4.2.3. O Método de Quarteamento .....	78
4.3. Análise dos Dados .....	80
5. RESULTADOS E DISCUSSÕES .....	82
5.1. A Unidade Amostral .....	82
5.2. A Caracterização dos resíduos .....	86
5.3. O sistema de Coleta .....	101
5. CONCLUSÃO E RECOMENDAÇÕES.....	105
6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	110
7. ANEXOS .....	118
ANEXO A - Caracterização dos Resíduos Sólidos	
Domésticos .....	119
ANEXO B	
- Tabela B.1 - Registro da Geração de Resíduos	
Sólidos em Domicílios.....	120
ANEXO C	
- Tabela C.1 - Registro da Geração de Resíduos	
Sólidos em Gramas - Residência 1	
Classe "A" (Alta).....	121
- Tabela C.2 - Registro da Geração de Resíduos	
Sólidos em Gramas - Residência 2	

Classe "B" (Média).....	122
- Tabela C.3 - Registro da Geração de Resíduos Sólidos em Gramas - Residência 3	
Classe "C" (Baixa).....	123
- Tabela C.4 - Caracterização dos resíduos sólidos domésticos no destino final - Município de Bento Gonçalves - RS (Classe "A").....	124
- Tabela C.5 - Caracterização dos resíduos sólidos domésticos no destino final - Município de Bento Gonçalves - RS (Classe "B").....	125
- Tabela C.6 - Caracterização dos resíduos sólidos domésticos no destino final - Município de Bento Gonçalves - RS (Classe "C").....	126
- Tabela C.7 - Caracterização dos resíduo sólidos domésticos no destino final - Município de Bento Gonçalves - RS (Total das 3 Classes).....	127
ANEXO D - Figura D.1- Equipamento especial para Armazenagem de Resíduos Orgânicos tipo "Compostainer".	128
ANEXO E - Figuras 7.2 a 7.9 - Ilustrações .....	129
ANEXO F - Tabelas 7.8 a 7.13 - Composição do lixo na Italia, em Porto Alegre, São Carlos, Caxias do Sul e São Paulo em diferentes períodos .....	133

## LISTA DE FIGURAS

3.1 - Processamento-padrão do Modelo Mundial.....	16
3.2 - Desenvolvimento do lixo Doméstico e da População em Munique - Alemanha .....	21
3.3 - Segunda Lei da Termodinâmica Aplicada aos Sistemas Produtivos .....	26
3.4 - Consumo Energético Per-capita Diário em Megajoules da Espécie Humana em Seus Diferentes Estágios .....	28
3.5 - Representação da Linearidade dos Processos Econômicos .....	29
3.6 - Ciclo do Setor de Consumo até o da Produção .....	30
3.7 - A "Reciclagem" segundo CROALL & RANKIN .....	32
3.8 - Representação Esquemática Segundo Lima para a Visão Tradicional .....	53
3.9 - Representação Esquemática Segundo Lima para a Visão Ecológica .....	54
3.10- Representação Esquemática Segundo Lima para a Visão Inovativa .....	54
3.11- Medidas de Ação na Gestão de Resíduos Sólidos .....	57
3.12- Concepção para Eliminação de Resíduos p/ o "Consorzio per Eliminazione dei Rifiuti del Luganese" (CER) .....	60
3.13- Sub-Plano para o "Lixo Doméstico da Secretaria de Economia do Lixo de Munique .....	63
4.1 - Método de Quarteamento .....	81

5.1 - Geração de Resíduos Sólidos Domésticos - Classe "A" (%)	87
5.2 - Geração de Resíduos Sólidos Domésticos - Classe "B" (%)	88
5.3 - Geração de Resíduos Sólidos Domésticos - Classe "C" (%)	88
5.4 - Geração de Resíduos Sólidos Domésticos - Média das Três Classes (%)	89
5.5 - Caracterização de Resíduos Sólidos Domésticos no Destino Final - Classe "A" (%)	92
5.6 - Caracterização de Resíduos Sólidos Domésticos no Destino Final - Classe "B" (%)	92
5.7 - Caracterização de Resíduos Sólidos Domésticos no Destino Final - Classe "C" (%)	93
5.8 - Caracterização de Resíduos Sólidos Domésticos no Destino Final - Média das Três Classes (%)	93
5.9 - Modelo para o gerenciamento de resíduos sólidos domésticos de Bento Gonçalves - RS com base nos resultados obtidos no estudo da geração .....	97
5.10- Modelo atual de gerenciamento dos resíduos sólidos domésticos de Bento Gonçalves - RS com base nos resultados obtidos no estudo da caracterização no destino final.....	98
5.11- Modelo para o gerenciamento de resíduos sólidos no Município de Bento Gonçalves, fase emergencial com co-disposição com os resíduos industriais.....	99
5.12- Modelo de gerenciamento para os resíduos sólidos domésticos no Município de bento Gonçalves, expresso para uma fase transitória sem os resíduos industriais e com a implantação da coleta seletiva .....	100
8.1 - "Compostainer" .....	128
8.2 - Vista Geral da Cidade de Bento Gonçalves - Bairros Centro e São Francisco (Classe "A").....	129
8.3 - Vista Geral da Cidade de bento Gonçalves a Partir do Vale Onde se Encontra o Aterro.....	129
8.4 - Caminhão caçamba utilizado na a coleta dos resíduos para caracterização .....	130
8.5 - Lixeiras de entrega voluntária no Bairro Vila Nova II .....	130
8.6 - Containers utilizados no estudo da geração junto	

	<b>xiii</b>
ao domicílio.....	131
<b>8.7</b> - Caracterização dos resíduos no destino final - 1ª fase - preparação dos 4 primeiros montes para o quarteamento.....	131
<b>8.8</b> - Caracterização dos resíduos no destino final - Quarteamento - descarte vis-a-vis.....	132
<b>8.9</b> - Caracterização dos resíduos no destino final - amostra final .....	132

## LISTA DE TABELAS

4.1 - Critérios adotados na classificação das residências .....	72
4.2 - Classificação dos domicílios segundo os critérios de renda familiar e consumo energético .....	73
5.1 - Caracterização dos resíduos sólidos junto à fonte geradora (domicílio) .....	87
5.2 - Caracterização dos resíduos sólidos domésticos no destino final .....	91
5.3 - Caracterização da frota coletora .....	101
5.4 - Resultados obtidos durante o período de análise do sistema de coleta .....	102
5.5 - % final da caracterização em T/Semana .....	102
5.6 - Análise da eficiência da coleta diferenciada em relação à coleta atual para o período de 30 dias ..	103
8.1 - Registro da geração de resíduos sólidos domésticos na cidade de Bento Gonçalves - RS - Residência 1 - Classe "A" .....	121
8.2 - Registro da geração de resíduos sólidos domésticos na cidade de Bento Gonçalves - RS - Residência 2 - Classe "B" .....	122
8.3 - Registro da geração de resíduos sólidos domésticos na cidade de bento Gonçalves - RS - Residência 3 - Classe "C" .....	123
8.4 - Caracterização dos resíduos sólidos domésticos no destino final na cidade de Bento gonçalves -	



RS - Classe "A" .....	124
8.5 - Caracterização de resíduos sólidos domésticos no destino final na cidade de Bento Gonçalves - RS Classe "B" .....	125
8.6 - Caracterização de resíduos sólidos domésticos no destino final na cidade de Bento Gonçalves - RS Classe "C" .....	126
8.7 - Caracterização dos resíduos sólidos domésticos na destino final na cidade de Bento Gonçalves - RS Total das 3 classes .....	127
8.8 - Composição do lixo da Itália - 1974 .....	133
8.9 - Composição do lixo da cidade de São Paulo, dos EUA e da Europa Ocidental .....	133
8.10- Composição física do lixo urbano da cidade de Porto Alegre - RS 1981 .....	134
8.11- Composição física do lixo urbano da cidade de São carlos - SP, 1989 .....	134
8.12- Composição física do lixo urbano da cidade de Caxias do Sul - RS .....	135
8.13- Caracterizações físicas dos resíduos sólidos urbanos em São Paulo - SP em diferentes períodos	135

## 1. INTRODUÇÃO

É parte integrante da atividade humana diária o processo de geração de resíduos de natureza diversa, massa heterogênea e altamente entrópica, que se convencionou chamar "lixo".

A densidade populacional e o processo de industrialização, ambos crescentes e intermitentes, fortemente associados à esta matéria antropogênica, conferem-lhe, de certa forma, a característica de inesgotabilidade, contribuindo para o agravamento do problema nos centros urbanos.

O descarte diário e desorganizado de grandes volumes de resíduos, defronta-se por sua vez com a escassez de recursos técnicos e financeiros, o que constitui um fator limitante na tentativa de organizar a geração de resíduos. Estes, uma vez lançados diretamente ao solo, ao ar e aos recursos hídricos, levam a impactos ambientais resultantes da quebra do equilíbrio entre estes três elementos da biosfera reduzindo a cada dia a qualidade de vida do homem (LIMA, 1991a; ODUM, 1985).

Muitos são os fatores que influenciam a origem e formação dos resíduos urbanos. Dentre os mais significativos estão: o número de habitantes do local, os fatores culturais, e as atividades desenvolvidas pela população. A componente econômica, por sua vez é um dos fatores mais importantes sendo suas variações facilmente perceptíveis nos locais de tratamento e

disposição de resíduos (LIMA, 1991a).

Na medida em que os depósitos de resíduos assumem dimensões que fogem ao controle, faz-se necessária a utilização de métodos de tratamento e disposição que visem diminuir os impactos causados através da redução mássica e do controle de emissões líquidas e gasosas, restringindo desta forma a degradação ambiental (GANDOLLA, 1983).

A compactação da massa de lixo em aterros, aprimorados posteriormente com o caráter sanitário, incluindo-se a drenagem de gases e líquidos, a compostagem da matéria orgânica, os incineradores e mais recentemente as campanhas de coleta seletiva são exemplos de iniciativas na busca de soluções à problemática dos resíduos urbanos.

Os processos acima citados são quase todos voltados para o destino final, à exceção da coleta seletiva que tem por objetivo a conscientização para a problemática aliada a recuperação de energia e de matérias primas secundárias (MAGAGNI, 1978; REVISTA PROJETO RECICLAGEM, 1990)

A sistematização do processo através da segregação na fonte dos resíduos, em classes segundo seu potencial de tratabilidade, associado a uma coleta diferenciada pode levar a uma redução da entropia do processo ainda na fonte geradora facilitando em muito o tratamento e reduzindo assim a descarga ambiental (LIMA, 1992; GANDOLLA, 1983; MAGAGNI, 1978).

A discussão sobre os processos de produção é indispensável no sentido de se buscar diminuir gradativamente o índice de materiais de difícil, ou sem recuperação (descartáveis) em detrimento do aumento dos materiais recicláveis, ou recuperáveis para reuso ou reaproveitamento como matéria prima secundária na elaboração de novos produtos.

Sistemas integrados de tratamento e disposição final, que contemplem as tecnologias hoje existentes para a solução do

problema, respeitando a característica de heterogeneidade dos resíduos, devem ser pensados e aplicados mediante um sério planejamento que não deixe de atender ainda à problemática das áreas atualmente impactadas e, portanto, necessitando de recuperação, no sentido de se buscar soluções, senão definitivas, ao menos pelo maior prazo possível, enquanto outras novas tecnologias são estudadas. (LIMA, 1991b; GANDOLLA, 1983)

Uma ação concreta sobre os sistemas de coleta, tratamento e disposição final de resíduos, requer um profundo conhecimento da realidade que se busca sanar. Neste sentido, o diagnóstico é parte essencial na definição do modelo gerencial a ser adotado e aponta os rumos para o planejamento.

Estudos, particularmente no Brasil, que espelhem a realidade da geração de resíduos nas cidades, são poucos, geralmente, em sua maior parte, concentrados nos grandes centros, coincidentemente, aqueles onde o problema já fugiu ao controle.

Levando-se em conta que cada comunidade tem características sociais, culturais e econômicas próprias, os dados obtidos no diagnóstico de uma cidade poderão ser comparados aos de outras, desde que estas possuam características muito semelhantes. (GOMES, 1989)

O presente estudo objetiva promover uma discussão a partir da origem da problemática dos resíduos sólidos domésticos, o domicílio, no sentido de atentar para a organização desta fonte geradora como parte fundamental na solução dos problemas advindos de sua geração.

A organização da fonte geradora, tem por objetivo a redução da entropia do sistema a partir da segregação dos componentes da massa de resíduos segundo seu potencial de tratabilidade, redimensionando os sistemas de coleta, tratamento e disposição final. A coleta diferenciada e o sistema integrado de tratamento e disposição, no qual todas as tecnologias disponíveis são contempladas completam a proposta.

Este estudo, levado a efeito na cidade de Bento Gonçalves, Rio Grande do Sul, analisou a geração de resíduos internamente no domicílio, aqui tratado como fonte geradora, segundo seu potencial de tratabilidade, definido por três classes: Biodegradáveis, recicláveis e descartáveis. Objetivou-se, com isto, avaliar a possibilidade de sistematização da mesma, inserindo-a, desta forma, num contexto de sistema integrado, onde a fonte geradora assume papel primordial.

O estudo foi feito de forma pontual a nível de fonte geradora numa amostra de 3 domicílios, analisando-se a geração de resíduos internamente ao domicílio, e a nível de destino final em três bairros, analisando-se igualmente a geração dos mesmos através da sua caracterização pelo método de quarteamento, utilizado por GOMES (1989) e PESSIN (1991).

Os resultados finais de uma e outra análise (fonte geradora e destino final) foram comparados em suas médias finais, apresentando diferenças pouco significativas, explicáveis pela condução metodológica que confere diferentes características aos resíduos analisados.

## **2. OBJETIVOS**

### **2.1 - Objetivo Geral**

Desenvolver uma proposta de sistematização da fonte geradora de resíduos sólidos domésticos.

### **2.2 - Objetivos Específicos**

- Classificar os resíduos sólidos domésticos segundo seu potencial de tratabilidade
  
- Avaliar a geração de resíduos sólidos domésticos segundo seu potencial de tratabilidade
  
- Avaliar o processo de geração de resíduos sólidos domésticos em função das classes sociais

### 3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

#### 3.1. Das Relações Homem/Natureza na Problemática Ambiental

"O comportamento natural dos animais é estabelecido, certamente, por mecanismos de seleção natural em função das "necessidades" do ecossistema como um todo... Há porém uma espécie animal que desenvolve comportamentos por vezes totalmente incompatíveis com os ecossistemas, destruindo-os, porém, sem destruir-se. Essa espécie única - o homem - embora tenha sido originada pelos mesmos princípios da seleção natural, não mais se submete a ela, não pertencendo a qualquer ecossistema em particular (BRANCO, 1989). A interação do homem com seu ambiente, Segundo LEACH (1985) "é determinada pela escolha e intenção".

Desde o começo dos tempos, o homem vem interferindo no ambiente, Num primeiro momento movido por suas necessidades básicas de abrigo, proteção e alimentação. O homem "primitivo", à exemplo do que se pode observar ainda nos dias atuais nas tribos amazônicas, apesar de seus eventuais contatos com o homem "civilizado", mantém-se devido ao isolamento geográfico e cultural, em estreita harmonia com o seu ecossistema. As alterações por ele provocadas são significativamente menos

entrópicas, pouco diferindo das provocadas por alguns animais inferiores. (LEACH, 1985; BRANCO, 1989; CAMPOS, 1992)

Segundo LEACH (1985) "as modificações produzidas pela ação humana, intencionalmente ou não, são incomparavelmente mais drásticas do que as que resultam de qualquer outro tipo de comportamento animal. Sobre quase toda a superfície do globo, o espaço onde viveu o homem e os animais é hoje obra do homem, ou seja, tem a forma que tem por causa da ação humana, no passado remoto ou recente." Segundo o mesmo autor, o homem impõe modificações artificiais em seu ambiente por não estar vinculado àquilo que aconteceu antes. Nenhum outro animal pode possuir habilidades intencionais, inovadoras e criativas, alterando por novas combinações da experiência tecnológica e estética do passado, o ambiente em que vive.

Segundo DAJOZ(1979) "todas as nossas concepções econômicas e filosóficas estão ainda impregnadas da crença de que o homem é o senhor da natureza e que pode modificá-la impunemente". THOMAS (1988) atenta para as raízes teológicas deste pensamento.

O imperativo da sobrevivência aliado à racionalidade permitiu ao longo do tempo que o homem promovesse uma série de transformações no planeta. "O homem civilizado tomou nas mãos as rédeas da criação de tal forma que seu ambiente passou a evoluir não mais segundo as leis do acaso mas de forma dirigida... naturalmente para seu próprio benefício, em prejuízo de quaisquer outras espécies e do próprio equilíbrio natural dos ecossistemas ou da estabilidade dinâmica da natureza (Princípio de Malthus)" (BRANCO, 1991). Não se considerando mais vítima das limitações impostas pela natureza, à exemplo das demais espécies, passa a crescer populacionalmente em proporções incompatíveis com os recursos naturais ao ponto de a história das poluições e



alterações dos ritmos locais de eventos sazonais refletirem fielmente a história da ocupação do ambiente pelo homem e os progressos da sua tecnologia (CAMPOS, 1991c; RAMADE, 1979).

Já no Neolítico aparecem as primeiras causas da contaminação ambiental. A descoberta da agricultura, o habitat sedentário e a criação dos núcleos habitacionais com o conseqüente aumento da densidade populacional, ultrapassando as de qualquer outra espécie de mamíferos, contribuíram para o aumento das fontes poluidoras, muito embora limitadas em natureza e extensão.

A contaminação microbiológica das águas pelos efluentes domésticos e pela metalurgia primitiva com elementos tóxicos não-ferrosos como o cobre, são exemplos dos primórdios da poluição.

No curso da história, até o advento da Revolução Industrial no século XVIII, as poluições foram limitadas. O século XIX, no entanto, é marcado pela contaminação do ar, da água e dos solos, provocado pela grande indústria, tornando-se localmente preocupantes sobretudo nas imediações de instalações mineiras e dos grandes centros industriais superpovoados. (FELLEMBERG, 1980; RAMADE, 1979)

Nenhum problema, porém, até o fim da 2ª Guerra Mundial apresentou o caráter angustiante conferido atualmente pela tecnologia e o crescimento selvagem da indústria observado até a recente recessão. A poluição causada pelas tecnologias desenvolvidas nas 3 últimas décadas tem origem no lançamento no meio ambiente de substâncias ao mesmo tempo muito tóxicas e não biodegradáveis, quando não, indestrutíveis, e de compostos

inertes ou pouco reativos, em quantidade sempre crescentes, à exemplo das embalagens plásticas e outros materiais cuja única via é a descartabilidade. (RAMADE, 1979; BRANCO, 1991)

LAS CASAS (1990), apresenta as bases epistemológicas da questão ambiental e questiona o choque entre as ideologias do movimento ambiental e as do capitalismo econômico.

"Segundo RAMADE (1979), a imensa maioria dos dados próprios à civilização industrial provém do fato de ter sido perturbado o fluxo natural de energia e rompido o ciclo da matéria com a produção de quantidades sempre crescentes de resíduos não biodegradáveis e portanto não recicláveis".

O desperdício característico dos países industrializados, cujas atuais estruturas sociais incitam à frequente renovação dos bens de consumo, concorre para aumentar o descarte em escala cada vez maior de produtos com os quais a natureza não tem condições de interagir reincorporando-os ao ciclo da matéria. O desgaste incorporado desde a cadeia de fabricação, a supressão precoce e frequente dos modelos comercializados, obriga o consumidor, mesmo tentando resistir ao "mass media,"<sup>[1]</sup> à renovação dos bens de consumo.

O volume de resíduos descartados diariamente é aumentado permanentemente pela obsolescência dos bens de consumo levando a um grande consumo de energia e matérias primas, o que a longo prazo, fatalmente, a não ser que se ponha fim ao esbanjamento no

1 Expressão inglesa para os meios de comunicação que atingem e influenciam grande número de pessoas à exemplo de jornais, revistas, rádio e TV.

de base para atividades industriais e agrícolas. Isto aliado a outros fatores de natureza socio-econômica à exemplo da urbanização acelerada e a industrialização anárquica, fatores por demais preocupantes, agravam sobremaneira o quadro já caótico de poluição ambiental. Segundo RAMADE, (1979) Na França, 80% da população vive atualmente nas cidades. Nos EUA, o índice de poluição per-capita aumentou entre 1946 a 1970 em 1000%, enquanto a população cresceu 46% no mesmo período.

Na evolução cultural humana, o processo de transformação pelo qual passam as matérias primas extraídas da natureza pela industrialização, torna-se a cada dia mais complexo pelo avanço da tecnologia, onde muitas transformações são irreversíveis. Isto aliado a estrutura consumista do sistema social vigente leva à geração continuada e crescente de resíduos (lixo) descartáveis exigindo uma política séria e estruturada sobre a problemática da origem e do destino final destes resíduos. (LAS CASAS, 1990)

Para BRANCO (1989), dois são os pontos centrais do problema das ações antrópicas: a rapidez e a falta de diretriz explícita. O ser humano com toda sua consciência e capacidade de projetar não elaborou entretanto a sua meta, a sua diretriz em relação à natureza: não foi capaz ainda de propor um projeto a longo prazo. Anulou a vontade da natureza e não definiu o objeto de sua própria vontade. Essa definição é vital para uma reconciliação do homem com a natureza, da qual depende o equacionamento de um reequilíbrio dinâmico que permita a sobrevivência do planeta.

### **3.2. Lixo: Matéria Antropogênica**

Comumente, o lixo é definido como tudo aquilo que não tem mais utilidade e que se joga fora. Se considerarmos o "sentimento" humano em relação ao lixo, este é algo do qual queremos nos desfazer rapidamente, e, que deva ser lançado o mais longe possível de nossa visão e olfato.

Ao falarmos a palavra lixo, vêm-nos à mente a imagem de algo sujo, mal-cheiroso, desagradável e que instintivamente queremos afastar.

Aurélio Buarque Ferreira de Holanda, no Novo Dicionário da Língua Portuguesa (1986), define exatamente nestes termos a palavra "lixo": "aquilo que se varre da casa, do jardim, da rua, e se joga fora; Entulho. Tudo que não presta e se joga fora. Sujidade, sujeira, imundície. Coisa ou coisas inúteis, velhas, sem valor. Ralé." Esta, obra, tem indiscutível aceitação e popularidade. Convém lembrar, que expressa um conceito de palavra, ou o significado desta num contexto cultural e portanto tende a se tornar obsoleto ao longo do tempo. Os conceitos podem sofrer mudanças ao longo do tempo na medida em que ocorrem "mudanças de paradigmas".

Neste contexto, é mister que se contextualize o lixo enquanto fator cultural, visto como algo sujo, desagradável e marginal buscando uma nova imagem, centrada nos conceitos de matéria e energia onde o lixo aparece como matéria "entropizada", desorganizada disposta no lugar e momento errados. Torna-se necessário, para mudar estes estigmas uma conscientização geral, no sentido de "limpar o lixo", conferindo-lhe os reais valores, perdidos enquanto energia desperdiçada, fora do sistema, ou seja, entropia. Trata-se exatamente de atribuir-lhe uma "identidade".

Segundo SILVA (1993), o lixo também pode assumir uma conotação de significação ideológica na medida em que estabelecer o que se deve "jogar fora", separar, excluir, o que "não presta". Contém uma racionalidade construída pelo imaginário social. RODRIGUES (1992) apud SILVEIRA (1993) diz que "a angústia do lixo não é apenas uma sensata e compreensível vontade de bem estar. Não é mais uma simples aversão aos produtos orgânicos e aos processos naturais. Seu entendimento é muito mais complexo, pois a civilização industrial precisa semioticamente do lixo que detesta: somente por oposição a este poder-se-á identificar e atribuir sentido à lógica funcional e utilitarista que preside sua estruturação. Aparentemente, esta sociedade se dedica a produzir aquilo que não é lixo, pois este é entendido como tudo aquilo que passa a não mais servir, como tudo o que não mais funciona".

Sob uma outra ótica, o lixo representa todo e qualquer resíduo proveniente das atividades diárias do homem em sociedade, e que só e exclusivamente é por ele produzido, por isto mesmo, dito matéria antropogênica.

Importa salientar, no entanto, sob este aspecto que todos os seres vivos geram durante sua existência, naturalmente, algum tipo de resíduo, todos porém, de origem orgânica. Não foi diferente com o homem primitivo, ou o é com o silvícola atual, cujos resíduos advinham de atividades metabólicas e outros advindos de suas necessidades básicas de alimentação, abrigo e proteção.

A caracterização do lixo como algo inerente à espécie humana, traz consigo a caminhada humana pelas sendas da evolução, associada é claro, à qualidade que o distingue dos outros seres

associada é claro, à qualidade que o distingue dos outros seres vivos: seu potencial racional. O telencéfalo altamente desenvolvido, deu ao ser humano a capacidade de promover um sem número de modificações em seu planeta,<sup>[2]</sup> entre eles a geração de artefatos cada vez mais complexos. A cada dia a técnica lança no mercado produtos que irão "alimentar" a sociedade de consumo à qual poderíamos perfeitamente chamar de "sociedade de descarte".

O homem aplica a inteligência para transformar artificialmente a matéria, especializando-se na geração cada vez mais complexa de instrumentos e produtos, fruto de sua inventividade. Como resultado das atividades diárias do homem na sociedade, resíduos são descartados no ambiente a todo momento. Tudo muito natural enquanto comportamento instintivo: os animais e os silvícolas também agem assim, o que não lhes serve é descartado (atuam inclusive como importantes disseminadores de sementes de espécies vegetais). A diferença fundamental está na natureza destes resíduos. Descartar instintivamente no meio restos de origem orgânica, tem por trás uma consciência natural de que se estaria devolvendo à natureza o que por empréstimo lhe foi tomado e que esta os degradará num curto espaço de tempo. O mesmo não ocorre porém, quando andando na rua ou em locais públicos, descarta-se copos, papéis, cigarros e outros congêneres.

Este mesmo comportamento continua latente no gesto. O que muda, no entanto, é a natureza do material que não é natural e sim artificial, e o meio em que está inserido o homem moderno.

2 O Curta Metragem Ilha das Flores, premiado no Festival de Cinema de Gramado é das mais bem elaboradas críticas relativamente ao comportamento humano frente à natureza, melhor expresso ainda em relação ao lixo e às questões sociais a ele inerentes

por um processo tecnológico irreversível, pelo menos no que tange à dimensão tempo da espécie humana. Somente uma outra tecnologia poderá reincorporar ao ciclo natural o seu próprio fruto (não sem contudo dispender ainda mais energia). A natureza tem capacidade de transformar a matéria orgânica, remineralizando-a ao longo de um tempo variável, na razão direta da complexidade das estruturas orgânicas (madeiras, ossos, sofrem um processo mais lento).

Na medida em que o homem se organiza em sociedade, em cidades, em centros urbanos, o descarte instintivo torna-se um problema sensível aos sentidos de visão e olfato pelo acúmulo de dejetos próximos a si.

Nasce aqui um outro tipo de comportamento - a necessidade de organizar o meio "próximo". Os resíduos, resultantes da atividade humana na forma de alimentação, proteção, abrigo e conforto são acondicionados em recipientes: os "sacos de lixo". Uma vez tendo limpo e organizado seu espaço próximo (a residência) e acondicionado os resíduos resultantes deste processo, embalados em sacos, são dispostos fora dos limites deste espaço: a rua. Especial ênfase a este comportamento é dado por DA MATTA (1987).

A partir deste momento, uma outra instância nascida da necessidade de "limpar" o meio, organiza-se no sentido de recolher estes sacos e dispô-los fora dos limites do espaço maior, da comunidade. Surgem os sistemas de coleta e disposição final dos resíduos.

A problemática do lixo instala-se então nos centros urbanos, uma vez que aquele é inesgotável, por ter sua origem e formação ligada a inúmeros fatores inerentes ao processo de socialização

humana. Os principais são basicamente dois: o aumento populacional e a intensidade da industrialização, com fortes interações entre si, verificadas ao longo do tempo.

Em se tratando de um sistema de base essencialmente cultural, e por conseguinte de origem antropogênica, os valores a serem considerados e preservados em qualquer tentativa ou projeto de mudança deste é predominantemente de ordem ética.

### 3.3. O Processo de Geração de Resíduos

Os fatores mais importantes relativamente aos processos de origem e formação do lixo são basicamente dois: o aumento populacional e a intensidade da industrialização. Estes fatores, ao longo do tempo apresentam fortes interações entre si. O aumento populacional exige um incremento maior na produção de alimentos e bens de consumo direto. Para atender esta demanda, o homem transforma cada vez mais matérias primas em produtos acabados, com a consequente geração de maiores quantidades de resíduos que ao serem dispostos inadequadamente comprometem o meio ambiente constituindo-se assim, o processo de industrialização num dos principais fatores associados à origem e produção do lixo. (LIMA, 1991)

MEADOWS et alii (1972), analisa o crescimento no sistema mundial, apresentando um processamento-padrão do modelo mundial onde se supõe que não haja alterações importantes nas relações físicas, econômicas ou sociais que historicamente tem regido o desenvolvimento do sistema mundial de 1900 a 1970. (Fig.1)



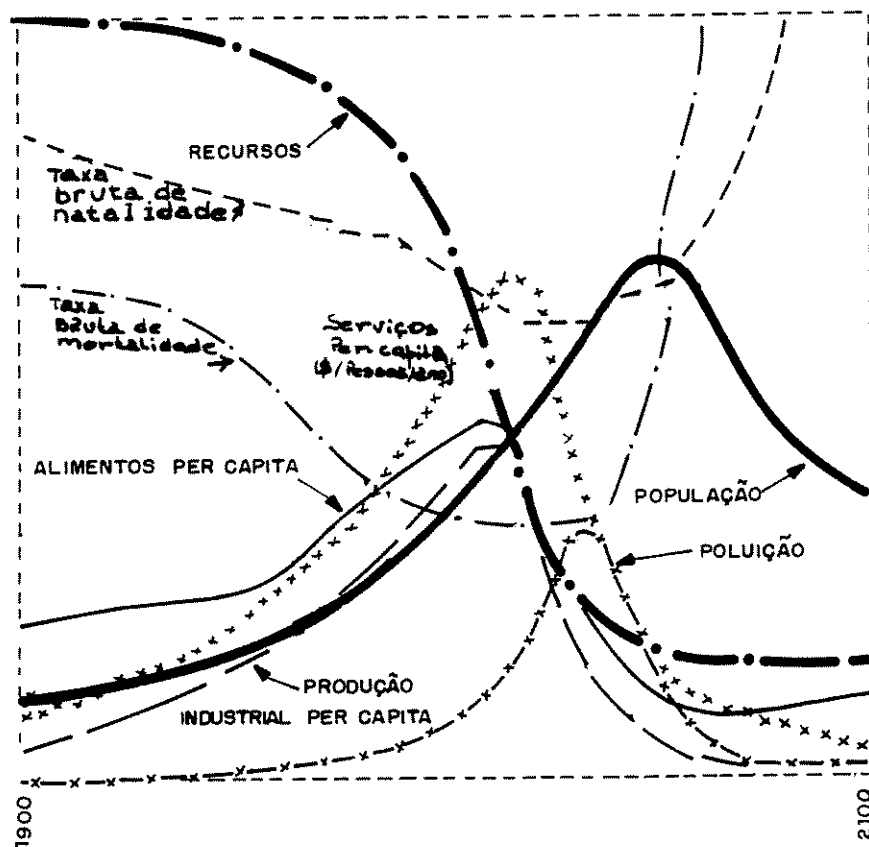


Fig. 3.1 - Processamento-Padrão do Modelo Mundial segundo MEADOWS et alii (1972)

Se levarmos em conta que a população mundial deverá duplicar nos próximos vinte ou trinta anos, e considerarmos a expansão automática da industrialização, a geração de resíduos deverá crescer em igual ou maior proporção trazendo consigo, se nenhuma medida for tomada a respeito, a inevitável degradação da

biosfera em detrimento da qualidade de vida no planeta.

Muitos são os fatores que influenciam na origem e formação do lixo no meio urbano. LIMA (1991), destaca entre eles:

- número de habitantes do local;
- área relativa à produção;
- variações sazonais;
- condições climáticas;
- hábitos e costumes da população;
- nível educacional;
- poder aquisitivo;
- disciplina e controle dos pontos produtores;
- leis e regulamentações específicas.

O mesmo autor ressalta a componente econômica como um dos fatores mais importantes, pois as variações na economia de um sistema são sentidas imediatamente nos locais de tratamento e disposição do lixo. Chama a atenção ainda para as migrações periódicas nas férias de verão e inverno como fator igualmente responsável pelas variações na quantidade e qualidade do lixo, citando como exemplo o que ocorre no Litoral Paulista em que a quantidade de lixo chega a dobrar obrigando a reforçar o sistema de coleta nestes períodos.

Os fatores secundários que influem na formação e caracterização do lixo segundo o autor, são:

- Teor de umidade: representa a quantidade de água contida na massa do lixo. Este fator é fundamentalmente importante no que tange a escolha do sistema de tratamento e aquisição de equipamentos de coleta, à exemplo de sistemas que visem a recuperação de energia, onde este fator influencia notavelmente sobre o poder calorífico dos resíduos. O mesmo ocorre com os

processos biológicos, onde a umidade atua na velocidade de decomposição dos materiais biodegradáveis. O teor de umidade do lixo está relacionado diretamente com as condições climáticas, variável de um lugar para outro, sendo que no Brasil a média do teor de umidade do lixo domiciliar é de 60%. (LIMA, 1991)

- Peso específico: representa a relação entre o peso e o volume ( $\text{kgf/m}^3$ ), influenciando igualmente na escolha dos sistemas de coleta e tratamento permitindo a determinação da capacidade volumétrica dos meios de coleta, tratamento e destino final do lixo. Este fator é variável nas diversas regiões do mundo com estreita relação com os hábitos e costumes das populações. (LIMA, 1991)

- Teor de matéria orgânica: quantidade em peso seco da matéria orgânica contida na massa do lixo. O teor de matéria orgânica representa a maior fração em peso nos países em desenvolvimento e pode variar com o tempo em função de alguns fatores como a densidade de microrganismos decompositores, o que define a magnitude do problema de poluição gerado, a DBO (Demanda Bioquímica de Oxigênio), quantidade de oxigênio requerida para a estabilização da massa orgânica pela ação biológica aeróbia, e a relação C:N (carbono:nitrogênio), que indica a capacidade dos resíduos em decomposição em se constituírem em compostos orgânicos bio-estabilizados e mais resistentes as espécies consumidoras. (LIMA, 1991)

### 3.3.1. Inesgotabilidade e Marginalidade

Considerando as tendências futuras dos fatores que influem

na origem e produção do lixo, podemos afirmar que o lixo urbano é inesgotável em vista de sua origem. (LIMA, 1992)

O lixo caracteriza-se como um processo marginal, a partir do momento em que não tem uma identidade. Não se enquadra no universo cartesiano. Não encontra espaço próximo ao elemento gerador onde possa ser disposto, sem contudo ficar excluído de todas as outras atividades inerentes à existência humana. A identidade do lixo mescla-se com a fonte geradora, identificando-se com quem o gerou.

Neste contexto, algumas questões tomam corpo no sentido de se resgatar a identidade do lixo:

- Onde está no planejamento da residência o espaço destinado ao lixo?
- Quem consegue manter próximo a si por mais de 2 ou 3 dias o lixo de sua residência?

Le Corbusier, quando dimensionou um espaço para outros tipos de resíduos humanos, o banheiro, trazendo-o para dentro das residências, falhou em não incluir igualmente ao projeto de construção civil o espaço destinado aos resíduos sólidos (Lima, 1992). Assim, o lixo, por não ter identidade, não tem um espaço próprio e torna-se marginal às atividades diárias da residência, num primeiro momento. Num segundo momento, suas características visuais e odoríficas despertam no elemento gerador a necessidade de urgência em descartá-lo.

A partir deste momento, a marginalidade é deflagrada de outras formas. O mesmo elemento gerador, consciente de que como cidadão é responsável pelo bem comum, paga seus impostos para que o poder público que o representa aplique em educação, saúde, obras, saneamento básico, etc...A marginalidade continua no

sentido que o mesmo comportamento apresentado pelo indivíduo, pelo grupo na residência, se manifesta igualmente nesta instância. O tratamento dado ao lixo, geralmente, caracteriza-se pela coleta regular, ou seja afastar rapidamente das ruas e calçadas o lixo e a dispô-lo em locais onde possa livremente cheirar mal e atrair vetores, quando não outros seres humanos, constituindo-se os lixões.

Segundo DAJOZ (1979), "a poluição aumenta não somente pelo fato de que o espaço para cada indivíduo se reduz à medida que as populações crescem mas também porque a demanda individual cresce continuamente, a tal ponto que cada um de nós tem mais restos e resíduos a deitar fora. Mas, à proporção que aumenta a densidade da população, tornam-se cada vez mais raros os locais onde se possa jogar fora qualquer coisa. O lixo de cada um começa a invadir o espaço vital do vizinho."

Dentro deste contexto caracteriza-se a inesgotabilidade do lixo pois os processos a que está associado o processo de geração são, ao menos neste momento, igualmente crescentes, desordenados e ininterruptos. Não há como conter num curto espaço de tempo o avanço da densidade demográfica, do processo de industrialização e da tecnologia. Sendo assim, teremos que conviver por muito tempo ainda com o aumento a cada instante da massa de resíduos quer quantitativamente, quer qualitativamente.

Exemplificando o exposto acima, a figura 2 mostra o desenvolvimento do lixo doméstico e da população em Munique Alemanha, onde a quantidade de lixo doméstico aumentou 5 vezes durante os últimos 30 anos, sendo que cada cidadão produz hoje o dobro do lixo de 1970, evidenciando que os atuais depósitos e a incineração, futuramente não poderão mais resolver o problema do

incineração, futuramente não poderão mais resolver o problema do lixo neste país. (INSTITUT FÜR VERKERS- UND INFRASTRUKTURFORSCHUNG, 1990)

O lixo é inesgotável na medida que é também inesgotável a capacidade do ser humano de crescer, quer numericamente, quer em conhecimentos e inventividade, gerando a cada dia novos produtos. Promovendo sempre novas transformações nas matérias primas e gerando necessidades cada vez maiores de conforto e bem estar, e por consequência, mais lixo. O conceito de inesgotabilidade do lixo, nasce das considerações sobre as tendências futuras destes fatores que por outra não nos deixa muitas opções, segundo Lima (1991), em relação ao lixo: ou o tratamos, ou vivemos com ele até o dia em que nos for possível, uma vez que, a persistirem as tendências atuais, em breve o lixo será um competidor em grande escala com os seres vivos por espaço físico.

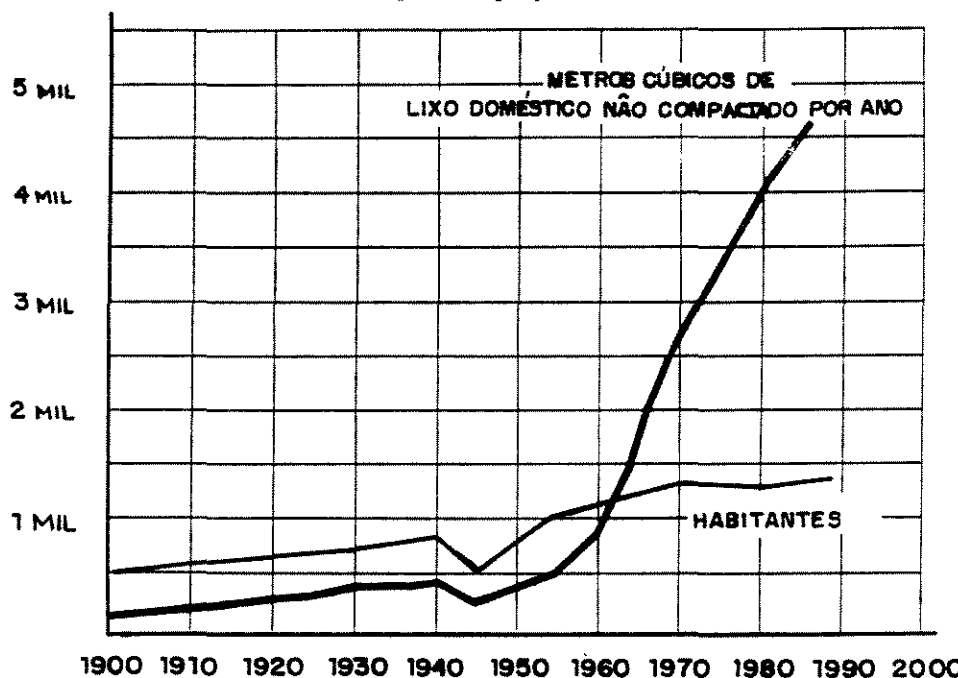


Fig. 3.2 - Desenvolvimento do lixo doméstico e da População em Munique-Alemanha (INSTITUT FÜR VERKERS-UND INFRASTRUKTURFORSCHUNG, 1990)

### 3.3.2. Energia, Entropia e Irreversibilidade

Já no século IV antes de Cristo, Empédocles e Aristóteles afirmava não existir nascimento para qualquer coisa, mas apenas mistura e troca dos elementos da mistura, dando início desta forma às bases da lei da conservação da matéria e da conservação da energia. Segundo estes conceitos, não se pode criar algo do nada da mesma forma que não se reduz a nada algo existente. BRANCO (1989), discorrendo sobre o paradoxo termodinâmico diz que "o desenvolvimento da termodinâmica, essencial à mecanização dos sistemas de produção, com o uso da máquina à vapor e, mais tarde, dos motores à explosão, veio a demonstrar que a energia - tal como a massa - também se conserva: é incriada e indissolúvel... a energia pode sofrer transformações porém nunca se aniquila." Isto no que se refere à primeira lei da termodinâmica.

A segunda lei da termodinâmica por outro lado traz um outro fator ao princípio da conservação, estabelecendo que, nas transformações térmicas, a energia sofre um processo de degradação qualitativa, irreversível e perfeitamente mensurável que torna impossível a sua reutilização na produção de trabalho mecânico. Esta perda de capacidade de gerar trabalho, proporcional a cada quantidade de energia utilizada, foi denominada por Classius em 1865 de Entropia. Ou seja, um aumento na entropia significa um decréscimo na energia disponível (RIFKIN, 1981)

Segundo este princípio, genericamente, toda vez que se passa

de um estado organizado, para um estado desorganizado ou caótico, há geração de entropia, no sentido de que a energia dispersada resultante desta transformação não mais poderá ser usada para recompor a ordem pré-existente.

Este tema suscita inúmeras especulações na atualidade, levando vários cientistas a se dedicar à entropia e suas interessantes consequências. Neste sentido, segundo BRANCO (1989) procura-se descobrir meios de reduzir a entropia, através da organização, o que constitui-se a base de importantes conceitos modernos, como o da informática, da cibernética ou da teoria dos sistemas. Esta busca obter a ordem a partir da desordem, num processo de neguentropia, substituindo ou compensando parte da entropia, ou seja, a ordem gerando novas propriedades para o todo.

O mesmo autor diz que a informação é o que transforma uma situação caótica em uma estrutura organizada, agindo contrariamente à entropia, ou seja, a informação acumulada é neguentropia. Rompendo-se as conexões estruturais e ou funcionais de um ecossistema pela dissociação dos elementos que o constituem ocorre uma perda de informação, representada pela geração de entropia, o mesmo ocorrendo na simples inutilização de um objeto ou utensílio considerado como descartável. Todo produto elaborado adquire valor durante o processo de industrialização. "O processamento incorpora informação, uma forma de energia potencial que o torna útil" (BRANCO, 1989). O valor introduzido no objeto é resultante de trabalho, de aplicação de uma soma de energia que será tanto mais usufruída quanto mais longa for a existência deste objeto. No momento em que for descartado, perde-se todo o seu conteúdo de informação e por conseguinte o seu valor. Gera-se uma quantidade correspondente de entropia de vez que esta energia que já produziu trabalho e informação não mais poderá ser usada na elaboração de outro objeto.



Neste sentido, pode-se perceber a grande quantidade de energia que é dissipada de forma irreversível, na elaboração de objetos descartáveis: um simples copo de vidro grosseiro pode ser usado repetidas vezes, durante alguns anos, enquanto que um copo de plástico, para cuja fabricação foi consumida a mesma (senão maior) soma de energia é usado uma só vez, sendo em seguida queimado ou desintegrado, restituindo-se a energia em forma não utilizável. Entende-se também a conveniência da reciclagem de produtos. Os resíduos finais de toda atividade humana, a que denominamos lixo (resíduos sólidos) ou esgotos (líquidos) contém na verdade significativas quantidades de energia potencial, na forma de compostos orgânicos, informação, calor, nutrientes. "Já se tem dito que a poluição consiste na colocação de energia e matéria no lugar errado." (BRANCO, 1989).

Há fenômenos naturais que são irreversíveis. Há leis físicas, como a do acréscimo inexorável da entropia, conseqüente à segunda lei da termodinâmica que não podem ser revogadas. A entropia pode ser denominada impacto ambiental, degradação do ambiente, esgotamento dos recursos naturais ou outra denominação que se lhe queira atribuir, porém segundo Branco (1989), é "incontestável, irrevogável e dificilmente conversível"

"O fluxo irreversível que atravessa o sistema econômico (...) circula na forma de bens, de serviços e de trabalho, e sai na forma de calor irrecuperável e de resíduos não reciclados; em outras palavras em forma de entropia." (DE ROSNAY, 1975)

Nenhum processo que implique em transformação de energia, ocorrerá espontaneamente, sem que haja uma degradação da energia da forma mais concentrada para uma forma mais dispersa, uma vez

que parte da energia sempre se dispersa na forma de energia térmica. A entropia é a medida da energia não disponível que resulta das transformações. é o índice geral de desordem associado com a degradação da energia.

Os organismos, os ecossistemas e a biosfera inteira possuem a característica termodinâmica essencial: conseguem manter um alto grau de ordem interna ou uma condição de baixa entropia. A vida é dita um princípio neguentrópico.

Os ecossistemas e os organismos são sistemas termodinâmicos abertos, fora do ponto de equilíbrio, trocando continuamente matéria e energia com o ambiente para diminuir a entropia interna, à medida que aumenta a entropia externa, obedecendo assim às Leis da Termodinâmica. Nenhuma inovação tecnológica poderia violar esta lei.

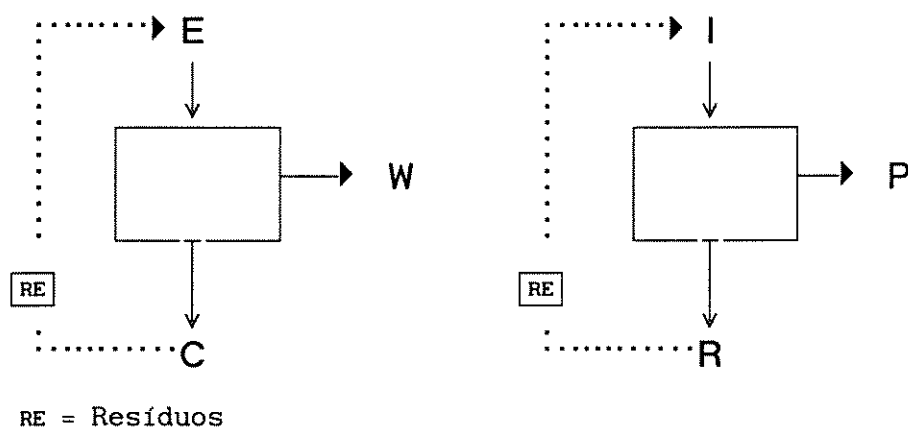
Entropia, no sentido técnico refere-se à energia. porém seu sentido mais amplo refere-se à degradação de materiais. No processo de industrialização, por exemplo, um produto de baixa entropia (ou recém fabricado) tem uma alta utilidade. Com o aumento da entropia, (carroceria enferrujada, descartada) a utilidade baixa. (ODUM, 1985)

Uma civilização altamente entrópica, caracteriza-se pela energia degradada, maquinaria enferrujada, encanamentos podres, solos erodidos, "lixo". "O conserto contínuo é um dos custos das civilizações de alta entropia", segundo ODUM (1985).

A redução da geração de entropia, como condição essencial ao prolongamento do processo econômico que move o ecossistema humano, poderia ser obtida, segundo BRANCO (1989), pela redução da

quantidade de energia e de matéria necessárias à produção dos objetos em circulação, sem necessariamente, a racionalização do trabalho, em que se substitui o trabalho humano por máquinas; pelo aumento da vida útil dos objetos; reciclagem dos resíduos de atividades domésticas, agrícolas e industriais gerando combustíveis, adubos e matérias-primas para outras atividades industriais, o que constitui uma das principais maneiras de poupar materiais esgotáveis; reduzir gastos energéticos com sua extração a partir de minérios de baixo teor e locais pouco acessíveis; economizar energia; obter maior produtividade dos solos entre outros.

Segundo SILVEIRA (1993), sempre há geração de rejeitos nos sistemas produtivos. Neste contexto, segundo o mesmo autor, os insumos fornecidos não podem ser completamente transformados em produtos, havendo uma parcela que se perde sob a forma de resíduos e apresenta esquematicamente a segunda lei da termodinâmica aplicada aos sistemas produtivos (Fig. 3.3)



**Fig. 3.3** - Segunda Lei da Termodinâmica aplicada aos sistemas produtivos (Adaptado de SILVEIRA, 1993)

SILVEIRA (1993), associa a Figura 3.3 às equações matemáticas abaixo:

$$\begin{array}{ll}
 E = W + C & \text{onde } E - \text{Energia} \cong I - \text{Insumos} \\
 \cong \cong \cong & W - \text{Trabalho} \cong P - \text{Produtos} \\
 I = P + R & C - \text{Calor} \cong R - \text{Rejeitos}
 \end{array}$$

Nos sistemas naturais, segundo o autor, **C** e **R** tendem a zero, e transformados em **E** e **I**, uma vez que a eficiência de aproveitamento é máxima e os descartes são de alguma maneira, em algum nível resgatados e reaproveitados, nascendo daqui os princípios de "descarga zero" (onde todos os insumos fornecidos serão aproveitados e transformados em produtos) e "retroalimentação" (onde os rejeitos são captados e reintroduzidos nas diversas unidades produtivas).

ANDERSON (1980) apresenta a escalada humana em termos de demanda energética em Megajoules (Fig. 3.4). Se interpretarmos este incremento sucessivo de energia para as atividades humanas à luz da geração de entropia, torna-se facilmente observável, igualmente, a tendência entrópica dos processos evolutivos humanos.

O "Programa de Lixo" do INSTITUT FÜR VERKEHRS-UND INFRASTRUKTURFORSCHUNG de Munique, Alemanha (1990), reporta-se à questão da "Economia do Lixo". O programa aponta os processos

econômicos como sendo em sua maioria lineares, quase que exclusivamente baseados e direcionados à produção e ao consumo.

(Fig. 3.5)

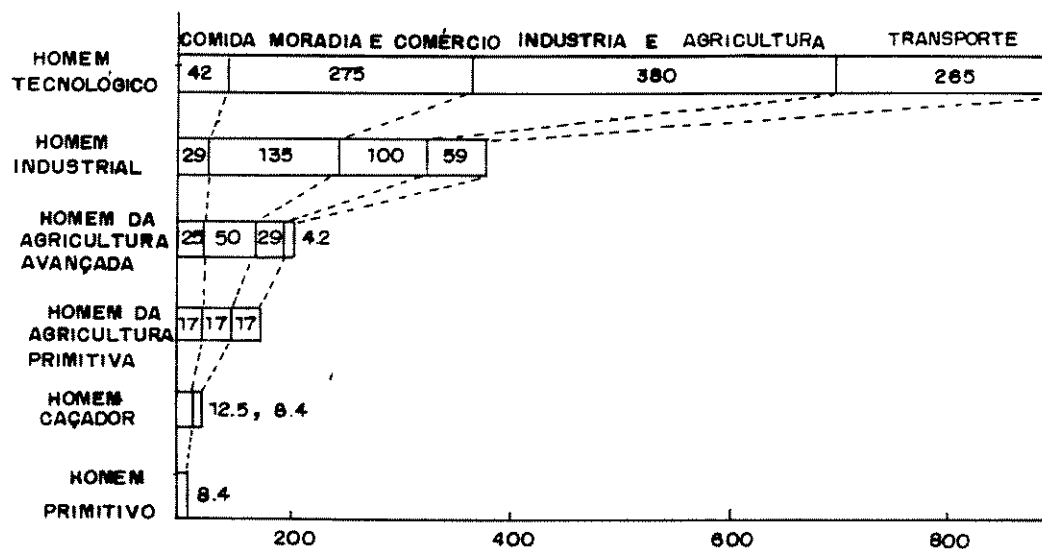
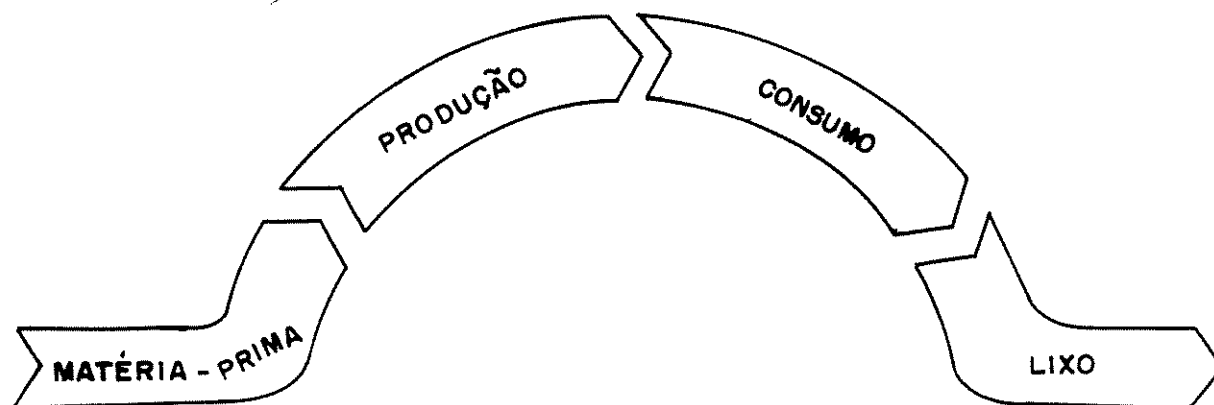


Fig. 3.4 - Consumo Energético Per-capita Diário em Megajoules da Espécie Humana em Seus Diferentes Estágios



**Fig. 3.5** - Representação da Linearidade dos Processos Econômicos  
(INSTITUT FÜR VERKERS-UND INFRASTRUKTURFORSCHUNG  
MUNIQUE, 1990)

Segundo os planejadores alemães, grandes quantidades de matérias primas não renováveis estão sendo transformadas em gigantescas montanhas de lixo, tendo como consequência, a exaustão de preciosas reservas de recursos e a dificuldade cada vez maior para o tratamento do lixo.

A meta segundo este programa, deve ser uma economia circular onde os bens após o consumo poderão ser em grande parte reaproveitados no processo produtivo. Para tanto é preciso que se faça a passagem do tratamento para a "economia do lixo" cujo papel é o de completar o círculo do setor de consumo até o da produção, conforme ilustra a figura 5. Esta proposta está fundamentada em evitar a geração, economizando-se desta forma a matéria prima e reduzindo a formação de lixo. A reciclagem de bens já gastos, não permite a perda total da matéria prima, que

uma vez reaproveitada permite uma redução do consumo de recursos naturais (Fig. 3.6).

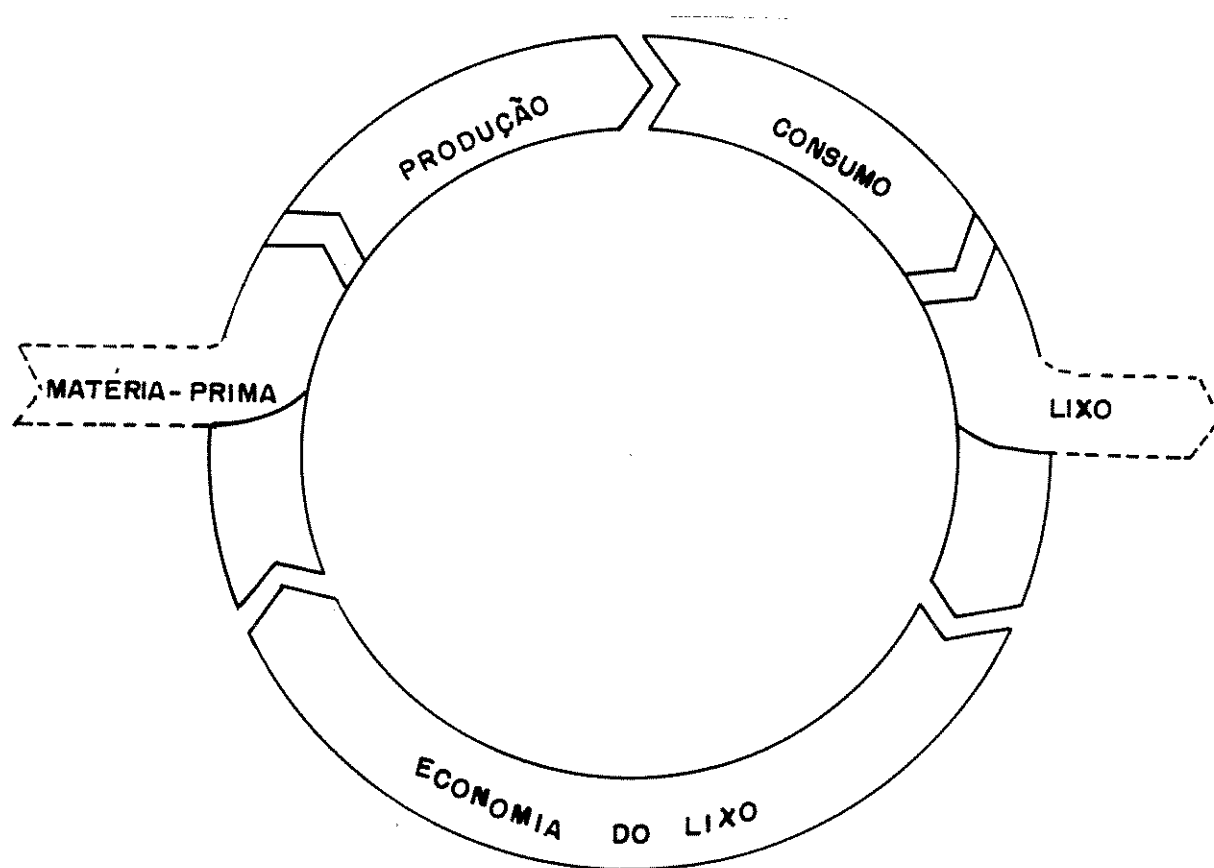


Fig. 3.6 - Ciclo do Setor de Consumo até o da Produção (INSTITUT FÜR VERKEHRS-UND INFRASTRUKTURINGSCHUNG, MÜNCHEN, 1990)

### 3.3.3. Biodegradabilidade

Matéria dita biodegradável é toda aquela passível da ação de seres vivos para se decompor. Este é um processo natural e obrigatório sem o qual os seres vivos se depositariam pela morte permanecendo intactos ao longo dos milênios, com fortes e drásticas interferências no ciclo da matéria. Os componentes de cada ser vivo são tomados "por empréstimo" para manutenção de suas atividades durante seu ciclo vital. Findo este, a matéria precisa ser devolvida para que os ciclos biogeoquímicos tenham continuidade. Por este aspecto podemos dizer que toda matéria orgânica é reciclável por uma via natural.

CROALL & RANKIN (1987), apresentam esquematicamente o ciclo da matéria orgânica na cultura humana sob o título "reciclagem" (Fig. 3.7).

Os microorganismos (decompositores) atuam como verdadeiras "usinas de reciclagem". Fato porém, é que esta matéria toda, sofreu uma transformação (mineral-vegetal-animal) num determinado ponto do sistema, retirando deste a matéria prima e a longo prazo exaurindo alguns destes pontos. O retorno natural que se dá pela morte e decomposição dos seres vivos, deixa de ocorrer na cultura humana, pois há um desvio destes materiais para as cercanias dos aglomerados urbanos, onde vem a se constituir um problema: a grande quantidade de matéria orgânica a ser depositada (áreas) e decomposta e as emissões líquidas e gasosas decorrentes do processo.

No lixo doméstico o maior contingente de resíduos gerados é de origem orgânica, sofrendo uma variação em termos



quali-quantitativos de uma região a outra do globo em função das características sócio-culturais das comunidades. Entre os silvícolas que se mantêm isolados geograficamente da civilização, o lixo é essencialmente orgânico, assim como o era entre as civilizações primitivas. Com o advento da tecnologia, o lixo foi crescendo em complexidade e heterogeneidade, chegando ao ponto de em alguns centros desenvolvidos o contingente de matéria orgânica presente na massa do lixo não ultrapassar a marca dos 30%. Segundo CROALL & RANKIN (1981), "Até a época em que o capitalismo instaurou a sociedade industrial, 80% dos materiais usados pela humanidade vinham do reino animal e vegetal e 20% do reino mineral.

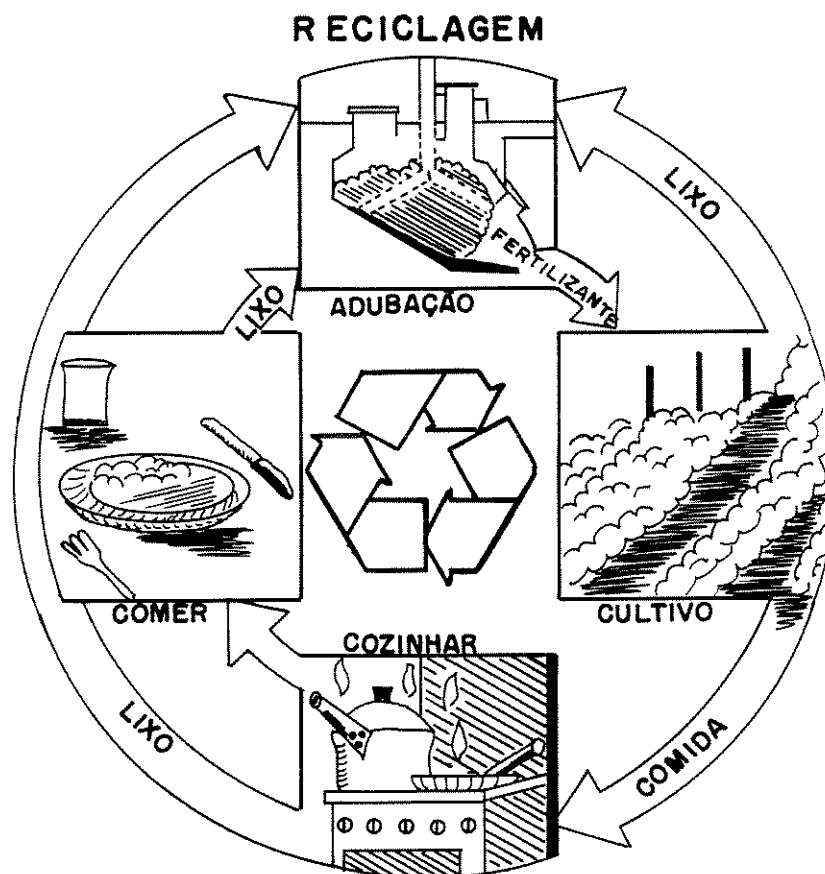


Fig. 3.7 - A "reciclagem" segundo CROALL & RANKIN (1987)

Do ponto de vista da tratabilidade isto implica seriamente na definição dos processos a serem adotados para coleta, tratamento e destino final dos resíduos urbanos. O processo natural pelo qual poderia ser tratada a matéria orgânica, por exemplo, é a compostagem, desde que estes resíduos tenham passado por um processo de segregação prévio. Comumente o que acontece é que a massa de resíduos vem impregnada de toda sorte de materiais das mais diversas origens e composição que tornam o composto orgânico oriundo do tratamento pela compostagem de má qualidade quando não contaminado biológica ou quimicamente.

Na maior parte dos casos os métodos aplicados no tratamento destes resíduos, com vistas à dissipação da energia neles contida são por processos mecânicos, com gasto adicional de energia elétrica, o que caracteriza uma operação industrial que não gera valor, mas que o degrada. Mais razoável seria a separação dos resíduos segundo seus respectivos conteúdos de informação e de energia. Mais lógico seria a utilização da matéria orgânica como fonte de energia através de sistemas anaeróbios de tratamento ou a bioestabilização destes resíduos por via aeróbia para serem utilizados na agricultura. Seria por fim muito mais econômico para o sistema o emprego de processos de reciclagem ao invés dos tradicionais processos de tratamento.

A segregação na fonte associada à coleta diferenciada desta classe de resíduos seria a via mais lógica e coerente para a solução da sua problemática. (LIMA, 1992)

A degradabilidade por via biológica é um processo relativamente rápido comparativamente aos fatores físico-químicos se considerarmos os processos naturais. É característica

fundamental dos seres vivos a decomposição por ação biológica fechando-se desta forma o ciclo chamado cadeia alimentar. A "economia da natureza" não permite que se percam estruturas bioquímicas que dispenderam matéria e energia em sua composição. Estas devem ser utilizadas até a sua total remineralização. Estes processos podem levar de meses a dezenas de anos dependendo das estruturas orgânicas a serem degradadas. Considera-se entretanto em termos de tratabilidade, como "curado" o composto orgânico bioestabilizado, ou uma matéria biogênica mais estável e resistente à ação das espécies consumidoras, passível de utilização como condicionador de solos. (LIMA, 1991; KIEHL, 1985)

Biodegradáveis, por outro lado podem ser ditos todos aqueles materiais "recicláveis" por via biológica. Observe-se que por esta definição, confundem-se as duas terminologias, justificando-se aqui a necessidade de "clarear" conceitos tão difundidos na classificação de resíduos, que em essência, por este enfoque constituem uma sinonímia.

Relativamente ao Resíduos Sólidos Domésticos, podem ser considerados Biodegradáveis, todos e quaisquer resíduos de origem orgânica, passíveis de serem reincorporados aos ciclos biogeoquímicos por ação de organismos decompositores. KLEE & CARRUTH (1970), MAGAGNI (1978) e PESSIN (1991). classificam estes resíduos em matéria orgânica putrescível, facilmente putrescível, material celulósico, substâncias orgânicas de rápida degradação entre outros.

#### 3.3.4. Reciclabilidade

A reciclabilidade por definição é a capacidade de um determinado elemento retornar ao ciclo de origem. Sendo assim os materiais biodegradáveis seriam também recicláveis, por uma via natural, ou seja, pela ação dos microrganismos decompositores.

Atualmente porém, falando-se de tratabilidade de resíduos, convencionou-se chamar de recicláveis todos aqueles materiais retornáveis ao ciclo produtivo, não mais natural e sim artificial, ou seja, a indústria.

A matéria prima uma vez transformada em um produto segue a via de consumo e, enquanto útil, permanece dentro deste ciclo. Uma vez perdida sua utilidade é descartada no lixo. Embora não tendo mais utilidade naquele ponto do sistema, pode ser passível de reutilização uma vez passando novamente pelo processo de industrialização na forma de matéria prima secundária. É o caso dos vidros, 100% recicláveis, dos produtos celulósicos, dos metais, ferrosos e não ferrosos e de alguns tipos de plástico.

PEREIRA NETO (1990b) classifica os resíduos segundo o índice de recuperação energética em:

- Materiais de reutilização direta ou de alto índice de recuperação energética - materiais possíveis de serem utilizados sem necessitarem de nenhum beneficiamento industrial, que não os processos de limpeza, esterilização e rotulagem, não havendo neste caso, nenhuma perda de energia aplicada na sua fabricação original. O autor inclui neste grupo vidros e garrafas.
- Materiais de reutilização indireta ou de médio índice de reutilização energética - macro e micro nutrientes, proteínas,

reutilização energética - macro e micro nutrientes, proteínas, sais minerais, etc... o autor inclui neste grupo o papel, papelão, os vidros, os plásticos e os metais.

A recuperação destes materiais com vistas à reciclagem pode levar a uma recuperação de matéria e de energia contribuindo com a preservação dos recursos naturais, a exemplo da recuperação de papel que evitaria a derrubada de novas árvores, isto sem contar com o impacto causado pela produção de celulose, muitas vezes maior que o provocado pela reciclagem deste material.

O cuidado que se deve ter no entanto é o de que sistemas de coletas mal planejados levem a um consumo energético e econômico maior na recuperação destes materiais do que o resultante da reincorporação ao ciclo destes materiais, muito embora deva se levar em conta sempre o ganho ambiental do processo.

Segundo SILVEIRA (1993), dentro do quadro tecnológico de medidas para a gestão dos resíduos, a reciclagem desponta como uma solução promissora, não podendo todavia ser adotada isoladamente, sendo necessária a sua aplicação dentro de um conjunto integrado de ações, capaz de atender às peculiaridades de cada resíduo gerado.

Sendo assim, configura-se neste contexto como reciclabilidade, a potencialidade de retorno ao ciclo produtivo secundário, qual seja, a indústria. Convém lembrar por outra, que nem todos os materiais acima citados apresentam esta característica plenamente contemplada ou pelo menos não é uma condição que acompanhe permanentemente o material. Isto talvez valha para os vidros e em especial entre os metais o alumínio. O

mesmo não acontece com os papéis que têm esta potenciabilidade diminuída com o reprocessamento inviabilizando seu retorno por vezes ainda na primeira via de reciclagem. Isto vale igualmente para alguns tipos de plásticos.

Neste estudo foram assim considerados, os materiais cujas características e matérias primas constituintes conferem-lhe uma potenciabilidade de retorno ao ciclo industrial à exemplo de papéis plásticos, vidros e metais em geral. Importante salientar que os moradores foram orientados para segregar apenas os materiais limpos, ou seja, sem qualquer impregnação de material orgânico ou umidade especialmente no caso de papéis, o que inviabilizaria seu reprocessamento (PAPIRUS IND. DE PAPEL S/A, 1990), ou por outra, visando um sistema de gerenciamento com segregação na fonte, a possibilidade de armazenamento por tempo indeterminado no domicílio. De outra parte, levou-se em consideração apenas o material atualmente aceito pela indústria e por este modo mais facilmente comercializável. Não se enquadraram nesta classificação os vidros planos, lâmpadas, vidros temperados, louças, porcelanas e espelhos, seguindo a orientação da ASSOCIAÇÃO TÉCNICA BRASILEIRA DAS INDÚSTRIAS AUTOMÁTICAS DE VIDRO - ATBIAV (1991), que considera como recicláveis apenas o vidro já utilizado em embalagens como refrigerantes, cervejas, sucos e águas, molhos e condimentos, vinhos e bebidas alcólicas, potes para produtos alimentícios e frascos de medicamentos e perfumaria.

### 3.3.5. Descartabilidade

O aumento do consumo leva ao descarte cada vez maior de embalagens e utensílios feitos exatamente para serem jogados fora após pouco tempo de uso. E o destino destes, ao menos neste momento é um só, o ambiente.

Os materiais criados ou transformados pelo processo de industrialização em sua grande maioria, senão a quase totalidade, não são passíveis da ação dos decompositores. Outros numa proporção bastante pequena, podem sofrer transformações por processos físico-químicos, demandando em um tempo muito maior que o exigido pela matéria orgânica (à exemplo dos metais). Outros ainda podem permanecer inertes eternamente (a exemplo do vidro) e outros ainda tem um processo de transformação (reincorporação ao sistema) tão lento que num tempo compreendido pela presença humana na terra distancia-se muito da possibilidade de vermos a natureza absorvê-lo.

Vivemos numa era que segundo BRANCO (1989) se caracteriza pelo que se poderia denominar de *"o paradoxo da descartabilidade, segundo o qual, a maior virtude de um produto industrial é ele poder ser jogado fora..."*

Ao longo de todo o processo de industrialização há geração de entropia, uma vez que o processo se apóia por definição na realização de trabalho a partir da aplicação de energia, desde o processo de extração de matérias primas, de industrialização, das atividades de mercado, dos bens e dos serviços gerados, nos processos de consumo e na eliminação dos resíduos resultantes. Em cada uma destas etapas há perdas de energia na forma de calor dissipado e na eliminação de subprodutos.

O aumento da vida útil dos objetos constitui a meta oposta à tendência moderna do paradoxo da descartabilidade. Obter maior proveito da energia embutida num determinado produto significa reduzir a descartabilidade. Pois segundo BRANCO (1989) se se quiser criar um neologismo energético apropriado, "descartável é sinônimo de entropizável". O mesmo autor diz que "os empresários modernos descobriram...uma solução satisfatória inventando os descartáveis: se as máquinas inventadas pelos cientistas e pelos tecnólogos fabricam hoje, a cada minuto, um grande número de relógios ou calculadoras, com grande economia de material, os quais outrora eram produzidos quase artesanalmente, à razão de uma unidade em vários dias, o seu preço será, fatalmente muito menor e a solução é jogá-los fora todos os anos ao invés de passá-los de pai para filho ao longo de décadas. Outra medida altamente eficiente é o consumismo, isto é o estímulo à procura, o que conduz a um incremento da exploração de recursos naturais e de trabalhos desnecessários, com evidente aumento da entropia."

"Mercadorias de 2<sup>a</sup> qualidade esbanjam energia e matérias primas enquanto fazem os lucros crescerem. Embalagens desnecessárias, principalmente as descartáveis, fazem o problema crescer - e os lucros também. (Um americano médio joga fora mais de 2 kg de lixo deste tipo por dia e um inglês cerca de 1 kg. A maior parte deste lixo poderia ser reciclado" (CROALL & RANKIN, 1981).

Convém ressaltar, entretanto, que o conceito de descartabilidade é relativo, na medida em que depende fundamentalmente dos processos de produção, da matéria prima utilizada e, particularmente em relação aos resíduos domésticos, do sistema de coleta, tratamento e disposição dos mesmos. Num sistema em que não existe qualquer tipo de tratamento e os materiais são coletados todos a um só tempo, misturados e



compactados, por exemplo, todos os materiais, incluindo-se os resíduos orgânicos e os considerados recicláveis industrialmente são por esta forma descartáveis.

Se, por outra, o sistema incluir uma coleta segregativa (dita seletiva) retirando os materiais comercializáveis, restam ainda para o descarte os orgânicos e os descartáveis propriamente ditos, ou seja, aqueles que não são passíveis de degradação por via biológica e tampouco são reincorporados ao ciclo pela via industrial.

Num sistema que inclua usinas de compostagem/reciclagem, sem coleta seletiva, os materiais segregados com vistas à reciclagem industrial em esteiras têm sua qualidade comprometida pela mistura com o material orgânico, ao tempo que este sofre restrições no que tange ao resultado da compostagem por estar impregnado de toda sorte de materiais contaminados quer química, quer biologicamente. Ao final do processo, de qualquer forma, boa parte dos materiais quer recicláveis, quer orgânicos resultam em rejeitos que necessariamente precisam ser dispostos no ambiente.

A persistir esta análise torna-se perceptível que por mais completo e bem organizado que seja o sistema sempre há uma parcela de resíduos para os quais ainda não há meios para recuperação e/ou reciclagem e que portanto assumem o caráter da descartabilidade.

A descartabilidade é na verdade uma condição atribuída a todos os materiais para os quais ainda não existem processos que tornem possível o retorno de seus constituintes aos ciclos naturais ou artificiais num curto espaço de tempo.

Convém neste espaço atentar para a variável tempo como fator determinante da condição de tratabilidade: O tempo no qual se enquadra esta questão é o "tempo social" enfocado por DA MATTA (1987). Por esta visão, tem-se um tempo marcado pelo relógio pelas atividades cotidianas da sociedade humana por ele limitada e dirigida. Configura-se este tempo como aquele concebido pela existência humana, ou melhor dizendo, em se tratando de tratamento de resíduos aquele compreendido pelo domínio do homem moderno. Neste contexto, apresenta-se uma visão que busca "sanar" no menor *tempo* possível as mazelas deixadas pelas atividades do homem em sociedade. Ou seja, com o mesmo imediatismo e falta de direção e objetividade com que são gerados a cada dia maiores e mais complexas quantidades de resíduos, são buscadas soluções para "tratar", ou melhor poderia se configurar como "esconder" os restos deixados pela cultura humana.

Numa outra "visão temporal", dada não pela curta passagem da espécie humana pelo planeta, que parodiando Karl Seagan, não ultrapassa os últimos 30 segundos, do último minuto, do último dia do ano cósmico, mas por um "tempo profundo", ou tempo geológico, que segundo GOULD (1991), só pode ser compreendido através de metáforas, a reciclabilidade, incorpora, além dos fatores biológicos, físicos e químicos, os geológicos. Vistos sobre a ação deste último fator, os resíduos resultantes da atividade humana em sociedade podem caracterizar-se todos como "recicláveis", pois não há material, por mais sofisticada que seja a tecnologia que lhe foi aplicada na transformação, que resista às altas temperaturas das lavas incandescentes da subsuperfície terrestre. Para que isto aconteça, é só uma questão de "tempo". Sob este aspecto podemos arriscar uma afirmação de que considerada a variável tempo fora da dimensão social, esta caracteriza todos os materiais como recicláveis. E, mais uma vez, a necessidade de explicitação dos termos utilizados se faz

presente.

Neste momento deve-se dar especial atenção, em particular, a um tipo de embalagem que vem conquistando o mercado por suas características, "louváveis", de conservação dos alimentos, que no entanto, no que diz respeito à problemática do lixo urbano, é hoje um dos maiores problemas no que tange ao tratamento destes resíduos e sua disposição no meio ambiente: as embalagens "longa vida". Trata-se de um material que apresenta em sua composição, papel, plástico, alumínio, e cera, em camadas, fortemente associados, e que dificilmente poderiam ser separados, o que inviabiliza, de certa forma, seu retorno ao ciclo industrial. Voltando-se à questão da tratabilidade, visto que sua degradação no meio, também por suas características não ocorrerá senão num tempo, medido talvez em milhões de anos, restaria como forma de redução mássica e volumétrica, a incineração, no que também o processo é dificultado pela composição mista dos materiais.

Pelos aspectos acima expostos, convém que o problema seja transferido para sua fonte de origem. E neste sentido, o processo industrial, uma vez gerando novos produtos, deverá trazer consigo, uma vez lançado no mercado, igualmente, a tecnologia de recuperação e/ou tratamento do mesmo enquanto resíduos descartado pelo consumidor. Ao mesmo tempo, relativamente aos problemas já existentes, ou já criados, a preocupação com o destino destes materiais "problemáticos" deveria ser responsabilidade ou pelo menos, compromisso de quem o gerou, ou mais propriamente, de quem lança no mercado a cada dia estes produtos.

Configuram-se da mesma forma problemáticos, sob os aspectos aqui enfocados, as embalagens de cigarros, de chocolates, salgadinhos, café em pó, biscoitos, PET entre outros, que embora

passíveis de recuperação por tecnologias já existentes não o são por questões de volumes gerados, distância das tecnologias de recuperação, entre outros, considerados sempre, neste contexto o aspecto da tratabilidade dos resíduos de origem doméstica.

### **3.4. Métodos Convencionais de Coleta, Tratamento e Disposição de Resíduos Sólidos**

#### **3.4.1. Coleta Tradicional**

Os sistemas de coleta tradicionais atendem à falta de compromisso e responsabilidade individual da população em relação à problemática dos resíduos urbanos. Da mesma forma, sustentam a marginalidade inerente ao processo quando a população transfere através do pagamento de impostos a responsabilidade sobre o problema, chegando às vezes a cobrar dos órgãos encarregados da limpeza pública a responsabilidade pela poluição causada pela disposição dos resíduos por ela gerados.

A coleta diária ou em dias alternados é realizada em caminhões compactadores destinados a reduzir o volume dos resíduos, promovendo com isto uma mistura maior dos elementos, assim como alterando o peso específico original dos materiais presentes na massa do lixo. O não cumprimento deste cronograma de coleta leva ao caos urbano com o acúmulo de sacos de lixo nas calçadas ao tempo que ocorre a cobrança do seu cumprimento pela população.

A coleta está dirigida a um sistema em que não ocorre qualquer tipo de segregação junto a fonte geradora favorecendo o comodismo da população em relação ao descarte de seus resíduos e a marginalidade do lixo.

### 3.4.2. Coleta "Seletiva"

A coleta seletiva é definida como sendo aquela que separa os resíduos urbanos segundo a sua fonte geradora, ou seja, domésticos, industriais, comerciais, de serviços de saúde, etc. Já a coleta de resíduos separados segundo os materiais que os compõem, por exemplo: papel, papelão, plástico, vidros, etc, é definida como coleta segregativa. A coleta segregativa pode ser também seletiva quando separar os resíduos por fonte, assim quando a coleta for só de resíduos domésticos, a coleta será seletiva e segregativa, (TEIXEIRA, 1993).

A coleta "seletiva", convencionalmente, consiste na separação dos materiais recicláveis do lixo comum antes que estes sejam misturados, tarefa realizada pelo cidadão em sua própria residência. Neste processo materiais como papel, papelão, vidros, plásticos e metais são colocados em recipientes separados e coletados em dias diferentes da coleta normal. Estes materiais são então depositados em centrais de segregação ou triagem onde são separados entre si, comercializados e encaminhados à via industrial para reciclagem. (REVISTA PROJETO RECICLAGEM, 1990)

A coleta segregativa (seletiva) segundo o GRUPO DE RESÍDUOS SÓLIDOS DA UNIVERSIDADE DE CAXIAS DO SUL (1991) surge da necessidade de melhorar as características do tratamento com a redução dos problemas qualiquantitativos do mesmo. Segundo os autores, com um sistema de coleta bem organizado, é possível diminuir, no máximo uma fração de 15% em peso dos resíduos.

Para viabilização do sistema, campanhas são realizadas junto à população e á rede escolar no sentido de conscientizar a comunidade na participação do processo.

Embora importante do ponto de vista da mobilização da

população em torno do problema e de promover o resgate de matéria e energia, os custos deste investimento nem sempre são cobertos pela comercialização dos materiais, ao contrário deve-se ter o cuidado de não imprimir à proposta uma expectativa de lucro sob pena de ver frustrados os planos em relação ao custo/benefício dos sistema.

Este sistema assume importância, por outro lado, do ponto de vista dos impactos ambientais no sentido em que diminui a descarga ambiental de materiais não biodegradáveis, contribuindo assim para o aumento da vida útil dos sistemas de disposição final de resíduos.

### 3.4.3. Os Lixões

O lixo uma vez disposto sem qualquer tratamento pode poluir o solo, alterando suas características físicas, químicas e biológicas, constituindo-se num problema de ordem estética, e mais ainda numa séria ameaça à saúde pública, (LIMA, 1991).

A disposição inadequada do lixo em depósitos a céu aberto, resulta na eliminação acentuada de gases. Estes gerados pelos processos biológicos de decomposição, são liberados para a atmosfera. Alguns destes gases têm propriedades combustíveis, entrando em auto-combustão quando em contato com o oxigênio atmosférico, à exemplo do gás metano. Este processo desencadeia nos depósitos a queima de materiais igualmente combustíveis, decorrendo daí um aumento na liberação de gás carbônico para a atmosfera.

Os lixões são montanhas de combustão permanente, uma vez que a deposição de materiais incessante e continuada, alimenta o processo de combustão desencadeado inicialmente pela explosão dos gases saídos da massa. Por consequência ajudam a aumentar a

concentração do gás carbônico atmosférico.

O nitrogênio presente no protoplasma da matéria orgânica é decomposto passando de uma forma orgânica para inorgânica pela ação de uma série de bactérias decompositoras, cada qual especializada em realizar uma parte do processo. Parte deste nitrogênio é transformado em amônia e Nitrato, as formas mais facilmente utilizadas pelas plantas verdes. A atmosfera que contém 80% de nitrogênio é o maior reservatório deste gás e ao mesmo tempo a válvula de escape do sistema.

O nitrogênio entra continuamente na atmosfera pela ação das bactérias desnitrificantes e continuamente retorna ao ciclo pela ação das bactérias ou algas fixadoras de oxigênio (biofixação) por meio da radiação e por outras formas de fixação física.

Nos locais de deposição de resíduos todos estes processos se realizam havendo a formação de nitritos, nitratos e amônia. Por ocasião das chuvas e pela própria liberação de água dos processos biológicos, estes compostos, solúveis em água, sofrem um processo de lixiviação e escoam para os rios ou percolam para as camadas mais profundas do solo até os lençóis freáticos, alcançando os rios e oceanos, indo sedimentar-se nas profundezas destes sem retornar ao ciclo, a não ser por ocasionais eventos geológicos que promovam o soerguimento destas regiões até a superfície seca.

Quando os resíduos são dispostos de forma inadequada, as grandes concentrações de massa, de forma e volume variáveis favorecem um aumento dos espaços vazios permitindo com isto um aumento da capacidade de retenção de água quanto do aumento da percolação.

A disposição permanente do lixo em depósitos a céu aberto, sem limite previsível de tempo, dado o caráter transitório da cidade, ao contrário das primitivas aldeias indígenas, representa em última análise um despojamento do solo e de seus elementos

nutritivos acompanhado de uma fertilização excessiva e perigosa do subsolo, das águas subterrâneas e de superfície. Mesmo considerando-se a decomposição da matéria orgânica, alguns dos elementos finais do processo permanecem em formas minerais causando a eutrofização ou frequentemente o envenenamento dos solos, do ar e das águas à exemplo de certos metais e compostos não susceptíveis de biodegradação. A reciclagem ou reintegração desses elementos em seus sistemas de origem constitui pois a tarefa primordial na manutenção da estabilidade do ambiente urbano. (FELLEMBERG, 1980)

Por conter substâncias de alto teor energético, e por fornecer disponibilidade simultânea de água, alimento e abrigo, o lixo é preferido por inúmeros organismos vivos, servindo inclusive de nicho ecológico de algumas espécies que se utilizam do lixo durante toda sua vida ou apenas em determinados períodos. Nestes casos a migração realizada por estes organismos constitui-se um grande problema por ser o lixo uma fonte contínua de agentes patogênicos ameaçando desta forma a saúde humana. Os vetores são classificados em dois grupos: os macrovetores (ratos, baratas, moscas, e eventualmente cães, aves, suínos, equinos e o próprio homem) e os microvetores (vermes, bactérias, fungos e vírus), e são responsáveis pelo surgimento de doenças respiratórias, epidérmicas, intestinais e outras enfermidades de caráter lesivo ou até letal à exemplo do cólera, do tifo, da leptospirose, da pólio, etc. (LIMA, 1991a; ODUM, 1985)

#### **3.4.4. Aterros**

A prática do aterramento de lixo como forma de tratamento e destino final remonta aos primórdios da civilização humana à exemplo dos mesopotâmicos que enterravam seus resíduos domésticos em trincheiras escavadas no solo que eram posteriormente abertas para aproveitamento da matéria orgânica decomposta como



fertilizante orgânico na produção de cereais. Entre os romanos igualmente a técnica de aterramento era utilizada com o intento de eliminar os inconvenientes causados pelos vetores no período em que este povo foi vítima da peste bubônica. Este fato voltou a ocorrer na idade média obrigando o aterramento como forma de eliminar os vetores. As práticas de aterramento e a necessidade de se desenvolver técnicas mais confiáveis no manejo dos resíduos levou ao que hoje conhecemos por aterro sanitário.

Uma das práticas mais utilizadas no presente em virtude de sua relativa simplicidade de execução encontra como fator limitante a disponibilidade de áreas próximas aos centros urbanos (Lima, 1991). Por outro lado se bem conduzido o processo em termos de medidas de controle de emissão de gases e líquidos pode vir a ser um processo cujos custos são elevados.

A CETESB - Companhia de Tecnologia e Saneamento Ambiental define o aterro sanitário como um processo utilizado para a disposição em particular de resíduos sólidos domiciliares no solo segundo critérios de engenharia e normas operacionais específicas que permitam uma confinamento segura em termos de controle da poluição ambiental e proteção ao meio ambiente.

LIMA, (1991) aponta algumas vantagens desta prática à exemplo do baixo custo, da disposição adequada do lixo, da capacidade de absorção diária de grande quantidade de resíduos, das condições especiais para a decomposição biológica da matéria orgânica. Alerta igualmente para os problemas associados a este método que incluem a possibilidade de poluição das águas superficiais e lençóis subterrâneos pela ação do chorume, além da formação de gases nocivos e de odor desagradável. Os fatores limitantes deste método segundo o mesmo autor são basicamente: a disponibilidade de grandes áreas próximas aos centros urbanos que não comprometam a segurança e o conforto da população, a disponibilidade de material de cobertura diária, as condições climáticas de operação durante todo o ano e a escassez de

recursos humanos habilitados em gerenciamento de aterros.

GANDOLLA (1983), alerta para a necessidade deste processo em qualquer sistema de tratamento e disposição final como um sério componente, cuja abstenção compromete ou torna impossível a eliminação controlada de resíduos podendo prejudicar seriamente a segurança do ambiente. Acrescenta ainda que o aterro é e será num futuro previsível um elemento indispensável para a eliminação de resíduos. O planejamento de um sistema de disposição de resíduos deve levar em conta esta necessidade podendo inclusive ser iniciado diretamente com o aterro.

O mesmo autor enuncia duas espécies de aterros para resíduos urbanos: os de fase aeróbia que podem causar sérios inconvenientes, excluindo praticamente sua realização em regiões circunvizinhas a habitações e os com degradação anaeróbia ou compactados, atentando para a localização e construção as quais requerem uma avaliação profunda e planejada sendo que de outra forma resultarão dificuldades no gerenciamento, associada a uma excessiva descarga ambiental.

LUZ (1981), classifica os aterros conforme a técnica de operação ou pela forma de disposição em:

- aterros comuns, caracterizados pela simples descarga de lixo sem qualquer tratamento, considerando este método o mais prejudicial ao homem e ao ambiente, sendo porém o mais utilizado no Brasil e nos países em desenvolvimento.
- aterros controlados, uma variável do anterior em que uma cobertura de material inerte é colocada diariamente sobre a massa de lixo de forma aleatória sem que os mecanismos de formação de gases e líquidos sejam levados a termo.
- aterros sanitários, executados segundo critérios e normas de engenharia atendendo a padrões de segurança preestabelecidos

OJIMA (1991), considera o aterro sanitário potencialmente vulnerável do ponto de vista ambiental, uma vez que sua operação,

embora simples, exige acompanhamento e monitoramento constantes, pois o controle fito-sanitário é função da execução da cobertura diária e da infraestrutura necessária para a drenagem de líquidos e gases e seu tratamento adequado. Quanto ao aspecto energia, proporciona a recuperação de parte da energia contida no resíduo na forma de aproveitamento dos gases resultantes da digestão anaeróbia da fração orgânica.

#### 3.4.5. Usinas de Compostagem/Reciclagem

AMAZONAS (1990), define compostagem como o processo de estabilização biológica da matéria orgânica pela ação controlada de microrganismos, sendo que a produção e a utilização do composto orgânico permite reconstituir e manter o ciclo da matéria orgânica, indispensável ao equilíbrio ecológico do solo que vem sendo rompido pelas técnicas modernas de produção agrícola. O mesmo autor considera esta técnica consagrada no tratamento do lixo urbano.

As usinas de compostagem/reciclagem simplificadas segundo AMAZONAS (1990) consistem de equipamentos eletromecânicos constituídos de uma esteira de catação manual, peneira e/ou moinho e pátio de cura lenta. O revolvimento da matéria orgânica é feito semanalmente, no mínimo e a cura do composto se processa após cerca de seis meses. Os materiais segregados manualmente são encaminhados a sucateiros e indústrias secundárias. As usinas de compostagem acelerada, segundo o mesmo autor, são mais complexas e eficientes, baseando-se no princípio da aeração forçada, por aeração e/ou insuflamento da massa de lixo previamente segregada e fragmentada com a substituição do revolvimento das leiras por dutos perfurados no interior das mesmas.

A reciclagem de produtos orgânicos é das tarefas mais delicadas, segundo AMAZONAS (1990), do gerenciamento de resíduos,

pois encontra tanto apoio dos ecologistas quanto a repulsa da vizinhança das usinas de compostagem, geralmente devido aos maus odores, pois a compostagem quando mal conduzida pode gerar gases fétidos ( $H_2S$ ), líquidos poluentes (chorume) ou vetores (moscas, baratas, etc), sinais alarmentes naturais que podem ser corrigidos permitindo que a compostagem se processe sem impactos olfativos ou visuais sobre a vizinhança.

#### 3.4.6. Incineradores

A incineração como forma de destino final de lixo é uma prática muito antiga, segundo Lima (1991). Os métodos empregados consistiam rudimentarmente em atear fogo aos resíduos empilhados, espalhando a cinza no solo como elemento auxiliar à agricultura. Com a expansão das cidades, estas práticas foram, gradativamente, sendo substituídas por processos mais complexos e eficientes até os sofisticados sistemas de incineração atualmente instalados nas metrópoles. Sendo o processo de incineração do lixo um processo que envolve calor, este passou a ser estudado como alternativa energética e conceitos como disponibilidade, exergia e energia passaram a reger os processos de incineração conferindo-lhes uma nova configuração.

A incineração é um processo de redução de peso e volume do lixo através da combustão controlada com geração de gases como o dióxido de carbono, dióxido de enxofre, nitrogênio, oxigênio, água, cinza e escórias podendo gerar por combustão incompleta monóxido de carbono e material particulado.

Este sistema fortemente difundido nos grandes centros urbanos, especialmente na Europa, atuou como sistema único de tratamento e destino final visando o princípio de descarga zero e a recuperação de energia. Cedo porém, os problemas advindos deste processo começaram a tomar corpo na polêmica da geração de

dioxinas e na baixa quantidade de resíduos combustíveis presentes na massa de resíduos, associado ao alto grau de umidade dos resíduos sólidos domésticos. Estes fatores geraram uma discussão em torno do tema que levou muitas comunidades a reavaliarem o processo, voltando-se para outras formas de tratamento e disposição integradas.

### 3.5. Formulação de Modelos na Gestão de Resíduos Sólidos

LIMA (1992) , aponta tres visões que norteariam atualmente a formulação de modelos para o gerenciamento de resíduos: A tradicional, a ecológica e a inovativa.

Na visão tradicional segundo o autor, os objetivos são norteados pela preocupação com o destino final dos resíduos, desconsiderando sua origem. Busca obter a máxima redução mássica, para o que exige sistemas imponentes, de grande porte, justificados na minimização dos impactos ambientais. Sob o ponto de vista econômico, visa viabilizar os custos, quer fixos, quer variáveis, no sentido de obter um melhor rendimento com um menor custo. A Fig. 3.8 apresenta a representação esquemática de LIMA (1992) para esta visão.

A falta de orientação com relação à origem torna vulnerável o modelo, uma vez que a demanda tende a ser cada vez maior, aumentando por consequência, significativamente a quantidade e a heterogeneidade, na razão direta do processo de industrialização, na geração de novos materiais e no aumento da densidade populacional.

No momento atual, desconsiderar a origem, é desconsiderar exatamente a solução para a minimização dos problemas ambientais como um todo, porém fundamentalmente, a recuperação energética.

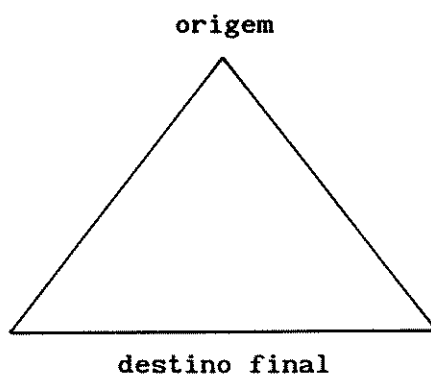


Fig. 3.8 - Representação esquemática segundo LIMA (1992) para a visão tradicional

Partindo-se do princípio de que a fonte geradora é responsável direta pelos seus resíduos, a solução do problema é também de sua responsabilidade, uma vez que diminuindo o nível de entropia do processo, através da segregação, torna viável a racionalização no tratamento e destino final dos resíduos.

A visão Ecológica, de certo modo, supervaloriza a origem em detrimento do destino final. A coleta seletiva, a reciclagem, a compostagem são priorizados como fundamento à filosofia de máxima reciclagem mássica e energética. A meta a alcançar é o princípio da "descarga zero", objetivando o menor impacto possível. A representação esquemática desta visão é o inverso da anterior (Fig. 3.9)

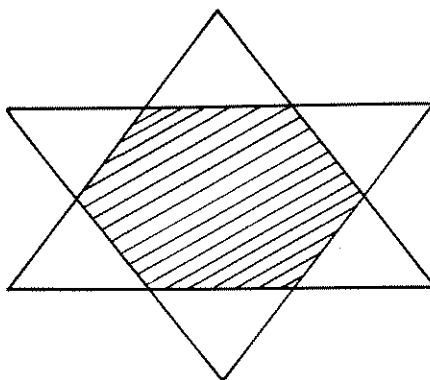
O aumento da vida útil dos sistemas e a otimização das tecnologias existentes, assim como a redução dos custos, constituem metas a serem alcançadas.



**Fig. 3.9** - Representação esquemática segundo LIMA (1992) da visão ecológica

Um investimento demasiado com a origem em detrimento do destino final, processo contínuo e intermitente, torna-se um sério problema, uma vez que, antes que se possa observar resultados positivos a partir da origem, os impactos ambientais causados pela disposição inadequada, já terão assumido proporções catastróficas.

A intersecção das duas visões, a tradicional e a ecológica, oferece soluções mais eficazes para uma fase de transformação. Busca otimizar propostas através de convergências, retornando à origem e compreendendo o processo de geração de resíduos. LIMA (1992), representa esta visão sobrepondo os esquemas anteriores. (Fig. 3.10)



**Fig. 3.10** - Representação esquemática, segundo LIMA (1992) para a visão inovativa

O homem como único responsável pelo aumento da entropia do sistema deve pensar soluções adequadas ao momento vivido pela sua sociedade de forma consciente e racional utilizando para tal os recursos e tecnologias disponíveis, sem contudo descuidar dos processos de geração e disposição final dos resíduos por ele gerados.

Deve-se considerar que o processo de crescimento populacional que continua ainda em ritmo acelerado e exponencial, a industrialização crescente, bem como o avanço dos centros urbanos, são inevitáveis neste momento e por consequência são acompanhados pelo aumento de resíduos a serem descartados.

Uma educação crítica e consciente voltada ao preparo do homem frente à realidade emergente e ao futuro incerto, muito embora previsível e passível de mudanças, principalmente no que se refere aos hábitos e costumes da população, que busque compreender os vários fatores que influem na geração de resíduos, enfim uma visão global e multidisciplinar necessária à solução do problema, encaixa-se nesta proposta.

Tentar restabelecer os ciclos naturais, voltando-se para as áreas já degradadas em termos de recuperação e reutilização são princípios importantes desta visão.

Esta é uma visão de consenso, de compreensão do processo de transformação lento e gradativo por que passa a humanidade num momento em que estamos à beira de mudanças drásticas no sistema, onde a sociedade de consumo parece iniciar sua agonia e decadência, é preciso acima de tudo, bom senso, técnica e trabalho sério.

É perda de tempo, querer-se de um momento para outro, transformar radicalmente de um processo que é histórico e que



lentamente deu seus passos até aqui. A caminhada no sentido inverso é igualmente longa e lenta. Não se mudam concepções filosóficas da noite para o dia. E o pensar do homem hoje reflete-se em seu agir.

Considerar a origem sem atentar para a infinidade de áreas degradadas pela disposição inadequada, a industrialização crescente, o surgimento cada vez maior de novos materiais, o aumento da heterogeneidade e a complexidade, senão utópico é pelo menos pouco lógico e racional, pois enquanto atacamos a origem, novas áreas são degradadas, a contaminação gerada pelos antigos depósitos continua e as montanhas de lixo continuam a se formar ameaçando ocupar o espaço do próprio homem sem considerar o de outros animais e plantas.

Segundo SILVEIRA (1993), em algumas sociedades humanas, culturalmente mais avançadas, já são desenvolvidos métodos apropriados, no sentido de aumentar as eficiências e aproximá-las dos desempenhos naturais, citando como exemplo a escola alemã, que atua no sentido de, prioritariamente:

**Não Gerar ⇒ Evitar a Geração ⇒ Reciclar ⇒ Tratar ⇒ Dispor**

Segundo o mesmo autor, a Fig. 3.11 apresenta a hierarquia desejável de atuação e a provável situação brasileira.

O momento presente deve ser dirigido a todos os flancos, atacando-se o problema como um todo complexo e interativo, indissociável, pensando-se na redução da geração na maximização da produtividade e da qualidade com o aperfeiçoamento tecnológico e científico da produção (Silveira, 1993)



industriais em tratar a questão de forma integrada.

Para GANDOLLA (1983), o planejamento da eliminação de resíduos tem sido baseado numa concepção que inclui todas as possíveis fontes e tipos de resíduos (sólidos, líquidos, domésticos e industriais) assim como, alguns princípios fundamentais:

- Não existe tecnologia que permita a total eliminação ou reciclagem de resíduos. A existência de um local para disposição final de no mínimo parte dos resíduos produzidos é inevitável. O tratamento ou o pré-tratamento para a redução da quantidade ou volume (incineração, compostagem, separação ou recuperação) deve preceder a disposição final dos resíduos.

- Não existe tecnologia que permita o tratamento ou a eliminação de resíduos sem que com isto se crie um impacto ambiental adicional: a escolha do sistema depende em grande parte das condições ambientais locais. Frequentemente uma omissão no exame do impacto total dos vários elementos de um sistema de eliminação de resíduos, a exemplo de métodos avançados de tratamento por incineração, poderia aumentar a carga do aterro que passaria a receber lama e cinzas.

- Os resíduos que chegam para tratamento e disposição, em geral sem valor que possa levar a uma eventual reciclagem são preocupantes pois frações que poderiam ser recicladas economicamente já terão sido recuperadas pela fonte ou pela iniciativa privada à exemplo do vidro, papel de boa qualidade, alguns metais e óleos usados.

- O controle de entrada é indispensável para um correto tratamento ambiental para as diferentes classes de resíduos e para evitar abusos. Esta instância é responsável pela quantificação e qualificação dos resíduos, bem como o início do tratamento adequado especialmente no que diz respeito a resíduos

especiais. No caso da aceitação não ser possível o controle deverá avaliar e indicar outras possibilidades para a eliminação.

- O aterro sanitário é necessário para a disposição final de resíduos na presença de um sistema de redução de volume para a fração remanescente. A abstenção deste elemento compromete seriamente a eliminação controlada dos resíduos podendo prejudicar a segurança do ambiente.

- A redução de volume pela separação, embora desejável, não é estritamente indispensável. Permite a redução do volume de materiais a serem depositados no aterro bem como a eventual recuperação de energia de frações recicláveis. Além disto poderá influenciar na descarga ambiental bem como na condução do aterro. Incineradores, usinas de compostagem e separação, usinas de reciclagem e outros não são sistemas de pré-tratamento e sim sistemas aptos a reduzir o volume a ser depositado no aterro.

- Os sistemas de tratamento de esgotos, geralmente são administrados separadamente dos resíduos sólidos, porém tanto do ponto de vista operacional quanto ambiental é inevitável que haja integração.

O esquema de tratamento de resíduos proposto na Fig. 3.12, é o resultado das considerações precedentes sintetizando os axiomas de GANDOLLA (1983) e, segundo o próprio autor, pode ser aplicável a países industrializados e regiões com grandes dimensões.

### **3.6. Coleta Diferenciada**

#### **3.6.1. Organização da Fonte Geradora**

Para que se leve a efeito um sistema de tratamento e

disposição eficiente e econômico, torna-se necessário reportar-se à origem do problema, ou seja, à fonte geradora.

Relativamente aos resíduos sólidos domésticos, uma vez definida a caracterização a ser adotada, a segregação é levada a efeito internamente no domicílio.

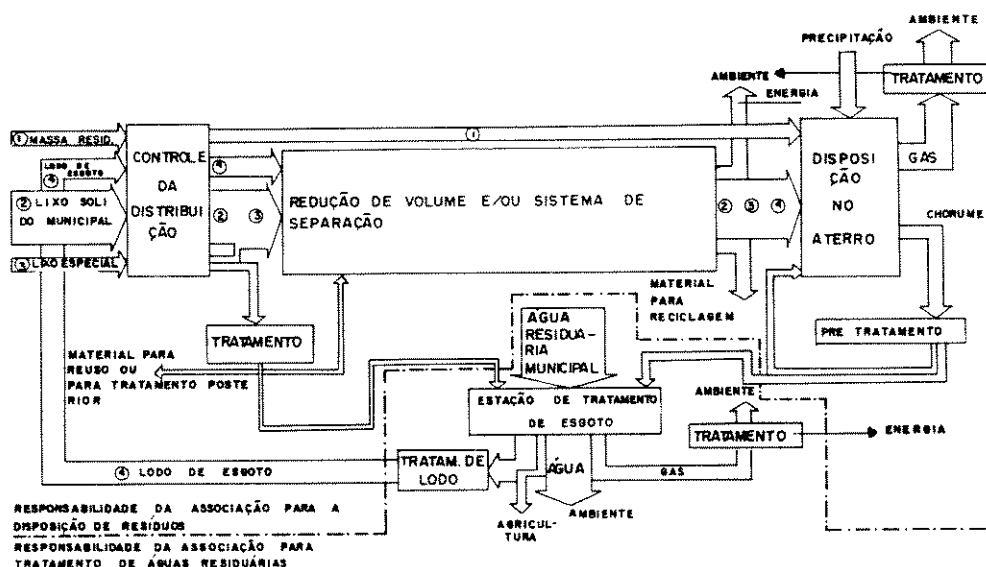


Fig. 3.12 - A concepção para a eliminação de resíduos do "Conzorcio per l'Eliminazione dei Rifiuti del Luganese" (CER), mostrando os passos essenciais para um sistema completo (Adaptado de GANDOLLA, 1983).

Se considerarmos os critérios de tratabilidade, os resíduos domésticos podem ser divididos basicamente em 3 classes distintas: os biodegradáveis, compostos essencialmente por materiais de origem orgânica, os recicláveis, convencionalmente caracterizados por aqueles materiais passíveis de reuso ou reutilização (Magagni, 1987) através de um reciclo pela via industrial como matéria prima secundária, incluindo-se genericamente, materiais como vidro, papéis, metais e plásticos, e os descartáveis, na forma de materiais que não se enquadrem em

nenhuma das definições anteriores à exemplo de materiais mistos (embalagens aluminizadas, celofanizadas, plastificadas em geral) papéis higiênicos, absorventes e fraldas descartáveis, materiais com certo grau de contaminação biológica. Por outra, restariam ainda os materiais do tipo perigosos, como pilhas, lâmpadas, remédios e venenos, entre outros, para os quais devem ser pensados modelos de entrega voluntária em função da pouca quantidade gerada o que inviabilizaria uma coleta específica.

O sub plano para "Lixo Doméstico " do Programa de Lixo de Munique (Institut für Verkhers-und Infrastrukturschung, 1990) ilustrado pela Fig. 3.13, é um exemplo para a sistematização dos resíduos domésticos.

Uma vez organizada a sistematização da fonte geradora, é chegado o momento do redimensionamento da coleta, pois o sistema tradicional não mais atende a esta demanda.

Os caminhões compactadores poderão ser utilizados na coleta dos resíduos orgânicos e descartáveis, o mesmo não ocorrendo com os recicláveis que requerem sistemas abertos.

A coleta diária pode ser redimensionada para coleta semanal, a cada 10 dias, mensal ou outra alternativa que atenda às características quali quantitativas dos resíduos de acordo com estudos prévios do processo de geração que permitam o dimensionamento de containers específicos.

- introdução da "lixeira orgânica" ou compostainer, equipamento largamente difundido naquele país que por apresentar um sistema de fluxo ascendente de gases, permite o armazenamento por mais tempo no domicílio dando início ainda neste nível à compostagem (ver Anexo 10)

O caso de Munique, já citado anteriormente prevê um "catálogo de providências" para implantação do sistema ilustrado

na Fig. 3.13:

- incentivo à compostagem domiciliar aplicável às residências que dispõem de áreas para hortas e jardins.
- incentivo às coletas de papel
- aumento dos pontos de entrega voluntária para vidro e papel, plástico e metais
- ampliação dos atuais depósitos para entulhos e construção de novas unidades
- trabalho educacional público de preparação e acompanhamento
- sistema de taxaçaõ diferenciada

O sistema propõe o fornecimento para cada família de uma "lixeira orgânica" ou "compostainer", o melhoramento e a ampliação do sistema de coleta seletiva e um sistema de taxaçaõ variável no futuro em função do comportamento do cidadão em relação ao lixo. Parte essencial do plano é o trabalho educacional que prepara e acompanha o projeto incentivando um comportamento mais consciente em relação ao problema do lixo.

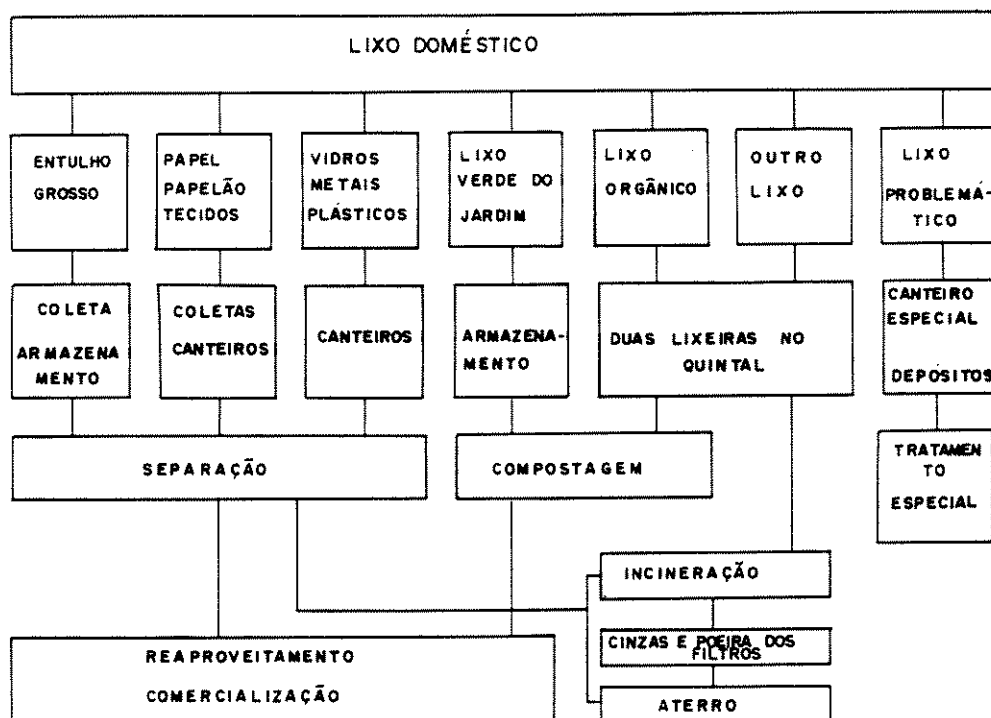


Fig. 3.13 - O Subplano para o "lixo Doméstico" da Secretaria de Economia do lixo de munique (Institut für Verkher's-und infrastrukturforschung, 1990)

### 3.6.2. Tratamento e Disposição Final

Uma vez definido o modelo para o gerenciamento de resíduos a partir da organização da fonte geradora, a problemática do tratamento e do destino final diminui sensivelmente sendo possível alcançar um limite mais próximo ao "princípio de descarga zero" (LIMA, 1991).

Com a segregação dos resíduos domésticos em biodegradáveis, recicláveis e descartáveis e com a implantação da coleta em dias diferenciados de cada classe, o tratamento dos resíduos implica basicamente em três processos: a compostagem, para os resíduos de origem orgânica (biodegradáveis), a segregação dos recicláveis com vistas à comercialização (papel, vidro, metais e plásticos) e o aterro sanitário e/ou incineração para os descartáveis.

O aterro sanitário seria um componente indispensável, como o é para qualquer sistema (GANDOLLA, 1983) pois além dos descartáveis deverá receber também os rejeitos advindos do processo de compostagem e segregação dos recicláveis.

No caso do sistema optar pela instalação conjunta de um incinerador, este seria utilizado, além do tratamento de resíduos perigosos, à exemplo dos serviços de saúde, para reduzir o volume dos rejeitos da compostagem, da unidade de segregação e dos descartáveis, promovendo uma drástica redução mássica e volumétrica, restando para tratamento posterior na forma de aterro, as cinzas advindas do processo.

### 3.7. O Planejamento no Manejo, Tratamento e Disposição Final de Resíduos Sólidos



"A evolução crescente dos lixões parece não ter penetrado devidamente na consciência pública. Sem um esforço para dedicar ao lixo atenção, tempo, verbas e fantasia técnica - comportamento muito natural na produção de bens, ainda afogaremos no lixo desta sociedade consumista" (GANDOLLA, 1983).

Para atuar sobre os problemas característicos das cidades, função a que se propõe o planejador urbano, será forçosamente necessário atuar sobre o sistema global, introduzindo quase sempre, mudanças drásticas nas regras do jogo. Neste sentido, dispõem o planejador urbano e o administrador da cidade de relativamente amplo campo de manobra em busca do que se supõe seja o objetivo básico de sua atuação: melhorar as condições de vida (em sentido amplo) dos indivíduos. É portanto relevante tentar delinear esse campo de manobra, especificando os objetivos a serem atingidos, as forças em atuação, os recursos disponíveis e as estratégias a serem utilizadas. (BRASILEIRO, 1976)

Relativamente aos esquemas municipais de coleta e tratamento de lixo doméstico estes implicam na realização de inventários e na coordenação de diversos serviços que comumente trabalham de forma dispersa como as coletividades locais, os órgãos especializados, as secretarias municipais de saúde, meio ambiente, agricultura, planejamento, ação social, educação, universidades, escolas entre outras. Cada problema que surge no desenvolvimento destes processos exige que se recorra a estudos científicos e/ou técnicos que por sua vez levam em conta dados sócio-econômicos (LAPOIX 1979).

Uma política eficaz de gestão do patrimônio natural caracteriza-se pela necessidade de globalização e multidisciplinidade aliada a uma vontade política coerente e concreta que vise integrar a pesquisa aplicada à administração do patrimônio comum (LAPOIX, 1979; SACHS, 1986; LERNER, 1991).

Uma política eficaz no manejo, tratamento e disposição de

resíduos sólidos urbanos requer um estudo profundo da realidade local que possa subsidiar a formulação de modelos, aplicando-se a estes as modernas tecnologias relativas à questão, integradas no sentido de respeitar a heterogeneidade e a complexidade inerentes ao lixo urbano.

### 3.8. O diagnóstico na Definição de Modelos

É de fundamental importância no planejamento e na ação concreta sobre os sistemas de coleta, tratamento e disposição final o conhecimento da realidade que se busca sanar.

Desconsiderando este fato, muitas comunidades falharam na busca de soluções para seus problemas com resíduos sólidos, optando por tecnologias que não só deixavam de atender suas necessidades como vinham a gerar novos problemas.

Neste sentido, um diagnóstico sério e bem elaborado, preferencialmente envolvendo instituições de pesquisa comprometidas com o saber e com o critério científico torna-se parte indispensável, senão o ponto de partida para a definição de uma filosofia que venha de encontro a realidade local.

Geralmente o que se observa é que algumas empresas prestadoras de serviços ou equipamentos, desenvolve uma tecnologia única, aplicável a qualquer situação. Ora, em se tratando de resíduos sólidos, sabe-se da influência particularmente de fatores sazonais, culturais e econômicos no processo de geração destes e que conferem a cada comunidade uma identidade única neste aspecto.

Considerando-se o exposto, cada comunidade em desejando planejar o seu sistema, deve necessariamente fazer a leitura da sua realidade e sobre ela aplicar as tecnologias existentes, de

acordo igualmente com suas possibilidades.

Na maior parte das vezes, não se trata de grandes e sofisticados equipamentos que irão resolver o problema dos resíduos de uma comunidade, mas sim a reorganização do sistema partindo-se da fonte geradora. Para tanto é mister que se conheça a "intimidade" dos resíduos gerados formulando-se a partir disto um modelo de gerenciamento. Segundo PESSIN (1991), a composição do lixo do ponto de vista quali-quantitativo, é um dos dados básicos para o devido equacionamento do problema de acondicionamento, coleta, transporte tratamento e/ou disposição final.

Poucos são os estudos, particularmente no Brasil, que espelham a realidade dos resíduos nas cidades. A maior parte destes estudos está concentrada em grandes centros, coincidentemente aqueles onde o problema já fugiu ao controle. Quando na realidade, todas as cidades deveriam ter seus próprios estudos. Consequência disto, é que a realidade de São Paulo, por exemplo, cujos dados estão largamente difundidos, acaba sendo incorporada para outras cidades em outras regiões com características totalmente diversas. Segundo GOMES (1989), OS DADOS OBTIDOS NA CARACTERIZAÇÃO DE UMA CIDADE PODERÃO SER COMPARADOS COM OS DE OUTRO LOCAL podendo até servir de base para comunidades onde ainda não se tenha realizado estudos à respeito dos resíduos gerados desde que as populações e as próprias cidades possuam características muito semelhantes.

Relativamente aos estudos disponíveis, a caracterização dos resíduos é feita geralmente, no destino final, ou seja, o lixo é coletado em caminhões compactadores disposto em um determinado local e separado para uma análise quali-quantitativa.

Dentre os métodos utilizados na caracterização o de quarteamento é particularmente utilizado à exemplo dos estudos realizados por PESSIN (1991), GOMES (1987), BERRIOS (1986) entre

outros.

### 3.9. A Educação Ambiental

A educação ambiental, instrumento fundamental para se alcançar melhor qualidade de vida e consciência de cidadania se faz por meio da rede escolar, dos meios de comunicação de massa, das atividades sociais e culturais que se desenvolvem no dia-a-dia. É parte da transformação cultural ampla, que atinge a consciência de cada cidadão, para que participe ativamente da melhoria e proteção do ambiente em que vive. A produção de conhecimento técnico científico, assim como o despertar da sensibilidade artística sobre a realidade local é pré-requisito para a educação ambiental formal. O envolvimento de institutos, universidades, e organismos de fomento à pesquisa para investir no conhecimento aprofundado dos ecossistemas é de grande importância para preencher as lacunas de informação. A aproximação entre a universidade e a administração pública na área ambiental oferece rico potencial. Exige processos de aproximação sucessivas para ajustar o que a administração local demanda com o que a universidade oferece (SILVA, 1992; SCHNEIDER, 1992).

Para muitos dos problemas de limpeza urbana são necessárias decisões políticas e fiscalizadoras, mas também um amplo e permanente programa de educação ambiental, pois para limpar a cidade é preciso muito mais que eficiência técnica, novas tecnologias e ações emergenciais. "Há questões muito mais profundas sugeridas na relação entre ser humano e natureza, pela qual a partir de determinado momento algo recebe o valor de *lixo*. Essa é uma dimensão da qual o discurso técnico funcional não pode dar conta" (ADLER & NOVAES, 1992).

A educação tem funções sociais e políticas fundamentais a

desempenhar. Somente o envolvimento e a participação de todos e de cada um identificados na prática social coletiva é que poderá garantir a mudança de atitudes, dos modos de pensar e agir da sociedade, possibilitando as transformações necessárias e abrindo caminhos para a melhoria e a preservação da vida na Terra. Neste contexto a educação ambiental abre espaços para a reflexão nos remetendo à filosofia e requisitando um aprofundamento maior quanto ao papel da educação em nosso tempo e em nossa sociedade. (SEIXAS, 1991; SCHNEIDER, 1992)

#### 4.1.2. O Município de Bento Gonçalves

O Município de Bento Gonçalves está localizado na Encosta Superior do Nordeste do Estado do Rio Grande do Sul a 510m de altitude que por sua conformação geológica, convencionou chamar-se de Região Serrana do Estado.

Com origem na colonização italiana em meados de 1875<sup>[1]</sup>, o município conta atualmente com uma população de 74.814 habitantes e com uma taxa de crescimento populacional de 2,675 ao ano. Os Dados do IBGE para 1992, atualizados em relação ao Censo de 1991 pela exclusão dos antigos distritos de Santa Teresa e Monte Belo, demonstram uma taxa de crescimento do município superior a do estado do Rio Grande do Sul em 1991 em quase 2 vezes. A taxa de crescimento do estado foi de 1,478 ao ano. Segundo POOLI & FRANCK (1994), em levantamento de dados relativos aos orçamentos familiares no município,<sup>[2]</sup> observaram que a maior parte das famílias do município possuem renda per-capita entre 1 a 5

---

DE BONI, L. 1985. apresenta relatórios de autoridades italianas sobre os primórdios de Bento Gonçalves

O NUPE - Núcleo de Pesquisas do Campus da Região dos Vinhedos - UCS, em Bento Gonçalves, está realizando um levantamento das condições sócio econômicas do município fundamentada nos orçamentos familiares, ainda em fase de coleta de dados

salários mínimos, sendo que 90 por cento destes moram em casa própria, em domicílios compostos por 3 a 5 pessoas, equipados com refrigerador, televisão, fogão, rádio e ferro elétrico.

Com sua economia inicialmente fundamentada na atividade primária, cedo iniciou seu desenvolvimento industrial, atualmente em franca expansão, com um contingente de 597 indústrias e 1482 estabelecimentos comerciais.<sup>[ ]</sup> No início da década de 1980, foi considerado um dos municípios de maior desenvolvimento industrial do Brasil.<sup>[ ]</sup> Zona ainda consideravelmente agrícola, é um dos maiores produtores de uvas do Brasil, destacando-se ainda na produção de figos, pêssegos, mamão, soja, mel, trigo e frutas cítricas. A indústria Bentogonçalvense apresenta três ramos básicos de produção predominantes: o moveleiro, o vinícola e o metalúrgico. Nos últimos anos a indústria moveleira ligada ao mercado nacional e internacional vem apresentando um crescimento maior que a indústria vinícola, sendo que a indústria de couros tem seu faturamento voltado para a exportação

A coleta dos resíduos sólidos urbanos é efetuada por empresa particular num contingente médio de 40 toneladas/dia, não estando inclusos neste total os resíduos industriais, hospitalares e de poda e varrição. Desconhece-se o destino do lixo industrial havendo evidências, no entanto, de que pequenas indústrias pegam "carona" no lixo domiciliar, o mesmo ocorrendo com postos de saúde, consultórios, clínicas e farmácias. Evidencia-se igualmente a disposição inadequada destes à margem de estradas. e rios, o mesmo destino sendo dado aos resíduos de construção civil ou entulhos.

A mesma empresa efetua os serviços de limpeza e varrição da

Fonte: Prefeitura Municipal de Bento Gonçalves e Câmara de Indústria e Comércio de Bento Gonçalves

ANTUNES (1987) Relata a história da colonização do município, apresenta dados sobre o processo de industrialização anexando os critérios ambientais para o zoneamento industrial regional.

cidade, contando com uma frota de cinco caminhões que realizam a coleta dos resíduos domésticos, em geral três vezes por semana em cada bairro da cidade.

Os resíduos são dispostos em aterro controlado, sendo que este se encontra atualmente com sua capacidade esgotada. O poder público estuda a definição de uma nova área para o que busca a orientação da Universidade de Caxias do Sul, no sentido de viabilizar estudos e propostas para o gerenciamento dos resíduos sólidos domésticos que levem a uma solução mais racional para o problema atualmente enfrentado.

#### **4. METODOLOGIA**

O presente estudo, levado à efeito na cidade de Bento Gonçalves - RS, objetivou a análise do processo de geração de resíduos domésticos, seguindo a classificação em biodegradáveis, recicláveis e descartáveis, assim definidos segundo os critérios de tratabilidade.

A caracterização dos resíduos no destino final pelo método de quarteamento foi igualmente levada a efeito visando uma análise comparativa dos resultados quantitativos médios finais.

##### **4.1. A Caracterização dos Resíduos na fonte**

###### **4.1.1. A Unidade Amostral**

Muito embora a geração de resíduos domiciliares tenha início em outras fontes à exemplo dos campos, hortas e pomares, no que tange à matéria orgânica, das indústrias, no que tange aos produtos manufaturados (papel, plástico, vidro, latas), e desconsideradas as fontes de matéria prima destes últimos,



consideramos neste estudo como "fonte geradora", o próprio domicílio. Isto justifica-se no fato de que, em se tratando das questões de coleta, tratamento e disposição de resíduos urbanos, o domicílio é a unidade representativa de uma classe de resíduos ditos "domésticos".

Foram selecionados, neste caso, três domicílios, caracterizando-se assim um estudo pontual, sendo que cada um representa uma classe social, padrão este definido segundo os critérios de renda familiar e consumo de energia elétrica conforme consta da Tabela 4.1.

Tabela 4.1 - Critérios adotados na classificação das residências

Residências	Cons. Energét.*	Renda Familiar	Classe Social
1	acima de 500 KW	acima de 10 s.min	Alta
2	de 200 a 500 KW	de 5 a 10 sal.min	Média
3	até 200 KW	até 5 sal. min.	Baixa

\* Consumo de energia elétrica mensal (KW/mês)

O número de indivíduos por residência foi definido segundo o padrão brasileiro médio de 4,7,<sup>[1]</sup> muito embora, segundo a mesma fonte o padrão médio do município seja de 3,7 pessoas por domicílio. Sendo assim foi considerado como representativo o número de 5 indivíduos por domicílio.

O grupo estudado, ficou caracterizado conforme o exposto abaixo, devendo-se observar que estes dados são relativos à média

O padrão médio brasileiro é de 4,7 indivíduos por residência segundo o IBGE. O Município de Bento Gonçalves, no entanto, apresenta um número médio de 3,7 pessoas por domicílio. O dado foi obtido dividindo-se a população pelo número de domicílios particulares do município incluindo-se os do meio rural.

dos últimos seis meses anteriores ao mês de janeiro de 1993 no qual foi dado início à coleta de dados.

**Tabela 4.2** - Classificação dos Domicílios segundo os critérios de renda familiar e consumo energético

Residência	Cons. Energ.	Rda. Familiar	Nº Indiv.	Classificação
1	680 KW/Mês	20 Sal. Mín.	05	Classe Alta (A)
2	430 KW/Mês	10 Sal. Mín.	05	Classe Média (B)
3	120 KW/Mês	04 Sal. Mín.	05	Classe Baixa (C)

Fonte: Dados coletados junto aos domicílios

Os três domicílios acima foram escolhidos após entrevista realizada com aproximadamente 45 famílias distribuídas em três diferentes bairros que por suas características aparentes denotavam poder aquisitivo diferenciado, expresso particularmente pelas edificações domiciliares. Isto, aliado à concordância dos residentes em participar da proposta de segregação e do monitoramento desta pelo pesquisador.

#### 4.1.2. Critérios Adotados na Segregação

Anterior a definição da amostra, foi reestruturada uma tabela de classificação de resíduos, segundo critérios de tratabilidade, em biodegradáveis, descartáveis e recicláveis, anteriormente aplicada em estudo realizado por LIMA, SCHNEIDER, FERRUCCIO, et alii (1992) em três cidades do estado de São Paulo. (Anexo 1)

Os conceitos de biodegradabilidade, descartabilidade e reciclabilidade foram aplicados aos materiais mais comumente encontrados nos resíduos de atividade doméstica conforme o

discutido nos itens 3.3.3, 3.3.4, e 3.3.5.

Foram considerados portanto, como potencialmente biodegradáveis, os materiais de origem orgânica, animal e vegetal, à exceção do material celulósico (papel, papelão, papel higiênico, animais mortos) considerando-se nesta classe apenas os guardanapos de papel.

A orientação para a classificação dos recicláveis levou em consideração apenas o material atualmente aceito pela indústria e por este modo mais facilmente comercializáveis, atentando porém, que estes materiais estivessem limpos. Neste sentido, a definição para a segregação foi para papeis, papelões, metais, e vidros (à exceção dos vidros planos, lâmpadas, vidros temperados, louças, porcelanas e espelhos, e plásticos em geral).

Foram caracterizados como descartáveis todos os materiais que não se enquadravam nas classificações anteriores à exemplo das embalagens mistas. Especial ênfase foi dada ao papel higiênico, fraldas descartáveis e absorventes higiênicos. Estes materiais foram assim classificados por terem sido considerados sob o aspecto da tratabilidade como biologicamente contaminados não podendo portanto serem incorporados à massa orgânica. Por outro lado, especificamente com relação aos absorventes e fraldas há ainda o caráter misto dos materiais e a presença em sua composição de plásticos e material celulósico de difícil degradação.

Como embalagens mistas, nesta classificação, entende-se os materiais de diferentes composições associados à exemplo de papéis encerados, celofanizados, aluminizados. A associação destes materiais dificulta ainda mais o processo de reciclagem industrial por ser difícil, senão inviável a separação dos mesmos. Por outro lado, também a decomposição natural no ambiente é dificultada exatamente pela composição destes materiais

tornando-os por este modo problemáticos no que tange à disposição e ao tratamento.

Configuram-se da mesma forma problemáticos, sob os aspectos aqui enfocados, as embalagens de cigarros, de chocolates, salgadinhos, café em pó, entre outras, igualmente classificadas neste estudo como descartáveis, considerando-se sempre o aspecto da tratabilidade dos resíduos domésticos.

O contingente de periculosidade do lixo doméstico foi avaliado segundo a caracterização no ítem "perigosos". Foram assim caracterizados os materiais que por suas características físico-químicas apresentam certo grau de toxicidade que podem vir a causar danos ao meio ambiente uma vez dispostos inadequadamente. Fazem parte do rol enunciado pilhas e baterias, lâmpadas, embalagens pressurizadas e de produtos químicos. Foram igualmente elencados os materiais com características de resíduos de serviços de saúde à exemplo de seringas, embalagens de remédios (excetuados os vidros vazios e limpos, incluídos no ítem recicláveis), gases usadas, curativos entre outros, pela possibilidade de contaminação biológica. Muito embora estes materiais sejam eventuais no lixo doméstico, em casos de doentes crônicos, os domicílios devem tomar especial atenção no descarte destes materiais. Neste caso, não foi levado em consideração a norma NBR 10004 que trata dos resíduos sólidos urbanos, uma vez que esta não considera o caráter de periculosidade do lixo do doméstico.

Para estes materiais a orientação foi para a segregação em recipiente isolado, analisado semanalmente, sendo após descartado com o lixo comum.

#### 4.1.3. - A Organização da Fonte Geradora

A fonte geradora, neste caso especificada como o domicílio, representada por uma amostra pontual, foi organizada no sentido de se obter uma melhor eficiência na segregação com a utilização de containers plásticos adquiridos no mercado, sem especificação com capacidade para 10, 15 e 35 litros. O menor de cor verde foi utilizado para os biodegradáveis, o médio de cor azul, para os descartáveis e o vermelho para os recicláveis. As cores foram igualmente escolhidas em função da oferta de mercado, não representando, neste caso, nenhuma simbolização.

Durante o período de análise, os moradores foram orientados na classificação dos materiais segundo a caracterização do Anexo 1 observando-se ainda a lavagem dos materiais recicláveis.

A pesagem foi feita nos dias de descarte, coincidentes, geralmente com os dias de coleta pelo caminhão, pelos próprios moradores. Isto justifica-se na intenção de não interferir no processo natural, ou seja, na rotina diária do domicílio. Foram estabelecidas as terças e quintas-feiras para o monitoramento da segregação. Na oportunidade eram esclarecidas dúvidas e o material era analisado em cada container buscando observar se a caracterização havia sido feita de acordo com a orientação. Ou seja, o material foi separado pelos moradores segundo sua compreensão e após sofreu uma nova avaliação por parte dos pesquisadores antes da pesagem.

O material foi pesado com a utilização de balança do tipo doméstico com capacidade para 5 Kg, e os dados registrados em tabela (Anexo B - Tabela B.1) substituída semanalmente, onde eram registradas ainda informações eventuais pelos moradores

pertinentes a ocorrências significativas que pudessem alterar a rotina da segregação.

Para manejo do material no processo de pesagem foram adquiridos sacos plásticos para revestimento dos containers. Foram entregues a cada residência um conjunto de 3 containers e os respectivos sacos plásticos.

## **4.2. A Caracterização dos Resíduos no Destino Final**

### **4.2.1. Estudo do Sistema de Coleta**

Para se levar a efeito a caracterização dos resíduos no destino final, fêz-se necessário um levantamento dos bairros atendidos pelo sistema, horários e dias em que a coleta é levada a efeito. Para tanto, fêz-se um levantamento da frota de caminhões e dos horários e local de saída dos mesmos para a rotina de trabalho.

Durante uma semana os caminhões foram acompanhados, cada um por um pesquisador munido de mapa da cidade e canetas coloridas que registrava o traçado das ruas percorrido pelo caminhão.

Ao final, os mapas foram cruzados, obtendo-se um espelho completo do sistema.

Diariamente, os caminhões eram pesados antes de se dirigirem para o aterro, pela manhã e à tarde, (cada caminhão faz apenas uma viagem por período) obtendo-se com isto a geração total de resíduos em uma semana o que permite inferir sobre a produção per-capita.

#### 4.2.2 - A Definição da Amostra

Optou-se por coletar os resíduos dos bairros em que se localizavam os domicílios anteriormente analisados, respeitando-se assim o mesmo critério de análise da variável econômica na geração de resíduos por classes (alta, média e baixa)

A opção pelo caminhão caminhão com caçamba basculante deu-se em função de evitar os problemas trazidos pelos caminhões compactadores que promovem uma mistura dos componentes do resíduos alterando em parte suas características físico-químicas originais

#### 4.2.4 - O Método de Quarteamento

Este método utilizado por GOMES (1987) e PESSIN (1991), amostragem realizada por divisões sucessivas em 4 partes de uma amostra sofreu algumas adaptações em função dos objetivos traçados neste estudo:

- O resíduo foi disposto sobre uma lona plástica preta formando um único monte, no que difere do método utilizado por PESSIN (1991) onde o próprio veículo descarregava em quatro montes menores. Tratava-se no estudo em questão de resíduos compactados, cuja capacidade do equipamento alcança a média de cinco toneladas.

- Do monte principal, foram retirados aleatoriamente, de diferentes pontos, quantidades de resíduos envoltos ainda por sacos plásticos ou retirados com o auxílio de pás e ancinhos, dispostos em quatro montes menores aproximadamente iguais. Não

foram utilizados neste caso, os tambores de 100 litros referidos por PESSIN (1991).

Os sacos plásticos em cada monte foram rasgados com o auxílio de garras metálicas e todo o conteúdo destes despejado. A seguir efetuou-se a mistura dos resíduos ainda em seus montes originais procurando dar maior uniformidade à massa.

No passo seguinte, os montes foram misturados dois a dois, vis-a-vis, e sofreram um novo revolvimento, resultando assim dois montes maiores. Estes por sua vez, sofreram o primeiro quarteamento. De cada monte quarteado foram descartados vis-a-vis duas partes, misturando-se as 2 restantes. (Fig. 4.1)

Os dois montes, novamente misturados, sofreram o segundo quarteamento, sendo novamente descartadas vis-a-vis duas partes de cada um. Após serem novamente misturados, os dois montes sofreram o terceiro quarteamento.

Seguindo o mesmo processo de descarte, restaram assim duas amostras quando então deu-se início a caracterização física, sendo as amostras espalhadas sobre uma lona plástica e realizada a catação manual dos mesmos, dividindo-se inicialmente os resíduos em:

- matéria orgânica
- papel e papelão
- plásticos
- vidros
- metais
- trapos e couros
- papel higiênico
- cerâmicas e vidros temperados
- madeiras
- animais mortos
- perigosos



- diversos

Este critério de segregação foi obedecido para que se pudesse levar a efeito análises comparativas com outros estudos feitos na região, no Brasil e em outros países. Para efeito de comparação com o estudo feito na fonte geradora, os resíduos após pesados foram reagrupados segundo o critério inicial em biodegradáveis, recicláveis e descartáveis.

Após a segregação os resíduos foram acondicionados em sacos plásticos, pesados e registrados os valores em tabelas.

#### **4.3. Análise dos dados**

Os dados foram analisados pelo cruzamento entre os resultados obtidos na origem e no destino final, segundo os critérios de tratabilidade. Os dados obtidos no destino final foram comparados igualmente aos obtidos em outros estudos à exemplo de Caxias do Sul, Porto Alegre, Italia, EUA e Europa, São Paulo e São Carlos.

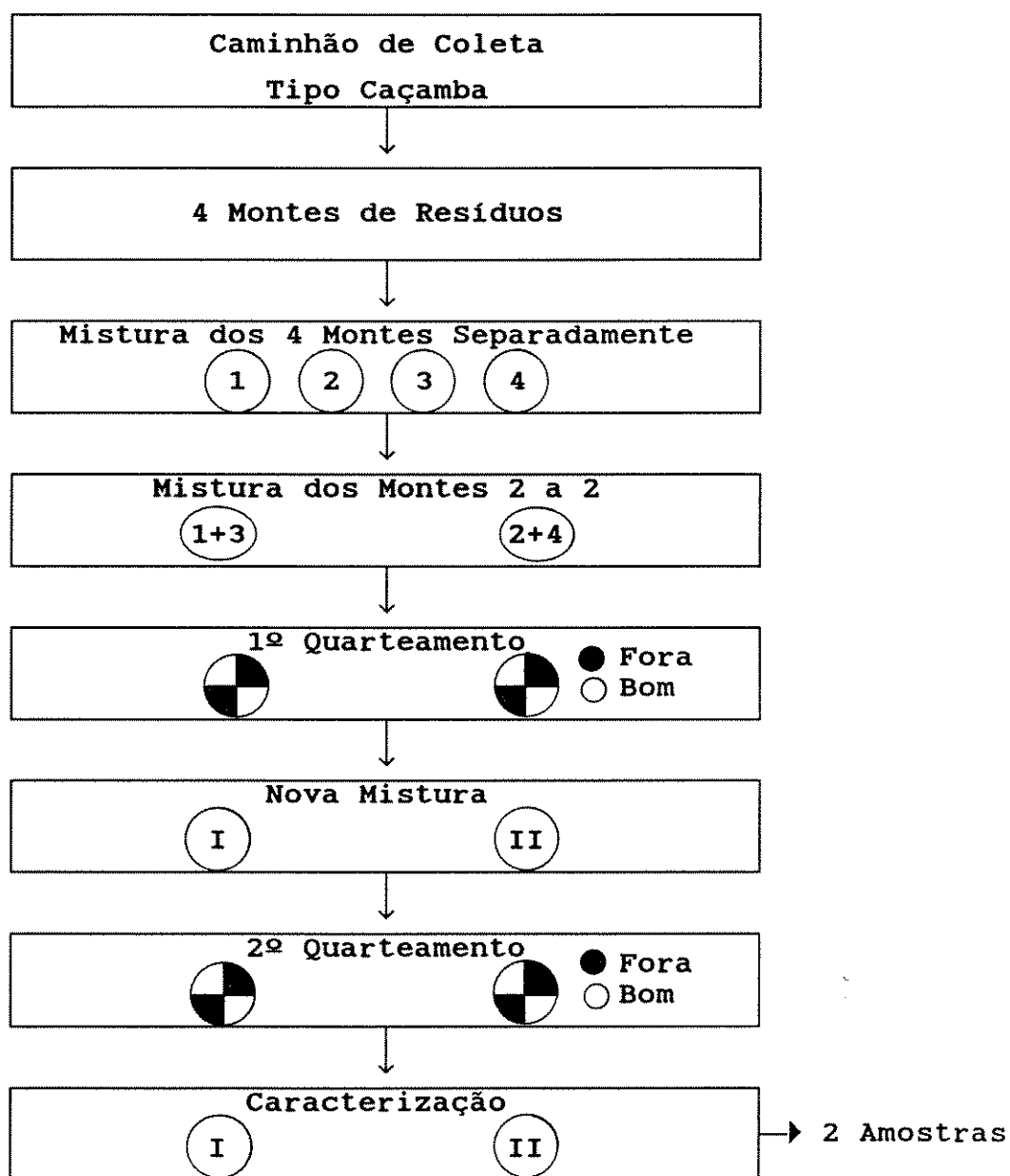


Fig. 4.1 - Método de Quarteamento (adaptado de GOMES, 1989)

## 5. RESULTADOS E DISCUSSÕES

### 5.1.1. A Unidade Amostral

A definição de uma amostra é sempre um processo difícil e de certa forma comprometedor. Deve-se observar a representatividade do conjunto no universo estudado e para isto apresenta-se o ferramental estatístico. Especificamente no estudo da geração junto à fonte (domicílio), o mesmo deveria ser precedido de pelo menos dois outros: uma metodologia que indicasse o número mínimo de residências a serem estudadas e um tempo mínimo para coleta de dados.

Partiu-se do pressuposto, porém de que seria necessária uma amostra muito grande, o que de certa forma inviabilizaria o estudo, ou no mínimo demandaria um tempo muito maior e uma equipe de trabalho relativamente grande.

Sendo assim, optou-se por uma amostra pontual a nível de estudo da fonte onde a unidade para resíduos é gramas a ser confrontada com outra metodologia, cuja unidade é toneladas que é o quarteamento.

Por outro lado, o estudo pretendeu avaliar não apenas os aspectos quantitativos mas igualmente os qualitativos, no que diz respeito ao processo de geração de resíduos, internamente no domicílio.

O estudo na fonte geradora apresentou certo grau de dificuldade, especialmente na seleção da amostra, que embora pequena ofereceu uma série de obstáculos: A época em que foram feitos os levantamentos de dados (janeiro e fevereiro); o fato de os materiais recicláveis terem de estar limpos e a presença constante do pesquisador fiscalizando e monitorando a segregação, foram fatores intervenientes na participação dos domicílios, sendo que muitos dos entrevistados, embora se enquadrassem nos critérios estabelecidos, não se dispuseram a colaborar alegando um destes fatores.

Analisando melhor os fatos, observou-se que os meses de janeiro e fevereiro, na região em que está inserido o Município de Bento Gonçalves, é época preferencial para o período de férias, sendo que, muitas indústrias adotam inclusive a prática de férias coletivas nestes meses. Diante disto, uma análise nesta época dos resíduos no destino final poderia evidenciar um processo de sazonalidade, nem tanto no que diz respeito aos aspectos qualitativos, mas importante no aspecto quantitativo para o sistema de coleta.

A limpeza dos materiais recicláveis (plásticos, vidros e latas) encontra uma certa resistência entre os moradores particularmente as donas de casa que vêm nesta prática uma atividade a mais nas lides domésticas. Neste aspecto, deixou-se em aberto a possibilidade de um levantamento junto à população, através da definição de uma amostra representativa, no sentido de inquirir sobre a predisposição desta em levar a efeito a limpeza

dos materiais antes do descarte. Esta prática facilita em muito a colocação no mercado destes materiais, mas especialmente, permite sua armazenagem por tempo indeterminado no domicílio uma vez que não estando impregnados por matéria orgânica não provocam os indesejáveis odores que fazem do lixo um processo marginal.

A presença constante do pesquisador junto ao domicílio, segregando e analisando a geração parece despertar um determinado "pudor" junto aos moradores transparecendo uma invasão de privacidade uma vez que este expressa muito das características pessoais e familiares em termos de hábitos e costumes. Este terá sido talvez o fator mais importante na decisão em não participar da pesquisa, expresso claramente por algumas donas de casa.

Para a caracterização dos resíduos, no destino final, a unidade amostral foi definida por bairros, representativos das três classes sociais, concidentes com os bairros onde se localizam os domicílios estudados, quais sejam:

- Classe "A" - Bairro São Bento
- Classe "B" - Bairro Progresso
- Classe "C" - Bairro Vila Nova II

A quantidade de resíduos a ser analisada foi definida pelo conteúdo raso de um caminhão caçamba, justificado na não compactação dos resíduos, o que impede em parte a mistura, principalmente, da massa orgânica com os outros componentes. Optou-se ainda por não ultrapassar o limite da basculante em quantidade de resíduos, uma vez que o trajeto a ser percorrido até o local da análise, compreendia a área central da cidade e um percurso de aproximadamente 20 quilômetros. Procurou-se evitar com isto a perda de material no caminho, observando-se os aspectos estéticos e sanitários. Neste sentido, as amostras ficaram em torno de 1 tonelada por bairro.

As dificuldades encontradas nesta etapa referem-se principalmente ao aspecto da mistura do resíduo doméstico com o de outras classes de resíduos, como os industriais, os de serviços de saúde, bares e restaurantes.

Procurando evitar este problema, adotou-se o critério de acompanhar o caminhão e juntamente com os coletores analisar a procedência dos recipientes. Em suma, coletou-se apenas os resíduos localizados em frente à edificações que não apresentavam à primeira vista sinais de outras atividades que não o domicílio propriamente dito. Este procedimento no entanto não foi possível no bairro de Classe "C" onde os resíduos foram retirados dos coletores de entrega voluntária existentes no bairro, uma vez que pela precariedade das ruas, o caminhão só coleta neste ponto.

Torna-se importante frisar esta questão, principalmente no que se refere ao tipo de análise que se buscou fazer com os resíduos segregados na fonte, ou seja, o domicílio. Sendo assim seria não só inconveniente, como de certa forma inviabilizaria um paralelo entre as duas metodologias o fato de estarem presentes na massa de resíduos, componentes outros que não os de origem doméstica. Ainda assim identificou-se durante a caracterização a presença de resíduos de serviços de saúde, provavelmente, oriundo de um consultório dentário, estabelecido em um domicílio.

No bairro classe "C" não foi possível realizar a separação dos resíduos em função das atividades, no que tomou-se o cuidado de analisar a possível presença destas no mesmo. O que ficou evidenciado, é que além dos domicílios, ocorrem no local apenas pequenos estabelecimentos comerciais (bares e armazéns) não havendo no local nenhuma atividade industrial e nem de serviços de saúde.

Em Bento Gonçalves, na grande maioria dos bairros, a coleta ocorre em dias alternados. No bairro de classe "C", porém, a coleta é feita em terças e quintas-feiras. Neste aspecto, desconsiderando-se o estudo feito nas rotas dos caminhões, se coletássemos para análise, por exemplo, os resíduos de terça-feira, teríamos entre estes, alguns com até uma semana de descarte, o que inviabilizaria, de certa forma, a caracterização em função dos odores, consequência das alterações bioquímicas sofridas pela massa orgânica em processo de decomposição.

Sendo o nosso objetivo o estudo dos resíduos domésticos e não dos resíduos urbanos em geral, justifica-se as adaptações feitas à metodologia convencional de coleta e caracterização dos resíduos.

Neste aspecto torna-se importante frizar ainda a importância do estudo do sistema de coleta, dos bairros e rotas atendidas pelo sistema e os dias em que a coleta é efetivada em cada bairro.

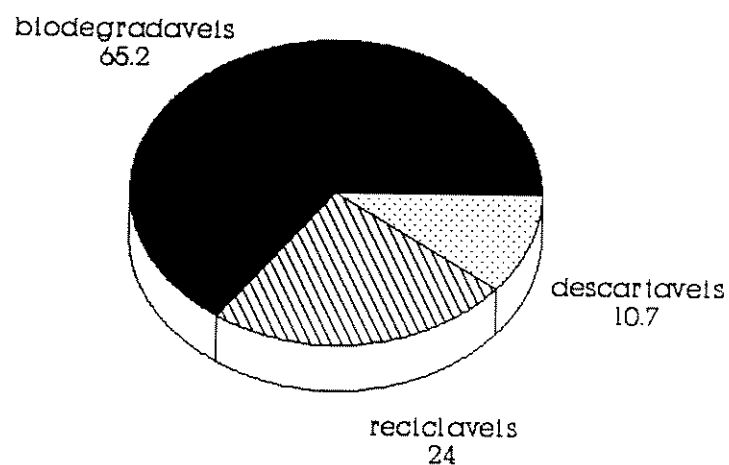
#### 5.1.2. A Caracterização dos Resíduos

Os resultados obtidos durante os sessenta dias de estudo junto aos 3 domicílios (Anexo C, Tabelas C.1, C.2 e C.3) estão expressos abaixo em seus valores percentuais médios (Tabela 5.3; Figuras 5.1, 5.2, 5.3 e 5.4)

**Tabela 5.3 - Caracterização dos Resíduos Sólidos junto à Fonte Geradora (Domicílio) - %**

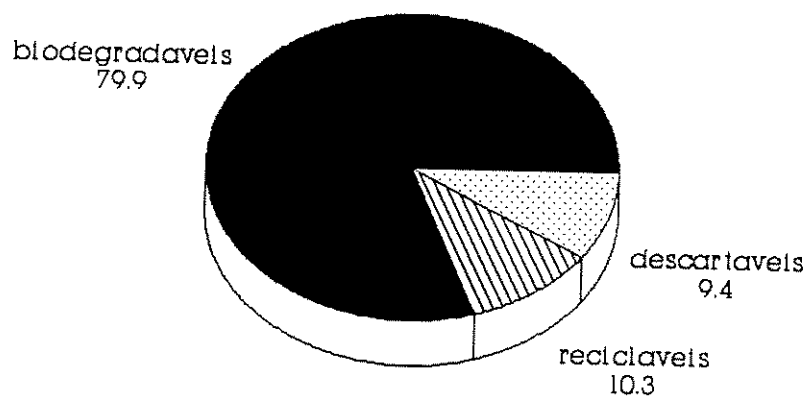
Resíduos	Classe "A"	Classe "B"	Classe "C"	Média
Biodegradáveis	74.2	77.9	88.3	80.1
Recicláveis	7,6	6,5	4,6	6,2
Descartáveis	18.2	15.6	7.1	13.6

**Figura 5.1 - Caracterização de Resíduos Sólidos Domésticos no Destino Final - Classe "A" - (%)**

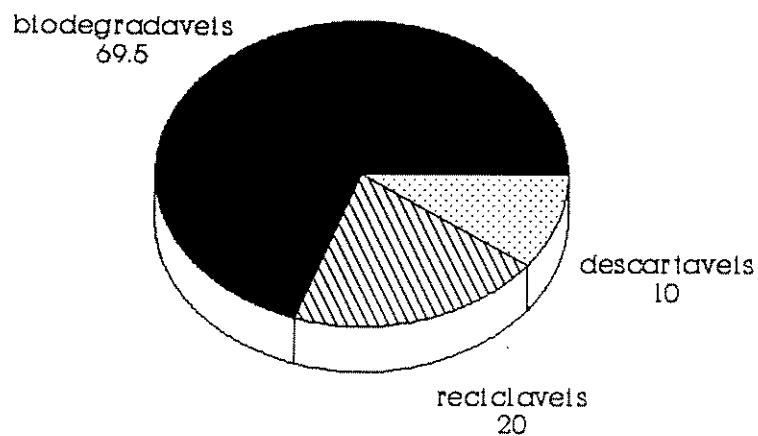




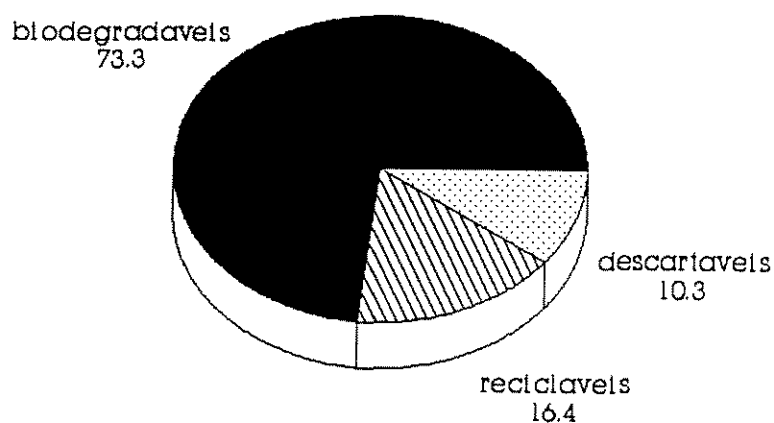
**Figura 5.2 - Caracterização de Resíduos Sólidos Domésticos no Destino Final - Classe "B" (%)**



**Figura 5.3 - Caracterização de Resíduos Sólidos Domésticos no Destino Final - Classe "C" (%)**



**Figura 5.4** - Caracterização de Resíduos Sólidos Domésticos  
no Destino Final - Média das 3 classes (%)



Os resultados acima expressos apresentam um aumento gradativo da produção de matéria orgânica na mesma medida em que diminui a geração de recicláveis e descartáveis, da classe "A" (alta) para a classe "C". Isto pode ser evidenciado ao longo do estudo pela presença de embalagens de produtos industrializados nas classes alta e média, menos significativo na classe baixa.

O que se apresenta como mais significativo porém é a alta taxa de matéria orgânica apresentada nas 3 classes. Por este estudo, o percentual encontrado está em média mais de 20% acima de outros estudos analisados como se pode observar no **Anexo F**, Tabelas F.1, F.2, F.3, F.4, F.5 e F.6 que apresentam os dados relativos a Caxias do Sul (PESSIN, 1991), São Carlos (Gomes, 1989), Porto Alegre (Saldanha, 1981), Itália (Magagni, 1978) e São Paulo, EUA e Europa Ocidental (Revista Reciclagem, 1990), sendo o mais próximo encontrado o de Porto Alegre - RS, onde a matéria orgânica apresentou um percentual de 72,54. É

interessante observar ainda que esta taxa de material orgânico encontrado em Bento Gonçalves, está bem próxima da encontrada em São Paulo, em 1927. Nisto deve-se considerar entretanto, a metodologia utilizada que difere significativamente deste estudo uma vez que todas elas analisam o resíduo no destino final.

O alto grau de matéria orgânica encontrado se dá na realidade em função do baixo consumo de produtos industrializados. Em discussões com os moradores evidenciou-se que boa parte da população mantém ainda os hábitos coloniais, mais evidenciado na classe média. Ou seja, produtos que geralmente são adquiridos no mercado já industrializados como conservas, molho de tomate, "schmiers" (doces de frutas), são produzidos no próprio domicílio. Está muito arraigado aos hábitos da população por exemplo a entrega direta de leite pelo produtor, bem como as feiras livres com produtos coloniais.

Todos estes fatos de ordem cultural, interferem diretamente no processo de geração uma vez que pelo consumo de produtos naturais, elimina-se da massa de resíduos os componentes descartáveis e recicláveis.

Esta tendência continua quando é aplicada outra metodologia, não mais junto à fonte mas no destino final, alterada em alguns aspectos, porém facilmente explicáveis. A Tabela 4, as Figuras 5.6, 5.7, 5.8 e 5.9 e o Anexo C. (Tabelas C.4, C.5, C.6 e C.7) mostram os resultados obtidos na caracterização pelo método de quarteamento:

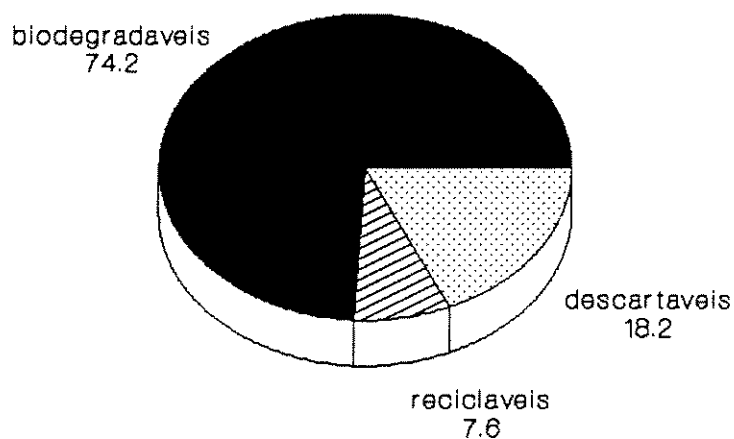
**Tabela 5.2 - Caracterização dos Resíduos Sólidos Domésticos  
Destino Final (%)**

Resíduos	Classe "A"	Classe "B"	Classe "C"	Média
Biodegradáveis	65.2	79.9	69.5	73.3
Recicláveis	24.0	10.3	20.0	16.4
Descartáveis	10.7	9.4	10.0	10.3

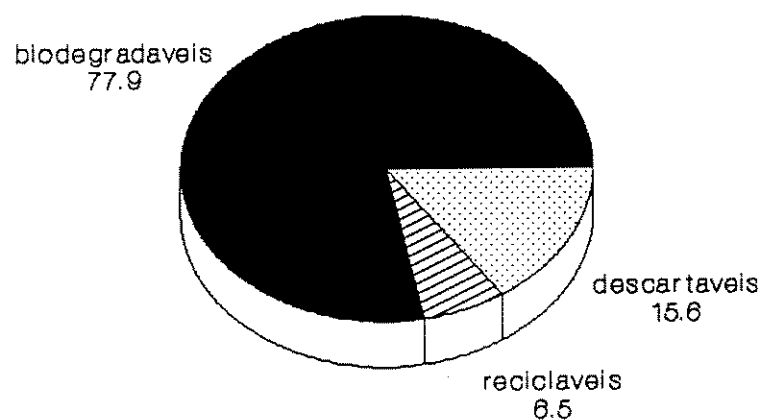
Numa análise comparativa entre as duas metodologias a tendência crescente de geração de matéria orgânica observada no primeiro caso deixa de existir havendo uma queda na geração desta junto à classe "C" acompanhada de um aumento na geração de descartáveis e recicláveis nesta mesma classe. Este fato encontra explicações no alto índice de roupas e calçados encontrados na massa de resíduos do bairro em questão, classificados como descartáveis.

Este fato, igualmente evidenciado por PESSIN (1991), quando do estudo num bairro classe baixa de Caxias do Sul, pode estar relacionado com campanhas de doação de agasalhos, o que coincidentemente ocorreu nas semanas antecedentes dos dois estudos. Observa-se também que após períodos de chuvas intensas, roupas e calçados são descartados. Isto pode estar relacionado com o fato de as populações mais carentes descartam estes materiais ao invés de lavá-los, justificando-se ainda no fato de que os recebem gratuitamente. Ou seja, o que se pode evidenciar em relação às tres classes é que as primeiras geralmente não descartam este tipo de material (calçados e agasalhos), exatamente porque os transferem para as classes menos privilegiadas, destino final deste tipo de "resíduos".

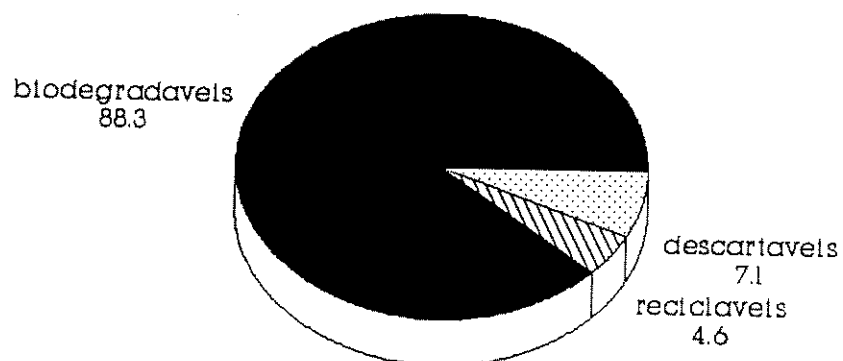
**Figura 5.5 - Caracterização de Resíduos Sólidos Domésticos no Destino Final - Classe "A" (%)**



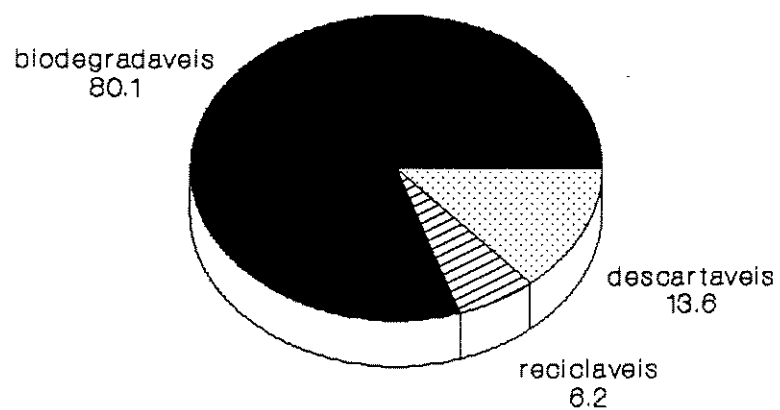
**Figura 5.6 - Caracterização de Resíduos Sólidos Domésticos no Destino Final - Classe "B" (%)**



**Figura 5.7** - Caracterização dos Resíduos Sólidos Domésticos no Destino Final - Classe "C" (%)



**Figura 5.8** - Caracterização de Resíduos Sólidos Domésticos no Destino Final - Média das três classes (%)



Outro fator digno de maiores discussões e estudos mais profundos nesta comunidade é o de que a maior parte das pessoas de classe média e alta são "autóctones"<sup>[1]</sup>, ou seja, a família tem origem no próprio município ou no mínimo na região de colonização italiana. O mesmo parece não ocorrer com os bairros periféricos que atraem em função da indústria populações de origens e culturas diversas aumentando por este processo a miscigenação cultural nesta classe.

Convém salientar que no estudo pontual as pessoas das residências analisadas eram todas de origem local, ou no caso da residência classe "C" de origem regional, porém residente a mais de vinte anos no município.

Retomando a questão da alta taxa de matéria orgânica evidenciada no estudo da fonte geradora, observa-se uma diferença em torno de 7% relativamente aos resultados encontrados no destino final. Neste caso deve ser considerado o fator metodológico: No estudo da fonte, os materiais eram segregados limpos, ou seja, sem impregnação de material orgânico, e secos, sendo que quando se tratava de material originalmente reciclável, porém molhado (no caso de papéis) ou que impossibilitasse sua lavagem, estes materiais eram dispostos com os descartáveis.

No destino final, porém, pela classificação adotada, se fôsse descartado todo material sujo, a taxa de descartáveis ficaria em muito elevada. Sendo assim, optou-se por separar os materiais por suas características físico-químicas comuns independentemente de estarem ou não sujos. Mesmo porque, pelo quarteamento, a mistura deve ser feita buscando a maior homogeneidade possível do resíduo, e isto leva a que todos os

Diz-se daquele ou daquilo que é do local ou contrário à "alóctone"

materiais, praticamente, fiquem impregnados de material orgânico.

Particular ênfase deve ser dado por exemplo, ao papel higiênico, que na fonte foi segregado como descartável e que no destino final, a tentativa de separá-lo na massa de resíduos foi em parte frustrada, uma vez que este material foi o que mais absorveu a umidade da massa de resíduos, aumentando consideravelmente seu peso e confundindo-se por vezes com os restos orgânicos. Fato semelhante ocorreu com a maior parte dos papéis e plásticos que apresentavam grande quantidade de matéria orgânica agregada.

Por estes aspectos, pode-se considerar que boa parte desta diferença no percentual orgânico foi devida a perda, principalmente da umidade deste para os outros componentes da massa de resíduos como os papés e os plásticos.

Isto de certa forma vem evidenciar a necessidade de organização da fonte geradora no sentido da segregação e da coleta diferenciada, uma vez que a separação no destino final defronta-se com o problema da mistura dos materiais, especialmente em se tratando de caminhões compactadores. Vale lembrar que neste estudo foi utilizado caminhão aberto com caçamba basculante, o que não permitiu a mistura da massa de resíduos. A mistura ocorreu pelo quarteamento, necessidade imposta pelo método. Se a caracterização tivesse sido feita a partir de material compactado, certamente teríamos outros resultados, provavelmente diminuindo o material orgânico e aumentando os recicláveis e descartáveis. É importante salientar, por outra, que a análise foi feita em termos de massa e não de volume

Torna-se importante analisar neste aspecto as diferenças apresentadas nas duas metodologias quando aplicadas ao



gerenciamento de resíduos, no que tange ao tratamento e disposição final dos mesmos. O estudo da geração reflete o que seria o comportamento do sistema se a organização tivesse início na fonte geradora, ou seja, a responsabilidade sobre o problema sendo transferida em parte a quem de direito, o "cidadão", ou aquele que gera o resíduo.

Torna-se interessante ainda uma análise comparativa com a caracterização física dos resíduos sólidos em São Paulo em diferentes períodos apresentado por GOMES (1989), (Anexo F) cujo percentual de matéria orgânica vem sofrendo uma diminuição gradativa ao longo dos anos desde 1927 até 1979, sendo que os dados apresentados para a caracterização em 1927 aproxima-se em muito com os obtidos neste estudo para Bento Gonçalves. Isto de certa forma, parece indicar que ao longo do tempo, pela miscigenação cultural, pelo avanço da tecnologia e dos índices populacionais, Bento Gonçalves passaria pelo mesmo processo. É interessante porém observar o período de tempo que separa estes dois estudos e perceber a importância de nos tempos atuais uma comunidade apresentar este comportamento tão próximo aos primórdios da industrialização.

A Figura 5.9 expressa o que poderia ser um modelo de gerenciamento de resíduos domésticos que contemple a participação e a co-responsabilidade do cidadão e do poder público, com a introdução de equipamento especial para armazenagem de resíduos orgânicos, disponível no mercado, de tecnologia suíça (Anexo D; Fig. D.1)

Na Figura 5.10, o modelo de gerenciamento está expresso segundo os resultados obtidos na caracterização no destino final e expressa igualmente o modelo atual aplicado no município de Bento Gonçalves.

Na figura 5.11 expressa o modelo de gerenciamento para o município de Bento Gonçalves numa fase emergencial transitória envolvendo co-disposição com os resíduos industriais

Na figura 5.12 o modelo está expresso igualmente para uma fase transitória sem os resíduos industriais e com a implantação da coleta seletiva.

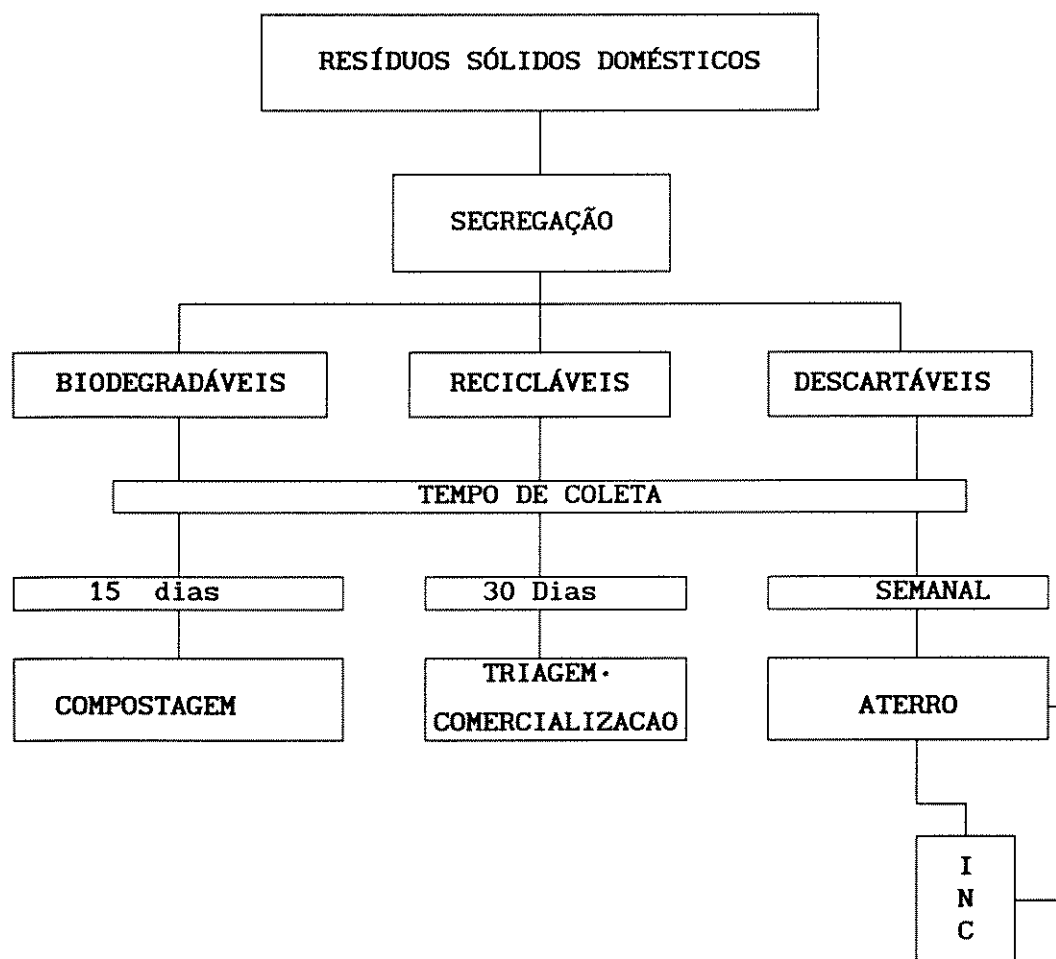


Fig. 5.9 - Modelo Para o Gerenciamento de resíduos Sólidos Domésticos de Bento Gonçalves - RS, com Base nos resultados obtidos no Estudo da Geração de Resíduos Sólidos Domésticos

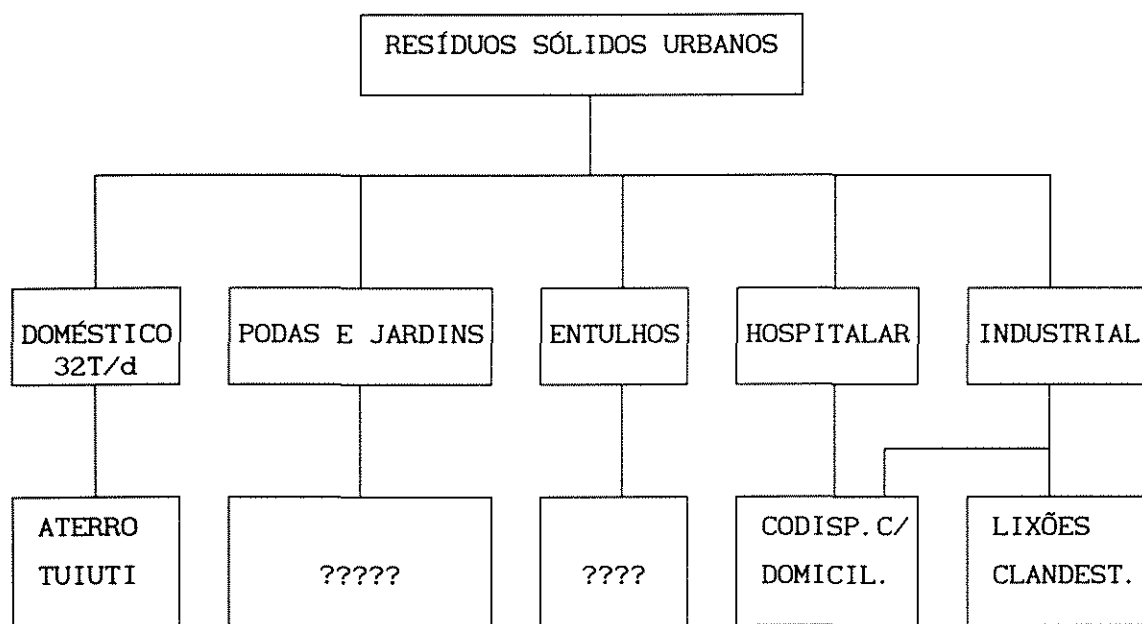


Fig. 5.10 - Modelo atual de gerenciamento dos Resíduos sólidos Domésticos de Bento Gonçalves - RS com Base nos Resultados obtidos no Estudo da Caracterização no destino final

## FASE EMERGENCIAL - OPÇÃO A

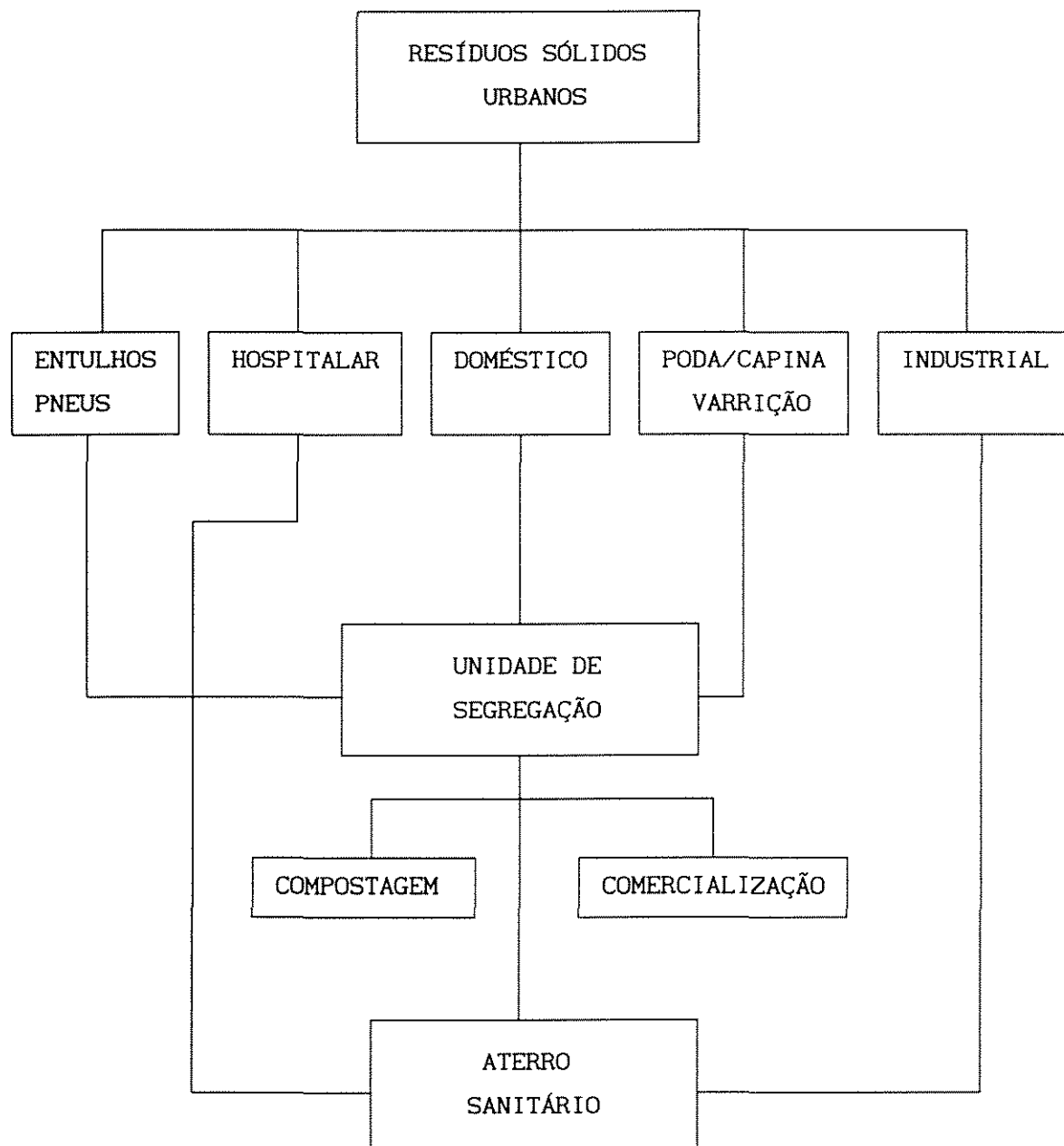
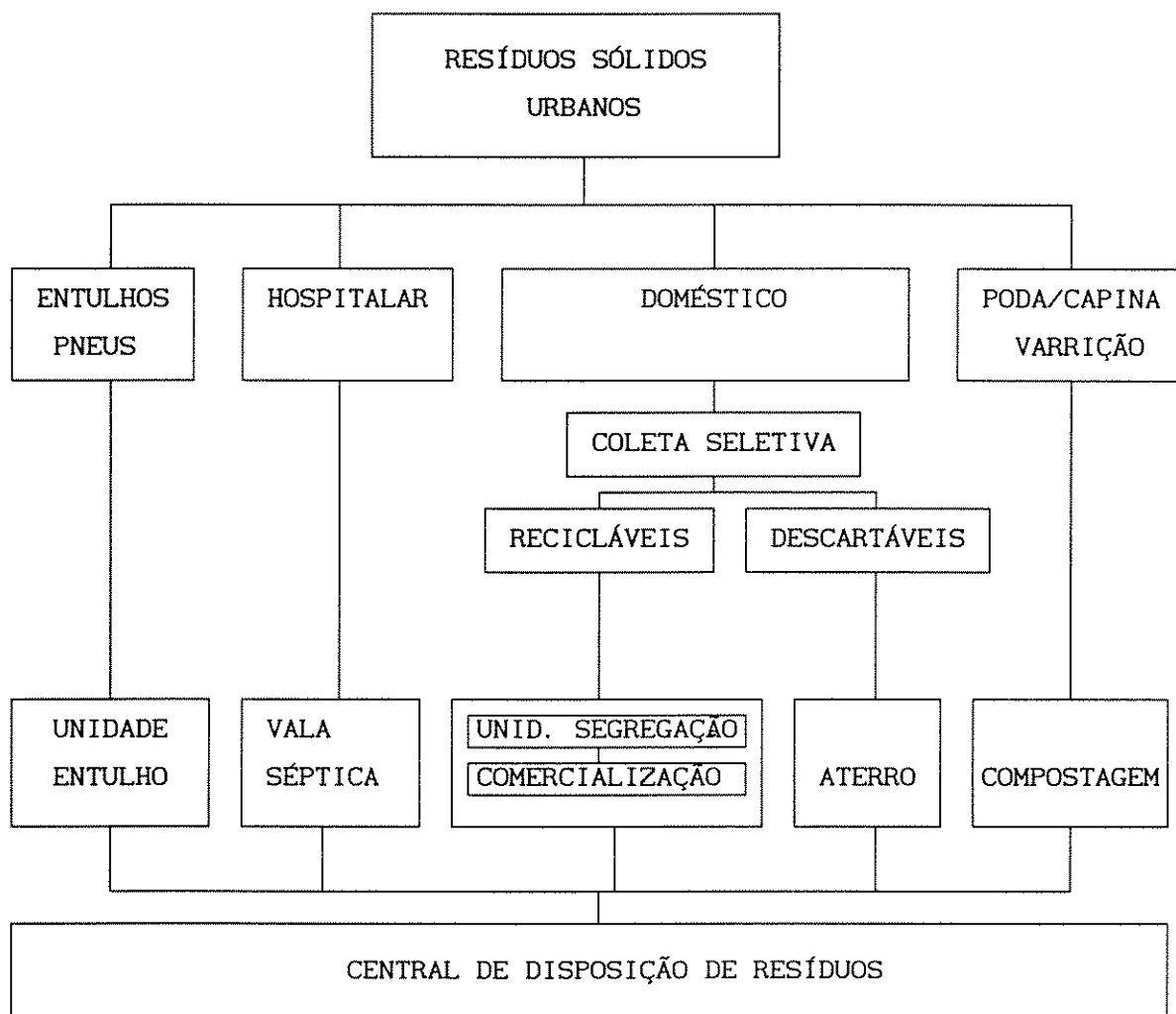


Fig. 5.11 - Modelo para o gerenciamento de resíduos sólidos no Município de Bento Gonçalves, fase emergencial com co-disposição com os resíduos industriais

## FASE EMERGENCIAL - OPÇÃO B



**Fig. 5.12** - Modelo de gerenciamento para os resíduos sólidos domésticos no município de Bento Gonçalves expresso para uma fase transitória sem os resíduos industriais e com a implantação da coleta seletiva.

### 5.3 - O Sistema de Coleta

Na análise do sistema de coleta denota, de certa forma não haver critérios de planejamento na definição das rotas. Estas são determinadas pelos próprios motoristas não levando em conta a otimização dos trajetos percorridos e tampuco a quilometragem percorrida.

A falta de planejamento do sistema de coleta municipal, pode estar fundamentada no fato de o poder público pagar à empresa coletora por quilômetro rodado.

Neste estudo procuramos analisar a quilometragem percorrida durante o período de uma semana, controlando-se igualmente o consumo de combustível pela frota, com vistas à um ensaio na aplicação de um sistema com coleta diferenciada. Os resultados obtidos estão expressos nas tabelas 5.3 e 5.4.

**Tabela 5.3 - Características da Frota Coletora**

Placas	Marca	Modelo	Ano	Eq. Coletor
OX-2086	Mercedes-Benz	1618	1991	Codimaq 8000
OX-0309	Mercedes-Benz	1518	1987	Sita 6000
IG-3741	Mercedes Benz	1513	1979	Sita 6000
OX-3220	Ford	Cargo	1992	Codimaq 8000
IG-2747	Mercedez-Benz	1313	1976	Caçamba

**Tabela 5.4** - Resultados obtidos durante o período de análise do sistema de coleta (7 dias).

Veículo	Nº Viagens	QT. Res. Colet. (kg)	Percurso(km)	Cons. Combs.
OX-3741	10	55.410	356	298 l
IG-3741	11	58.870	527	222 l
OX-3220	10	56.250	531	193 l
OX-0309	11	64.470	393	237 l
IG-2747	03	3.070	-	-

O total acima expresso, em massa de resíduos é o equivalente a geração de 7 dias, o que traduz uma média de 33,3 toneladas/dia. O veículo IG-2747 não faz parte da frota regular de coleta tendo sido utilizado apenas para a coleta dos resíduos a serem caracterizados, não sendo portanto sido observado o percurso e o consumo de combustível por ter sido alterado o percurso regular e a coleta ter sido feita nas rotas de outros veículos. Considerou-se entretanto a quantidade de resíduo coletada.

A Tabela 5.5 expressa o percentual final da caracterização em toneladas/semana de cada classe de resíduo, com base nos valores médios obtidos na caracterização e na tonelagem final de uma semana.

**Tabela 5.5** - % Final da Caracterização em t/semana

Resíduo	%	T/Semana
Biodegradáveis	76.8	178.076
Recicláveis	11.3	26.201
Descartáveis	11.7	27.129
Perigosos	0,2	463
<b>Total</b>	<b>100</b>	<b>231.870</b>

O sistema de coleta diferenciada pode incluir no processo o equipamento "compostainer" com capacidade de armazenamento de resíduos orgânicos de até 120 litros o que em algumas residências pode significar em termos de tempo, até 30 dias ou mais. No modelo proposto, em função das características do resíduo do município, a coleta passaria a ser: semanal para os descartáveis, quinzenal para os biodegradáveis e mensal para os recicláveis. Neste sentido são apresentados na Tabela 5.6 cálculos em eficiência por tonelagem comparativamente aos modelos atual e ao proposto. Os cálculos foram feitos com base na capacidade de coleta dos caminhões, pressupondo-se uma carga média de 6.000 kg/cada para os biodegradáveis e para os descartáveis, e uma carga de 5.000kg para os recicláveis, uma vez que estes ocupam maior volume. Neste sentido foi suposta uma mudança na frota de coleta dos recicláveis com a introdução de um caminhão com carroceria aberta com Tara de 8 a 10.000 kg à exemplo dos que são utilizados em Caxias do Sul para a coleta seletiva.

**Tabela 5.6 - Análise da eficiência da coleta diferenciada em relação à coleta atual para o período de 30 dias**

	Nº viag.	Res.Colet. (kg)	Percurso(km)	Cons.Comb. (l)
Modelo Atual (todo resíduo)	180	994.000	7.744	4.073
Modelo Proposto				
Biodegradáveis	128	768.000	5.504	2.893
Recicláveis	24	120.000	1.032	542
Descartáveis	19	112.000	817	429
Total	171	1.002.000	7.353	3.864
Dif. Pró Modelo Proposto	- 9	+ 8.000	- 391	- 209

A tabela acima permite concluir que é possível implementar o



modelo proposto, sem contudo aumentar o consumo energético relativamente ao combustível em função da quilometragem percorrida.

Convém salientar que os cálculos foram feitos com base na média de combustível e de quilômetros rodados na semana em estudo, sem que se fizesse nenhuma alteração nas rotas de coleta regular respeitando-se os trajetos efetuados atualmente. Um estudo mais apurado e um redimensionamento das rotas atuais poderão levar a uma eficiência maior uma vez que as mesmas são totalmente aleatóreas não evidenciando um planejamento mais racional no seu traçado.

O ensaio feito com relação a um sistema de coleta diferenciada serve neste momento apenas como um aceno para a proposta de segregação na fonte e organização do sistema. Para se obter um estudo mais apurado desta relação seria necessário o redimensionamento, igualmente das atuais rotas e um estudo da quilometragem percorrida em função de um novo zoneamento, o que pode ser feito ainda de posse dos dados já coletados e que não estão ainda compilados em termos de ruas e quadras atendidas pelo serviço bem como as datas e frequência com que o mesmo é realizado.

Este estudo porém demanda em maior tempo e na utilização de "softwares" específicos de geoprocessamento para auxílio ao planejamento.

Para o futuro estes estudos estão em planos de realização, mesmo porque servirão de suporte a toda uma proposta de organização e modernização do atual sistema.

## CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

O lixo doméstico, embora tão próximo de cada um, representando inclusive, muito do que somos, é uma questão bem mais profunda do que possa parecer.

A complexidade do processo, aumenta na medida em que o homem avança tecnologicamente, mantendo contudo suas características essenciais determinadas pela cultura individual ou de grupos.

A relação que cada indivíduo estabelece com seu lixo, traz na essência muito da sua relação com o mundo.

Se para os outros seres vivos, gerar resíduos é um processo natural, incorporado aos ciclos naturais, para o homem, há muito vem se tornando um problema. Na medida em que os outros seres vivos convivem harmonicamente com seus rejeitos, o homem à medida que evolui culturalmente, afasta-se de sua natureza biológica. neste sentido, a preocupação em manter longe de si seus resíduos fisiológicos vem a somar-se com a de manter igualmente longe os resíduos resultantes de suas atividades diárias em sociedade: o lixo.

E, o que deveria ser uma preocupação individual, assume proporções que podem alcançar o nível de catástrofes, quando transferida global e indiscriminadamente para os poderes centrais constituídos. Estes, seguindo a filosofia inerente a cada um, igualmente, busca "esconder", afastar, manter à distância estes inconvenientes resíduos.

E, neste círculo vicioso, segue a sociedade humana mantendo um temor ou pudor latente de "mergulhar no lixo", na sua essência e compreendê-lo, analisá-lo, e aos fatores que levam à sua geração.

Neste contexto, o presente estudo tomou por exemplo uma comunidade do interior do Rio Grande do Sul, levantando uma série de questões, algumas conclusivas no que diz respeito à problemática dos resíduos domésticos enquanto questão sanitária ambiental e outras que abrem caminho a uma série de questões comportamentais e coletivas.

Do ponto de vista do saneamento, o estudo aponta a importância do diagnóstico, do conhecimento da realidade local na tomada de decisões quanto à adoção de modelos para o gerenciamento de resíduos.

As diferenças nas características dos resíduos a serem tratados e dispostos, entre a organização destes na fonte geradora e no destino final, são explicáveis por questões metodológicas, porém, indicam igualmente a importância do conhecimento da realidade a ser tratada no momento da tomada de decisão

O estudo indica maior eficiência do sistema na recuperação de matéria e energia, quando priorizada a organização da fonte geradora e o redimensionamento do sistema de coleta, tornando

menos problemático o destino final.

Por outra, a heterogeneidade dos resíduos demonstrada na análise, aponta necessariamente para soluções heterogêneas que apliquem as tecnologias atualmente disponíveis no mercado na linha do sistema integrado minimizando a ação antrópica sobre o meio, ao tempo que deve levar a uma reflexão sobre os processos produtivos, particularmente os industriais, no sentido de buscar maior qualidade em detrimento da quantidade, conferindo aos bens maior durabilidade ou permitindo-lhes o reuso e/ou reutilização aliados já ao conceito de reciclabilidade, aproximando-se desta forma dos processos naturais, onde o limite é a "descarga zero".

Diante do exposto, apresentamos algumas recomendações como indicativo de continuidade e no sentido de aprofundar mais algumas questões surgidas ao longo deste estudo:

- Realizar novamente este estudo respeitando-se a sazonalidade, bem definida na região em função das estações do ano, marcadamente diferentes.
  
- Realizar estudos que contemplem as características culturais das populações dos bairros analisados e relacionar os mesmos ao processo de geração de resíduos dentro de cada classe social, ou no mínimo por bairros uma vez consideradas suas características culturais locais.
  
- discutir um pouco mais o que significa o lixo quanto ao aspecto da privacidade. Que características tem o lixo para ser tratado com tantas reservas? Porque as pessoas expressam esta relação de "intimidade" com o lixo ou que relação as pessoas estabelecem com o seu lixo? Porque determinadas pessoas sentem pudor e constrangimento quando se propõe desvendar o conteúdo do seu lixo? Todas estas questões merecem um estudo mais apurado podendo

refletir muito do comportamento humano e em particular de algumas culturas em relação ao lixo. - Realizar estudos complementares comparativos nas cidades de Caxias do Sul e Bento Gonçalves no sentido de buscar respostas à questão das diferenças apresentadas entre uma e outra cidades em termos de características físico-químicas dos resíduos. Ou ainda, por que, sendo tão próximas, geográfica e culturalmente apresentam uma diferença em torno de 20% na geração de matéria orgânica.

- Verificar quais os fatores culturais intervenientes na geração de resíduos nas duas cidades e situar no tempo, ou historicamente o momento em que estas comunidades passam a se distinguir.

- Analisar as metodologias aplicadas nos estudos de caracterização com vistas a evidenciar a influência destas nos resultados obtidos.

- Analisar mais profundamente o fato de os resultados obtidos no estudo dos resíduos de Bento Gonçalves estarem apontando para a possibilidade de desenvolver sem aumentar a geração de resíduos descartáveis e recicláveis. Neste caso, um estudo mais profundo nas raízes deste comportamento, poderia servir de modelo para o desenvolvimento sustentado em cidades de pequeno e médio porte.

- No sentido da conscientização da população, ou da educação ambiental, uma análise mais profunda dos hábitos e costumes da população poderia levar a uma ação divergente da que geralmente aplicaríamos aos grandes centros: ao invés de se trabalhar sobre a mudança de hábitos e costumes, trabalhar-se-ia sobre a conservação dos hábitos e costumes, no sentido de impedir o avanço da sociedade de consumo (ou de descarte) sobre a comunidade.

- No sentido de subsidiar a comunidade na tomada de decisão sobre

a problemática dos resíduos sólidos urbanos, seriam necessários estudos outros sobre a geração de resíduos de serviços de saúde e industriais, principalmente, uma vez que para se buscar uma solução para os resíduos sólidos domésticos, não há como não se pensar nestas duas outras classes, uma vez que estas são coletadas juntas, criando problemas para o tratamento.

A continuidade deste estudo poderá levar a informações importantes no sentido de corroborar a influência dos fatores culturais no processo de geração de resíduos e a identificação destes fatores que uma vez identificados e compreendida sua forma de ação sobre o processo poderão subsidiar a elaboração de propostas educativas para outras comunidades, mediante o intercâmbio de práticas culturais ambientalmente corretas.

## 6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ADLER, R. R., NOVAES W., EIGENHEER E., 1993. *Transformando e Reciclando os Restos: O Lixo Passado à Limpo*. Rio de Janeiro.
- AMAZONAS, M. 1990. Compostagem de Lixo Urbano. *Revista Projeto Reciclagem*. Ano 1. N 2. Almagesto Editorial Ltda. São Paulo
- ANDERSON, R. 1980. Energy Self-sufficiency: A Feasible Pre-requisite for Self-Reliance?. in *Self-Reliance - A Strategy For Development*. Ed. by Johan Galtung, Peter O'Brien and Roy Preiswerk. Bogle. Loverture Publications Ltda. London. p. 157 - 173. .
- ANTUNES, J.H. 1987. *Imigração e Industrialização (A Saga do Processo de Desenvolvimento em Bento Gonçalves*. Dissertação apresentada ao Curso de Mestrado em Sociologia Industrial. PUC. RS. .
- BERRIOS, M. R., 1986. *O Lixo Domiciliar. A Produção de Resíduos Sólidos Residenciais em Cidades de Porte Médio e a Organização do Espaço. O Caso de Rio Claro - SP*. Dissertação de mestrado. Instituto de Geociências e Ciências Exatas da USP - Campus Rio

Claro.

BRANCO, S.M. 1989. *Ecossistêmica. Uma Abordagem Integrada dos Problemas do Meio Ambiente*. Ed. Edgard Blücher Ltda. São Paulo.

BRASILEIRO, A. M., 1976. *A Cidade: Aspectos Políticos*. in *Desenvolvimento e Política urbana*. Instituto Brasileiro de Administração Municipal. Rio de Janeiro

BRUGGER, C.M. et Alii. 1992. *Produção "Per Capita" de Resíduos Sólidos Domésticos de Caxias do Sul*. Cadernos de Pesquisa. Universidade de Caxias do Sul. Caxias do Sul.

CAMPOS, M.D. 1991. *A Arte de Sulear-se*. ALDEBARÃ Observatório a Olho nu. UNICAMP. Campinas. SP.

CAMPOS, M.D. 1991. *"Ecologia de Cada dia" - Natureza e Cultura na Educação Ambiental*. ALALDEBARÃ Observatório a Olho nu. UNICAMP Campinas. SP as. SP

CAMPOS, M. D. Julho de 1993. *Informações Pessoais*. IFICH - UNICAMP

CETESB - 1980 Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental e Limpeza Pública, São Paulo.

CROALL, S. & RANKIN, W. 1981. *Conheça Ecologia*. Proposta Editorial Ltda. São Paulo.

DAJOZ, R. 1979. *A Poluição. O Panorama das Poluições*. in *Enciclopédia de Ecologia*. EPU. São Paulo. p. 158-250.

DA MATTA R., 1987. *A Casa e a Rua*. Ed. Guanabara S/A. Rio de Janeiro



- DE BONI, L. 1985. *Bento Gonçalves Era Assim. Relatórios de Autoridades Italianas Sobre os Primórdios de Bento Gonçalves*. Coed. FERVI (IMPLAPE)/Correio Riograndense/EST. Bento Gonçalves.
- DE ROSNAY, J. 1975. *Le Macroscopie. Vers une Vision Globale*. Editions di Seuil.
- DUARTE, E.M.M.B. & OLIVEIRA, A.S.D.. 1992. Lixo: Educação Comunitária para Coleta Diferenciada. in *Revista Projeto Reciclagem*. Ano 3. N 9. Alnagosto Editorial Ltda. São Paulo.
- FELLENBERG. G. 1980. *Introdução aos Problemas da Poluição Ambiental*. EPU. EDUSP. São Paulo.
- FERREIRA, A. B. H. 1986. *Novo Dicionário da Língua Portuguesa*. Ed. Nova Fronteira. 2<sup>a</sup> Ed. Rio de Janeiro.
- GAJO, F., I Pneumatici di Rifiuto. *ENEAL - Energie Alternative del Monego*. SpA. Milano. Italia.
- GANDOLLA, M. 1983. *Proposals For Future Optimizations of Sanitary Landfills For Urban Refuse*. Consorzio per l'Eliminazione dei Rifiuti del Luganeze (CER). Bioggio/TI
- GOMES, L. O. 1989. *Estudo da Caracterização Física e da Biodegradabilidade dos Resíduos Sólidos Urbanos em Aterros Sanitários*. Dissertação de mestrado - Escola de Engenharia de São Carlos - USP. São Carlos.
- GRUPO DE RESÍDUOS S LIDOS. 1991. Coleta Seletiva de Resíduos Sólidos Domésticos de Caxias do Sul. in *Tratamento de Resíduos Sólidos. Compêndio de Publicações*. Universidade de Caxias do

Sul. Caxias do Sul

- INSTITUT FÜR VERKEHRS-UND INFRASTRUKTURFORSCHUNG GMB. 1990. Ed. Kommunalreferat der Landeshauptstadt München. Ant. für Abfallwirtschaft. Informationen Zur Abfallwirtschaft in München. Band 1: Das Abfallkonzept
- KIEHL E. J. 1985. *Fertilizantes Orgânicos*. São Paulo. Ceres.
- KLEE, A. J. & CARRUTH, D. 1970. Sample Weights in Solid Waste Composition Studies. *Journal of the Sanitary Engineering Division*: 948. Vol. 96.
- LAPOIX, F. 1979. Uma Política Nacional do Meio Ambiente. in *Enciclopédia de Ecologia*. EPU. São Paulo. p. 359 - 417.
- LAS CASAS, 1990. *Relações Homem/Meio Ambiente: Bases Epistemológicas da Questão Ambiental*. 1 ed. Universidade Federal de Minas Gerais. Belo Horizonte.
- LEACH, E. 1985. *Anthropos*. in *Antrhopos-Homem*. Vol 5. Imprensa Nacional. Casa da Moeda. Ed. Portuguesa.
- LE CORBUSIER. 1992. *Urbanismo*. Ed. Martins Fontes. São Paulo.
- LE CORBUSIER. 1989. *Por Uma Arquitetura*. Estudos. Ed. Perspectiva.
- LERNER, J. 1991. Meio Ambiente Urbano. in *Anais do I Encontro Nacional de Educação Ambiental*. Curitiba. PR.
- LIMA, L.M.Q. 1991a. *Tratamento de Lixo*. 2 Ed. Ed. Hemus. São Paulo.

- LIMA, L.M.Q., 1991b. Remediação de áreas Degradadas por Resíduos Sólidos. in *Tratamento de Resíduos Sólidos - Compêndio de Publicações*. Universidade de Caxias do Sul. Caxias do Sul.
- LIMA, L.M.Q., SCHNEIDER, V.E., SILVA, L.T.C., FERRUCCIO, S.T.A., SOARES, I.R. 1992. *Estudo do Processo de Geração de Resíduos Sólidos Domésticos*. Departamento de Hidráulica e Saneamento. FEC/UNICAMP. Campinas.
- LIMA, L.M.Q. Setembro 1992c. *Informações Pessoais*. FEC/DHS/UNICAMP.
- LUZ, F.X.R., 1981. *Aterro Sanitário, Características, Limitações, Tecnologia para a Implantação e Operação*, CETESB, São Paulo.
- MAGAGNI, A.; PERONI A.; STEFANI M. 1987. *Imballaggi a Perdere e Smaltimento Dei Rifiuti*. Padova. Itália.
- MAGAGNI, A. 1987. *Contenimento Della Produzione di Rifiuti Solidi*. A.M.N.I.U. Padova. Itália.
- MAGAGNI, A. 1978. La Raccolta Differenziata dei Rifiuti Solidi Urbani. *Ingegneria Ambientale*. 5 (7):538-553
- MAGAGNI, A; PERONI A. *Iniziativa e Inovazioni Concernenti il Recupero dei Rifiuti - Aspetti Economici e Commerciali in Italia*. A.M.N.I.U.P./A.M.I.U., Padova/Modena. Italia. .
- MAGAGNI, A. *Interventi Volti a Limitare la Produzione a Monte dei Rifiuti e a Favorire il Disquinamento a Valle del Cassonetto*. A.M.N.I.U., Padova. Italia
- MEADOWS et alii, 1978. *Limites do crescimento. Um Relatório para o projeto do Clube de Roma Sobre o Dilema da humanidade*. Ed. Perspectiva.

- ODUM, E. 1985. *Ecologia*. Ed. Interamericana. Rio de Janeiro.
- OJIMA, M.K. 1991. Estudo de Alternativas para a Disposição de Resíduos Sólidos - Aterro de São Glácomo. in *Tratamento de Resíduos Sólidos - Compêndio de Publicações*. Universidade de Caxias do Sul. Caxias do Sul.
- PARCHEN C. A. P. 1988. *Condução , Monitoração e Avaliação do Processo de Compostagem Natural de Lixo urbano*. Dissertação de mestrado. Faculdade de agronomia. UFRGS. Porto Alegre.
- PEREIRA NETO, J.T. 1990a. *Compostagem do Lixo. Um Elo Entre Saneamento Saúde e Agricultura*. Revista de Saneamento ambiental. 2:42-43
- \_\_\_\_\_ 1990b. *Reciclagem de Resíduos Sólidos Domésticos*. I Simpósio Nacional de Gerenciamento ambiental. 20 a 23 de agosto. São paulo.
- \_\_\_\_\_ 1990c. *Estimativa da Situação dos Resíduos Sólidos urbanos (Lixo) no Brasil*. Laboratório de Eng. Sanitária e ambiental. Un. fed. de Viçosa. Minas gerais.
- PESSIN, N. 1991. Determinação da Composição Física e das Características Físico-Químicas dos Resíduos Sólidos Domésticos da Cidade de Caxias do Sul. in *Tratamento de Resíduos Sólidos - Compêndio de Publicações*. Universidade de Caxias do Sul. Caxias do Sul.
- RAMADE, F. 1979. A Agressão Humana Tradicional. in *Enciclopédia de Ecologia*. EPU. São Paulo.
- RAMADE, F. 1979. *A Poluição. A difusão dos Poluentes*. in

- Enciclopédia de Ecologia. EPU. São Paulo.
- REVISTA PROJETO RECICLAGEM. 1990. Ano 1. N 1. Almagesto Editorial Ltda. São Paulo
- REVISTA PROJETO RECICLAGEM. 1992. *Um Panorama Sobre o Lixo no Brasil*. Ano 3. N 9. Almagesto Editorial Ltda. São Paulo.
- RIBEIRO, M.A. 1992. A Crise Ambiental Urbana Brasileira. in *Revista de Administração Pública*. Fund. Getúlio Vargas. Vol. 26. N. 4
- RIFKIN J. 1981. *Entropy. A New World of View*. Ban Tan. New Age Books
- SACHS, I. 1986. *Espaços, Tempos e Estratégias do Desenvolvimento*. Vértice Sul. São Paulo.
- SACHS I , 1986. *Ecodesenvolvimento, Crescer sem destruir*. Ed. Vertice Sul. São Paulo
- SALASSIÉ, A. 1993. O Lixo do PIB, ou o PIB do Lixo. in *Ecologia e Desenvolvimento*. Ano 2. n 24.
- SANTOS, Y.S. 1992. A Reciclagem e o Impasse Econômico no Brasil. in *Revista Reciclagem*. Ano 3. N 9. Almagesto Editorial Ltda. São Paulo.
- SCHNEIDER, V.E., 1992a. Educação Ambiental. in *Anais do VII Congresso Florestal Estadual*. Nova Prata. RS.
- SCHNEIDER, V.E., 1992b. Educação Florestal, Uma Proposta Regional. in *Anais do VII Congresso Florestal Estadual*. Nova Prata. RS.

- SCHNEIDER, V. E. et Alii. 1991. Testagem do Composto Orgânico de Lixo Utilizando-se as Espécies Cereja-do-Mato, Cinamomo Gigante, Variedade Sempervirens e Uva-do-japão. in *Tratamento de Resíduos Sólidos - Compêndio de Publicações*. Universidade de Caxias do Sul; 1992. in *Anais do VII Congresso Florestal Estadual*. Nova Prata. RS
- SEIXAS, S.C.M. 1991. Educação Ambiental nas Escolas. in *Anais do I Encontro Nacional de Educação Ambiental*. Curitiba. PR.
- SILVA, J.A.A., 1993. "O Luxo do Lixo": Repensando a Escola e a Educação a Partir do "Lixo". in *Cadernos CEDES - Centro de Estudos Educação e Sociedade - Educação Ambiental*. Ed. Papirus Campinas. SP.
- SILVEIRA G.T.R. 1993. *Metodologia de Caracterização de resíduos Sólidos como base para uma Gestão Ambiental. Estudo de Caso: Entulhos da Construção Civil em Campinas SP*. Tese de mestrado. DHS - FEC- UNICAMP. São Paulo.
- THOMAS, K. 1988. *O Homem e o Mundo Natural*. Companhia das Letras. São Paulo.
- TURNER, F. 1980. *O Espírito Ocidental Contra a Natureza. Mito, História e as Terras Selvagens*. Ed. Campus. Rio de Janeiro.

## 7. ANEXOS

**ANEXO A****CARACTERIZAÇÃO DOS RESÍDUOS SÓLIDOS DOMÉSTICOS****RESÍDUOS BIODEGRADÁVEIS**

RESTOS VEGETAIS E ANIMAIS (RESTOS DE COMIDA)  
PÓ DE CAFÉ, ERVA-MATE, SAQUINHOS DE CHÁ (OU FOLHAS)  
GUARDANAPOS DE PAPEL (USADOS)

**RESÍDUOS DESCARTÁVEIS**

LATAS E SACOS PLÁSTICOS SUJOS  
EMBALAGENS IMPERMEABILIZADAS, ALUMINIZADAS (LONGA-VIDA,  
SALGADINHOS, CAFÉ EM PÓ, PAPEL DE AÇOUGUE, CARTEIRAS DE CIGARRO,  
ETC...)  
FRALDAS DESCARTÁVEIS, ABSORVENTES HIGIÊNICOS, PAPEL HIGIÊNICO  
VIDROS PLANOS E/OU TEMPERADOS (LOUÇAS), PORCELANAS, ESPELHOS

**RESÍDUOS RECICLÁVEIS**

PAPÉIS E PAPELÕES (LIMPOS)  
METAIS (LATAS, TAMPAS, OUTROS)  
VIDROS (SÓ OS DE EMBALAGEM: GARRAFAS, SUCOS, CONSERVAS, INCLUSIVE  
COPOS DE MASSA DE TOMATE)  
PLÁSTICOS (SACOS, EMBALAGENS EM GERAL - LIMPAS)

**PERIGOSOS:** REMÉDIOS, SERINGAS, PILHAS, LÂMPADAS, EMBALAGENS DE  
PRODUTOS QUÍMICOS E PRESSURIZADAS (ESTES DEVEM SER  
ACONDICIONADOS SEPARADAMENTE EM UMA CAIXA DURANTE TODO O PERÍODO  
DA ANÁLISE)

**DÚVIDAS:** COLOCAR JUNTO COM OS DESCARTÁVEIS OU  
ACONDICIONAR SEPARADAMENTE



## ANEXO B

TABELA B.1 - REGISTRO DA GERAÇÃO DE RESÍDUOS SÓLIDOS  
EM DOMÍLIOS

DATA	BIODEGRÁVEIS	DESCARTÁVEIS	RECICLÁVEIS

OBSERVAÇÕES:

## Anexo C

Tabela C.1 - Registro da Geração de Resíduos Sólidos em gramas Residência 1 - Classe "A" (Alta)

DATA	BIODEGRADAVEIS	DESCARTAVEIS	RECICLAVEIS
07/01/93	12.800	6.650	1.950
10/01/93	14.000	1.200	2.000
13/01/93	5.500	1.100	2.000
15/01/93	9.100	1.100	-
18/01/93	3.800	1.900	-
19/01/93	3.600	900	-
21/01/93	4.900	900	1.500
24/01/93	3.900	1.700	-
27/01/93	3.100	800	-
01/03/93	2.100	900	-
03/03/93	5.200	750	-
05/03/93	4.400	2.200	-
08/03/93	6.900	2.200	1.100
11/03/93	4.700	1.100	-
14/03/93	4.800	900	-
17/03/93	4.900	400	1.050
19/03/93	4.300	800	-
22/03/93	5.100	950	-
24/03/93	4.700	750	1.100
27/03/93	5.500	1.100	-
30/03/93	4.900	600	-
02/04/93	3.900	900	1.300
05/04/93	5.200	1.050	-
07/04/93	3.700	1.500	-
09/04/93	4.500	900	1.800
Total	135.500	33.250	13.800
Média/dia	2.258	554	230
Média %	74,2%	18,2%	7,6%
Per-capit	452	111	46
Per-capit Total	609 g/hab/dia		

# A segregação teve início em 05/01/93

**Tabela C.2 - Registro da Geração de Resíduos Sólidos**  
Residência 2 - classe "B" (Média)

DATA	BIODEGRADAVEIS	DESCARTAVEIS	RECICLAVEIS
05/01/93	5.800 g	480 g	250 g
07/01/93	4.950 g	560 g	180
09/01/93	4.650 g	1.250 g	400 g
14/01/93	6.600 g	2.350 g	-
18/01/93	5.750 g	2.050	850 g
21/01/93	4.540 g	850 g	580 g
25/01/93	5.750 g	950 g	-
27/01/93	3.700 g	630 g	750 g
04/02/93	7.900 g	2.700 g	1.300 g
08/02/93	4.950 g	550 g	330 g
10/02/93	4.650 g	1.500 g	-
15/02/93	6.730 g	1.460 g	730 g
17/02/93	3.500 g	580 g	150
18/02/93	3.900 g	400 g	-
22/02/93	5.800 g	1.750 g	870 g
23/02/93	3.600 g	330 g	-
25/02/93	3.600 g	450 g	-
28/02/93	4.200 g	250 g	680 g
01/03/93	2.200 g	500 g	500 g
02/03/93	3.500 g	200 g	280 g
04/03/93	4.300 g	400 g	550 g
Total	100.570	20.190	8.400
Média/dia	1.676	336	140
Média %	77,9%	15,6%	6,5%
Per-capit	335	67	28
Per-capit total	30		

# Início da segregação: 04/01/93

**Tabela C.3** - Registro da geração de Resíduos Sólidos em Gramas  
Residência 3 - Classe "C" (baixa)

DATA	BIODEGRADAVEIS	DESCARTAVEIS	RECICLAVEIS
05/01/93	7.000	700	650
07/01/93	4.900	1.100	650
12/01/93	4.700	1.100	300
14/01/93	7.000	-	-
17/01/93	7.100	1.200	400
19/01/93	5.100	-	-
25/01/93	6.100	700	200
27/01/93	2.000	-	-
02/01/93	4.200	700	350
03/02/93	2.500	-	600
06/02/93	2.500	-	-
07/02/93	2.700	-	-
08/02/93	2.200	-	200
12/02/93	2.200	-	-
13/02/93	2.200	-	200
15/02/93	3.000	700	-
16/02/93	1.900	-	-
18/02/93	3.800	-	-
20/02/93	2.500	-	300
22/02/93	2.500	-	-
25/02/93	2.000	-	300
27/02/93	3.500	-	-
28/02/93	2.100	-	-
01/03/93	2.000	-	-
04/03/93	2.200	-	1.500
Total	87.100	7.000	4.550
Média/dia	1.451	117	76
Média %	88,3%	7,1%	4,6%
Per-capit	290	23	15
Per-capit Total		328	

Início da segregação: 02/01/93

**Tabela C.4 - Caracterização dos Resíduos Sólidos Domésticos no Destino Final - Município de Bento Gonçalves - RS Classe "A" (em gramas)**

Resíduos	Amostra 1	%	Amostra 2	%	Massa Tt.	%
mat. orgânica *	14.300	57.2	17.000	73.1	31.300	64.9
papel, papelão **	2.000	8.0	1.300	5.6	3.300	6.8
Vidro **	3.100	12.4	1.300	5.6	4.400	9.1
Metais **	700	2.8	700	3.0	1.400	2.9
Plásticos **	1.400	5.6	1.100	4.7	2.500	5.2
Trapos, couros e borrachas ***	1.100	4.4	300	1.3	1.400	2.9
papel higiênico, Fraldas desc. *** e absorv. higiên.	1.200	4.8	1.200	5.2	2.400	5.0
cerâmicas e vidros temperados ***	150	0,6	100	0,4	250	0,5
madeiras *	100	0,4	50	0,2	150	0,3
animais mortos ***	-	-	-	-	-	-
perigosos ***	50	0,2	-	-	50	0,1
diversos ***	900	3,6	200	0,9	1.100	2,3
<b>Total</b>	<b>25.000</b>	<b>100</b>	<b>23.250</b>	<b>100</b>	<b>48.250</b>	<b>100</b>
* Biodegradáveis	14.400	57.6	17.050	73.3	31.450	65.2
** Recicláveis	7.200	28.8	4.400	19.0	11.600	24.1
*** Descartáveis	3.400	13.6	1.800	7.7	5.150	10.7

# Diversos:

Amostra 1 - embalagens de ovos (isopor), embalagens de iscoitos (Waffer), papel carbono, raspadinhas, embalagens longa-vida, bandeija p/ bolo aluminizada, embalagens de comprimidos, chocolates, balas, cigarros

Amostra 2 - balão, isopor, caneta metálica, feltro, equipamento eletrônico, dinheiro, papel vegetal, papel celofane

# Perigosos:

Amostra 1 - pilha, lâmpada

**Tabela C.5 - Caracterização dos Resíduos Sólidos Domésticos no Destino Final - Município de Bento Gonçalves - RS Classe "B" (em gramas)**

Resíduos	Amostra 1	%	Amostra 2	%	Massa Tt.	%
mat. orgânica *	35.100	78.2	48.050	80.7	83.150	64.9
papel, papelão **	2.400	5.3	1.700	2.8	4.100	3.9
Vidro **	600	1.3	650	1.1	1.250	1.2
Metais **	600	1.3	1.000	1.7	1.600	1.5
Plásticos **	1.200	2.7	2.600	4.3	3.800	3.7
Trapos, couros e borrachas ***	700	1.6	1.050	1.8	1.750	1.7
papel higiênico, Fraldas desc. *** e absorv. higiên.	3.200	7.1	3.200	5.4	6.400	6.1
cerâmicas e vidros temperados ***	200	0.4	750	1.2	950	0.9
madeiras *	250	0.6	50	0.1	300	0.3
animais mortos ***	100	0.2			100	0.1
perigosos ***	300	0.7	100	0.2	400	0.4
diversos ***	250	0.6	400	0.7	650	0.6
<b>Total</b>	<b>44.900</b>	<b>100</b>	<b>59.550</b>	<b>100</b>	<b>104.450</b>	<b>100</b>
* Biodegradáveis	35.350	78.7	48.100	80.8	83.450	79.9
** Recicláveis	4.800	10.7	5.950	10.0	10.750	10.3
*** Descartáveis	4.750	10.6	5.500	9.2	10.250	9.8

# Diversos:

Amostra 1 - embalagens de ovos (isopor), e embalagens longa-vida, embalagens de remédio, chocolates, balas, cigarros, salgadinhos, luva de borracha, balão, papel aluminizado, embalagem de sabonete, fio eletrônico, lápis de cera, grampeador, plug elétrico, depilador descartável, vela

Amostra 2 - preservativo, fita polietileno, velas

# Perigosos:

Amostra 1 - embalagem com comprimidos, seringas, tubo de anestesia, pilha, cotonete, algodão, Super Bonder, pomada

Amostra 2 - lâmpada

**Tabela C.6 - Caracterização dos Resíduos Sólidos Domésticos no Destino Final - Município de Bento Gonçalves - RS Classe "C" (em gramas)**

Resíduos	Amostra 1	%	Amostra 2	%	Massa Tt.	%
mat. orgânica *	21.700	69.6	31.800	68.5	53.500	68.9
papel, papelão **	1.800	5.8	2.600	5.6	4.400	5.7
Vidro **	100	0.3	2.000	4.3	2.100	2.7
Metais **	1.600	5.1	1.600	3.4	3.200	4.1
Plásticos **	2.700	8.7	3.100	6.7	5.800	7.5
Trapos, couros e borrachas ***	2.300	7.4	2.600	5.6	4.900	6.3
papel higiênico, Fraldas desc. *** e absorv. higiên.	600	1.9	1.600	3.4	2.200	2.8
cerâmicas e vidros temperados ***	-	-	200	0.4	200	0.3
madeiras *	100	0.3	400	0.9	500	0.6
animais mortos ***	-	-	-	-	-	-
perigosos ***	100	0.3	250	0.5	350	0.5
diversos ***	200	0.6	300	0.7	500	0.6
<b>Total</b>	<b>31.200</b>	<b>100</b>	<b>46.450</b>	<b>100</b>	<b>77.650</b>	<b>100</b>
* Biodegradáveis	21.800	69.9	32.200	69.3	54.000	69.5
** Recicláveis	6.200	19.9	9.300	20.0	15.500	10.0
*** Descartáveis	3.200	10.2	4.950	10.7	8.150	10.5

# Diversos:

Amostra 1 - embalagens de ovos (isopor), e embalagens longa-vida, embalagens de café, chocolates, balas, tinta para roupa, gilete, espelho

Amostra 2 - longa-vida, cigarros, embalagens de balas, chocolates e biscoitos

# Perigosos:

Amostra 1 - pilhas

Amostra 2 - pilha e remédio

**Tabela C.7 - Caracterização dos Resíduos Sólidos Domésticos no Destino Final - Município de Bento Gonçalves - RS**  
Total das 3 Classes (em gramas)

Resíduos	Classe "A"	%	Classe "B"	%	Classe "C"	%	Total	%
mat. orgânica *	31.300	64.9	83.150	79.6	53.500	68.9	167.950	72.9
papel, papelão**	3.300	6.8	4.100	3.9	4.400	5.7	11.800	5.1
Vidro **	4.400	9.1	1.250	1.2	2.100	2.7	7.750	3.4
Metais **	1.400	2.9	1.600	1.5	3.200	4.1	6.200	2.7
Plásticos **	2.500	5.2	3.800	3.7	5.800	7.5	12.100	5.2
Trapos, couros e borrachas ***	1.400	2.9	1.750	1.7	4.900	6.3	8.050	3.5
papel higiênico, Fraldas desc.*** e absorv. higiên	2.400	5.0	6.400	6.1	2.200	2.8	11.000	4.8
cerâmicas, vidro temperado ***	250	0.5	950	0.9	200	0.3	1.400	0.6
madeiras *	150	0.3	300	0.3	500	0.6	950	0.4
anim. mortos***	-	-	100	0.1	-	-	100	0.1
perigosos ***	50	0.1	400	0.4	350	0.5	800	0.3
diversos ***	1.100	2.3	325	0.6	500	0.6	2.250	1.0
<b>Total</b>	<b>48.250</b>	<b>100</b>	<b>104.450</b>	<b>100</b>	<b>77.650</b>	<b>100</b>	<b>230.350</b>	<b>100</b>
* Biodegradáveis	1.800	69.9	32.200	69.3	54.000	69.5	168.900	73.3
** Recicláveis	6.200	19.9	9.300	20.0	15.500	10.0	37.850	16.4
*** Descartáveis	3.200	10.2	4.950	10.7	8.150	10.5	23.600	10.3



Evaporação/Ventilação  
Abertura na tampa

Tampa à prova de  
chuva ou umidade 128

Anexo D

Perfuração lateral  
à esquerda e à  
direita do  
Container

Espaço vazio  
entre as paredes  
interna e externa  
para assegurar a  
circulação do ar

Perfuração lateral  
para aeração

Tela  
inoxidável

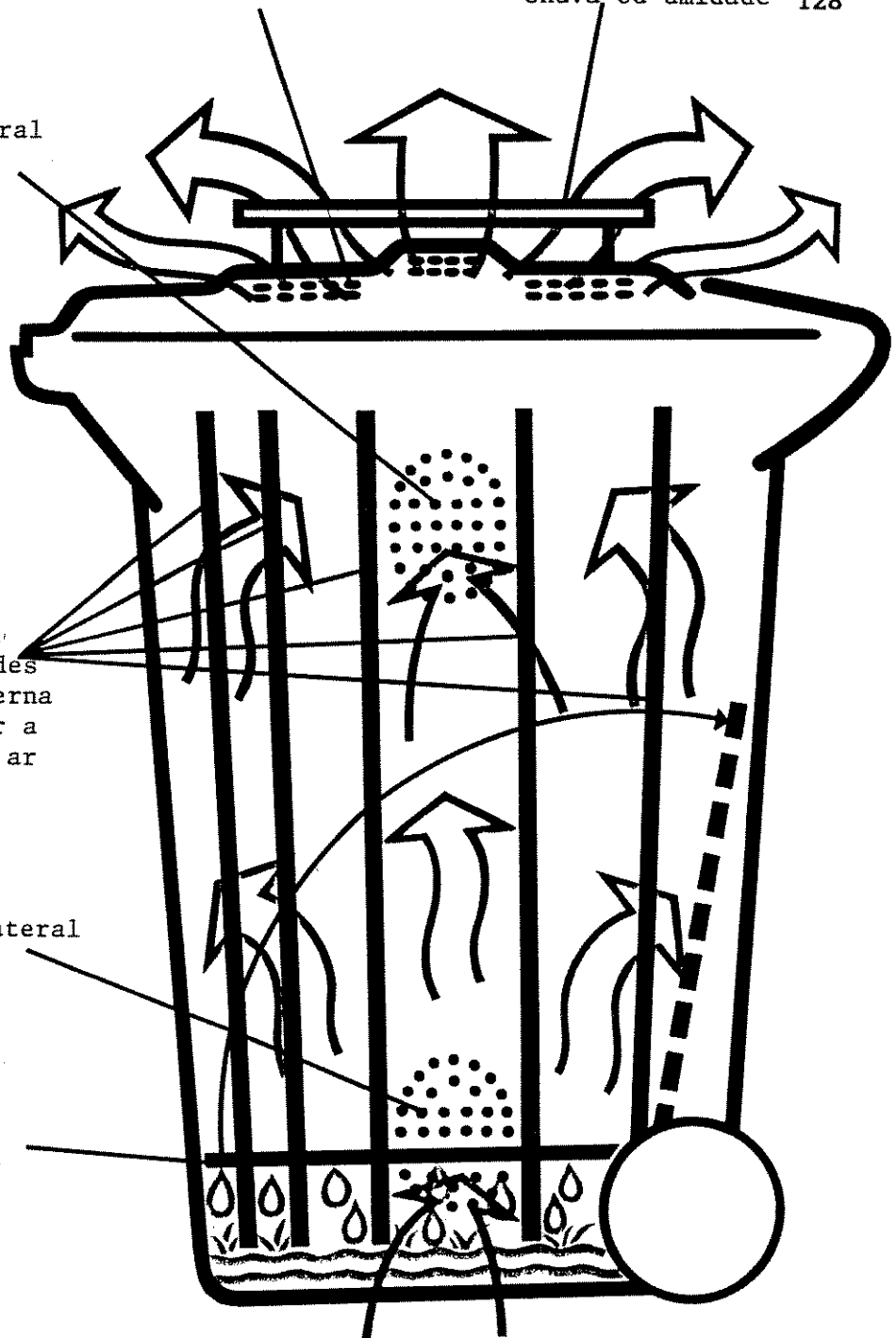


Fig. D.1 - Equipamento especial para armazenagem de resíduos orgânicos tipo "Compostainer" (adaptado de SCHAFER - Case studies - The results speak for themselves



**Fig. E.1** - Vista Geral da Cidade de Bento Gonçalves - Bairros Centro e São Francisco (Classe "A")



**Fig. E.2** - Vista Geral da Cidade de Bento Gonçalves a Partir do Vale Onde se Encontra o Aterro



**Fig. E.3** - Caminhão caçamba utilizado na a coleta dos resíduos para caracterização



**Fig. E.4** - Lixeiras de entrega voluntária no Bairro Vila Nova II



Fig. E.5 - Containers utilizados no estudo da geração junto ao domicílio

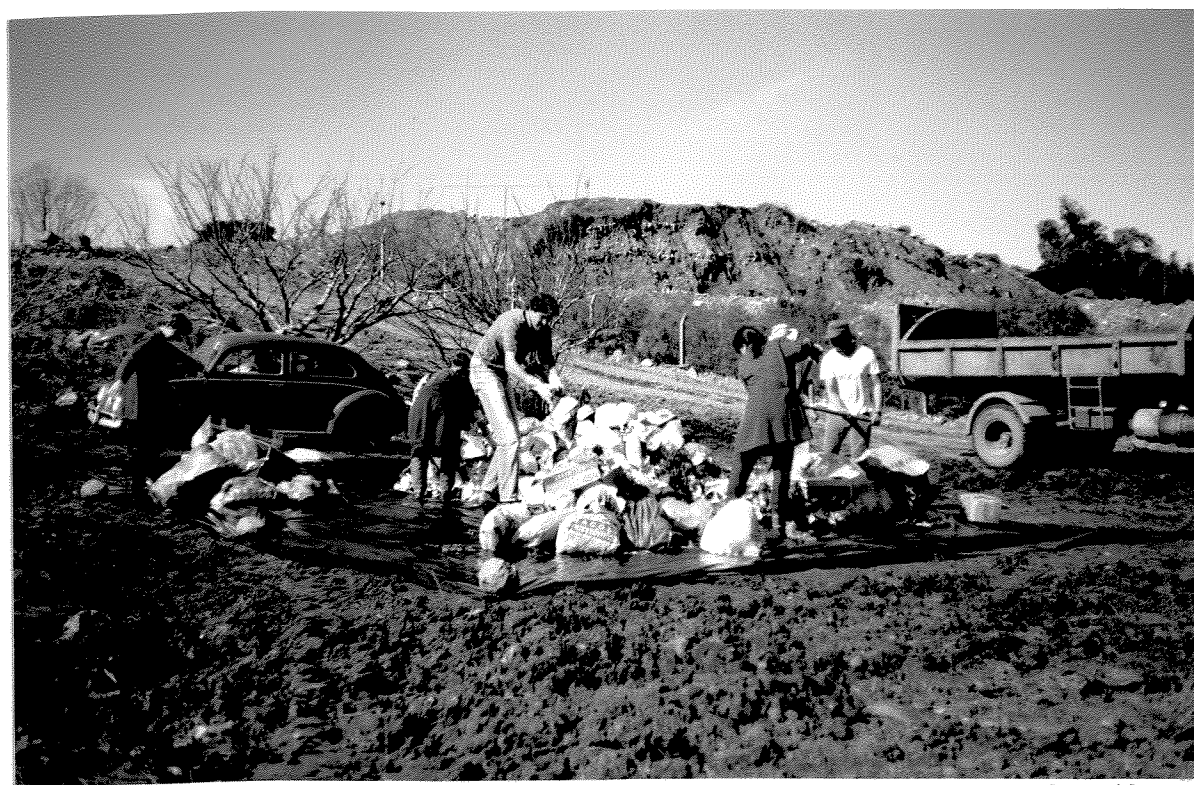


Fig. E.6 - Caracterização dos resíduos no destino final - 1ª fase - preparação dos 4 primeiros montes para o quarteamento



**Fig. E.7** - Caracterização dos resíduos no destino final -  
Quarteamento - descarte vis-a-vis



**Fig. E.8** - Caracterização dos resíduos no destino final -  
amostra final

## 8.8 - Composição do lixo da Itália - 1974

Componentes	base umida % em peso
-Material celulósico	35,00
-Substâncias orgânicas de rápida degradação	30,00
-Metal ferroso	4,00
-Metal ferroso, dos quais	1,50
alumínio	0,09
chumbo	0,04
estanho	0,02
cobre	0,50
zinco	0,04
-Vidro	8,50
-Plástico	3,50
-Borracha e Couro	1,50
-Tecidos	3,00
-Não classificados	3,00
-Inertes	10,00

Fonte: MAGAGNI (1978).

8.9 - Composição do lixo da cidade de São Paulo, dos  
EUA e da Europa Ocidental

	São Paulo (%)	E.U.A (%)	Europa Ocid. (%)
-Restos Orgânicos	52,5	27,0	30,0
-Papel e Papelão	28,4	41,0	25,0
-Plásticos	5,6	7,0	7,0
-Vidros	3,1	8,0	10,0
-Metais	4,9	9,0	8,0
-Outros	5,5	8,0	20,0

Fonte: REVISTA RECICLAGEM - 1990

8.10- Composição física do lixo urbano da cidade de  
Porto Alegre - RS 1981

Componente	base umida % em peso
-Plástico	0,80
-Papeis	14,00
-Metais	5,06
-Vidros	2,25
-Matéria orgânica	72,54
-Outros	5,35

Fonte: SALDANHA (1981).

8.11- Composição física do lixo urbano da cidade de  
São Carlos - SP, 1989

Componentes	(%) base umida
-Matéria Orgânica	56,7
-Papel	21,3
-Vidro	1,4
-Metal	5,4
-Plástico	8,5
-Trapos	3,4
-Madeira, Couro, Borracha	2,3
-Inertes	1,3

Fonte: GOMES (1989).

8.12- Composição física do lixo urbano da cidade de  
Caxias do Sul - RS

COMPONENTES	(%)base úmida
Matéria Orgânica Putrescível	53,4
Papel e Papelão	21,0
Plástico	8,9
Metais ferrosos	5,0
Metais não ferrosos	0,4
Trapos, Couro, Borracha	6,6
Vidro	2,6
Madeira	1,1
Diversos	1,0

Fonte : Universidade de Caxias do Sul. 1991

8.13- Caracterizações físicas dos resíduos sólidos  
urbanos em São Paulo - SP em diferentes períodos

SÃO PAULO						
COMPONENTE	1927	1957	1969	1971	1976	1979
Matéria Orgânica	82,7	76,0	52,2	51,1	52,5	38,3
Papel	13,4	16,7	29,2	24,1	28,4	29,6
Plástico	-	-	1,9	2,6	5,6	9,0
Metal	1,7	2,2	7,8	6,9	4,9	5,5
Vidro	0,9	1,4	2,6	3,9	3,1	14,6*
Outros	1,5	3,7	6,3	11,4	5,5	3,0

\* Vidro, terra e pedras

Fonte: Gomes (1989)