

MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA MECÂNICA

DESPERDÍCIO DE ENERGIA NO MANEJO DOS RESÍDUOS SÓLIDOS
DOMÉSTICOS: UMA PROPOSTA DE COLETA SEGREGATIVA PARA
MUNICÍPIOS DE PEQUENO E MÉDIO PORTE E ESTUDO DE CASO
ESPECÍFICO PARA QUESTÃO DO VIDRO

por

AIRTON CABRAL DE ANDRADE

DISSERTAÇÃO PARA OBTENÇÃO DO TÍTULO DE MESTRE EM
ENGENHARIA

PORTO ALEGRE, DEZEMBRO DE 1995

DESPERDÍCIO DE ENERGIA NO MANEJO DOS RESÍDUOS SÓLIDOS
DOMÉSTICOS: UMA PROPOSTA DE COLETA SEGREGATIVA PARA
MUNICÍPIOS DE PEQUENO E MÉDIO PORTE E ESTUDO DE CASO
ESPECÍFICO PARA QUESTÃO DO VIDRO

por

AIRTON CABRAL DE ANDRADE

Licenciado em Física

Dissertação submetida ao Corpo Docente do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Mecânica, PROMEC, da Escola de Engenharia da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, como parte dos requisitos necessários para obtenção do Título de

Mestre em Engenharia

Área de Concentração: Energia

Orientador: Prof. Dr. Anildo Bristoti

Aprovada por:

Prof. Dr. José Wagner Maciel Kaehler

Prof^a. Dr^a. Luiza Chomenko

Prof^a. Dr^a. Luciana Paulo Gomes

Prof. Dr. Pedro Barbosa Mello

Prof. Dr. Horácio A. Vielmo

Porto Alegre, dezembro de 1995

Devemos cuidar da Terra como se fosse uma flor única que ganhamos de presente. A vida dela depende da nossa dedicação. Se um dia este “presente” morrer, jamais poderemos reavê-lo.

“O Grande chefe em Washington manda dizer que deseja comprar nossa terra.

Manda, também, palavras de amizade e cordialidade. É gentil de sua parte, mesmo sabendo que ele tem pouca necessidade de retorno da nossa amizade.

Mas consideramos sua proposta. Pois sabemos que se nós não vendermos, o homem branco poderá aparecer, com armas de fogo, e ficar com nossa terra.

... Trata sua mãe, sua terra, seu irmão, e o céu, como coisas para serem vendidas como carneiros ou contas coloridas. Seu apetite devorará a terra e deixará somente um deserto.

Eu não sei. Nossos costumes são diferentes dos seus costumes. A visão de suas cidades causa dor aos olhos do homem vermelho. Talvez seja porque o homem vermelho é um selvagem e não compreenda.

... Isto sabemos. A terra não pertence ao homem; é o homem que pertence à terra. Isso sabemos. Todas as coisas estão ligadas como o sangue que une a família. Há uma ligação em tudo.

O que ocorrer com a terra, recairá sobre os filhos da terra. O homem não teceu a trama da vida; ele é meramente um de seus fios. Tudo o que fizer ao tecido fará a si mesmo.”

Textos extraídos do livro **Preservação do meio ambiente: manifesto do Chefe Seattle ao Presidente dos E. U. A.** São Paulo. Editora Interação, 1989. (Textos originais escritos pelo Chefe Seattle respondendo, em 1855, à proposta do Presidente dos Estados Unidos da América, Franklin Pearce.

SUMÁRIO

AGRADECIMENTOS.....	vii
RESUMO.....	ix
ABSTRACT.....	x
ÍNDICE DE FIGURAS.....	xi
ÍNDICE DE TABELAS.....	xii
ÍNDICE DE GRÁFICOS.....	xiii
LISTA DE SÍMBOLOS.....	xiv
1 INTRODUÇÃO.....	1
I PARTE	
REVISÃO BIBLIOGRÁFICA DA PRODUÇÃO DE RESÍDUOS SÓLIDOS.....	5
1.1 Panorama Geral da Produção de Resíduos Sólidos.....	6
1.2 Aspectos Energéticos da Reciclagem.....	11
2 RESÍDUOS SÓLIDOS OBTIDOS A PARTIR DE MATERIAIS DE FÁCIL DECOMPOSIÇÃO.....	14
2.1 Utilização.....	14
2.2 Compostagem.....	16
3 RESÍDUOS SÓLIDOS OBTIDOS A PARTIR DE PAPÉIS.....	19
3.1 Aspectos Históricos.....	19
3.2 Estágio Atual da Utilização do Papel.....	19
3.3 Utilização de Papel Corrugado e de Papel Branco.....	22
3.4 Contaminação do Papel.....	22
3.5 Reciclagem e Aspectos Energéticos.....	23
4 RESÍDUOS SÓLIDOS OBTIDOS A PARTIR DE PLÁSTICOS.....	24
4.1 Aspectos Históricos.....	24
4.2 Panorama Geral da Utilização de Plásticos.....	25
4.3 Reciclagem.....	25
4.3.1 Contaminação do Plástico.....	28
4.3.2 Técnicas de Recuperação.....	29
4.3.3 Utilização de Plásticos Reciclados.....	29
4.3.4 Aspectos Energéticos.....	31
5 RESÍDUOS SÓLIDOS OBTIDOS A PARTIR DE METAIS.....	33
5.1 Aspectos Históricos.....	33
5.2 Panorama Geral da Utilização de Metais.....	33
5.3 Reciclagem e Aspectos Energéticos.....	34

6 RESÍDUOS SÓLIDOS OBTIDOS A PARTIR DE VIDRO.....	38
6.1 Aspectos Históricos.....	38
6.2 Utilização.....	39
6.3 Reciclagem e Aspectos Energéticos.....	40
7 DESTINAÇÃO FINAL DOS RESÍDUOS SÓLIDOS.....	42
II PARTE	
PROPOSTA DE COLETA SEGREGATIVA PARA MUNICÍPIOS DE PEQUENO E MÉDIO PORTE.....	51
8 COLETA DE RESÍDUOS SÓLIDOS.....	52
8.1 Coleta Convencional e Coleta Segregativa.....	52
8.1.1 Coleta Convencional.....	52
8.1.2 Coleta Segregativa.....	53
8.2 Aspectos Energéticos.....	54
8.3 Proposta de Coleta Segregativa.....	55
III PARTE	
TRABALHO DE CAMPO.....	57
9 TRABALHO DE CAMPO REALIZADO NA CIDADE DE CANELA - RS.....	58
9.1 Determinação Física dos Resíduos.....	58
9.2 Identificação dos Roteiros e Levantamento da Composição dos Resíduos.....	60
10 ESTUDO DE CASO ESPECÍFICO DO VIDRO.....	65
10.1 Panorama Geral da Utilização de Garrafas.....	65
10.2 Garrafas Retornáveis e não Retornáveis.....	67
10.2.1 Garrafas Retornáveis.....	67
10.2.2 Garrafas não Retornáveis.....	69
10.2.3 Caminho das Garrafas Novas.....	70
10.3 Energia no Transporte.....	79
IV PARTE	
11 CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	84
12 SUGESTÕES.....	87
13 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	89

Agradecimentos

Aos meus Pais pela educação, dedicação e o exemplo de vida.

Aos meus irmãos Moacir e Jussara, meus sobrinhos Marcelo, Márcia e Daniela e demais familiares.

À Lisiane, pela consideração e paciência em administrar, com amor, o nosso relacionamento.

Ao Professor João Carlos Gasparin que, apesar de não possuímos laços sanguíneos, é meu Pai, Irmão e Amigo.

Ao Professor Milton Antônio Zaro que me mostrou de uma forma muito especial que um irmão não precisa ter os mesmos pais.

Ao Professor Délcio Basso, pelo exemplo.

À Lúcia e Mauro por me mostrarem uma “nova fronteira”.

Ao Ariel pela sua imaginação.

Ao Professor Adroaldo Gaya (ESEF-UFRGS), pela amizade, competência e as imprescindíveis contribuições metodológicas neste trabalho.

Ao pessoal do PRODESP (ESEF-UFRGS), pela preocupação, amizade e, como não poderia deixar de dizer, ao consagrado apelido “Urbano Limpeza”.

À Professora Lucinda, que o tempo torna cada vez mais brilhante, pelo trabalho incansável de interfacear minhas idéias com o papel.

Ao Ir. Joaquim Clotet, por me estimular em uma importante decisão.

À Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul pelo apoio.

Aos meus colegas da PUCRS, em especial aos do Instituto de Física.

Aos que conviveram comigo na condição de “alunos”.

Aos meus Monitores e ex-Monitores.

Ao Engenheiro Carlos Alberto Kern Thomas, pela paciência exemplar.

Ao pessoal do Laboratório de Medições Mecânicas, pela amizade

À Universidade Federal do Rio Grande do Sul por possibilitar a realização do curso de forma gratuita.

Ao Professor Anildo Bristoti, meu orientador.

Aos Professores e meus colegas do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Mecânica.

À Prefeitura Municipal de Canela, especialmente ao Prefeito Günther Siegfried Schlieper, a Daniel Raimundo e aos funcionários pela indispensável colaboração para realização do trabalho de campo.

Ao “Cacao” e a sua equipe de catadores, uma parcela segregada pela sociedade, que ganha seu sustento com aquilo que as pessoas jogam fora.

À Vinicola Aurora, pela acolhida e liberação de dados importantes para execução deste trabalho.

À SUBRASA, em especial, aos Engenheiros Arlindo (Canoas) e Sergio (Campo Bom) pelos ensinamentos na área de fabricação do vidro e pelas informações fornecidas.

Ao Grupo da Professora Suzana Maria de Conto Mandelli, de Caxias do Sul, que realiza um grande trabalho na área de resíduos.

Ao professor João Tinoco Pereira Neto que, com seu ânimo, entusiasmo a trabalhar pela causa ambiental.

Ao CPD do Curso Pré-Vestibular MAUÁ.

A todos que, de alguma forma, contribuíram para execução deste trabalho.

Resumo

Este trabalho tem por objetivos:

- (a) determinar a composição dos resíduos sólidos na cidade de Canela - RS, Brasil;
- (b) demonstrar a importância do gerenciamento dos resíduos no planejamento energético-ambiental;
- (c) fornecer subsídios para implantação de programas de coleta segregativa em cidades de pequeno e médio porte;
- (d) estudar o caso específico do agregado energético ao vidro, com ênfase especial às garrafas;
- (e) contribuir para uma proposta educativa, em nível de primeiro e segundo graus, envolvendo os tópicos energia e ambiente;

O procedimento para caracterização física dos resíduos foi realizado tomando-se por base as amostras de resíduos sólidos separadas e classificadas em: materiais de fácil decomposição, papéis, plásticos, vidros, metais, lã, tecidos e outros, medindo-se a massa de cada componente em base úmida em que, a partir destes dados, obteve-se através da literatura, a possível economia da energia e de recursos naturais quando existe o reaproveitamento dos resíduos. Também foram levantadas questões relacionadas ao agregado energético aos resíduos sólidos, quanto ao transporte dos materiais.

ABSTRACT

This dissertation has the following objectives:

- (a) the determination of solid waste composition of the city of Canela - RS, Brazil;
- (b) to demonstrate the importance of the solid waste disposal when an energetic and environmental planning is necessary;
- (c) to provide informations about segregative removal of the solid waste in small and medium size towns;
- (d) to study the specific case of embodied energy in glasses with special on bottles.
- (e) to contribute for an educative proposal for the first and second levels, involving topics such as energy and environment.

The procedure for the physical characterization of the solid waste was performed by taking samples followed by classification in materials of easy decomposition, papers, plastics, glasses, metals, wool, cloth, all in a wet basis. Taking into account these data and information from specialized literature it was possible to calculate the amount of the energy that can be saved when the recycling of the solid waste is possible. Also some aspects of the embodied energy related to the transportation of the materials that compose the solid waste were also analyzed.

Índice de Figuras

Figuras

Figura n° 1 Fluxo do Quarteamento.....	9
Figura n° 2 Lixo não Degradado.....	15
Figura n° 3 Reciclagem de Plásticos (PET).....	26
Figura n° 4 Reciclagem de Plásticos (PEAD).....	26
Figura n° 5 Reciclagem de Plásticos (V).....	26
Figura n° 6 Reciclagem de Plásticos (PEBD).....	26
Figura n° 7 Reciclagem de Plásticos (PP).....	26
Figura n° 8 Reciclagem de Plásticos (PS).....	26
Figura n° 9 Reciclagem de Plásticos (Outros).....	26
Figura n° 10 Utilidade das Resinas Plásticas	31
Figura n° 11 Recuperação de Áreas de Mineração.....	35
Figura n° 12 Vale de Decantação.....	36
Figura n° 13 Ciclo das Latas de Alumínio.....	37
Figura n° 14 Ciclo de Reciclagem do Vidro.....	41
Figura n° 15 Impermeabilização de Aterros.....	43
Figura n° 16 Contaminação dos Materiais no Lixo Comum.....	53
Figura n° 17 Roteiros de Recolhimento do Lixo em Canela-RS.....	64
Figura n° 18 Fluxo de Garrafas Retornáveis.....	68
Figura n° 19 Fluxo de Garrafas não Retornáveis.....	70
Figura n° 20 Impurezas na Fabricação de Garrafas.....	73
Figura n° 21 Fluxo da Produção de Vasilhame de Vidro.....	75
Figura n° 22 Moldes de Fabricação de Garrafas.....	76

Índice de Tabelas

Tabelas

Tabela n° 1 Energia e Reciclagem.....	11
Tabela n° 2 Economia de Energia e de Materiais.....	12
Tabela n° 3 Taxa de Reciclagem.....	12
Tabela n° 4 Fluxo de Massa 1(Incineração).....	44
Tabela n° 5 Fluxo de Massa 2 (Incineração).....	45
Tabela n° 6 Modos de Tratamentos.....	46
Tabela n° 7 Custos de Tratamentos.....	47
Tabela n° 8 Composição do Lixo de Canela dia 24/07 - Roteiro 1.....	61
Tabela n° 9 Composição do Lixo de Canela dia 26/07 - Roteiro 2.....	61
Tabela n° 10 Composição do Lixo de Canela dia 26/07 - Roteiro 3.....	62
Tabela n° 11 Composição do Lixo de Canela dia 27/07 - Roteiro 1.....	62
Tabela n° 12 Composição Média das Coletas Levantadas em Canela - RS.....	63
Tabela n° 13 Matérias Primas SUBRASA - Campo Bom - RS.....	74
Tabela n° 14 Fatores de Conversão de Unidades.....	77

Índice de Gráficos

Gráficos

Gráfico n°1 Vida Útil do Aterro Interferência da Reciclagem I.....	48
Gráfico n°2 Vida Útil do Aterro Interferência da Reciclagem - II.....	49

Lista de Símbolos

Símbolos

- kgVF - Quilograma de Vidro Fundido
- C - Consumo de Combustível
- ENE_{tr} - Energia Associada ao Transporte
- ENE_c - Energia Associada ao Combustível
- ENE_{fb} - Energia Associada à Fabricação do Vidro
- ENE_A - Energia Agregada
- M_c - Massa do Caminhão
- M_{tr} - Massa da Carga Transportada
- M_{tot} - Massa Total
- D - Distância percorrida no Transporte
- R - Relação entre Energia Associada ao Transporte e a Associada à Fabricação

Introdução

Este trabalho consiste em relacionar a questão energética aos principais componentes dos resíduos sólidos gerados nos centros habitacionais, bem como inferir sobre possíveis implicações ambientais causadas pela deposição indiscriminada destes resíduos. Outro aspecto abordado no presente trabalho reporta-se à questão energética da reciclagem dos materiais encontrados no lixo urbano em que o maior enfoque será dado a algumas questões que envolvem os materiais confeccionados a partir do vidro. Também será analisada a questão do transporte das matérias primas necessárias à fabricação do vidro como também do vidro beneficiado, sob o ponto de vista energético (deve-se ressaltar que o maior volume de transporte no Brasil é rodoviário, desta forma a questão pode ser estendida a outros tipos de materiais).

A ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas (1987) - define como resíduos sólidos e semi-sólidos os que resultam da atividade da comunidade de origem industrial, doméstica, hospitalar, comercial, agrícola e de serviços de varrição. Considera-se, também, resíduo sólido os lodos provenientes dos sistemas de tratamento de água, aqueles gerados em equipamentos e instalações de controle de poluição, bem como determinados líquidos cujas particularidades tornam inviável seu lançamento na rede pública de esgotos ou corpos d'água ou exijam, para isso, soluções técnicas economicamente inviáveis, em face de melhor tecnologia disponível" MANDELLI (1991).

De acordo com os objetivos do trabalho, será dado um enfoque aos resíduos sólidos produzidos nos centros populacionais diferenciados em materiais de fácil decomposição, papéis, plásticos, metais, vidros, tecidos, lãs e outros.

A viabilização de programas de reaproveitamento de materiais por reciclagem requer a adoção de uma política de gerenciamento de resíduos. Desta forma, torna-se necessário o

conhecimento das potencialidades tanto técnicas como comerciais da reciclagem. A questão técnica deve ter como parâmetros a viabilidade, ou não, de reaproveitamento dos materiais. A econômica deve levar em consideração as questões de cunho comercial, isto é, os custos relacionados à reciclagem do material, que vão desde a obtenção até a colocação destes no mercado. Um aspecto de grande relevância é a aceitação, por parte dos consumidores, dos materiais reciclados.

Estruturalmente, o trabalho foi dividido em quatro partes principais. A primeira corresponde a uma breve revisão bibliográfica sobre o assunto (Capítulos de 1 a 7), a segunda refere-se a uma proposta de coleta segregativa para municípios de pequeno e médio porte (Capítulo 8), a terceira trata da caracterização física dos resíduos sólidos da cidade de Canela-RS e da questão específica do vidro, respectivamente Capítulos 9 e 10. Os Capítulos 11 e 12 referem-se, nesta ordem, às conclusões e sugestões para próximos trabalhos e constituem a quarta parte deste estudo.

A primeira parte do trabalho desenvolveu-se ao longo do tempo, tendo em vista que algumas das referências bibliográficas foram obtidas em artigos de revistas especializadas, jornais, e outros. Nos capítulos desenvolvidos nesta fase, são apresentados, principalmente, os aspectos históricos e energéticos referentes a cada material. O Capítulo 1 mostra um diagnóstico da produção de resíduos sólidos e, em conjunto, uma sugestão de metodologia que objetiva o levantamento das características físicas da massa de lixo. O Capítulo 7 evidencia algumas formas de destinação final dos resíduos sólidos. Os Capítulos de 2 a 6 referem-se aos componentes, considerados neste trabalho, encontrados nos resíduos sólidos urbanos que são: papéis, plásticos, metais e vidros. Nestes capítulos será tratada a questão energética da reciclagem destes materiais, através dos dados obtidos na literatura específica.

Na execução do trabalho de campo, em que um dos itens é a caracterização dos resíduos sólidos da cidade de Canela-RS, realizada no mês de julho de 1993, foram analisadas as condições de recolhimento de resíduos, bem como a composição física dos mesmos. Este fator de fundamental importância pode fornecer subsídios à implantação de programas de gerenciamento de resíduos sólidos à municipalidade. A segunda fase foi realizada com o auxílio de uma das principais vidrarias (fábricas de vidro) localizadas no Estado do Rio

Grande do Sul. Estas forneceram dados relativos à produção de artefatos de vidro e as necessidades energéticas para tal finalidade.

A motivação para realização deste trabalho está ligada às questões ambientais, tendo em vista que a produção de bens de consumo está diretamente associada à geração e utilização de energia como também à exploração de recursos naturais. Atualmente, estas atividades estão correlacionadas com a poluição e exaustão dos recursos naturais e podem estar vinculadas ao modelo de desenvolvimento instaurado, principalmente nos países do chamado terceiro mundo. Nestes casos, a posição social dos indivíduos é relacionada aos hábitos de consumo. Uma evidência deste modelo consumista pode ser demonstrada através dos apelos publicitários, utilizados com o objetivo de influenciar na compra de equipamentos, que, em vários casos, a embalagem é, de forma geral, exageradamente maior do que o próprio produto. Outra forma de desperdício é também relacionada à publicidade, evidenciado nos apelos visuais oferecidos em lojas que não se preocupam em otimizar a utilização dos insumos energéticos necessários ao seu funcionamento. Para citar valores, três dos principais centros comerciais da cidade de Porto Alegre-RS têm, somados o fornecimento de energia para o mês de janeiro de 1995, de 2.170.443 kWh, o que pode ser comparável ao da cidade de Nova Prata-RS (senso realizado pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) para o ano de 1991-15.076 habitantes. Projeção para o ano de 1993 de 15.758 habitantes) que, para o mesmo mês de 1995, teve como fornecimento de energia 2.767.306 kWh (divididos nos setores comercial, industrial e residencial - dados fornecidos pela Companhia Estadual de Energia Elétrica do Estado do Rio Grande do Sul - CEEE-RS). A título de comparação, a relação entre os valores dos centros comerciais e o da cidade é, aproximadamente, 89%.

Na tentativa de busca de novas alternativas que contemplem a exploração racional dos recursos naturais, deve-se dar relevância à reutilização de materiais. Desta forma, o ambiente poderá ser poupado. Com este objetivo, este trabalho evidencia a economia de energia com a reciclagem e, conseqüentemente, a de recursos naturais, mas é necessário a procura de novos materiais, em que o processo de reutilização dos mesmos tenha sua viabilidade técnica e econômica cada vez maior.

Em decorrência da análise da questão do vidro, procurou-se mostrar a necessidade de reutilização de artefatos de vidro, especificamente a de garrafas. Deve-se ressaltar que este

fato já ocorre com recipientes de cervejas e refrigerantes, mas não de forma sistemática com embalagens da indústria vinícola (exceção feita aos garrafões de vinho, para os quais existe um mecanismo de retorno oficializado).

Das principais conclusões deste trabalho pode-se citar: a necessidade de reciclagem de materiais em conjunto com a implantação de programas de coleta segregativa para que se possa, com melhores condições, reaproveitar os resíduos possivelmente recicláveis associados ao conhecimento aprofundado sobre a produção de resíduos, bem como suas características. Outra conclusão importante é a de que a relação entre a energia necessária à fabricação e o transporte do vidro apresenta um valor reduzido (no Capítulo 10 é exemplificada esta relação considerando-se uma distância de transporte de 150 km). Ainda em referência ao vidro, mais especificamente sobre as garrafas de vinho, constatou-se que apesar de não haver um mecanismo institucionalizado de retorno do número total de garrafas reaproveitadas na produção vinícola (Vinícola Aurora - 23,7%) somente 3,6% destas são descartadas, devido à apresentação de algum problema que impossibilite sua reutilização.

I PARTE

Revisão Bibliográfica da Produção de Resíduos Sólidos

Capítulo 1

1.1 Panorama Geral da Produção de Resíduos Sólidos

A problemática dos resíduos sólidos nas comunidades não é simples. O fato do lixo ser composto por diferentes componentes e com particularidades locais exige um tratamento distinto para cada situação.

Propostas de resoluções desses problemas, quando não pensados em sua totalidade, geralmente são fadadas ao insucesso. Na maioria dos casos são feitas tentativas levando em consideração os problemas emergentes (como, por exemplo, pressão da comunidade), modismos ecológicos ou até tentativas que, embora bem intencionadas, não levam em conta os critérios técnicos necessários. Neste último caso, a possibilidade de fracasso é ainda mais elevada.

Um número crescente de pessoas, preocupadas com este assunto, associam-se em busca de soluções técnicas economicamente viáveis para o trinômio lixo-ambiente-energia. As relações lixo-ambiente já são discutidas na sociedade e muitos trabalhos foram feitos em relação aos impactos ambientais causados pela deposição indiscriminada dos resíduos sólidos. Também existe um grande número de pesquisadores que se preocupam com as relações entre ambiente e energia, uma vez que são conhecidos os possíveis danos ambientais decorrentes da geração de energia, bem como sua utilização de forma não racional. No Brasil, atualmente, boa parte dos danos ambientais, de uma forma geral, são relacionados ao modelo de desenvolvimento em que se baseia o País - um modelo consumista no qual existe a exploração indiscriminada dos recursos naturais.

É indiscutível que a energia não é aproveitada racionalmente na maioria dos casos e, devido à demanda exagerada, existe a possibilidade de uma crise relacionada ao setor o que, por sua vez, pode causar restrições à utilização de insumos energéticos. É importante

salientar que alguns destes insumos, principalmente aqueles obtidos através do extrativismo mineral, não são recursos passíveis de renovação e, como tais, tornam-se cada vez mais escassos - é de se esperar, portanto, uma dificuldade crescente em relação à disponibilidade destes materiais.

Desta forma, objetivando a convivência pacífica entre homem e seu ambiente, surge a alternativa do desenvolvimento sustentável, no qual o ambiente é visto não somente como um aliado, mas como fator essencial à sobrevivência humana. Dentro desta perspectiva, a relação lixo-ambiente-energia deve ser encarada com propostas não demagógicas, tendo como horizonte a resolução do problema, garantindo-se a observação dos critérios técnicos para tal finalidade.

A análise das condições locais da produção de resíduos é fundamental, pois de acordo com a Prof. MSc Suzana Maria de Conto Mandelli, da Universidade de Caxias do Sul (UCS), a heterogeneidade do lixo leva a soluções heterogêneas. Este fator preponderante mostra a importância do diagnóstico local para, de acordo com as tecnologias e recursos disponíveis, possa ser implantado um programa de manejo de resíduos sólidos.

O primeiro passo para este diagnóstico é, como referido anteriormente, saber a qualidade e a quantidade de resíduos produzidos pela cidade. Este trabalho é de grande relevância, pois dele depende o dimensionamento do programa de gerenciamento dos resíduos. Todavia, para classificação dos resíduos sólidos, é necessária a utilização de uma metodologia confiável tais como as citadas em MANDELLI (1991) e GOMES (1991).

Neste sentido, foram desenvolvidos nas cidades de Caxias do Sul, RS e, posteriormente, São Carlos, SP, trabalhos com o objetivo de caracterizar a produção de resíduos destes municípios. Para realização deste levantamento, em ambas as situações, foi utilizada a metodologia do quarteamento, demonstrada na Figura nº 1. As fases do referido levantamento podem ser descritas de acordo com o seguinte fluxo de atividades:

a. Estudos preliminares

a.1. Sistema de Coleta;

a.2. Previsão da massa de lixo total recolhida (base úmida);

a.3. Classificação dos roteiros por classe social;

a.4. Determinação de estações sazonais.

b. Determinação da massa total

- b.1. Medida da tara de cada veículo coletor selecionado;
- b.2. Desvio da rota do caminhão para o pátio destinado à análise;
- b.3. Preparo do pátio destinado à análise da amostra;
 - b.3.1. Separação de 4 tonéis de aproximadamente 200 litros;
 - b.3.2. Colocação de um plástico no chão para isolar a amostra.

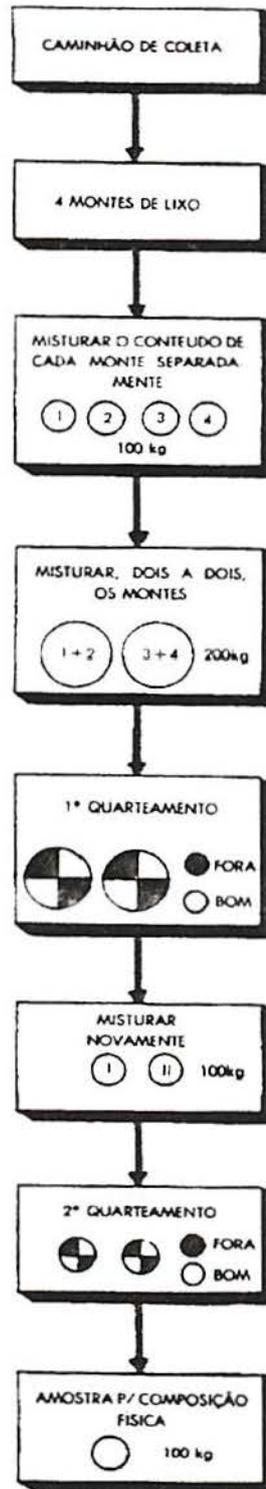
c. Preparo da amostra

- c.1. Desviar o caminhão escolhido após a coleta;
- c.1. Descarregar no local de análise;
- c.1. Misturar o lixo descarregado.

d. Quarteamento

- d.1. Separar o lixo misturado em quatro montes idênticos;
- d.2. Numerar os tonéis;
- d.3. Distribuir o conteúdo nos quatro tonéis;
- d.4. Descartar aleatoriamente dois tonéis;
- d.5. Redistribuir o conteúdo restante nos quatro tonéis;
- d.6. Repetir as operações até resultar aproximadamente 25 l em cada ;
- d.7. Descartar dois ;
- d.8. 1º tonel classificar quimicamente;
- d.9. 2º tonel classificar fisicamente.

Fig. nº1 Fluxo do Quarteamento - A figura mostra o fluxo para obtenção das amostras destinadas à análise



Fonte: GOMES (1991)

Neste trabalho de dissertação, em que um dos principais objetivos é a obtenção das relações entre resíduos sólidos urbanos e energia, as características químicas não são de fundamental importância. Desta forma, será procedida somente a caracterização física dos resíduos. Nos casos em que o gerenciamento dos resíduos visa a compostagem, o conhecimento das características físicas, químicas e biológicas são fundamentais.

O município escolhido para realização deste levantamento foi o de Canela-RS, tendo em vista a cooperação dada por parte da administração municipal na execução deste estudo.

É importante ressaltar o fato de algumas administrações, quando procuradas, consideraram este trabalho extremamente necessário, mas no momento da efetivação do mesmo ocorreram alguns entraves burocráticos como, por exemplo, a dificuldade em encontrar os responsáveis por alguns dos setores administrativos imprescindíveis para realização desta pesquisa, que acabaram por inviabilizar o desenvolvimento deste estudo nestas localidades. Para alguns administradores, resolver a problemática do lixo significa mostrar à população uma cidade limpa, não interessando o que acontece com o lixo após seu recolhimento. Por outro lado, a população, na grande maioria, restringe sua preocupação em cobrar do poder público apenas a falta do recolhimento dos resíduos, não se importando com o tratamento dispensado aos mesmos.

De qualquer forma, o caos ambiental instalado hoje é, provavelmente, o resultado de uma sucessão de atitudes administrativas inadequadas. Entre outros fatores, a falta de conhecimento, de recursos ou de interesse, levam muitos administradores a decretar que o lixo seja jogado em locais nem sempre apropriados, utilizando como critérios para escolha da área de destinação final dos resíduos o regime de ventos e de águas com o objetivo de não prejudicar **sua** cidade, visto que os problemas da cidade vizinha não competem a eles.

Uma proposta para solução desta problemática é o exercício, por parte das administrações municipais, de uma política de gerenciamento de resíduos. Tal política deverá não apenas desenvolver estratégias para resolução dos problemas emergentes, mas principalmente, viabilizar uma ampla frente de trabalho que assegure a manutenção dos avanços obtidos. Sob esta ênfase torna-se necessária a participação de toda a comunidade, onde cada um deve cumprir o seu papel.

No Brasil, segundo PEREIRA NETO⁽¹⁾, estima-se que das 90.000 toneladas médias de lixo produzidas por dia, aproximadamente 49% deste total são coletadas sendo depositadas, na maioria dos casos, a céu aberto constituindo desta forma os chamados lixões. Este tipo de destino reservado aos resíduos sólidos torna o ambiente propício à proliferação de vetores patogênicos, o que pode ocasionar sérios problemas na área de saúde pública, uma

⁽¹⁾ Curso de Reciclagem e Compostagem de Resíduos Sólidos - UCS Caxias do Sul 1992

vez que a catação manual configura-se como uma fonte de renda para uma parcela significativa da população pertencente às classes sociais menos favorecidas.

1.2 Aspectos Energéticos da Reciclagem

A reciclagem deve ser entendida como a reutilização de materiais que, por algum motivo, foram descartados e reinjetados como matéria prima para a confecção de novos artefatos. Os processos de reciclagem podem ser limitados devido a problemas de mercado ou tecnológicos.

Os problemas relacionados ao mercado de reciclados estão muito ligados a questões de oferta e procura, os tecnológicos estão diretamente associados ao desenvolvimento dos processos de reciclagem, e nestes devem ser considerados, principalmente, os aspectos energético-ambiental com um balanço favorável.

Tabela. nº1 Energia Envolvida nos Processos de Reciclagem - A tabela construída a partir de dados fornecidos pelo Ministério da Indústria e Comércio da Itália, mostra as necessidades energéticas dos processos de fabricação primária, a energia necessária aos processos secundários, como também as diferenças de energia caso haja a reciclagem de alguns materiais. O processo primário de ve ser entendido como aquele em que o material é fabricado pela primeira vez e o secundário a fabricação é realizada tendo-se por base materiais oriundos da reciclagem.

Produto reciclável	Energia Necessária Processo Primário		Energia Necessária Processo Secundário		Economia Específica	
	$\left(\frac{J}{kg}\right) \cdot 10^7$	$\left(\frac{kcal}{kg}\right)$	$\left(\frac{J}{kg}\right) \cdot 10^7$	$\left(\frac{kcal}{kg}\right)$	$\left(\frac{J}{kg}\right) \cdot 10^7$	$\left(\frac{kcal}{kg}\right)$
Metais Ferrosos	4,3116	10.300	2,1349	5.100	2,1767	5.200
Metais não Ferrosos						
Cobre	2,7628	6.600	0,46046	1.100	2,3023	5.500
Alumínio	19,674	47.000	0,58604	1.400	18,837	45.000
Vidro	1,2977	3.100	0,58604	1.400	0,7116	1.700
Papel	1,5488	3.700	0,46046	1.100	1,0884	2.600
Polietileno	1,8837	4.500	0,2093	500	1,6744	4.000

Fonte: modificado de MANDELLI (1991)

Segundo METTELET (1991) a economia de energia e de materiais quando processos de reciclagem são empregados bem como cifras de utilização e reutilização de alguns materiais, para o caso francês, apresentados nas Tabelas n° 2 e n° 3, respectivamente.

Tabela n° 2 Economia de Energia e de Materiais - A tabela mostra a economia de matérias primas e de energia considerando a reciclagem

Uma Tonelada Reciclada faz Economizar	Energia (em kg equivalente de petróleo)	Materiais Primários (em kg)
Vidro	80	1.200
Papéis	200 a 400	1.700 a 2.400
Plásticos (PVC)	400	1.400
Ferragens	220 a 270	-----
Alumínio	4.762	-----
Óleos (não especificados)	850	1.500

Fonte: METTELET (1991)

Tabela n° 3 Taxa de Reciclagem - A tabela mostra as quantidades de materiais recuperados e o percentual equivalente à taxa de utilização dos mesmos

Materiais (1989)	Quantidades Recuperadas (em toneladas por ano)	Taxa de Utilização (quantidade consumida por produção)
Ferragens (compreendendo ferro velhos)	9.800.000	38%
Metais não Ferrosos		
Alumínio	284.000	30%
Chumbo	139.400	61%
Cobre	150.000	28%
Zinco	156.300	24.5%
Papéis	3.086.000	45.7%
Vidros	704.000	28%
Plásticos	100.000	1%
Têxteis	110.000	----

Fonte: METTELET (1991)

A análise dos dados da Tabela nº 3, mostra que alguns materiais apresentam pequenos percentuais de reciclagem, fato que desencoraja os setores ligados ao mercado de reciclados a trabalharem com este tipo de materiais. Desta forma, a maioria destes resíduos são rejeitados, devendo receber destinação final apropriada.

Outro fator relevante está ligado às questões legais, nas quais alguns processos de reciclagem foram desenvolvidos após a existência de legislação que obrigava os fabricantes a reciclarem os materiais por eles produzidos. Um caso típico é o das embalagens tetra-pak, utilizadas como recipientes de leite longa vida, sucos, vinhos e outros. Estas não eram recicladas, devido ao emprego de três materiais diferentes para confecção das embalagens (papel, plástico e alumínio), isto é, o material era dito contaminado. Após a legislação, investimentos em novas técnicas de reciclagem possibilitaram sua utilização como material base para confecção de “madeiras plásticas” (utilizados como substituto da madeira em algumas aplicações).

Capítulo 2

Resíduos Sólidos Obtidos a Partir de Materiais de Fácil Decomposição

Este é o caso dos materiais que facilmente se degradam no ambiente. Geralmente denominam-se de materiais orgânicos. Esta nomenclatura é utilizada de forma errônea, pois existem compostos orgânicos que não são facilmente degradados no ambiente, como por exemplo, os polímeros derivados do petróleo. Desta forma, neste trabalho é feita esta distinção em nível de nomenclatura.

2.1 Utilização

A utilização dos materiais de fácil decomposição ocorre geralmente nos estabelecimentos residenciais, comerciais da área de alimentos e outros. Este material pode ser considerado como uma fonte de poluição quando colocado no ambiente sem o tratamento adequado, pois gera líquidos poluentes para os sistemas de águas superficiais e subterrâneas. Este material encontra-se nos resíduos sólidos urbanos, geralmente com percentuais aproximadamente de 60% e, devido a suas características quanto à degradação, gera um grande problema para quem gerencia o lixo. Na maioria dos casos, para as cidades brasileiras, devido ao fato do lixo ser colocado a céu aberto, os líquidos provenientes da degradação podem infiltrar no terreno poluindo as águas, favorecendo o aparecimento de problemas decorrentes de contaminações químicas e/ou biológicas.

Considerando a hipótese de haver aterro, mas não haver coleta segregativa, o lixo municipal de origem domiciliar contendo metais, plásticos, vidros, e outros materiais, é recoberto por uma camada de terra minimizando a proliferação de vetores transmissores de

doenças. Neste caso, devido à falta de oxigênio, a fermentação é praticamente anaeróbia, produzindo metano e outros gases. O metano é geralmente queimado em tubulações inseridas na superfície do aterro.

Um cuidado que se deve ter nos aterros utilizados para destinação final dos resíduos é o de garantir a degradação dos materiais ali colocados. Pode haver, em alguns casos, conforme se mostra na Figura nº2, (GROSSMAN, 1990), devido às características do terreno, ocorrer a não degradação dos materiais.

Fig. nº2 Lixo não Degradado - A Figura mostra resíduos sólidos não degradados que foram desenterrados de um aterro em 1990. Este aterro é da década de 1940, nos Estados Unidos da América..



Fonte: Discover (1990)

2.2 Compostagem

Os resultados do inventário de resíduos sólidos, para o Brasil, colocam os materiais de fácil decomposição com porcentuais de aproximadamente 60% do volume total coletado⁽¹⁾.

⁽¹⁾ Curso de Reciclagem de Resíduos Sólidos - UCS - Caxias do Sul, 1992

Este volume é normalmente colocado em lixões, ocasionando sérios problemas que vão desde a transmissão de doenças até os desequilíbrios ambientais devido à poluição.

Alternativas apresentadas em trabalhos relacionados a esta área sugerem que as soluções passam por uma redução na produção de resíduos, facilitando assim o gerenciamento.

O processo de compostagem pode ser caracterizado pela transformação de matéria orgânica de fácil decomposição em composto orgânico através de processos químicos, físicos e biológicos. Este adubo orgânico é obtido após a realização de todas as etapas do processo de compostagem, no qual o tempo de maturação do composto depende do método de compostagem, das condições ambientais e das características químicas dos resíduos.

Após a matéria orgânica de fácil decomposição ser depositada no parque de compostagem, o processo pode ser dividido em:

- preparação;
- degradação ativa;
- maturação.

A preparação do material destinado à compostagem passa primeiramente por uma separação, na qual são retirados os componentes indesejáveis como: metais, plásticos, borrachas, vidros, pilhas e outros materiais de difícil degradação ou aqueles que interferem negativamente no processo biológico. Feita esta separação, a matéria orgânica é triturada com granulometria característica, que facilita o ataque às cadeias carbônicas do material a ser compostado. É procedente, neste momento, uma análise química para, então, de acordo com o método escolhido, proceder à montagem das pilhas de compostagem.

A fase de degradação ativa ocorre logo após a confecção das pilhas devido, inicialmente, ao ataque das bactérias mesófilas que começam a decompor a matéria orgânica, quebrando as ligações químicas. Estas ligações desfeitas liberam energia acarretando aumento da temperatura da massa. Devido a este aumento de temperatura, por volta dos 50°C, o ambiente passa a ser agressivo às bactérias mesófilas, mas propício às bactérias termófilas, que continuam o processo de quebra de ligações químicas. O aparecimento das termófilas pode, devido a sua atividade, aumentar a temperatura da massa compostável a valores próximos a 80 °C. Nesta temperatura, o ambiente não é próprio às termófilas, necessitando um controle de temperatura, que deve ficar na faixa entre 65°C e 75°C. Este controle pode ser obtido com aeração ou revolvimento da massa, conforme o método de compostagem escolhido.

No sistema com aeração forçada, em que dutos são colocados no interior da pilha de compostagem, o período de degradação ativa tem um tempo de duração de aproximadamente

um mês. Após este tempo, começa um decréscimo de temperatura devido ao decaimento da atividade bacteriana causado pela redução de nutrientes. Nesta fase, começam a aparecer fungos que são os responsáveis pela maturação e humificação do composto de lixo. Esta fase perdura por um tempo de aproximadamente um mês. As vantagens decorrentes da introdução de ar nas pilhas de compostagem são o controle de temperatura e o favorecimento do processo de degradação aeróbia, e esta última evita a liberação de odores indesejáveis causados pela liberação de gases, principalmente os sulfurosos.

Após a compostagem, a aparência e o odor são característicos. O composto de lixo, geralmente é comercializado ou utilizado pela própria prefeitura em parques e jardins. A classificação depende da quantidade de materiais indesejáveis junto ao composto; desta forma, por processos de separação por peneiramento, são classificados em compostos de primeira e de segunda qualidade.

A característica física do composto depende basicamente do sistema de peneiras e a química depende principalmente dos materiais que chegam ao pátio de compostagem. A presença de componentes indesejáveis como vidros triturados e, principalmente, metais pesados, causam um decréscimo na qualidade do composto, pois este não poderia ser utilizado indistintamente, em especial nos setores relacionados à produção de alimentos.

Quanto ao problema de vetores transmissores de doenças, estes são geralmente eliminados na fase de degradação ativa, e na fase de maturação, por que o desenvolvimento de fungos elimina os patógenos resistentes à degradação ativa.

Uma das vantagens da compostagem, se operada de forma conveniente, é a não geração de chorume, já que devido às altas temperaturas atingidas na fase de degradação ativa, evita-se a precipitação de líquidos, obrigando o aporte de água para manutenção das condições ideais do processo.

Após o término do processo de compostagem, o composto de lixo tem características próprias quanto ao cheiro e coloração. Este pode ser comercializado, conforme sua granulometria, grau de pureza e constituição química (principalmente sódio, potássio e fósforo). A granulometria caracteriza o composto de primeira que tem menor número de partículas indesejáveis e é obtido através de peneiração; o de segunda não é peneirado. Segundo MANDELLI (1991), o composto de lixo curado deve ter como principais características:

- granulometria - partículas com dimensões variáveis de $1.10^{-4}m$ - $2.10^{-4}m$;
- umidade - quando estocados em pátios cobertos deve ter umidade inferior a 35%;

- densidade - deve variar em torno de 150 a 350 kg . m⁻³;
- odor - deve apresentar um odor característico, semelhante ao da terra mofada;
- coloração - cinza escuro;

A compostagem também gera uma certa quantidade de rejeitos que depende da forma como o processo é executado. Estes rejeitos receberão uma destinação final apropriada, mas deve-se relatar uma sensível redução nas quantidades destinadas aos aterros.

Capítulo 3

Resíduos Sólidos Obtidos a Partir de Papel

3.1 Aspectos Históricos

A necessidade de registrarem-se as atividades humanas ao longo do tempo, data de um passado distante. Estes registros geralmente eram feitos em pedras e, mais tarde, foram utilizadas cascas de árvores, folhas, marfim, e outros. Entre 2500 e 2000 a.C., os registros escritos, no Egito, eram feitos em papiros, material obtido a partir de uma gramínea encontrada às margens do rio Nilo. Existem registros da utilização de outros materiais como, por exemplo: a pele seca de animais, as tábuas recobertas de cera dos romanos, e os tabletes de argila dos babilônios entre outros (SHREVE 1977).

O papel tem sua origem na China no ano de 105 d.C. (neste período já se tem registros da reciclagem de papel), mas o processo de fabricação popularizou-se no Século XIV no sul da Europa. Na Inglaterra, a indústria foi instalada no Século XVII e nos Estados Unidos da América, em 1690 (SHREVE 1977).

A Bíblia de Gutemberg, (Século XV), marcou o início da impressão em livros, o que aparentemente desencadeou, a partir deste fato, maior demanda na utilização do papel. Após 1750, os processos de fabricação foram incrementados com o desenvolvimento de novas tecnologias (SHREVE 1977).

3.2 Estágio Atual da Utilização de Papel

Na atualidade, este material está sendo utilizado com as mais diversas aplicações, e as mais comuns são as de embalagens e comunicações gráficas.

Considerando a utilização gráfica, as mais comuns são os jornais, revistas, livros, comunicações escritas entre setores empresariais e governamentais entre outras. Nas áreas administrativas, os papéis brancos, largamente empregados, formam uma sucata de alta qualidade. Para citar uma das fontes de produção de sucata deste material foi realizado um levantamento do volume de papel enviado sob a forma de projetos de pesquisa aos órgãos de fomento à pesquisa científica. O levantamento foi realizado tomando-se por base somente o material enviado por um pesquisador, durante o período de um ano. Cinco projetos de médio porte foram remetidos, e o número de cópias correspondente a cada projeto foi cinco. Destas cinco vias, uma fica com o responsável pelo projeto, uma, com o departamento e as outras três com o órgão de financiamento. A massa de somente uma delas, correspondente a um projeto enviado à FAPERGS (Fundação de Amparo à Pesquisa do Rio Grande do Sul), em valor médio, é de aproximadamente 0,620 kg. Os projetos em níveis institucionais, tipo FINEP (Financiadora de Projetos), são em número de um a cada três anos, com o mesmo número de cópias que os anteriores, sendo que a massa, de cada uma, em média, é de aproximadamente 1,900 kg.

Somente com estes dados um pesquisador produz anualmente uma massa de 18,667 kg de resíduos de papel. O prazo legal para o armazenamento dos projetos nas instituições financiadoras é de cinco anos, resultando uma massa produzida, neste período de 93,333 kg, que no instante do término do prazo legal de armazenamento será descartado. Os dados relativos ao volume de papel utilizado em projetos de pesquisa, e do número de vegetais a ser convertido em papel, demonstram as relações entre consumo de papel, abate de árvores e meio ambiente.

Esse problema poderia ser minimizado se as entidades de fomento à pesquisa utilizassem recursos de informática para o recebimento dos projetos. Isto seria viabilizado se estes fossem enviados por meio de discos flexíveis, rede de computadores ou por comunicação através de rede telefônica (modem). Para que tal fato ocorra existe a necessidade de uma padronização de editores (desenhos, circuitos elétricos, textos e outras ferramentas de edição utilizados em computadores). A aplicação de um sistema deste tipo não apresenta grandes dificuldades, pois esta padronização já é existente. Outro aspecto positivo, devido à informatização, seria a facilidade de avaliação dos projetos bem como a rapidez nas comunicações entre pesquisadores e financiadores.

Outra forma de utilização que representa um grande volume são jornais, revistas e livros. Destes, os livros geralmente não são descartados; mas as revistas e jornais apresentam um maior volume de descarte. Segundo COMMONER (1992), nos EUA a composição do lixo, correspondente aos papéis é: 15% de papéis de alta qualidade, 7% de jornais, 9% de

corrugados e 9% de papéis misturados. Conforme a mesma fonte, a produção diária de lixo é de $4,50 \cdot 10^6$ kg por dia, distribuídas entre os setores residenciais e comerciais, o que corresponde em valores absolutos a $6,75 \cdot 10^5$ kg por dia de papel de alta qualidade, $3,15 \cdot 10^5$ kg por dia de jornais, $4,05 \cdot 10^5$ kg por dia de papel corrugado e $4,05 \cdot 10^5$ kg por dia de papéis misturados. Citando um caso específico de matéria prima para a produção de celulose, o número de eucaliptos necessários para produção desta quantidade de papel seria de aproximadamente $3,942 \cdot 10^{10}$, por um período de um ano (a cada tonelada de papel são necessários 60 eucaliptos com idade média de oito anos).

Conforme GROVE (1994), do total descartado nos Estados Unidos da América (EUA) no ano de 1993, $2,09 \cdot 10^{10}$ kg são recicladas e $5,24 \cdot 10^{10}$ kg são descartadas. Em MANDELLI (1991), a porcentagem de materiais celulósicos, em base úmida, é:

No Brasil:

- Porto Alegre RS- 14,00 % ;
- São Carlos SP - 21,3 % ;
- Caxias do Sul RS- 21,0 % ;
- São Paulo SP- 28,4 % .

Na Itália: 35,00 %.

Nos EUA: 41,0 %.

Na Europa ocidental: 25,0 % .

De acordo com os dados fornecidos na revista Les Transformeurs METTELET (1991), na França esta porcentagem é de 30%.

Considerando os volumes citados anteriormente, fica demonstrada a necessidade da utilização de papéis reciclados. Também é importante que novas tecnologias sejam desenvolvidas, tanto dentro das universidades como também pelas empresas ligadas ao setor, como maior distribuição de verbas para projetos relacionados a estes tipos de aplicações. A título de citação, um projeto existente na Universidade Nacional de Brasília visa desenvolver métodos de reciclagem de papel utilizando cédulas de papel moeda retiradas de circulação. Estas, na maioria dos casos, são recolhidas e destruídas sob gerência do Banco Central do Brasil. A destruição de papel moeda poderia ser por picotamento, ao invés da incineração,

possibilitando, assim, sua reciclagem (como no caso em que o papel foi entregue à Universidade). A quantidade de matéria prima doada pela Casa da Moeda foi pequena em relação ao volume total que deveria ser incinerado, e que por motivos de "segurança nacional", não pode ser informado. Mas uma estimativa pode ser feita para o caso brasileiro, onde a moeda de 1986 até 1994 foi trocada cinco vezes. Cabe ressaltar que o caso considerado é o que ocorre quando a moeda troca de nome. Desta forma, não se está computando o volume recolhido devido à depreciação normal do dinheiro pela sua utilização.

3.3 Utilização de Papel Corrugado e de Papel Branco

A utilização de papel corrugado geralmente está associada ao mercado de embalagens (a forma mais comum de utilização deste tipo de papel é em caixas, comumente denominadas de "caixas de papelão"). Segundo dados fornecidos pelo Compromisso Empresarial para Reciclagem (CEMPRE), 60% de papel corrugado consumido no Brasil é proveniente de reciclagem; nos EUA esta taxa é de 57% (CEMPRE INFORMA-FICHA TÉCNICA N° 2).

Muitos países estimulam a reciclagem do papel, incentivando a instalação de usinas depuradoras capazes de iniciar o processamento, fornecendo fardos de celulose secundária para serem usados em fábricas de papel sem que estas necessitem de equipamentos para preparação de polpa a partir das aparas de papel. No Brasil não há iniciativas deste tipo.

Comercialmente, o valor do papel ondulado varia muito, conforme a região e o preparo do material, após a separação do lixo. No caso brasileiro, o valor da tonelada conforme o CEMPRE é de aproximadamente US\$130,00.

Para o caso do papel branco, que é considerado como sucata nobre, representa o maior volume dos resíduos desta categoria nos grandes centros habitacionais. Desta forma, os sucateiros dão mais valor a este tipo de papel. Para o caso dos EUA, o porcentual médio de papéis brancos é de 15% (COMMONER - 1992).

Nos grandes centros, devido à concentração de escritórios, os papéis brancos são gerados em grande volume. Pode-se notar que devido ao alto valor comercial deste resíduo, os catadores organizam-se, com veículos e pessoal próprios, para realizar uma coleta regular sem depender da prefeitura local.

3.4. Contaminação do Papel

A contaminação é um problema gerado quando outros tipos de materiais estão misturados ao papel, dificultando com isto os processos de reciclagem. Os produtos que contaminam este material são a cera, os plásticos, os óleos, os pedaços de madeira, os tecidos, os metais, os vidros, e outros. Outros fatores limitantes para a reciclagem são a

mistura de papéis com fibras que perderam a resistência original, a utilização de tintas ou tratamentos anti-umidificação com resinas insolúveis em água, dentre outros fatores que podem inviabilizar sua reciclagem (CEMPRE INFORMA- FICHA TÉCNICA N° 2).

3.5 Reciclagem e Aspectos Energéticos

O processo de reciclagem do papel pode ser realizado em nível artesanal ou industrial. No primeiro caso, são necessários equipamentos simples como, por exemplo, liquidificadores, prensas, guilhotinas. No segundo caso, os equipamentos são praticamente os mesmos, mas a diferença básica é o porte dos equipamentos.

A reciclagem de papéis geralmente necessita de um aporte de polpa de madeira que pode ser obtida nas fábricas de processamento de celulose. Este aporte tem como objetivo garantir as propriedades físicas e químicas exigidas, dependendo das características solicitadas pelo material.

O ideal da reciclagem é reutilizar integralmente o material descartado. Desta forma, nenhuma quantidade de material virgem seria colocada no ciclo produtivo, o que é praticamente impossível. No caso de não haver o reaproveitamento dos materiais, o papel colocado no mercado deveria ser obtido integralmente através do beneficiamento das matérias primas, conseqüentemente, todo o papel já produzido, depois de utilizado, seria depositado no ambiente.

Nos processos de produção de papel a partir da polpa de madeira, pode-se chegar ao resultado final, seguindo uma seqüência de operações que vão desde a preparação de mudas das árvores até o papel beneficiado. Estas atividades requerem trabalho humano ou mecânico ou térmico, o que significa um aporte de insumos energéticos.

No caso da reciclagem, parte da energia utilizada desde o plantio até a obtenção do papel seria poupada, o que representa uma economia de recursos naturais. Tendo em vista que estes recursos são em sua grande maioria renováveis, não é tão crítica a reentrada de matérias primas no processo produtivo.

Para o caso do papel, conforme dados da Tabela n° 1 a economia de energia, em valores percentuais, é de 336,4%. Este valor foi obtido considerando-se a energia necessária no processo secundário como 100%, em comparação com o valor energético da produção no processo primário. Para os outros materiais será utilizada a mesma base de cálculo.

Capítulo 4

Resíduos Sólidos Obtidos a Partir de Plásticos

4.1 Aspectos Históricos:

Embora os materiais plásticos tivessem sido utilizados aproximadamente há 100 anos, o desenvolvimento da indústria não foi significativo. No início do Século XIX, o inglês Alexander Parkes produziu (em 1862) o primeiro plástico em nível industrial. O trabalho de Baekeland, que estabeleceu o controle científico da produção de resinas fenólicas, fabricando-as comercialmente em 1909, deu um grande impulso à indústria deste tipo de material. Esta descoberta estimulou enormemente a procura de novas fórmulas, colocando o setor em sétimo lugar no parque industrial da América do Norte. O primeiro plástico de significado industrial foi o nitrato de celulose ou piroxilina, plastificado com cânfora e comercializado como celulóide. Era um material de manuseio arriscado, devido à facilidade de degradação através do calor ou luz solar, mas algumas de suas características tornaram-no, por um longo tempo, um dos melhores termoplásticos. O nitrato de celulose foi descoberto na metade do Século XIX, tendo sido utilizado como base plástica, em 1869, por Hyatt, na tentativa de substituição do marfim. No esforço da descoberta de materiais menos inflamáveis, pesquisas desenvolvidas por Schutzenberger, Cross e Bevan, em 1894, levaram ao desenvolvimento do acetato de celulose e o respectivo plástico, que em 1912 encontrou grande aplicação em filmes fotográficos e na Primeira Grande Guerra foi utilizado em recobrimento de aviões (apud SHREVE 1977).

4.2 Panorama Geral da Utilização de Plásticos

O desenvolvimento na área de polímeros ofereceu ao mercado uma grande quantidade de plásticos. A sua estabilidade química e as características mecânicas ocasionaram a substituição de materiais, como por exemplo, o vidro, largamente empregado em embalagens de produtos alimentícios. O plástico foi ao longo do tempo tendo uma participação considerável na composição dos resíduos sólidos; na média brasileira este valor é aproximadamente 2,9% TORRES (1994)⁽¹⁾.

Este tipo de resíduo ocupa um grande volume quando não compactado, fazendo com que a aparência em seu destino final, seja motivo de preocupação principalmente de ambientalistas. Ele degrada muito lentamente quando exposto às condições de um aterro ou em lixões ou até é considerado como não degradável (GOMES 1991). Conforme publicação feita pela Plastivida (DIDONE 1994), a poluição causada por este tipo de material, devido à lenta degradação quando exposta ao ambiente não causa grandes danos, pois esta poluição é considerada, somente como visual. Deve-se ressaltar que, a ocorrência mais comum em lixões, tendo em vista a liberação de gases inflamáveis nestes locais, pode ocorrer a queima dos materiais ali depositados, emitindo assim gases nocivos à atmosfera.

4.3 Reciclagem

A grande variedade e utilização associadas à necessidade de matéria prima nos processos produtivos fazem que exista um aumento na demanda de materiais plásticos. Com a finalidade de suprir o mercado, estes são colocados à disposição das indústrias manufatureiras, oriundos de pólos petroquímicos ou fornecidos pelas recicladoras.

A produção de polímeros, como matéria prima, em pólos petroquímicos, é considerada como primária, e a produção a partir de reciclados como secundária.

O processo de reciclagem de plásticos pode ser dividido em três:

- Recuperação termomecânica;
- Recuperação química;
- Recuperação energética.

No primeiro caso, o plástico deve ser coletado e classificado conforme suas características físicas e químicas para que possa ser reprocessado termomecanicamente, no segundo podem ser utilizados na composição de outros tipos de materiais como por exemplo tintas a base de PVC e na recuperação energética, que visa o aproveitamento da energia

⁽¹⁾ XIV Encontro de Debates sobre o Ensino de Química (EDEQ) - Novo Hamburgo - RS, 1994

agregada aos plásticos sob a forma de energia térmica.

Os plásticos atualmente estão saindo das linhas de produção com indicações referentes a sua composição, isto é, existe uma certa padronização entre os fabricantes que colocam impresso no próprio plástico um código caracterizando o tipo de material.

As Figuras de número 3 a 9 apresentam estes códigos.

1 - PET (Polietileno Tereftalato)

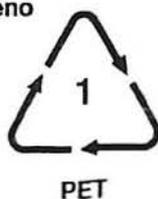


Figura nº 3

2 - PEAD (Polietileno de Alta Densidade)



Figura nº 4

3 - V (Policloreto de Vinila)

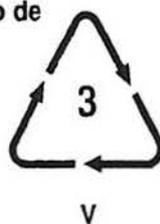


Figura nº 5

4 - PEBD (Polietileno de Baixa Densidade)



Figura nº 6

5 - PP (Polipropileno)

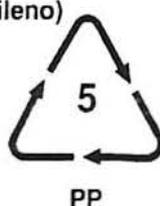


Figura nº 7

6 - P_s (Poliestireno)

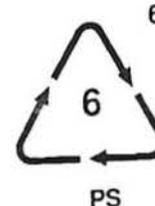


Figura nº 8

7 - Outros



Figura nº 9

Esta codificação facilita o processo de separação da sucata plástica, devido a facilidade de sua identificação tornando-a comercialmente mais interessante.

Devido à possibilidade de haver o fracionamento dos materiais descartados, o código de identificação pode não estar presente em todas as partes do material a ser reciclado. Este fato evidencia a necessidade de treinamento do pessoal destinado a trabalhar com a separação e classificação de plásticos descartados. Nestes locais, após a seleção, os materiais são lavados, moídos e entregues às empresas recicladoras e, posteriormente, entregues à indústria de artefatos de plásticos como "matéria prima".

A reutilização de plásticos obtidos a partir da separação do lixo tem algumas restrições que podem ser em nível de legislação ou em nível técnico.

A legislação atual impede a utilização deste tipo de material em embalagens de produtos alimentícios ou de produtos medicinais; as questões relativas às características constitucionais dos plásticos podem causar impedimentos ao processo de reciclagem, dificultando a recuperação ou tornando-a economicamente inviável.

Atualmente, a reciclagem de plásticos pode ser aplicada a quase todos os fins em que se usa o material virgem, sendo que o maior número de reciclados são os termoplásticos e os acrílicos.

Um fator importante na reciclagem é o tipo de sucata, que pode ser dividida em sucata comum, obtida a partir do lixo doméstico e sucata industrial.

A sucata comum tem, para os recicladores, um custo muito reduzido. O maior problema deste tipo de material é a grande variedade e contaminação e esta última decorre, principalmente, do fato do material estar misturado ao lixo comum.

A sucata industrial, proveniente das empresas de artefatos plásticos ou até das que o produzem de forma primária, é geralmente considerada sucata limpa. A grande vantagem desta é a uniformidade e o conhecimento da composição química, favorecendo com isto o processo de reinjeção nas linhas de produção. Geralmente esta sucata é reutilizada pela própria empresa, com o objetivo de minimizar os custos de produção devido a perdas de material.

Industrialmente as sucatas podem ser:

- Borras;
- Aparas.

As borras são provenientes das máquinas, quando ocorrem problemas nos processos de sopro ou extrusão. Caso o material não tenha sido queimado por um super aquecimento, esta é considerada uma sucata limpa. Outra forma de obtenção de borra é no instante de troca

de plástico a ser extrudado ou soprado, pois neste caso é necessária a limpeza das máquinas com o objetivo de evitar contaminações.

As aparas são geralmente decorrentes de processos de injeção, prensagem ou até mesmo de sopro. Este tipo de sucata permite um bom resultado na reciclagem. Um fator que pode tornar a sucata suja é a utilização de dois tipos de plásticos ao processar-se uma peça.

Outra forma de obtenção de sucatas industriais são:

- Rejeitos;
- Corpos de prova.

Os rejeitos são aqueles materiais que não atingiram as especificações do fabricante. Dependendo do problema ocorrido, esta pode ser considerada como sucata limpa.

Os corpos de prova representam um tipo bastante especial de sucata, mas não são encontrados em grande quantidade. Estes são obtidos sempre que se realiza o processo completo de polimerização, ao recolher-se uma amostra do produto final, que deve ser submetida a testes com o objetivo de verificar as propriedades exigidas do polímero. Esta, possivelmente, é a sucata de melhor qualidade em relação às outras.

4.3.1 Contaminação do Plástico

Um dos problemas do processo de recuperação é a contaminação. Os principais tipos são:

- **Contaminação por fusão:** ocorre quando um determinado plástico foi utilizado para limpar uma máquina e fundiu-se com os resíduos do material utilizado anteriormente. Neste caso, para que se possa utilizar este material como sucata é necessário conhecer o teor de contaminantes de forma qualitativa e quantitativa.
- **Contaminação física:** este tipo de contaminação é facilmente solucionável, pois o material está simplesmente misturado fisicamente ao outro. O plástico, neste caso, pode estar contaminado com outro de mesma composição química. A solução para este tipo de sucata é a separação por catação manual, entretanto, se a contaminação é devida a materiais diferentes é preciso conhecer as diferenças entre os materiais para escolher o melhor método de separação.
- **Contaminação química:** ocorre quando a sucata esteve em contato com algum produto que deixou vestígios. Alguns destes são superficiais, e dependendo do tipo de plástico, podem sofrer contaminações internas, devido à permeabilidade do material. Neste último caso, a solução para sua utilização como sucata pode ser econômica ou até tecnicamente inviável. Na maioria das vezes, a simples limpeza com jatos de água é o

suficiente; em outros casos, a utilização de solventes pode ser viável, desde que não provoque uma maior contaminação.

No caso em que o polímero é contaminado internamente, principalmente com óleos, estes podem ser utilizados como componentes de tintas. A reciclagem química de plásticos como um dos componentes de tintas pode, neste caso, ter a vantagem das embalagens estarem contaminadas por óleos.

4.3.2 Técnicas de Recuperação

A utilização de sucata como matéria prima é mais freqüente em termoplásticos do que em outros polímeros. Esta técnica é possibilitada devido à propriedade de termoplasticidade dos polímeros e pode ser dividida em quatro fases:

- A. Moagem
- B. Lavagem
- C. Extrusão
- D. Granulação

Na moagem o material é levado ao moinho com a finalidade de reduzir o tamanho das partículas, facilitando o trabalho da extrusora. A seguir, o material é lavado e secado por inércia em uma "centrifuga", e então extrudado sob a forma de fios e após é picotado. Sob esta forma o material é entregue às recicladoras como matéria prima.

Outra técnica de recuperação, que também deve ser citada, é a dos materiais acrílicos. Estes materiais têm a propriedade especial de retornar ao estado de monômero quando submetidos a processos de destilação. Esta característica é de extrema importância, considerando que o material pode ser recuperado praticamente 100%. A contaminação por pigmentos ou outros materiais é eliminada na destilação, o que pode gerar uma certa quantidade de resíduos.

4.3.3 A Utilização de Plásticos Reciclados

A grande variedade de polímeros torna os processos de recuperação extremamente variados, pois para cada tipo de material, devido a estas diferenças, os mecanismos de reciclagem requerem características próprias.

Conforme (DIDONE 1994) as solicitações de materiais para cada tipo de polímero são:

Poliétileno de Baixa Densidade (PEBD)

EXTRUSÃO:	sacos de lixo; sacolas plásticas; lonas plásticas; mangueiras; outros.
INJEÇÃO:	brinquedos; outros.
SOPRO	frascos de desodorante; frascos de água sanitária; outros.

Poliétileno de Alta densidade (PEAD)

Algumas peças de brinquedos ou outras que necessitem de uma maior dureza:

Baldes;
Garrafas;
Sacos;
outros.

Polipropileno (PP):	sacos; brinquedos; tubos; cordas; outros.
----------------------------	---

Poliestireno de Alto Impacto:	saltos de calçados; carretéis; bases de antenas; outros.
--------------------------------------	---

Poliestireno “Standard”: lanternas de automóveis;
prendedores;
outros.

A. B. S. (Acrilonitrilo Butadieno Estireno): calotas de carros;
outros.

P. V. C. (Poli Cloreto de Vinila): solados de calçados;
tubos de esgotos;
mangueiras;
garrafas;
outros.

Outra fonte (SCHWARTZ 1995) mostra um quadro de possibilidades de reciclagem conforme cada tipo de material Figura n° 10

Fig. n° 10 Utilidade de Resinas Plásticas - A Figura mostra a utilização de alguns tipos de resinas recicladas

As várias utilidades das resinas plásticas		
Nome da resina	Uso principal e características	Produtos reciclados
 1 Polietileno terafalato	Garrafa de refrigerante. É a resina mais cara, capaz de manter acondicionadas bolhas de oxigênio.	Tapetes, penugem das bolas de tênis.
 2 Polietileno de alta densidade	Garrafa de água, recipientes para detergentes, rolinhos e cabos de utensílios. É barata e forte.	Gadetas e latas de lixo.
 3 Vinil ou polivinil clorido	Recipiente para óleo e embalagem de alimento. É transparente e resistente à degradação por óleo.	Esteira de chão, canos, mangueira.
 4 Polietileno de baixa densidade	Embalagens de biscoitos e massas. É bastante flexível.	Sacolinhas de supermercado.
 5 Polipropileno	Recipiente para ketchup, legumes, margarina. Flexível e resistente à umidade.	Recipientes para tinta.
 6 Poliestireno	Copos de café e utensílios domésticos plásticos. Pode ser usado de forma rígida ou como espuma.	Canos, latas de lixo.
 7 Outras resinas	Várias resinas que podem ser misturadas com sola, metal, entre outros.	Vários, como "madeira plástica" usada em móveis.

Fonte: Super Interessante (1995)

4.3.4 Aspectos Energéticos

A recuperação da energia agregada aos plásticos, como citado anteriormente, pode ser: termomecânica, química, ou energética por incineração. Esta última visa a geração de energia térmica e requer uma tecnologia que minimize a emissão de poluentes gasosos na atmosfera, além da preocupação com o destino final dos resíduos retidos neste processo. Estes equipamentos necessitam um grande investimento inicial. Os investimentos de implantação e operação deste sistema são imprescindíveis, devido à possibilidade de emissões de poluentes na atmosfera. A decisão em implantar incineradores deve ser baseada na relação custo/benefício deste sistema, já que o importante não é simplesmente a energia transformada após a queima, mas também as questões ambientais. Nesta implantação devem ser computados os custos de proteção ambiental.

A energia obtida pela queima de plásticos geralmente pode ser convertida em energia elétrica, pré-aquecimento de caldeiras, calefação, e outros. O valor energético deste tipo de material é muito variado, devido à diversidade de composições químicas dos plásticos oferecidos ao mercado.

A alternativa de incineração tem como um de seus objetivos não só a geração de energia térmica, mas também a redução de volume dos resíduos gerados a partir do lixo. Em países onde o potencial de geração energética é reduzido, torna-se interessante a conversão de energia térmica em energia elétrica ou calefação, mas levando-se em conta países onde a matriz energética é semelhante a do Brasil, devem ser consideradas as relações custo/benefício da implantação de sistemas deste tipo. É inegável que a alternativa de incineração proporciona uma considerável redução no volume final destinado ao aterro.

Considerando a reciclagem dos materiais, mais especificamente do caso de polietileno, é apresentada, na Tabela n° 1, a diferença de energia no processo de fabricação através de materiais primários e através de materiais provenientes da reciclagem. Esta diferença é de 900%.

Torna-se necessário o levantamento mais específico para os outros tipos de polímeros.

Capítulo 5

Resíduos Sólidos Obtidos a Partir de Metais

5.1 Aspectos Históricos

A utilização de metais iniciou no momento em que a humanidade passou a manipular e confeccionar os artefatos metálicos. Várias épocas foram denominadas conforme o tipo de metal trabalhado, como por exemplo, a idade do bronze, do ferro e outros.

A utilização maciça dos metais, principalmente os ferrosos, teve o seu maior impulso com a revolução industrial, pois máquinas a vapor e outros mecanismos eram confeccionados a partir destes metais. Nas artes, algumas ligas metálicas foram utilizadas de forma muito intensa, tendo em vista a facilidade com a qual estas eram trabalhadas.

Na área da ciência, materiais como ferro, cobre, prata, ouro, alumínio entre outros, foram sendo descobertos e empregados nas mais variadas funções, conforme características próprias a cada metal.

5.2 Panorama Geral da Utilização de Metais

Com o desenvolvimento das tecnologias, atualmente, novas ligas metálicas foram colocadas no mercado, fato que possibilitou a utilização destas nas mais variadas áreas, como por exemplo na indústria de veículos, alimentos, construção civil, e outros.

No caso dos resíduos sólidos metálicos existe uma particularidade em relação aos metais ferrosos. É que em sua grande maioria não são destinados à coleta regular, mas sim aos sucateiros, conhecidos popularmente como "ferros-velhos".

As embalagens de produtos alimentícios configuram-se como a principal fonte de materiais ferrosos na composição dos resíduos sólidos urbanos domésticos. Atualmente existe uma tendência de substituição do material de tais embalagens pelas ligas em alumínio. Este procedimento acarreta a redução do peso dos recipientes, o que pode ser considerado como uma importante vantagem no que se refere ao manuseio e transporte destes materiais.

As ligas de alumínio também são utilizadas na fabricação de veículos, o que proporciona uma redução da massa a ser transportada, melhorando a relação “peso-potência” (BELLIN 1993).

5.3 Reciclagem e Aspectos Energéticos

A reciclagem de metais é basicamente feita por processo de fusão, isto é, os materiais metálicos sucateados são reinjetados nas linhas de fundição.

No caso da fundição de ligas ferrosas são utilizados lingotes de ferro gusa, sucata e outros materiais conforme solicitações do produto final. Na fundição, os resíduos indesejáveis, como a sujeira aderida à sucata, geralmente não causam sérios problemas, já que os de menor densidade podem ser retirados do forno de fundição sob forma de escória, e os mais densos eliminados pela parte inferior do forno. Um registro importante é o da utilização desta escória por parte das indústrias do vidro como matéria prima. Este fato evidencia a indústria de co-geração (resíduos de uma empresa servem como matéria prima para outra).

Outros metais não-ferrosos como cobre, zinco, chumbo, cádmio, níquel, mercúrio e outros, podem ser recuperados por processos específicos que, em algumas situações, são de alto custo, mas que diante dos problemas gerados a partir da presença deles no ambiente, não podem ser negligenciados os procedimentos para sua recuperação. Segundo o periódico de número 14, de julho de 1994 do CEMPRE, para o caso específico do mercúrio metálico, $1,5 \cdot 10^{-6}$ kg deste metal são encontrados em lâmpadas fluorescentes, que são largamente utilizadas em repartições estatais e privadas.

Outra fonte de metais pesados, colocada atualmente sem tratamento no ambiente, e que deve receber uma destinação final adequada, são as pilhas utilizadas como fonte de energia para equipamentos elétrico-eletrônicos, e que algumas já contém o símbolo de material reciclável.

Um material muito procurado pelos sucateiros é o alumínio. Esta procura é causada pela facilidade de comercialização. O mercado de reciclagem de alumínio movimentou no ano de 1994, a soma de vinte milhões de dólares americanos. Também a economia informal

fabrica peças como painelas, canecas e outras, e o material utilizado é o alumínio das latas de cervejas e refrigerantes.

O alumínio é produzido a partir do minério de bauxita, e pode-se classificar este tipo de indústria entre as eletrolíticas, devido ao processo de obtenção do metal (SHREVE 1977). A mineração da bauxita requer um grande movimento de terra, o que pode gerar o desmatamento, processos de erosão, alterações do microclima, da fauna e da flora locais. Algumas empresas preocupadas com o ambiente tentam recuperar a área de mineração após exaurida a jazida. Uma das técnicas de recuperação é a retirada da camada fértil do terreno, armazenando-a em outro local, retornando depois para recobrir o local abandonado ao final do processo de mineração. A Figura n°11 (DUPRÉ 1992) mostra uma área recuperada por este método.

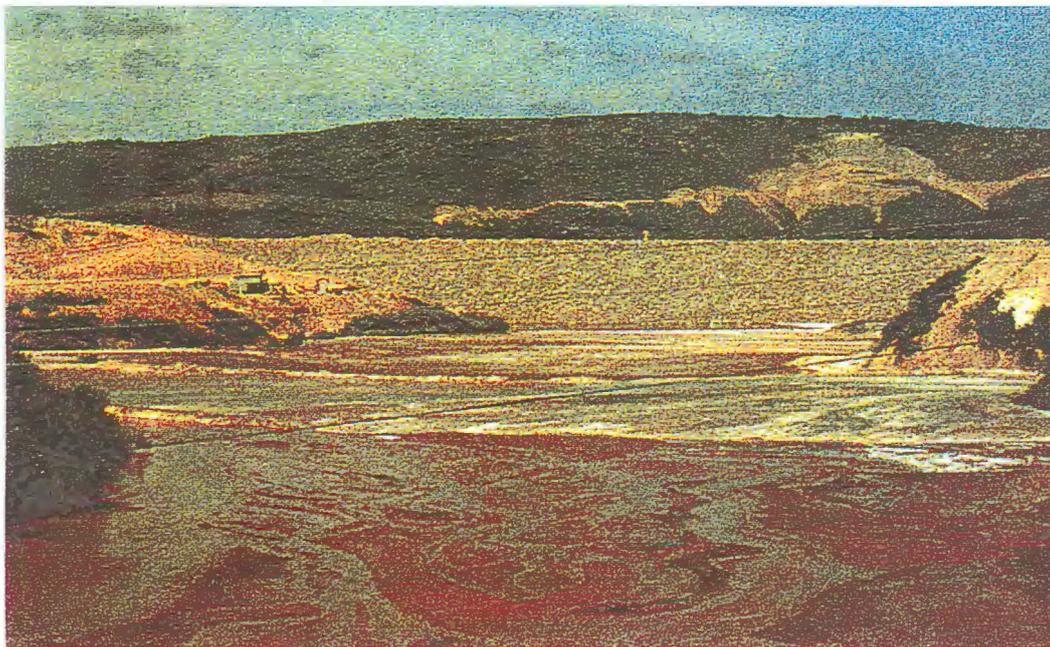
Fig. n° 11 Recuperação de Áreas de Mineração - A figura mostra a recuperação de uma área após a exploração da bauxita



Fonte: DUPRÉ (1992)

Os resíduos gerados no processo de mineração da bauxita são colocados em vales impermeabilizados, Figura n°12, que posteriormente deverão ser recuperados pelo método anteriormente citado.

Fig. n° 12 Vale de Decantação - A figura mostra uma área destinada aos resíduos decorrentes do processo de mineração da bauxita



Fonte: DUPRÉ (1992)

Deve-se ressaltar o fato que para a recuperação de uma área degradada por mineração, grandes movimentos de terra devem ser realizados, o que envolve uma grande quantidade de energia. Também deve-se considerar a energia envolvida no processo de tratamento dos resíduos gerados durante a mineração da área.

A reutilização do alumínio ou de outros materiais pode fazer com que o incremento das áreas de mineração seja reduzido, poupando, assim, o ambiente.

Uma das facilidades da utilização de alumínio é o seu baixo ponto de fusão, fato que torna este material interessante à indústria de reciclados. O fluxo Figura n° 13 (DUPRÉ 1992), mostra o caminho que segue o alumínio quando processos de reciclagem são empregados.

Fig. n° 13 Ciclo das Latas de Alumínio - A Figura mostra o ciclo de produção e reciclagem de latas de alumínio



Fonte: DUPRÉ (1992)

Em MANDELLI (1991), é colocada a diferença de energia caso haja a reciclagem dos metais. A economia de energia para os metais, considerando os dados da Tabela n° 1:

- Para o caso dos metais ferrosos, em valores porcentuais, é de 202,0%;
- Para o caso dos metais não ferrosos: o cobre é de 600,0% e o alumínio é de 3357%.

A análise destes valores demonstra que o alumínio, quando reciclado, economiza a maior quantidade de energia mesmo quando comparado aos outros materiais componentes dos resíduos sólidos urbanos. Também é de se considerar que o impacto ambiental da mineração pode ser reduzido com maior volume de reciclagem. Análise semelhante deve ser feita em relação aos outros materiais metálicos.

Capítulo 6

Resíduos Sólidos Obtidos a Partir do Vidro

6.1 Aspectos Históricos

Largamente utilizado pela civilização moderna, o vidro tem a sua descoberta de forma ainda não claramente definida. Uma das referências mais antigas encontra-se em Plínio, que cita uma descoberta feita por mercadores fenícios ao cozinhar em uma praia. A combinação entre a areia e o vaso utilizado como recipiente, associados ao calor, chamou a atenção dos mercadores, levando-os, mais tarde, a realizar tentativas de reprodução do fenômeno SHREVE (1977).

Entre 6000 e 5000 a. C., os egípcios fabricavam imitações de pedras preciosas em vidro para utilização como adorno. O vidro em janelas é mencionado no ano 290 d.C.; o cilindro de vidro soprado para janelas, foi inventado por um monge no Século XII. O monopólio da produção de vidro, nos tempos medievais, pertencia a Veneza. Somente no Século XV a utilização de vidros em janelas tornou-se popular. Em 1688, surgiu na França a chapa de vidro laminado. As fábricas de vidros nos Estados Unidos da América surgiram em 1608 em Jamestown, Virgínia e, em 1639, em Salem, Massachussetts. Por um período de mais de três séculos, os processos de fabricação eram manuais e empíricos, e as melhorias nos processos estiveram ligadas à purificação das matérias primas e economias de combustíveis necessários à fundição do vidro. Ao longo deste período, estudos quanto às propriedades físicas e químicas eram realizados, mas guardados secretamente pelos detentores das fórmulas. A partir de 1900, a indústria do vidro recebeu um grande impulso tecnológico, com incremento nas pesquisas relativas às propriedades óticas, e também quanto às composições

químicas, ambas visando a melhoria da qualidade do vidro SHREVE (1977).

6.2 Utilização

Os vidros são largamente utilizados pelo homem sob as mais diversas formas, mas as mais comuns são em embalagens, garrafas, recipientes para produtos alimentícios, arquitetura, artesanato, e outros. A grande utilização deste material tem como um fator de grande importância a sua estabilidade química, item desejável, principalmente, à indústria de produtos alimentícios.

A utilização do vidro na área da construção civil é basicamente na forma de vidraças, visando o isolamento entre ambientes. Um fator importante a ser considerado na atualidade é a grande utilização em edifícios de fachadas construídas com vidros planos, já que este tipo de edificação, conforme a mentalidade de consumo, é facilmente comercializada. Este estilo arquitetônico não visa um aproveitamento racional de energia, haja vista que nas estações em que as temperaturas são elevadas são necessárias grandes potências instaladas somente para climatização do ambiente. Deve ser ressaltado que a entrada de radiação solar pelas janelas, nas estações e que o clima é frio, deve ser considerada como uma vantagem, tendo em vista que o ambiente interno ao prédio seria aquecido através desta forma de energia, mas de qualquer forma as instalações de ar condicionado seriam ociosas nos períodos em que as temperaturas são mais baixas.

Outra importante utilização é na área de iluminação, que pode ser residencial, comercial ou pública. No Brasil, a grande maioria da iluminação residencial é feita por lâmpadas incandescentes; nos setores comerciais, principalmente em centros comerciais, existe um certo equilíbrio entre a utilização de lâmpadas incandescentes e fluorescentes. Nos setores da administração municipal, estadual e federal, em sua grande maioria, a iluminação é feita com lâmpadas fluorescentes. Ainda sob o aspecto da utilização do vidro, deve-se considerar o dano ambiental, a longo prazo, devido à poluição causada pelo mercúrio residual nas lâmpadas fluorescentes descartadas em lixões.

Algumas empresas, preocupadas com os impactos ambientais causados pelos seus resíduos, procuram alternativas para minimizar esta situação. O certificado da ISO 14.000, almejado por muitas empresas, é dado segundo a observância de vários itens como, por exemplo, o cuidado com o meio ambiente. A possibilidade de obtenção deste certificado é economicamente interessante, pois os produtos destas empresas poderão receber certificação semelhante ao "rótulo verde" concedido a países da comunidade européia. Conforme

MENDES (1995):

"A Riocel recicla 99% de seus resíduos sólidos, diz a química Cláudia Alcaraz Vini, da área de gerenciamento ambiental do grupo. Cláudia encaminha a São Paulo, por ano, de 5 mil a 6 mil lâmpadas fluorescentes que são desmontadas na Apliquim. O grupo desenvolve seus projetos com base nas normas britânicas BS7750. Reciclar lâmpadas é uma das recomendações. Bons modos ecológicos e limpeza rendem lucros".

Na composição dos resíduos sólidos, o vidro geralmente entra com porcentuais pequenos, mas devido as suas características físicas, no momento em que são quebrados, fracionam-se em vários pedaços. Isto é um ponto indesejável, pois os pedaços pequenos podem misturar-se à massa de resíduos de tal forma que não se pode, por métodos simplificados, separá-los. Quando os resíduos de outros tipos estão misturados com cacos de vidro, geralmente perdem o seu valor comercial devido ao fato de, em algumas situações, impossibilitarem a reciclagem dos materiais.

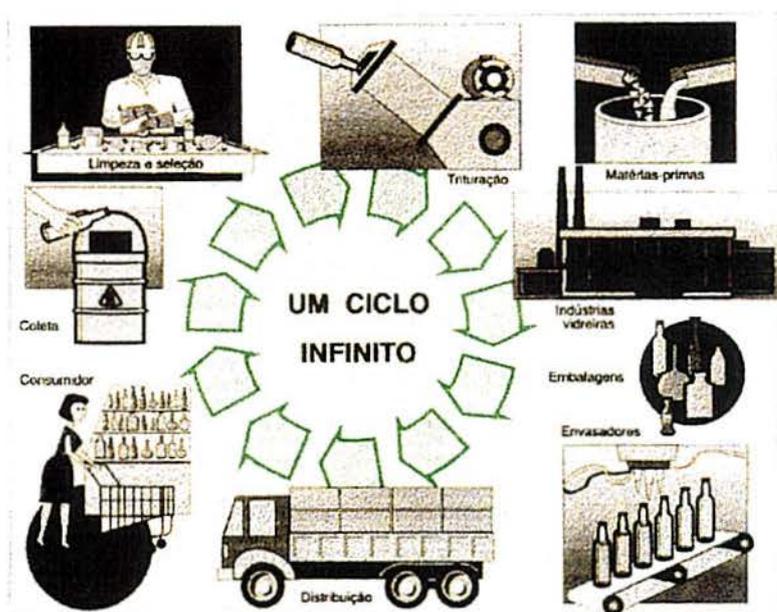
No caso de descarte de vidro, durante a manutenção de luminárias, isto é, as lâmpadas após o seu tempo de vida útil são colocadas no lixo. Nestas operações, normalmente, o vidro é quebrado, tornando-o, então, praticamente inaproveitável.

Deve ser ressaltado que os fragmentos de vidro também causam problemas na utilização do composto de lixo.

6.3 Reciclagem e Aspectos Energéticos

Considerando o fato que o vidro é teoricamente 100% reciclável, toda quantidade de vidro produzida poderia ser reinjetada nas linhas de produção de vidros novos. Na realidade, não é isto que acontece, pois parte do vidro colocado no lixo é irrecoverável, haja vista as dificuldades técnicas ou econômicas. Empresas ligadas ao setor acenam em propagandas com um ciclo infinito para a reciclagem do vidro, conforme mostra a Figura nº14, mas não consideram, nestes casos, a qualidade da sucata.

Fig. n° 14 Ciclo de Reciclagem do Vidro - A Figura mostra o ciclo de reciclagem do vidro, considerando que este é infinito



Fonte: ABIVIDRO (1992)

A reciclagem de vidro deve ser entendida como a reutilização de vidros quebrados reinjetados como matéria prima para confecção de novos artefatos de vidros. A utilização de recipientes de vidros destinados ao lixo, e que não foram quebrados, não deve ser considerada como reciclagem, mas sim como uma reutilização. Deve-se dedicar atenção especial a esta última alternativa, pois toda energia agregada aos objetos de vidro não quebrados está contida naquela embalagem, não sendo necessário, desta forma, energia para fabricação de nova embalagem. É de extrema importância que os recipientes colocados no lixo, quando reutilizados como embalagens, sejam isentos de contaminantes químicos ou biológicos, isto é, deve haver um sistema confiável de lavagem dos mesmos.

Como um dos itens deste trabalho analisa a questão energética da fabricação do vidro, maiores detalhes serão tratados na parte II, Capítulo 10.

Em MANDELLI (1991) é demonstrada a diferença de energia caso haja a reciclagem do vidro. Para o caso do vidro a economia é de 221,4%.

Capítulo 7

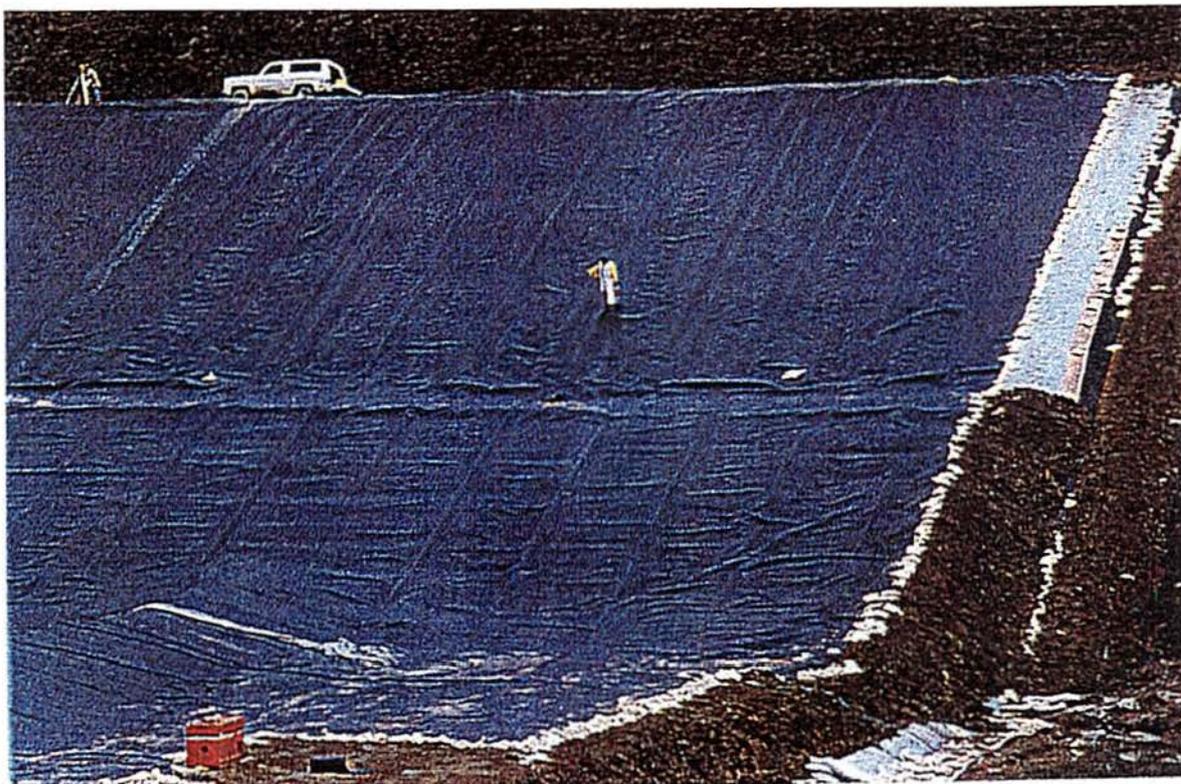
Destinação Final dos Resíduos Sólidos

Conforme as respostas do censo realizado pelo IBGE, em 1991, a destinação dos resíduos sólidos, no Brasil, é feita em sua grande maioria em lixões a céu aberto nos quais os percentuais são: 76% a céu aberto, 13% aterro controlado, 10% em aterro sanitário e 1% de lixo tratado. Em decorrência dos efeitos de permeabilidade do solo, regime de ventos e de águas, a deposição de lixo sem os cuidados necessários, pode causar sérios danos ao ambiente. Com o aumento da densidade populacional, principalmente nos grandes centros urbanos, os problemas gerados pela produção de resíduos tornam as soluções cada vez mais dispendiosas, tanto em níveis técnicos como econômicos. As soluções para este tipo de situação, geralmente são consideradas como ponto de estrangulamento para as administrações municipais, que na sua grande maioria não têm recursos financeiros próprios para solucionar o problema que foi gerado durante vários anos, mas que são extremamente necessários ao ambiente.

Existem vários métodos aos quais os resíduos sólidos podem ser tratados, dentre eles pode-se citar aterro sanitário, incineração, reciclagem compostagem e outros.

No caso do aterro sanitário são necessárias condições que garantam o tratamento da massa depositada, bem como o tratamento dos efluentes, para que não sejam jogados ao sistema de águas superficiais e subterrâneas. Com o objetivo de evitar a contaminação de lençóis freáticos, o aterro deve ser impermeabilizado, conforme mostra a Figura nº 15.

Fig. nº15 Impermeabilização de Aterros - A Figura mostra uma das técnicas de impermeabilização de áreas destinadas a aterros



Fonte: Enciclopédia Britânica Livro do Ano (1993)

Outra forma de tratamento, a incineração, é uma alternativa que visa a redução do volume dos resíduos a serem destinados. Esta forma de tratamento sofre uma grande pressão de ambientalistas, devido aos danos causados pelos subprodutos, principalmente os gasosos, após a incineração. Deve-se lembrar que nos lixões, conforme já citado, vários materiais sofrem a decomposição devido a queimadas, expelindo poluentes ao ambiente. A incineração é um recurso utilizado em vários países, como por exemplo, Estados Unidos da América, França, Japão, e outros, mas nestes casos, geralmente existe um grande investimento para o controle das emissões decorrentes do processo.

Uma grande vantagem da incineração é a redução do volume dos resíduos a serem destinados; outra é, em alguns casos, a recuperação energética. Através de dados fornecidos em METTELET (1991), o poder calorífico dos dejetos é de $7,536 \cdot 10^6 \text{ J} \cdot \text{kg}^{-1}$ ($5,024 \cdot 10^6 \text{ J} \cdot \text{kg}^{-1}$ a $8,374 \cdot 10^6 \text{ J} \cdot \text{kg}^{-1}$), e deve-se notar, para o caso francês, que 40% dos

resíduos é composta por papéis e materiais plásticos.

Considerando o caso onde existe a incineração dos resíduos, as Tabelas n°4 e n°5, MANDELLI (1991), mostram a sensível redução de volume da massa de resíduos.

Tabela n°4 - Fluxo de Massa 1 (Incineração) - A tabela mostra a influência da incineração no volume de resíduos na destinação final tendo por base a célula C3 do aterro sanitário localizado no bairro São Giácomo, na cidade de Caxias do Sul / RS.

Composição			Incineração		
			Taxa de Conversão		Rejeito
	% de massa	massa (ton)	% de massa	massa (ton)	massa (ton)
M. Orgânica	53,40	69,84	0,85	59,36	10,48
Papel	21,00	27,46	0,90	24,72	2,75
Plástico	8,90	11,64	0,90	10,48	1,16
Têxteis	6,60	8,63	0,90	7,77	0,86
Metais Ferrosos	5,00	6,54	1,00	6,54	0,00
Metais não Ferrosos	0,40	0,52	1,00	0,52	0,00
Vidro	2,60	3,40	1,00	3,40	0,00
Madeira	1,10	1,44	0,99	1,42	0,01
Diversos	1,00	1,31	1,00	1,31	0,00
Total 1	100,00	130,78		115,52	15,26

Fonte: MANDELLI (1991).

Considerando a alternativa da incineração dos resíduos sólidos a vida útil do aterro passa de 1,14 anos para 16,68 anos

Tabela n°5 - Fluxo de Massa 2 (Incineração) - A tabela mostra a influência da incineração no volume de resíduos na destinação final

Composição			Reciclagem				Incineração
			Taxa de Reciclagem		Rejeito		Rejeito
	% de massa	massa (ton)	% de massa	massa (ton)	% de massa	massa (ton)	massa (ton)
M. Orgânica	53,40	69,84	0,70	48,89	0,30	20,95	3,14
Papel	21,00	27,46	0,70	19,22	0,30	8,24	0,82
Plástico	8,90	11,64	0,70	8,15	0,30	3,49	0,35
Têxteis	6,60	8,63	0,00	0,00	1,00	8,63	0,86
Metais Ferrosos	5,00	6,54	0,80	5,23	0,20	1,31	1,31
Metais não Ferrosos	0,40	0,52	0,80	0,42	0,20	0,10	0,10
Vidro	2,60	3,40	0,80	2,72	0,20	0,68	0,68
Madeira	1,10	1,44	0,00	0,00	1,00	1,44	0,01
Diversos	1,00	1,31	0,00	0,00	1,00	1,31	1,31
Total 1	100,00	130,78		84,63		46,15	8,59

Fonte: MANDELLI (1991)

Considerando a alternativa de reciclagem e incineração dos resíduos sólidos a vida útil do aterro passa de 1,14 anos para 29,62 anos

Algumas soluções propostas podem utilizar mais métodos combinados que envolvem incineração, aterro sanitário e coleta segregativa. A responsabilidade da coleta segregativa é possibilitar maior qualidade às sucatas, causando com isto, uma redução nos custos de processamento dos materiais possivelmente recicláveis, mas, mesmo assim, uma certa quantidade de resíduos é inaproveitável devido às limitações dos processos de reciclagem, gerando sempre uma certa quantidade de resíduos que devem receber uma destinação final apropriada.

Conforme METTELET (1991), mais de 98% da população francesa é beneficiada pela coleta de resíduos em 1990, e 45 milhões de habitantes são beneficiados por programas de

"coleta seletiva", que recolheu 518.000.000 kg no ano de 1989. Esta fonte também informa as modalidades de gerenciamento dos resíduos sólidos na França, Tabela nº 6.

Tabela. nº6 - Modos de Tratamentos - A tabela informa o tipo e número de unidades de tratamentos de resíduos na França para o ano de 1989, bem como o número de habitantes que recebem estes serviços.

Modos de Tratamento (em 1989)	Número de Unidades	População Servida (em milhares de habitantes)	% da População Servida
Valorização			
Incineração com recuperação da Energia	80	15.963	28,0
Compostagem	76	4.299	7,5
sub total	166	2.262	35,5
Eliminação			
Incineração simples	229	7.458	13,1
Trituração e descarga	108	3.680	6,4
Descarga controlada	1.042	7.563	13,3
Descarga controlada com compactação	203	14.618	25,6
sub total	1.582	33.319	58,4
Total Geral	1.748	53.581	93,9

Fonte: METTELET (1991)

Os custos de tratamento dependem muito de como a comunidade está estruturada, onde conforme METTELET (1991), os custos para coletar e tratar os resíduos são em média 500 francos por tonelada. Existe a necessidade de tecnologias diferenciadas para cada tipo de tratamento, o que implica custos diferenciados, conforme mostra a Tabela nº 7.

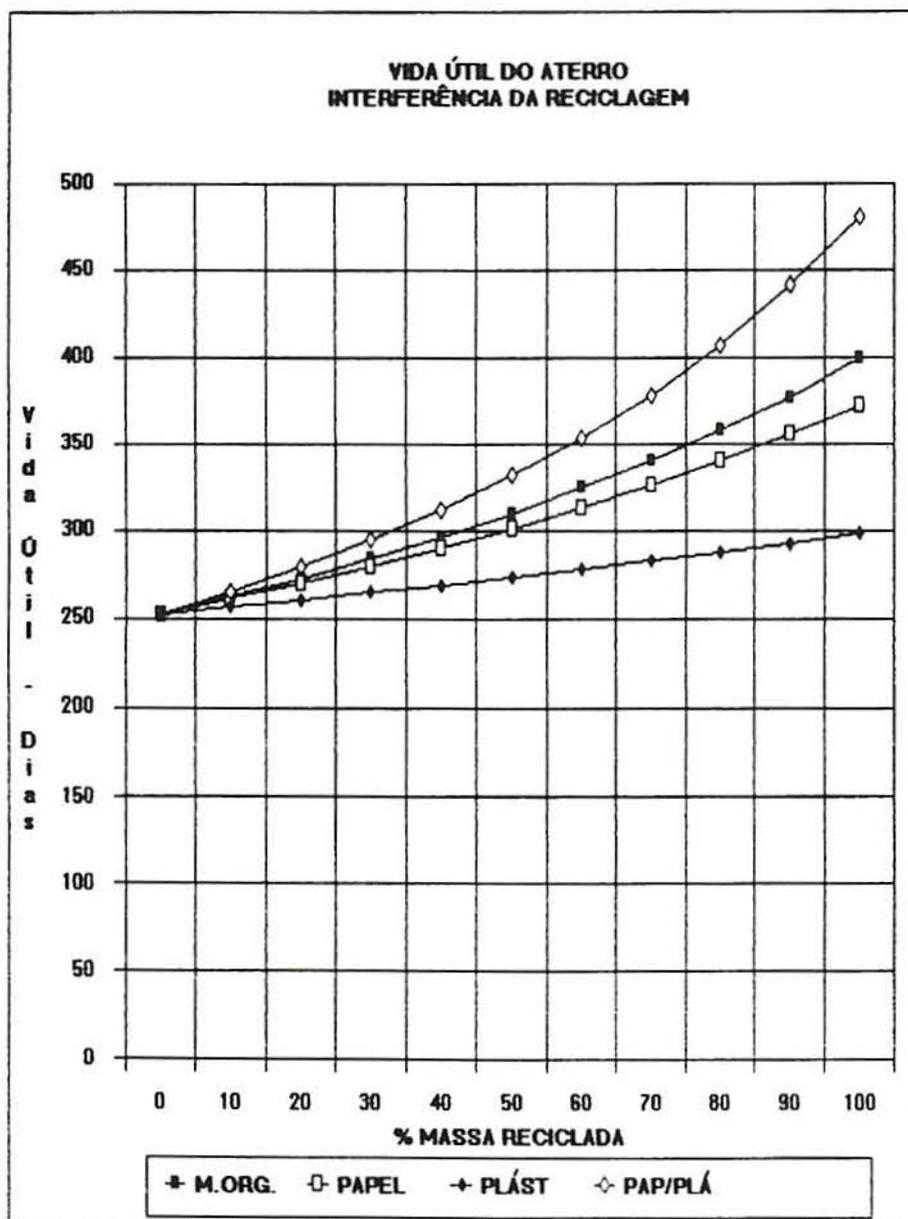
Tabela nº7 - Custos de Tratamentos - A tabela informa os custos máximos, mínimos e médios considerando o tipo de tratamentos de resíduos na França para o ano de 1989.

Modos de Tratamento	Custos Observados (em Francos por tonelada)		
	Mín.	Máx.	Média
Incineração simples	80	270	170
Incineração com recuperação de energia	96	253	165
Compostagem lenta	100	175	132
Compostagem acelerada	110	260	176
Trituração com descarga	66	196	116
Descarga controlada	35	100	63
Descarga controlada compactada	35	100	63

Fonte: METTELET (1991)

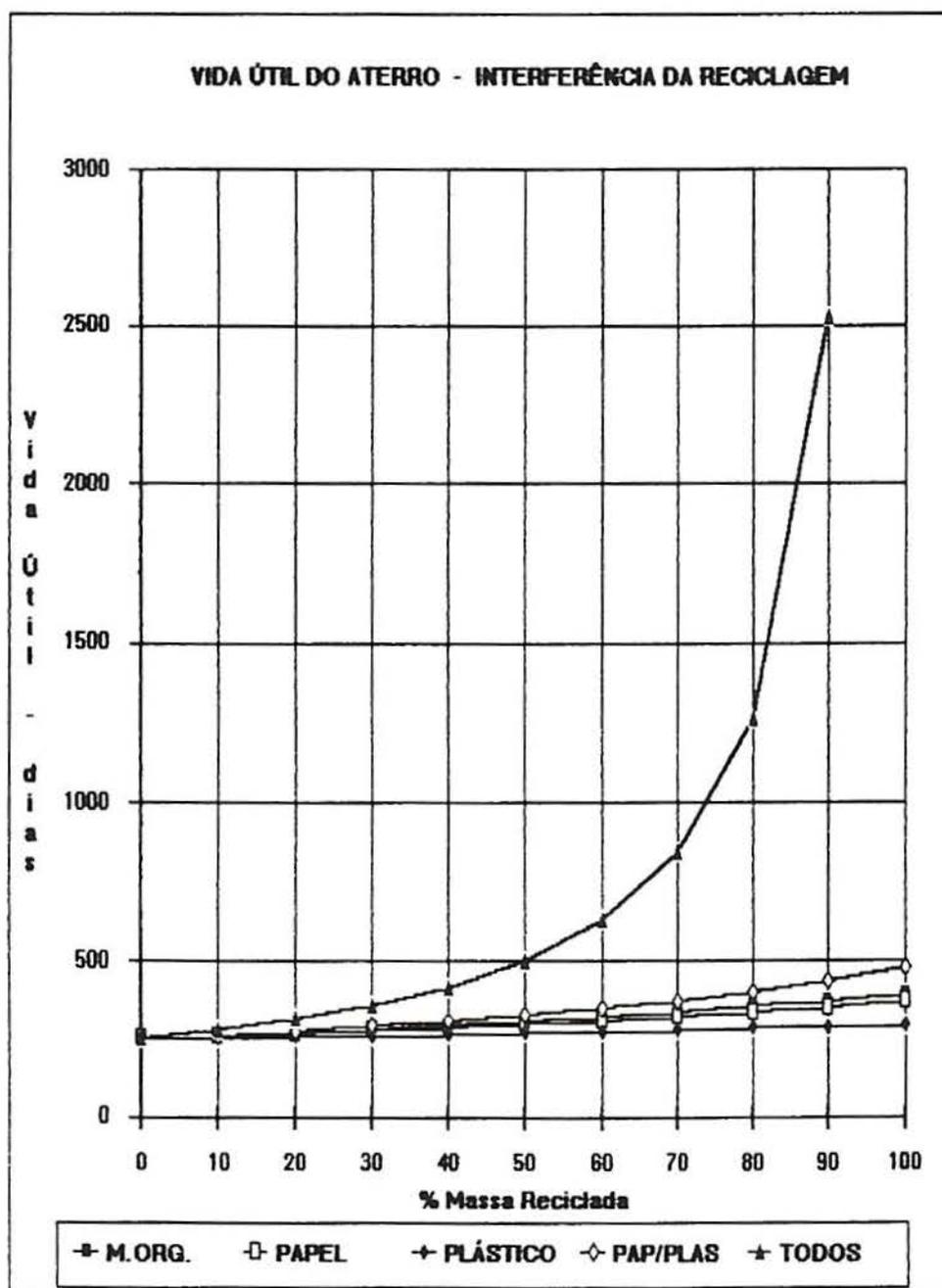
A redução dos resíduos na fonte, associados à segregação e posterior seleção dos materiais para reciclagem, causa uma redução do volume de lixo gerado e, conseqüentemente, um aumento na vida útil do aterro. Os gráficos números 1 e 2 extraídos de MANDELLI (1991) mostram a influência da retirada de materiais recicláveis dos resíduos em relação à vida útil do aterro.

Gráfico nº1 - O gráfico mostra a interferência da reciclagem de materiais e seu reflexo na vida útil de um aterro.



Fonte: MANDELLI (1991)

Gráfico n°2 - O gráfico mostra a interferência da reciclagem de materiais e seu reflexo na vida útil de um aterro.



Fonte: MANDELLI (1991)

A partir da análise dos gráficos, pode-se notar que a retirada dos materiais possivelmente recicláveis causa uma redução significativa do volume de lixo destinado aos aterros, o que é um fator desejável, tendo em vista a dificuldade cada vez maior de se encontrar áreas apropriadas à destinação final dos resíduos. Sendo assim a reciclagem dos materiais apresenta uma importância significativa não só no aspecto energético, mas também no ambiental, já que desta forma a pressão exercida na busca de novas áreas.

II Parte

Proposta de Coleta Segregativa de Resíduos Sólidos para Cidades de Pequeno e Médio Porte

Capítulo 8

Coleta de Resíduos Sólidos

Os resíduos gerados nos grupos habitacionais necessitam de uma destinação final. São necessárias estratégias que não representem uma ameaça para a população local. No caso brasileiro, a maioria da população não é beneficiada por nenhum tipo de coleta, causando além do desconforto, a poluição do meio ambiente e a proliferação de doenças.

Nos locais onde existe a coleta regular, pode-se dividi-la em dois grupos: a coleta convencional e a segregativa, conforme descrição nos itens seguintes.

8.1 Coleta Convencional e Coleta Segregativa

8.1.1 Coleta Convencional

A coleta convencional de resíduos sólidos geralmente é feita com caminhões especiais nos quais a capacidade varia conforme a localidade. Esta, no caso de não haver coleta segregativa, recolhe os resíduos colocados na frente dos estabelecimentos e os leva até o aterro ou aos lixões. Neste local, onde o conteúdo do caminhão é descarregado, geralmente estão localizadas comunidades de catadores, organizadas ou não, que recolhem os resíduos com a finalidade de obter ganhos pela comercialização no mercado da sucata.

Uma característica importante deste tipo de sucata, obtida a partir da seleção do lixo misturado, é a contaminação dos materiais, acarretando com isto, uma desvantagem no preço de mercado que os catadores conseguem. Este é um reflexo direto das técnicas de reciclagem dos materiais, já que técnica ou economicamente os contaminantes tornam inviáveis a utilização de alguns materiais recolhidos nos lixões e/ou aterros, como mostra a Figura nº 16.

Fig. nº16 Contaminação dos Materiais no Lixo Comum - A Figura mostra a contaminação de materiais que estão em contato com restos de um animal em adiantado processo de decomposição.



Esta Figura evidencia a situação em que, devido à contaminação provocada por um gato morto colocado junto com outros materiais, os processos de reciclagem seriam prejudicados.

8.1.2 Coleta Segregativa

Este tipo de coleta caracteriza-se pelo recolhimento dos resíduos denominados, "secos". Os veículos coletores são geralmente caminhões diferentes dos utilizados na coleta convencional e, geralmente, são caminhões de menor capacidade.

Para implantação deste tipo de coleta são necessárias estratégias para atingir de forma efetiva a população, pois que a cultura popular aceita de forma mais fácil a coleta convencional. Algumas das cidades que obtiveram sucesso implantaram o programa com o nome de "Coleta Seletiva" de forma gradual, em que primeiramente foram dadas explicações pertinentes à importância da segregação na fonte, a forma como seria realizada a coleta, e as vantagens da reciclagem.

As dificuldades são geralmente associadas à falta de informação, ao desinteresse ou ao não cumprimento por parte do poder público do correto aproveitamento do trabalho da população, isto é, o poder público destinar o lixo segregado ao lixo comum.

As alternativas para o êxito de um programa de coleta segregativa é saber as características dos resíduos gerados, a forma de coleta, o armazenamento e a possível comercialização dos materiais separados. Certamente devem ser envolvidas as comunidades nas quais a escola desempenha um importante papel no programa, tendo em vista que as crianças e adolescentes engajam-se de maneira muito forte nesta proposta.

Deve-se ter muito cuidado ao implantar um programa de coleta segregativa, já que a população ao considerar uma atividade a mais a separação do lixo, não veja este trabalho extra desperdiçado no lixo comum.

8.2 Aspectos Energéticos

A coleta de lixo requer certas quantidades de energia, desta forma, os resíduos quando colocados no aterro ou no lixão carregam de maneira intrínseca certa quantidade de energia. A quantidade de energia que é somada ao recolhimento depende basicamente dos veículos utilizados na coleta, pois os resíduos são geralmente colocados na frente das casas, para o caso de existir somente a coleta convencional. Para o caso onde exista coleta segregativa, os resíduos são coletados com veículos diferenciados daqueles utilizados na coleta convencional, o que significa um maior consumo de combustíveis.

A alternativa mais viável, energeticamente, é aquela que contempla os dois tipos de coleta com o menor custo energético. Desta forma, os veículos utilizados para coletar o lixo seco e o úmido com veículos diferentes, devam ser substituídos por somente um com compartimentos hermeticamente separados. Esta alternativa reduz o consumo de combustíveis para transportar a mesma quantidade de resíduos, além do que diminui também o trabalho da população no que tange ao armazenamento do lixo segregado em seus respectivos estabelecimentos. Este armazenamento acontece devido ao fato de a coleta "seletiva" ser realizada geralmente uma vez por semana, ao passo que a coleta do lixo úmido geralmente é realizada diariamente ou, pelo menos, de forma mais freqüente. Sendo assim, no caso do veículo único, a freqüência do recolhimento dos resíduos seria maior. Cabe ressaltar que este tipo de alternativa é realizada em algumas cidades de outros países.

8.3 Proposta de Coleta Segregativa

A implantação de programas de coleta segregativa tem no Brasil como principal entrave o comprometimento da população para com a causa do lixo.

Com o objetivo de implantar o programa com sucesso são necessárias ações conjuntas entre sociedade e poder constituído, de forma tal que exista uma cobrança mútua entre as partes envolvidas. Admitindo que a administração pública está comprometida com a resolução da questão do lixo e suas implicações, uma abordagem cuidadosamente projetada deve ser executada com o aval da população.

A participação da população é de fundamental importância para o êxito do programa, devendo esta ser feita com uma mudança de mentalidade, isto é, cada um deve compreender, que os seus resíduos geram problemas à toda população. Desta forma, a parcela de participação individual torna-se imprescindível, cobrando do poder público, de si mesmo e dos outros, as ações necessárias à implantação do programa.

As atribuições do poder público devem ser voltadas à execução, fiscalização e confecção do projeto, em que alguns fatores limitantes como, por exemplo, a não colaboração de alguns indivíduos, a possibilidade de mercado de recicláveis, e outros, são de primordial importância.

Na implantação do programa de coleta segregativa, o projeto deve levar em consideração primeiramente as características dos resíduos gerados. O passo seguinte é o de analisar a capacidade de absorção do mercado de recicláveis, e um fator importante, caso a produção de resíduos na localidade seja muito reduzida, é o de considerar-se a possibilidade de armazenamento dos materiais, desta forma tornando interessante o transporte destes volumes armazenados. Procedida esta análise, o passo seguinte é escolher uma área apropriada para construção das edificações necessárias à seleção e ao armazenamento dos resíduos coletados, que deve satisfazer algumas exigências, como por exemplo; razoável distância dos centros habitacionais, regime de ventos, características topográficas do terreno, assim como a observância de outras situações peculiares aos locais.

Na fase de execução e implantação do projeto, deve-se ter em mente o treinamento de pessoal, sendo que este pode ser estratificado, de forma simplificada, em três grandes grupos.

O primeiro grupo é o da população geradora de resíduos, isto é, aquela que nas residências irá segregar os mesmos. Esta deverá receber informações de como proceder no momento da segregação do lixo em sua casa, como será procedida a coleta diferenciada, o que será feito com o lixo segregado.

O segundo grupo é o da comunidade escolar. Neste, a abordagem deve ser feita em dois momentos distintos. Em primeira instância deve-se envolver o corpo docente, para que este possa repassar as informações necessárias ao corpo discente. Esta medida é de extrema importância no desenvolvimento do programa, pois são os alunos que, como agentes multiplicadores, repassarão de maneira própria a importância de segregar os resíduos nas suas comunidades.

O terceiro grupo é o do pessoal que vai trabalhar diariamente e pode ser subdividido em dois subgrupos operacionais. O primeiro subgrupo deve estar submetido à administração da prefeitura, que é responsável pelo gerenciamento da coleta até a destinação final dos resíduos. O segundo subgrupo é aquele formado pela comunidade de catadores, que deverão fazer a seleção do lixo segregado, coletado pela prefeitura. Posteriormente, dependendo das características do mercado de recicláveis, proceder à comercialização dos mesmos. A capacitação dos catadores é de fundamental importância, já que uma sucata bem selecionada qualifica o fornecedor deste tipo de material.

Uma característica comum a várias cidades é a organização informal, nos lixões, das populações marginais, o que evidencia, geralmente, o comércio de materiais recicláveis. A administração municipal pode, em conjunto com estas pessoas, organizar associações de catadores como já ocorre em algumas cidades brasileiras.

Sendo assim, é extremamente importante a associação entre administração municipal, comunidades de catadores, indústrias recicladoras e população, visando além da redução do volume de resíduos destinados aos aterros, a melhoria da qualidade de vida das comunidades marginais organizadas.

Outro fator de importância relevante é que o ambiente é poupado, com a reciclagem dos materiais, haja vista a menor pressão na obtenção de matérias primas bem como na economia de energia na confecção de materiais.

III Parte

Trabalho de Campo

Capítulo 9

Trabalho de Campo Realizado na Cidade de Canela - RS

No presente Capítulo serão apresentados os resultados do levantamento realizado na cidade de Canela / RS. Como citado na primeira parte deste trabalho, o conhecimento das características da produção de resíduos é de capital importância, no que respeita ao gerenciamento dos mesmos. A metodologia utilizada para análise da amostra teve por base a dos trabalhos realizados em São Carlos - SP e em Caxias do Sul - RS. GOMES (1991), MANDELLI (1991).

Como o objetivo deste estudo de caso é caracterizar fisicamente os resíduos sólidos gerados nesta cidade, não foi procedida classificação química.

9.1 Determinação Física dos Resíduos

A determinação física dos resíduos, realizada em Canela, teve por objetivos:

- Caracterizar fisicamente os resíduos sólidos desta cidade;
- Demonstrar as dificuldades deste levantamento;
- Proporcionar à municipalidade dados sobre a produção de resíduos sólidos.

A determinação física foi realizada levando-se em consideração os resíduos em base úmida, e sem qualquer tipo de segregação no momento da coleta. O procedimento para classificação dos resíduos pode ser descrito considerando-se como ponto de partida a chegada do caminhão devidamente identificado quanto ao trajeto do recolhimento, massa do caminhão e, posteriormente, determinada a massa líquida. Este procedimento é colocado,

passo a passo, da seguinte maneira:

1° - Descarrega-se a carga do caminhão, preferencialmente sobre uma superfície limpa (pode ser um pátio de cimento, uma lona plástica ou outra forma similar);

2° - Com o auxílio de uma máquina ou de trabalho humano, mistura-se o volume descarregado. Devido ao fato que o lixo vem normalmente distribuído em sacos plásticos, existe a necessidade de homogeneização deste material. Este passo é importante para que não se particularizem os resíduos de determinadas residências ou de alguns locais evitando, desta forma, medidas tendenciosas;

3° - Após a homogeneização reparte-se em quatro montes o volume total, colocando-os aleatoriamente em tonéis. Um fator importante para caracterização física ocorre no instante da colocação dos detritos em cada tonel. Neste momento, não se deve comprimir a massa de resíduos, pois, desta forma, a determinação da densidade do lixo em base úmida seria consideravelmente alterada;

4° - Com os quatro tonéis cheios começa o procedimento do quarteamento, descartando-se dois a dois até a obtenção do volume desejado;

5° - Após, despeja-se o conteúdo, separadamente, sobre a área anteriormente escolhida. Um volume é destinado à classificação física e o outro à caracterização química (neste caso não foi procedida a separação do volume destinado à classificação química);

6° - Separa-se o volume escolhido para a caracterização física de acordo com cada tipo de material, para posteriormente proceder às medidas das massas de cada componente;

7° - Após realizadas as medidas, calculam-se os percentuais relativos a cada componente e, então, pode-se extrapolar para percentuais da composição da massa do caminhão.

Os componentes separados, neste caso, foram classificados como:

- Materiais de fácil decomposição;
- Papéis;
- Plásticos;

- Metais;
- Vidros;
- Trapos, couros e borrachas;
- Outros.

Na análise do lixo de uma localidade deve ser levado em consideração, além das principais atividades municipais, a forma como os resíduos são coletados.

A adoção de uma política de gerenciamento de resíduos depende da confecção de um levantamento criterioso dos componentes que chegam ao seu destino final. Este deve ser feito, visando-se um acompanhamento prolongado para que se possa detectar sazonalidades e particularidades locais. Na falta de uma análise detalhada pode-se, com restrições, adotar dados levantados em locais que se assemelham de forma social e topográfica. Esta não é a melhor alternativa, pois podem-se cometer erros consideráveis devido a aparentes semelhanças, e, desta forma, acarretar uma escolha equivocada na política de gerenciamento.

A Prefeitura Municipal de Canela realiza sua coleta de lixo conforme roteiros apresentados na Figura número 17, apresentada na página nº 64.

9.2 Identificação dos Roteiros e Levantamento da Composição dos Resíduos

Os roteiros escolhidos neste trabalho de campo foram os números 1, 2 e 3, tendo em vista que a distribuição populacional neles contida representa de forma significativa a cidade.

As características dos caminhões empregados na coleta de lixo são: do tipo prensa, massas 6500 kg e 6330 kg e placas IH 9642 e IH 9633 respectivamente. Doravante serão chamados de nº 1 e nº 2.

A medida da carga líquida dos caminhões foi realizada em uma balança de sensibilidade 10 kg, e as medidas dos materiais após procedida a separação, em uma balança de sensibilidade 1.10^{-4} kg.

Os levantamentos dos dados foram realizados nos dias 24, 26 e 29 de julho de 1993, período de inverno.

No dia 24, a massa do caminhão nº 2 quando carregado foi de 7630 kg, sendo então a massa líquida de 1300 kg.

Aplicando-se o quarteamento e feita a separação, o procedimento seguinte é o de determinar as massas correspondentes a cada componente selecionado conforme Tabela nº 8.

Tabela n° 8 - Composição do Lixo de Canela dia 24/07 - A Tabela apresenta a composição da amostra obtida a partir do roteiro n° 1 com o caminhão n° 2.

ROTEIRO N° 1 - 24/07/93	CAMINHÃO N° 2
-------------------------	---------------

TIPO DE MATERIAL	MASSA (kg)	% EM BASE ÚMIDA
Materiais de fácil decomposição	9,130	54,87
Papéis	1,060	6,370
Plásticos	0,620	3,72
Metais	0,695	4,18
Vidros	2,515	15,11
Trapos, couros e borrachas	1,390	8,353
Outros	1,230	7,392
Total	16,640	100,00

No dia 26, a massa do caminhão n° 1 quando carregado foi de 8900 kg, sendo então a massa líquida de 2.340 kg, distribuída conforme demonstra a Tabela n° 9.

Tabela n° 9 - Composição do Lixo de Canela dia 26/07- A Tabela apresenta a composição da amostra obtida a partir do roteiro n° 2 com o caminhão n° 1.

ROTEIRO N° 2 - 26/07/93	CAMINHÃO N° 1
-------------------------	---------------

TIPO DE MATERIAL	MASSA (kg)	% EM BASE ÚMIDA
Materiais de fácil decomposição	8,191	53,54
Papéis	1,417	9,263
Plásticos	1,796	11,74
Metais	1,083	7,079
Vidros	1,437	9,393
Trapos, couros e borrachas	0,831	5,43
Outros	0,543	3,55
Total	15,298	100,00

No dia 26, a massa do caminhão nº 1 quando carregado foi de 7.820 kg, sendo então a massa líquida de 1.260 kg, distribuída conforme demonstra a Tabela nº 10.

Tabela nº 10 - Composição do Lixo de Canela dia 26/07- A Tabela apresenta a composição da amostra obtida a partir do roteiro nº 3 com o caminhão nº 1.

ROTEIRO Nº 3 - 26/07/93	CAMINHÃO Nº 1
-------------------------	---------------

TIPO DE MATERIAL	MASSA (kg)	% EM BASE ÚMIDA
Materiais de fácil decomposição	7,086	53,13
Papéis	1,649	12,36
Plásticos	1,435	10,76
Metais	1,769	13,26
Vidros	1,097	8,226
Trapos, couros e borrachas	0,140	1,05
Outros	0,162	1,21
Total	13,338	100,00

No dia 29, a massa do caminhão nº 1 quando carregado foi de 8970 kg, sendo então a massa líquida de 2.470 kg, distribuída conforme demonstra a Tabela nº 11.

Tabela nº 11 - Composição do Lixo de Canela dia 29/07- A Tabela apresenta a composição da amostra obtida a partir do roteiro nº 1 com o caminhão nº 1.

ROTEIRO Nº 1 - 29/07/93	CAMINHÃO Nº 1
-------------------------	---------------

TIPO DE MATERIAL	MASSA (kg)	% EM BASE ÚMIDA
Materiais de fácil decomposição	6,395	52,28
Papéis	1,351	11,04
Plásticos	1,601	13,09
Metais	1,449	11,85
Vidros	1,043	8,528
Trapos, couros e borrachas	0,260	2,12
Outros	0,132	1,08
Total	12,231	100,00

De posse desses totais, calculam-se os valores médios porcentuais de cada componente.

Deste modo, o levantamento feito na cidade de Canela, no ano de 1993, no mês de julho, tem seus dados listados na Tabela nº 12:

Tabela nº 12 - Composição Média das Coletas Levantadas em Canela - A Tabela apresenta a composição média das amostras obtidas em julho no ano de 1993 em três roteiros.

TIPO DE MATERIAL	% EM BASE ÚMIDA
Materiais de fácil decomposição	53,46
Papéis	9,758
Plásticos	9,828
Metais	9,091
Vidros	10,31
Trapos, couros e borrachas	4,24
Outros	3,31

O recolhimento de lixo é realizado na cidade diariamente ou de forma alternada em nove roteiros diferenciados, sendo que o número total de coletas por semana é 28. Com base no levantamento a massa média correspondente à carga de lixo transportada é de 1842 kg.

A título de comparação, a referência (MANDELLI, 1991) mostra dados relativos ao inventário de resíduos da cidade de Caxias do Sul para o período de inverno. Estes estão divididos em três bairros caracterizados por classes sociais. Tomando-se por base estes dados e comparando-os com os resultados obtidos em Canela -RS, têm-se para os materiais de fácil decomposição em valores porcentuais, 58,6% para Caxias do Sul e 53,43% para Canela. Apesar da diferença porcentual não ser muito elevada (5,2%), deve ser considerado que a massa de lixo recolhida geralmente tem a sua ordem de grandeza na casa de milhares de quilogramas. Sob a forma de exemplo, para uma massa de resíduos de 5.000 kg, o valor porcentual 5,2% representa uma massa de 260 kg. Evidências como estas devem ser levadas em consideração no momento de implantação de programas de gerenciamento de resíduos, pois a adoção indiscriminada dos dados de localidades das quais já procederam a caracterização de seus resíduos, podem acarretar escolhas equivocadas no momento do dimensionamento de projetos.

Fig. nº17 Roteiros de Recolhimento do Lixo em Canela - RS - A Figura mostra os roteiros de coleta de lixo, na cidade de Canela - RS, com seus respectivos horários.



PREFEITURA MUNICIPAL DE CANELA
Cidade do Rio Grande do Sul

ROTEIROS PERMANENTES PARA COLETA DO LIXO.

ROTEIRO 01 - Todos os noites (menos domingos) a partir das 19,00 hs.

Rua Dom Pedro II, até rua Teixeira Soares
Rua Teixeira Soares, até rua Dom Pedro II
Rua Vinícius de Moraes, até rua Dom Pedro II
Rua Herman de Medeiros, até rua Dom Pedro II
Rua Dona Carlinda, até rua Dom Pedro II
Av. Júlio de Castilhos, toda a extensão.
Rua Augusto Pontanna, até rua Teixeira Soares
Rua Coronel Binta, toda a extensão.
Rua João Simplicio, até rua Teixeira Soares
Rua Mattina Iusardo, toda a extensão
Travessa Tuluti, toda a extensão
Av. João Peanha, até rua Padre Cacique
Rua Felisberto Soares, toda a extensão
Rua Benvenuta Garcia, toda a extensão
Rua Rodolfo Schlieper, até rua Bada Pawel
Rua Indem Pawel, toda a extensão
Rua Ernesto Urbani, toda a extensão
Rua Arlindo Panqueline, toda a extensão
Rua Felício Jones, até rua Benvenuta Garcia
Rua Danilo Correa da Silva, até fundo da M.C.
Rua Cevaldo Arrunhu, até rua Getulio Vargas
Rua Tenente Manoel Correa, até rua Getulio Vargas
Rua Altener Teles de Souza, toda a extensão
Rua Janyr da Silva Veiga, toda a extensão
Rua Paul Murray, até rua Fernando Ferrari
Rua Ernesto Dornelles, até rua Fernando Ferrari
Rua Willi Dienstmann, toda a extensão
Rua Martin Lutero, toda a extensão
Rua Prefeito João Alfredo, toda a extensão
Travessa Alberto Panqueline
Travessa Belmonte Gauvera.

ROTEIRO 02 - Segundas, Quartas e Sextas, a partir das 07 hs da manhã.

Bairro Celuloso, Bairro São Luis, Bairro Bom Jesus e Vila Beira.

ROTEIRO 03 - Segundas, Quartas e Sextas, a partir das 11,0 horas.

Vila Suzana, Trombini Florestal II, Jardim dos Pinheiros, Bosque Sinouera (Vila Luiza)

ROTEIRO 04 - Terças, Quintas e Sábados, a partir das 07,0 horas.

RS até divisa com Gramado, Bairro São José, Bairro Santa Marta e Vila Dante.

ROTEIRO 05 - Terças e Quintas, a partir das 11,0 horas.

Bairro Leodoro Azevedo, Distrito Industrial, Bairro Jardim das Fontes, Bairro Balquí, Bairro Caçador, Bairro Tiririca.

ROTEIRO 06 - Segundas, Quartas e Sextas, a partir das 7,0 horas.

Av. Cônego João Marchesi, Bairro Cantão, Bairro Canelinha e Bairro São Rafael.

ROTEIRO 07 - Segundas, Quartas e Sextas, a partir das 11,0 horas.

Loteamento Central, Morro da Corvan, Falco Hotel, Bairro Leodoro Azevedo (parte de baixo, incluindo as ruas irmão Otão e Curt Mentz)

ROTEIRO 08 - Terças, Quintas e Sábados, a partir das 07,0 horas.

Bairro Santa Terezinha, Jardim Silvestre, Vila do Cedro.

ROTEIRO 09 - Terças e Quintas, a partir das 11,0 horas.

Vila Maggi, Seul, Bairro Chacré, Bairro Leodoro de Azevedo (parte de cima, a partir das ruas irmão Otão e Curt Mentz).

Fonte: Prefeitura Municipal de Canela - RS (1993)

Capítulo 10

Estudo de Caso Específico do Vidro

Este estudo de caso foi realizado com o objetivo de fazer um levantamento da energia envolvida no processo de fabricação do vidro, pois este na composição dos resíduos segregados, para o caso de Canela, é o segundo material em valores percentuais. Outro objetivo foi o de obter dados relativos ao estágio em que se encontra a reciclagem deste material no Estado do Rio Grande do Sul. Também como objetivos mais específicos, relacionar alguns aspectos da utilização do vidro como embalagens na indústria do vinho e determinar a relação entre a energia necessária ao transporte de garrafas em comparação à empregada na fabricação das mesmas.

10.1 Panorama Geral da Utilização de Garrafas

O vidro, material empregado em várias áreas, tem como uma delas sua utilização sob a forma de recipientes para líquidos do tipo refrigerantes, cervejas, vinhos, e outros.

As garrafas na maioria dos casos são retornáveis, isto é, no momento da compra é necessária a troca de vasilhames. Os maiores mercados de garrafas, atualmente, são os de cervejas e refrigerantes, em que as garrafas são padronizadas conforme o tipo de bebida engarrafada. Este fato torna-se extremamente interessante, pois as mesmas são recolhidas, avaliadas quanto ao tipo e integridade para que possam retornar cheias ao mercado.

Outro grande usuário de garrafas de vidro é o setor vinícola, no qual um dos problemas é o não retorno das garrafas utilizadas. O fornecimento de garrafas às cooperativas vinícolas é feito em sua grande maioria pelos fabricantes de garrafas novas, e um pequeno percentual é composto por vasilhame de retorno. Uma característica, existente e desejável é

uma certa padronização. Basicamente existem dois tipos: garrafas do tipo reno e do tipo bordalesa. Deve ser considerado o fato de que alguns fabricantes, sob o pretexto de inovar ou de caracterizar sua marca, encomendam aos fabricantes garrafas de tipos especiais. Um fator importante, que é um ponto contrário à reutilização de garrafas, é o aspecto visual, fator de atração ao consumo de vinho porque, neste caso entra em consideração o seu aspecto externo, entre outras características visuais. Devido a estas considerações, a qualidade externa do vasilhame torna-se importante, sendo este um limitante para reutilização de garrafas.

Dados fornecidos pela Cooperativa Vinícola Aurora Ltda., uma das grandes fabricantes de vinho do Estado do Rio Grande do Sul, na pessoa do coordenador de suprimentos, o Sr. Paulo Riboldi Neto, o número total de garrafas utilizadas na produção do ano de 1993 foi de 19.820.868, sendo que, deste total, 16.122.000 foram garrafas novas e 3.837.000 garrafas usadas. Deste número de garrafas usadas o percentual de unidades não aproveitadas foi de 3,6%, que em valores absolutos correspondem a 138.132 garrafas. É bom ressaltar que o percentual de garrafas usadas, que por algum defeito não são aproveitadas, é baixo, mesmo não havendo um mecanismo organizado de coleta do vasilhame usado. É de se considerar este fator como um ponto positivo, pois o baixo índice de rejeição demonstra a possibilidade de, com a implantação de programas de coleta diferenciada, aumentar o número de garrafas com possibilidade de reaproveitamento.

Considerando estas condições, os fabricantes de vinho "obrigam-se" a colocar garrafas novas nas suas linhas de produção. De acordo com esta realidade, a produção vinícola oferecida ao mercado consumidor, em que o vidro é o recipiente, dificilmente retorna ao ciclo produtivo inteira, pois a garrafa após o consumo é colocada no lixo sem cuidados especiais, geralmente inteira e, então, o seu destino, possivelmente, é a destruição. Este vidro triturado, chamado "caco", é coletado por sucateiros que o vendem aos fabricantes de garrafas para entrar novamente como matéria prima na confecção de frascos novos. Após o processamento deste vidro, isto é, a fabricação das garrafas, as embalagens são transportadas aos vinicultores.

Uma característica peculiar da sucata e a forma como ela chega à indústria, é a baixa qualidade de separação. O vidro quebrado vendido pelos sucateiros, que buscam melhores preços para o seu "produto", fica geralmente estocado de forma inconveniente, acarretando à indústria do vidro a necessidade de seleção e lavagem da sucata. Esta deve ser selecionada e lavada para que no momento da fundição materiais indesejáveis como pedras, metais, plásticos, vidros de composições diferentes (tubos de raios catódicos utilizados em aparelhos de TV ou de microcomputadores, vidros com composições indesejáveis à fabricação de garrafas), não ocasionem defeitos e falhas de fundição no produto final.

A importância de uma coleta criteriosa deste tipo de material traria benefícios imediatos à solução deste problema, pois com uma pré-seleção a qualidade da sucata aumentaria consideravelmente. Este pensamento induz que a maneira mais fácil e limpa de separação é se esta é realizada no próprio local onde o conteúdo do recipiente foi consumido, evidenciando a necessidade de implantação de programas de coleta segregativa para uma melhoria nas possibilidades de recuperação dos resíduos descartados, isto é, um maior aproveitamento dos materiais recicláveis ou então que este tipo de garrafa também seja considerado como retornável, do mesmo modo como é feito com as cervejas e refrigerantes.

Com o objetivo de melhorar a atividade dos sucateiros, que é isolada, e normalmente os locais destinados ao depósito não segue uma norma para o correto armazenamento dos materiais, pode-se com relativa facilidade formar comunidades receptoras de lixo segregado, dando subsídios para viabilizar uma melhoria nos parques de armazenamento. Paralelamente, deve-se realizar campanhas educativas, com a finalidade de implantar programas de coleta segregativa nas comunidades, seja na esfera municipal, do bairro, da escola, e outros.

10.2 Garrafas Retornáveis e não Retornáveis

No início do Capítulo foi colocada a problemática do retorno de garrafas aos fabricantes de bebidas, em que se constata que somente uma parcela destes fabricantes utilizam-se deste expediente.

Existe uma tradição no mercado que praticamente é imposta, principalmente, pelos fabricantes de refrigerantes e de cervejas, que é o retorno de seus vasilhames na hora da reposição do líquido, caso contrário o ônus para com o casco deve correr pelo comprador.

No outro sistema de compra, o líquido pode ser adquirido sem que o vasilhame seja requisitado pelo comerciante. É lógico que, no preço destes tipos de produtos está embutido o custo do recipiente, causando assim uma pseudofacilidade na hora da compra, pois o consumidor não precisa "carregar as garrafas".

10.2.1 Garrafas Retornáveis:

Este é o sistema com maior volume de utilização, devido ao fato de que o consumo de bebidas que utilizam este tipo de garrafas é maior.

O ciclo de recipientes neste caso pode ser esquematizado de acordo com o diagrama da Figura nº 18.

Fig. n ° 18 Fluxo de Garrafas Retornáveis - O Diagrama mostra o caminho das garrafas indicados por setas.



É bom notar que, considerando o fabricante de bebidas como ponto de partida, as garrafas cheias são colocadas por algum meio de transporte nos estabelecimentos comerciais, onde serão adquiridos pelos consumidores, transportados novamente e consumidos. No instante de novas compras, o consumidor leva o vasilhame ao setor comercial, completando o seu ciclo.

Para o comerciante, o seu ciclo somente se completa no instante que o fabricante lhe vende o líquido, trocando garrafas vazias em bom estado de conservação pelas cheias. É neste instante que o fabricante de bebidas começa o processo de engarrafamento, e que após chegar no ambiente fabril, os recipientes, independentemente da sua procedência, devem sofrer processos de análise e lavagem para o posterior preenchimento com o líquido. A necessidade de um aporte de peças novas nas linhas de produção se dá devido ao fato de o vasilhame sofrer depreciações ou quebras.

Atualmente, processos de lavagem razoavelmente confiáveis são utilizados. Citam-se estes processos desta forma, pois existe a possibilidade deste vasilhame ser utilizado para armazenar materiais não compatíveis com o consumo humano, entre eles os mais comuns; gasolina, querosene, detergentes, metanol, óleos lubrificantes, pesticidas, e outros. Nestes casos, os recipientes, às vezes, retornam ao sistema de distribuição de bebidas, mas é raro o registro de intoxicações devido, possivelmente, a estes motivos. Esta é uma das restrições de algumas pessoas ligadas à utilização de frascos inteiros oriundos dos sistemas de coletas segregativas, fato de certa forma contestável, pois onde há o mecanismo de retorno dos vasilhames, também pode haver a possibilidade de utilização com a mesma finalidade. Cabe, então, às empresas tomarem os cuidados necessários para que seus laboratórios de análise possam verificar a presença de produtos nocivos à saúde, bem como melhorar os processos de lavagem, aliados a programas de estudos envolvendo a comunidade, pois é esta que subloca recipientes, e do poder público, para fiscalizar e punir àqueles que utilizam os recipientes com contaminantes, fato que pode causar intoxicações à população.

10.2.2 Garrafas não Retornáveis:

Nestes casos encontram-se as bebidas como, vinhos, cachaças, uísques, sucos, e outros. O ciclo neste caso, levando em consideração o setor vinícola, onde este foi determinado como ponto de partida para análise, é descrito no Diagrama da Figura nº 19, apresentado na página nº 70.

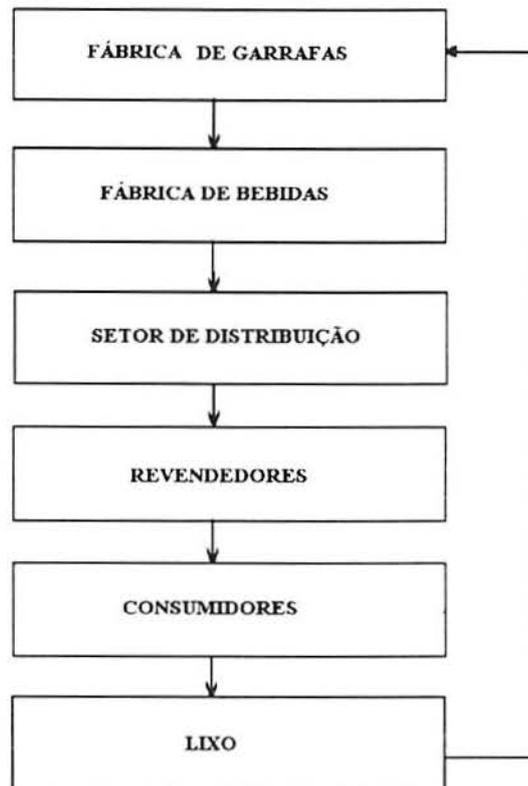
Neste caso, as garrafas cheias são colocadas nos estabelecimentos comerciais, praticamente da mesma forma como as anteriores. As diferenças acontecem no instante em que o fabricante necessita das garrafas para nova safra, isto é, o vasilhame não retorna convencionalmente aos fabricantes de bebidas. Nesta modalidade, o aporte de matéria prima, para os vinicultores, é basicamente feito por recipientes novos. Após a chegada destas ao fabricante de bebidas, sofrem processos de verificação da integridade, lavagem, secagem, esterilização, os mesmos processos que as garrafas retornáveis.

Conforme o coordenador de suprimentos da Vinícola Aurora, citado anteriormente, as compras de garrafas novas são feitas de empresas localizadas em São Paulo, Rio Grande do Sul, Argentina e no Uruguai. Devido à localização dos fornecedores e o volume de garrafas que somente uma vinícola de grande porte consome, pode-se ter idéia da energia necessária à confecção e transporte de tais materiais.

Para o caso analisado, um porcentual de aproximadamente 23,7% é de recipientes oriundos de retorno de garrafas usadas. Estas, quando recolocadas no mercado, não sofrem distinções pela sua procedência, nova ou de retorno. Sob este prisma é importante ressaltar

que a diferença entre uma garrafa e outra é, basicamente, em nível energético, fator não comunicado aos consumidores.

Fig. 19 Fluxo de Garrafas não Retornáveis - O Diagrama mostra que as garrafas retornam ao fabricante de garrafas partindo do lixo.



10.2.3 Caminho das Garrafas Novas:

Após a distribuição, consumo e descarte no lixo comum, as garrafas geralmente ficam indisponíveis à sua reutilização, isto é, são depositadas no meio ambiente. Em comunidades onde não há coleta segregativa, as garrafas usadas são colocadas normalmente em sacos plásticos ou então em locais onde "catadores" possam levá-las. Normalmente o que acontece nestes casos, antes do descarte, é o armazenamento impróprio, ocasionando quebras ou então, quando colocadas na frente de residências, o descuido para com a manipulação das

mesmas pode destruí-las. Nos dois casos, que se resume na maioria deles, os recipientes são destruídos, perdendo com isto valor comercial e uma certa quantidade de energia agregada.

A comunidade de catadores geralmente não dispõe de infra-estrutura conveniente para o transporte e armazenamento destes materiais, como estes materiais depositados ao ar livre ficam sujeitos às intempéries, esta sucata passa a apresentar impurezas aderidas nas superfícies, dificultando e encarecendo os processos de lavagem e seleção para posterior utilização nas fábricas de vidrarias. De acordo com dados levantados na empresa SUBRASA (Canoas RS), uma subsidiária do grupo francês Santa Marina, a utilização de sucata de vidro ainda é pequena.

No caso do vidro misto, são recebidas nos seus depósitos cerca de 1000 toneladas por mês, vindas de várias regiões do sul do País. Os contratos de recebimento são feitos após análise dos componentes da carga. Esta análise é feita pela empresa para evitar que um grande número de materiais indesejáveis sejam adquiridos a preço de sucata de vidro. Caso a qualidade não corresponda ao estipulado pela norma interna da empresa, a carga é devolvida ao sucateiro.

Um dos graves problemas citados pelo responsável pelo setor é que impurezas quando não separadas podem causar problemas de incrustações. Estas por terem coeficientes de dilatação diferentes do vidro podem causar trincas, devido à possibilidade de uma pedra colocada junto à sucata no momento da fundição, trincar em muitos pedaços misturando-se ao seio do líquido fundido, podendo causar grandes danos em toda uma partida de fundição.

Outro fato importante é de que o sistema de forno instalado nesta empresa é contínuo, sendo reformado a cada seis anos, em média. (SUBRASA - Canoas, RS). As impurezas, principalmente as ferrosas, causam problemas no refratário do forno, mais especificamente a erosão no fundo devido a reações dos metais ferrosos com o refratário. Conforme o Eng. Sergio Roberto Dutra, responsável pelo setor de fusão e composição da SUBRASA - Campo Bom RS, uma reforma no forno custa aproximadamente U\$ 1.500.000,00 ao passo que um forno novo custa por volta de U\$ 7.000.000,00. A vida útil do forno está diretamente ligada ao seu bom manejo, e um dos fatores importantes é o nível de impurezas da matéria prima a ser enformada. Como a sucata atualmente é de baixa qualidade, isto é, contém alto índice de impurezas, acarreta com a sua utilização uma queda da vida útil do forno. Conforme informações fornecidas pela empresa, com a utilização de sucata, atualmente, a vida útil reduz de 8 anos para 4 anos, em média. (SUBRASA - Campo Bom, RS). Pode-se, então, avaliar os danos causados por impurezas nestes tipos de forno.

Quanto aos problemas de fundição, as impurezas mais comuns encontradas nas sucatas, em ordem de importância são:

- Pedras;
- Louças cerâmicas;
- Vidros de tubos de TV;
- Alumínio;
- Ferro.

A Figura n°20, apresentada na página n°73, mostra alguns dos problemas relacionados às possíveis contaminações causadas por impurezas misturadas às matérias primas colocadas no forno de fundição.

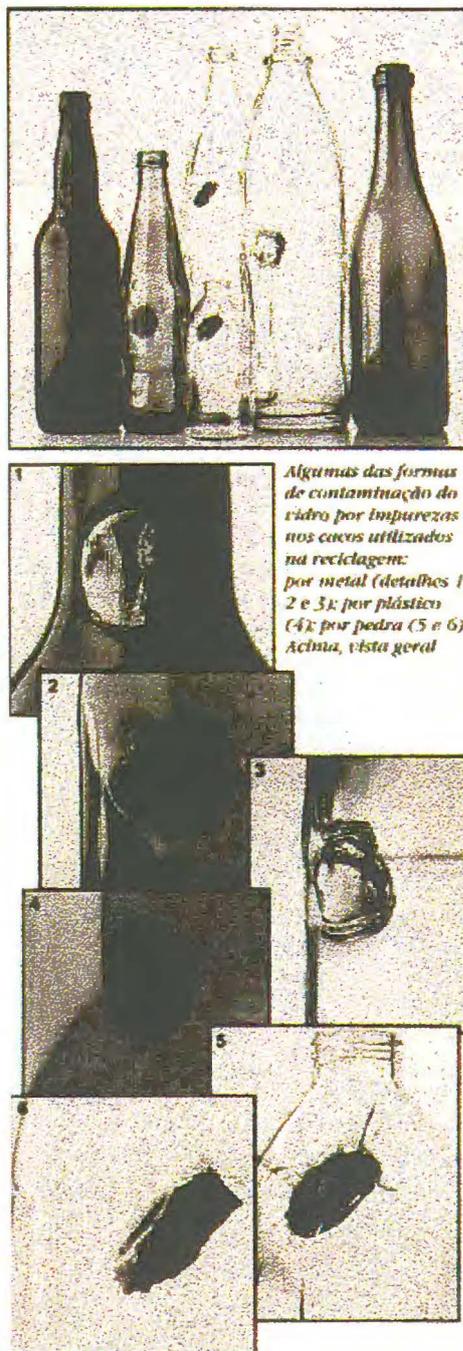
A sucata de vidros para garrafas de cerveja, devido à maior quantidade e rotatividade, são mais selecionadas. Com o aumento de qualidade e a maior homogeneidade, facilita-se o beneficiamento que chega a ser de 10.000 kg por hora ao passo que o do vidro misto, após a implantação da norma ISO 9.000, é de aproximadamente 900.000 kg por mês ou 1250 kg por hora, com um índice de impurezas normatizado de 0,024 kg de impurezas em 60 kg de matéria prima.

Os materiais que constituem o vidro em que pequenas variações dependem das solicitações para este tipo de material, são basicamente os seguintes:

- Areia;
- Cacos de vidro;
- Barrilha;
- Outros.

Um trabalho que demandaria um maior tempo é o de quantificar as quantidades de energia envolvidas nos processos de aquisição de areia, sucatas e barrilha, entre outros, no que diz respeito a transporte, à mineração e ao manejo das matérias primas utilizadas na fabricação do vidro. Estas questões oferecem certas dificuldades, pois a fonte onde se encontram estes materiais são muito pulverizadas, e algumas são localizadas no Exterior.

Fig. n°20 Impurezas na Fabricação de Garrafas - A figura mostra defeitos na fabricação devido às impurezas. (1, 2 e 3 por metal, 4 por plástico, 5 e 6 por pedras).



Fonte: ABIVIDRO (1992)

Em visita realizada à SUBRASA (Campo Bom RS 1995), a maior vidraria do Estado, foram obtidos os dados relativos às quantidades de matérias primas utilizadas na fabricação de garrafas de vidro verde. (Tabela n° 13)

Tabela n° 13 -Quantidades de matérias primas utilizadas na fabricação de garrafas de vidro verde

Matérias Primas	Quantidades (kg)
Caco Verde	492.000
Caco Misto	1.228.000
Feldspato	370.000
Barrilha	1.009.000
Calcáreo (conchas)	850.000
Areia	3.200.000
Escória	104.000
Sulfato	20.000
Cromita	27.000
Total	7.300.000

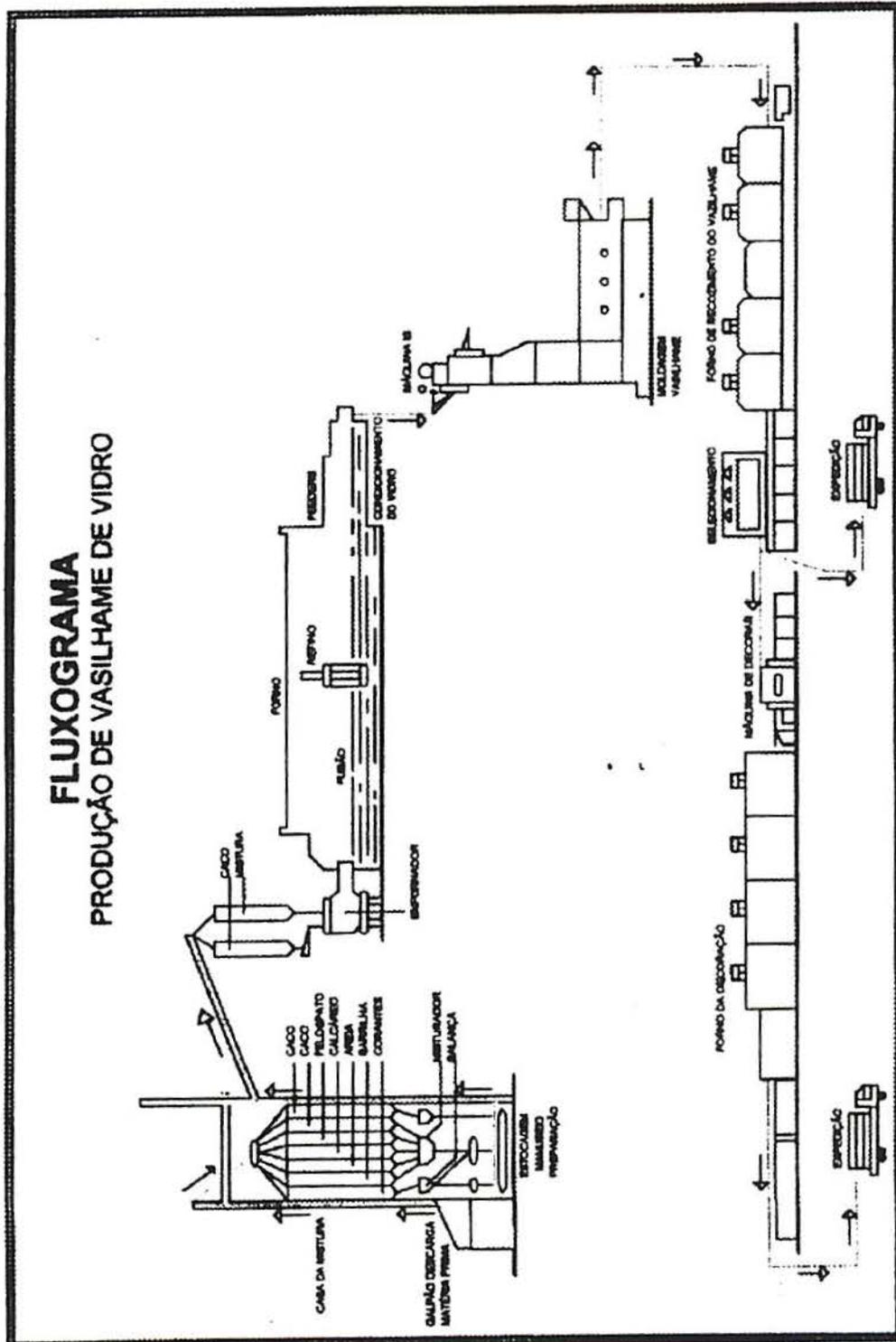
Fonte: SUBRASA Campo Bom RS (1995)

O combustível base desta fábrica é o óleo BPF - 4A 1.009.000 kg no forno principal, 24.000 kg nas caldeiras para pré-aquecimento e 101.850 kg de GLP para aquecimento dos canais condutores do material até o ponto de vazamento nos moldes. A produção mensal de vidro é em média 250.000 kg por dia.

A temperatura de operação do forno é entre 1550°C - 1580°C, sendo que o limite é de aproximadamente 1600°C devido a problemas de deterioração dos refratários do forno. O vidro poderia ser feito somente com areia com temperaturas por volta de 2000°C, mas devido aos tipos de materiais refratários, estas não podem ser atingidas. A Barrilha (Na_2CO_3) tem a função de abaixar a temperatura de trabalho nos fornos. Este material é, em sua grande maioria, importado da América do Norte.

A fabricação de vidro, independente da sua utilização final, é basicamente igual já que as matérias primas são colocadas em um forno, derretidas e levadas até o ponto de vazamento nos moldes. As diferenças são devidas às finalidades para as quais o vidro fundido é utilizado, e consistem em pequenas variações na composição da matéria prima. A Figura n°21 mostra o fluxo da fabricação de artefatos de vidro em uma vidraria.

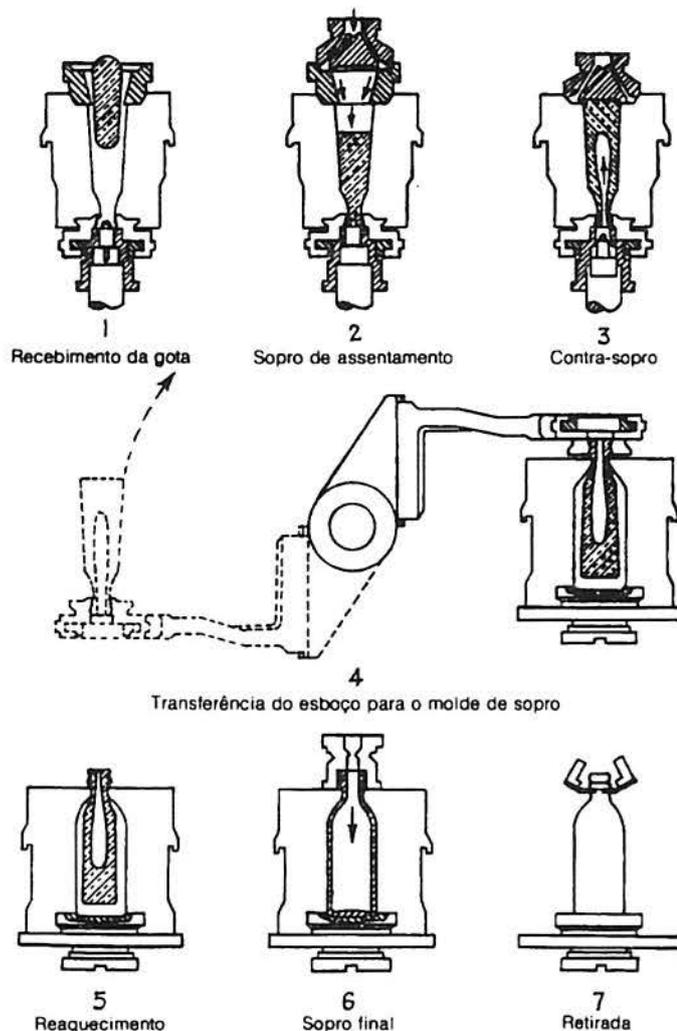
Fig. n° 21 Fluxo da Produção de Vasilhame de Vidro - A figura mostra o fluxo da produção de recipientes de vidro começando na mistura das matérias primas e finalizando na expedição do vasilhame pronto.



Fonte: SUBRASA Campo Bom RS (1995)

Considerando, particularmente, a fabricação de garrafas, a confecção é feita como mostra a Figura nº22, em que os moldes geralmente são encomendados pelos fabricantes de bebidas a partir das exigências de seus produtos.

Fig. nº22 Moldes de Fabricação de Garrafas - A Figura mostra como são confeccionadas, de forma genérica, garrafas de vidro.



Fonte: SHREVE (1977)

Dados fornecidos pelo Eng. Arlindo Moretti, da empresa SUBRASA (Canoas RS), fabricante de vidros temperados, mostram a produção bem como as necessidades energéticas desta fábrica, sendo apresentados nos próximos parágrafos.

Produção de vidro fundido - 1.500.000 kg por mês (a quantidade de matéria prima colocada no forno é de 1.721.000 kg por mês e, o percentual de cacos de vidro selecionados

internamente é de 27%).

Os insumos energéticos estão divididos em dois:

- Óleo BPF;
- Elétrico;

No primeiro caso, o consumo bruto de óleo é de 392.000 kg para o mês de maio de 1993, sendo que o consumo específico é de $0,260 \text{ kg} \cdot (\text{kgVF})^{-1}$.

No segundo caso, o valor bruto de energia elétrica para o mesmo mês, foi de 267128 kWh, sendo então, o valor específico para este insumo de $177 \text{ Wh} \cdot (\text{kgVF})^{-1}$.

A Tabela 14 extraída do livro Energia e Meio Ambiente em Porto Alegre Bases para o Desenvolvimento KNIJNIK (1994), mostra os fatores de conversão de energéticos, os quais serão úteis para determinação da quantidade de energia na fabricação de artefatos de vidro.

Tabela 14 - Conversão de Unidades - A Tabela apresenta os fatores de converção de unidades para os insumos energéticos tratados neste trabalho.

Energético	$\text{kJ} \cdot \text{kg}^{-1}$	$\text{kg} \cdot \text{m}^{-3}$	tep
Óleo diesel	45.000	852	0,848
Óleo combustível	42.237	1.013	0,946
Gasolina	46.967	742	0,771
Álcool	27.836	809	0,498
GLP	49.186	--	1,088

Fonte: KNIJNIK (1994)

A apresentação dos consumos específicos representados em quilocalorias por quilograma de vidro fundido e em joules por quilograma de vidro fundido, para fábrica SUBRASA (Canoas RS), são:

Para o óleo combustível;

$$0,260 \text{ kg} \cdot (\text{kgVF})^{-1} = 2,623 \cdot 10^3 \text{ kcal} \cdot (\text{kgVF})^{-1} = 1,098 \cdot 10^7 \text{ J} \cdot (\text{kgVF})^{-1}$$

Para o elétrico;

$$177 \text{ Wh} \cdot (\text{kgVF})^{-1} = 1,522 \cdot 10^2 \text{ kcal} \cdot (\text{kgVF})^{-1} = 6,372 \cdot 10^5 \text{ J} \cdot (\text{kgVF})^{-1}$$

Desta forma, através dos dados fornecidos, pode-se determinar o total de energia necessária para fabricação por quilograma de vidro fundido denominado “ENE_{fb}”:

$$\text{ENE}_{fb} = 2,776.10^3 \text{ kcal} \cdot (\text{kgVF})^{-1} = 1,162.10^7 \text{ J} \cdot (\text{kgVF})^{-1}$$

O percentual informado pela SUBRASA, relativo às perdas, consideradas como 16%, relacionam-se a problemas de fundição, mas existem outras perdas relacionadas às quebras de peças já conformadas que, ao passarem pelo tratamento térmico, quebram durante o período de resfriamento. Estas são da ordem de 30% , mas que não são consideradas como perdas de material, pois esta sucata interna é selecionada e reinjetada na linha de produção, sendo considerada como sucata de alta qualidade.

As perdas neste caso são energéticas, devido ao fato de que toda a energia utilizada para o aquecimento da matéria prima foi dissipada no ambiente.

Outro levantamento realizado foi na vidraria SUBRASA (Campo Bom RS), fabricante de garrafas. Os valores de insumos energéticos para este caso são:

O consumo de óleo combustível foi de:

1.033.000 kg

Com esta massa de óleo combustível, conforme Tabela nº 14, o valor energético para esta quantidade de combustível é:

$$1,0423 \cdot 10^{10} \text{ kcal} = 4,36306 \cdot 10^{13} \text{ J}$$

O consumo de GLP foi de:

101.850 kg

Com esta massa de GLP, conforme Tabela nº 14, o valor energético é:

$$1,19674 \cdot 10^9 \text{ kcal} = 5,00954 \cdot 10^{12} \text{ J}$$

A partir destes valores, o total de energia no processo de fabricação, para o referido mês:

$$1,16197 \cdot 10^{10} \text{ kcal} = 4,86401 \cdot 10^{13} \text{ J}$$

Desta forma, através dos dados fornecidos, pode-se determinar o total de energia necessária para fabricação por quilograma de vidro fundido denominado anteriormente “ENE_{fb}”:

$$\text{ENE}_{fb} = 1,59174 \cdot 10^3 \text{ kcal} \cdot (\text{kgVF})^{-1} = 6,66303 \cdot 10^6 \text{ J} \cdot (\text{kgVF})^{-1}$$

10.3 Energia no Transporte

Com o objetivo de estabelecer um valor mais aproximado da energia agregada ao vidro, deve-se determinar, também, o valor de energia necessária ao transporte, tanto das matérias primas como do vidro beneficiado.

Considerando que, na sua grande maioria, o transporte no Brasil é realizado por via rodoviária pode-se, através do consumo de combustíveis dos caminhões transportadores, avaliar a parcela de energia agregada a este material, no que se relaciona ao transporte.

A partir dos dados obtidos na Tabela nº 14, pode-se determinar a energia contida em um litro de óleo diesel e, em consulta realizada a alguns motoristas transportadores de matérias primas para vidraria em questão, obteve-se informações quanto ao consumo de combustíveis, massa transportada e massa do veículo transportador.

O óleo diesel possui as seguintes características: $45.000 \text{ kJ} \cdot \text{kg}^{-1}$ e uma densidade de $852 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-3}$. Com este valor de densidade, um litro de diesel tem uma massa correspondente de aproximadamente $0,852 \text{ kg}$.

Procede-se agora, à determinação das necessidades energéticas para o transporte.

A energia de um litro de óleo diesel é:

$$9,16 \text{ kcal ou } 3,83 \cdot 10^7 \text{ J}$$

A massa do caminhão mais a da carga, denominada de massa total “ M_{tot} ”, é dada pela expressão $M_{tot} = M_c + M_{tr}$, em que “ M_c ” é a massa do caminhão, “ M_{tr} ” é a carga líquida.

O consumo de combustível “C” deverá ter como unidade $km \cdot l^{-1}$ e é dado pela relação:

$$C = \frac{\text{distância percorrida}}{\text{n}^\circ \text{ de litros consumidos}} \quad (1)$$

A energia necessária para transportar a massa do conjunto ENE_{tr} é dada pela relação:

$$ENE_{tr} = \frac{ENE_c \cdot D}{C \cdot M_{tot}} \quad (2)$$

ENE_c é a energia contida no combustível, que, para o caso do diesel é $9,16 \text{ kcal} \cdot l^{-1}$ ou $3,83 \cdot 10^7 \text{ J} \cdot l^{-1}$ e “D” é a distância que as cargas deverão ser transportadas.

O valor energético total é a soma dos valores específicos de fabricação e dos associados ao transporte.

A energia agregada, considerando a energia de fabricação mais a energia de transporte é:

$$ENE_A = ENE_{fb} + ENE_{tr}$$

Uma importante relação, que pode ser evidenciada, é entre a energia utilizada para o transporte “ ENE_{tr} ” e a energia de fabricação “ ENE_{fb} ”. Esta relação é variável, pois depende dos rendimentos, tanto da fabricação do vidro como também o dos transportes. Esta relação denominada “R”, pode ser escrita como:

$$R = \frac{ENE_c \cdot D}{ENE_{fb} \cdot C \cdot (M_c + M_{tr})} \quad (3)$$

Propondo-se uma situação hipotética, em que a distância de transporte de matérias primas e de garrafas novas até um ponto de distribuição localizado a 150 km do local de

fabricação, pode-se determinar o valor energético agregado às garrafas transportadas (somente uma vez transportadas).

Levantamentos realizados em transportadoras, e com os próprios motoristas, mostraram que o consumo de óleo diesel para caminhões, em estradas com poucos aclives e declives (estradas planas) é em média de $2,2 \text{ km} \cdot \text{l}^{-1}$, e para estradas de "serra" esta média cai sensivelmente para $1,2 \text{ km} \cdot \text{l}^{-1}$. A massa de um caminhão com carreta da marca Volvo é de aproximadamente 15.000 kg e a carga máxima permitida é de 27.500 kg.

Nos casos específicos do transporte de garrafas, garrafões e garrafas "on-way", utilizadas como recipiente de vinhos, as duas primeiras, e de refrigerantes, a última. As quantidades de carga por "carreta" é de 37.000 unidades de garrafas bordalesas que equivale a uma massa de 16.000 kg, 5.200 garrafões com massa de 11.000 kg e por final 8.300 unidades "on - way" com a massa total de 22.000 kg.

O cálculo será feito para um carregamento de garrafas bordalesas com um consumo de combustível de transporte de $2,2 \text{ km} \cdot \text{l}^{-1}$, utilizando a relação:

$$\text{ENE}_{\text{tr}} = \frac{\text{ENE}_c \cdot D}{C \cdot M_{\text{tot}}} \quad (2)$$

A massa do caminhão mais a da carga é de 31.000 kg e para carregar a produção de 7.500.000 kg para o mês de abril de 1995, são necessários 468,75 caminhões o que resulta em uma massa total de $1,4531 \cdot 10^7 \text{ kg}$.

A energia necessária para transportar esta massa é:

$$\text{ENE}_{\text{tr}} = 0,04298 \text{ kcal} \cdot \text{kg}^{-1} = 179,9 \text{ J} \cdot \text{kg}^{-1}$$

Para o transporte de matérias primas utilizadas na fabricação do vidro, geralmente as cargas são compactas e granuladas, possibilitando o carregamento uniforme do espaço reservado para tal. Neste caso, a massa total a ser transportada, considerando o rendimento bruto de produção de vidro na fábrica de garrafas, de 280.000 kg de matéria prima utilizada por dia, para um rendimento líquido de 250.000 kg de vidro fundido por dia, tem-se:

$$\text{ENE}_{\text{tr}} = 0,04813 \text{ kcal} \cdot \text{kg}^{-1} = 201,5 \text{ J} \cdot \text{kg}^{-1}$$

Uma importante relação a ser considerada é entre a energia utilizada para o transporte ENE_{tr} e a energia de fabricação ENE_{fb} . Esta apresenta como valor porcentual 0,00572% ,

que demonstra que a energia agregada aos artefatos de vidro é basicamente relacionada à produção do vidro e não ao transporte do mesmo.

Nota-se no mercado de reciclados que as garrafas destinadas ao sistema de coleta de lixo, que na maioria dos casos não é segregativa, geralmente são quebradas. Considerando que atualmente nas empresas fabricantes de garrafas, a entrada de cacos de vidro como matéria prima não representa um porcentual muito elevado (aproximadamente 30%), e que o aproveitamento de garrafas inteiras nas vinícolas também é reduzido, demonstram que existe um pequeno índice de reciclagem.

Tendo por base as energias envolvidas nos processos de fabricação e transporte, que o ciclo das garrafas de vinho geralmente é de um ano e que estas não retornam aos engarrafadores de forma regular, pode-se inferir algumas conclusões:

A energia necessária para fabricação de garrafas de vidro é muito maior do que o valor da energia para transportá-las. Desta forma, torna-se interessante o retorno das garrafas aos engarrafadores, pois assim a energia empregada na fabricação destas seria diluída à medida que os ciclos de engarrafamento vão passando.

Outra conclusão importante é que se deve melhorar a qualidade da sucata de vidro, com o objetivo de aumentar a sua utilização nas linhas de fundição, reduzindo o impacto ambiental causado na obtenção das matérias primas.

IV Parte

Considerações Finais

Capítulo 11

Considerações Finais

As conclusões obtidas em decorrência do trabalho podem ser divididas em quatro grupos principais:

- a) **Gerenciamento dos resíduos sólidos;**
- b) **Determinação física e a classificação dos resíduos sólidos;**
- c) **Aspectos relativos à reciclagem dos materiais;**
- d) **Características da utilização das garrafas de vidro;**

a) Gerenciamento dos resíduos sólidos :

- Quanto ao gerenciamento dos resíduos da cidade de Canela - RS pode-se concluir:
 - Grande parte da população é beneficiada com o recolhimento de lixo;
 - Apesar do empenho da Administração Municipal na otimização dos roteiros de coleta, esta ainda necessita de aprimoramentos;
 - O destino final dos resíduos sólidos coletados na cidade é depositado a céu aberto;
 - Os resíduos, na sua grande maioria, não são segregados na fonte;
 - Torna-se necessária a implantação de um programa de gerenciamento de resíduos sólidos: deverão ser implantadas, a coleta segregativa, usina para compostagem, aterro sanitário e, a biorremediação da área onde atualmente é a "Lixeira Municipal";

- De forma generalizada, as principais conclusões quanto à proposta de coleta diferenciada para municípios de pequeno e médio porte, as principais conclusões são:

- O nome coleta seletiva é de utilização comum. Considerando este fato, os programas de coleta diferenciada, em locais onde esta já existe, deveriam continuar com este nome, pois para a população em geral, o termo coleta seletiva tem a conotação de coleta segregativa. Mas é importante que em trabalhos técnicos a terminologia utilizada deva ser coleta segregativa, pois os resíduos são segregados e não selecionados na fonte.

- Sob o ponto de vista de implantação de coleta diferenciada, torna-se imprescindível a análise das condições do mercado de reciclados, bem como da possibilidade de implantação de empresas ligadas ao setor de reciclagem. E em conjunto com a população, a administração deve empenhar-se na realização de campanhas educativas envolvendo a comunidade, e contribuir de forma efetiva com o seu papel de gerenciadora dos resíduos.

- É importante que os responsáveis pela implantação do programa tomem por base municípios onde já foram implantados sistemas semelhantes, mesmo aqueles que fracassaram, para que durante o processo de implantação não se cometam erros semelhantes.

b) Determinação física e a classificação dos resíduos sólidos;

- Este item é de fundamental importância para o bom gerenciamento dos resíduos, pois com o conhecimento prévio das quantidades e dos tipos de resíduos gerados pode-se com maior nível de segurança administrar de forma mais apropriada os resíduos sólidos.

- O item lã + tecidos constou das Tabelas com valores significativos, devido à existência de várias confecções localizadas na cidade.

- Os valores médios demonstram a possibilidade de implantação de um pátio de compostagem como também de um programa de coleta segregativa.

- Existe, da forma como está a lixeira municipal, o comércio de sucatas. Este é organizado pelos catadores do local.

- Não é aconselhável a utilização dos dados obtidos em uma cidade como base para outra, tendo em vista que diferenças percentuais consideradas próximas podem gerar erros na avaliação da política de gerenciamento dos resíduos. O ideal é realizar o levantamento das características locais.

c) Aspectos relativos à reciclagem dos materiais;

- A não segregação dos resíduos na fonte, implica a queda do valor comercial dos materiais possivelmente recicláveis;

- O fato de reciclar resíduos significa uma economia de energia e de recursos naturais, mas é necessário cuidado para que as matérias primas obtidas, a partir da reciclagem, não sofram grandes deslocamentos, fazendo com que o transporte deste material torne a relação custo/benefício desaconselhável.

d) Características da utilização das garrafas de vidro;

- O maior volume de energia agregada ao vidro pertence ao processo de fabricação, em que a energia de transporte do vidro beneficiado somada à do transporte das matérias primas para a fabricação do mesmo não representa um percentual significativo quando comparadas a energia de fabricação. Levando em consideração que as vinícolas já utilizam garrafas usadas para acondicionar o vinho, e que na pior das hipóteses o ciclo destas garrafas é anual, deve-se montar um sistema de retorno das garrafas de vinho.

Capítulo 12

Sugestões para Próximos Trabalhos

A partir dos levantamentos realizados nesta dissertação, algumas frentes de investigação podem ser desenvolvidas tanto na área de Engenharia como nas áreas de Administração, Economia, Ecologia, Educação, Higiene e outras.

Desta forma, as sugestões propostas neste trabalho são:

- ⇒ Realizar um estudo, do ponto de vista energético ambiental, sobre todos os materiais que compõem os resíduos sólidos e as possibilidades de reaproveitamento de cada um destes.
- ⇒ Determinar de forma mais aprofundada as necessidades energéticas relacionadas ao transporte de resíduos até os locais onde estes materiais serão beneficiados, objetivando o estabelecimento das relações custo/benefício do processo de reciclagem. Com base nestas informações pode-se obter subsídios para determinar qual procedimento é mais vantajoso: a instalação de indústrias recicladoras em locais próximos àqueles onde é realizado o armazenamento dos resíduos recicláveis ou o transporte destes materiais até as referidas indústrias nos locais onde estas já estão instaladas.
- ⇒ Do ponto de vista energético do transporte dos resíduos, faz-se necessário realizar um levantamento da energia utilizada para realização da coleta segregativa e da

coleta convencional. A partir destes dados deve-se estabelecer uma política de transporte de resíduos utilizando veículos diferenciados, ou não, para se proceder à coleta de lixo.

- ⇒ Realizar um levantamento no Estado do Rio Grande do Sul das áreas degradadas pela deposição incorreta do lixo, bem como um estudo sobre o impacto ambiental causado por estas lixões e avaliar a participação do Poder Público Estatal na resolução da questão.
- ⇒ Realizar uma análise, sob o ponto de vista energético ambiental, dos custos necessários para recuperação de áreas degradadas pela mineração para produção de bauxita e compará-los com os custos necessários da reciclagem do alumínio.

Referências Bibliográficas

- BELLIN, I. L'automobile Recyclée. **La Recherche**, Marseille, v. 24, n. 259, nov. 1993, p. 1246 - 1254.
- BEVINGTON, R; ROSENFELD, A. H. - Energy for Buildings and Homes. **Scientific American**, New York, v. 263, n.3, sep. 1990, p.39 - 45.
- COMMONER, B. Solving the Trash Crisis, **Enciclopédia Britânica**, Chicago, 1992.
- COSTA, V. R. Plásticos: a caminho da Reciclagem. **Ciência Hoje. Suplemento**, Rio de Janeiro, v. 18, n.107, mar. 1995, p.9 - 15.
- DAVIS, G. R. Energy for the Planet Earth. **Scientific American**, New York, v. 263, n.3, set. 1990, p.21 - 27.
- DIDONE, V.; BLITZMOND, J. **Reciclagem de Materiais Plásticos**. Novo Hamburgo, 14 EDEQ, out. 1994.(apostila)
- DUPRÉ, A. A. Qualidade e Controle Ambiental. **Revista do Alumínio**, São Paulo, ano III, Brasiliana, jun. 1992.
- ELY, A. **Economia do Meio Ambiente**. 4. ed. Porto Alegre: F.E.E., 1990.
- FERNANDES, H. Reciclagem Total de Resíduos já Existe no Brasil. **Ciência Hoje. Suplemento**, Rio de Janeiro, v. 16, n.93, ago 1993, p.3 - 7.
- FICKETT, A. P.; GELLINGS, C. W.; LOVINS, A.B. Efficient Use of Electricity. **Scientific American**, New York, v. 263, n.3, sep. 1990, p.29 -36.
- GEISER, K. The Greening of Industry, **Technology Review**. Massachusetts, v.94, n.6, aug./sep. 1991, p.64 - 72.
- GOMES, L. P.; PIOVINELLI, Jurandyr. Caracterização Física dos Resíduos Sólidos Urbanos da Cidade de São Carlos-SP. **Estudos Tecnológicos UNISINOS Engenharia**. São Leopoldo RS, UNISINOS, v. 14, 1991, p. 91-106.
- GROSSMAN, D.; SHULMAN, S. Down in the Dumps. **Discover**, Flórida, v.11, n.4, apr. 1990, p.37 - 41.
- GROVE, N. Recycling. **National Geographic**, Washington, v.186, n.1, jul. 1994, p.92 - 115.
- HEMERY, D.; DEBIER, J.C.; DELÉAGE, J.P. **Uma História da Energia**. Brasília: Editora Universidade de Brasília, 1993. 447p.
- HOFFMAN, P. Getting Down to Earth. **Discover**, Flórida, v.11, n.4, apr. 1990, p.8.

- KNIJNIK, R. (Organizador). **Energia e Meio Ambiente em Porto Alegre Bases para o Desenvolvimento**, CEPEA. Porto Alegre-RS: DEMA, 1994, 309p.
- LUTZENBERGER et al. **Política e Meio Ambiente**, Porto Alegre: Mercado Aberto, 1986. 116p.
- MANDELLI, S. M.D.C.; LIMA, L. M. Q.; OJIMA, M. K. **Tratamento de Resíduos Sólidos Compêndio de Publicações**. Caxias do Sul: ed. autores, 1991. 291p.
- MENDES, M. A briga agora é pelo Passaporte Verde. **Zero Hora**, Porto Alegre, 23 jul. 1995, Caderno de Economia, p.3.
- METTELET, C. (Directeur). Les Dechets en France. **Les Transformeurs**. Paris, jan. 1991, 27 p.
- MORAES, A. E. Brasil é um País Poluidor?. **Revista Metalurgia & Materiais**. v. 50, n.435, São Paulo, nov. 1994, p.1086-1088.
- NOVAES, W. Lixo Venenoso. **Ciência Hoje. Suplemento**, Rio de Janeiro, v.16, n.93, ago. 1993. p. 3-8.
- OLIVEIRA, A. S. **Reciclando Idéias, pra não dizer...que só falei de lixo**. Rio Grande RS: Fundação Universidade de Rio Grande RS, 1993, 93p.
- PEREIRA, N. S. **Terra Planeta Poluído**. Porto Alegre: v. 1, Sagra, 1980. 170p.
- READDY, A.K.N.; GOLDEMBERG, J. Energy for Developing World, **Scientific American**, New York, v. 263, n.3, sep. 1990, p.63 - 72.
- Revista Super Interessante (Editor). São Paulo, **A Sujeira Nossa de Cada Dia**, ano 7, n.7, Abril Cultural, jul. 1993, p. 80-81.
- Revista Super Interessante (Editor). São Paulo, **Com os Minutos contados**, ano 8 n.1, Abril Cultural, jan. 1994, p.74-75.
- Revista Super Interessante (Editor). São Paulo, **O impacto Ecológico de um Carro ao Longo de Sua Vida**, ano 8, n.1, Abril Cultural, jan. 1994, p.72-73.
- ROSS, M.H.; STEINMEYER, D. Energy for Industry, **Scientific American**, New York, v. 263, n.3, sept 1990, p.47-53.
- SANTOS, J.P.; ROSA, M. S.; SALDANHA, P. **Cadernos de Reciclagem do CEMPRE**, v. 3, Index, Rio de Janeiro, 1993.
- SCHWARTZ, L. Número mostra o Tipo de Resina. São Paulo, **Revista Super Interessante**, ano 9, n.6, Abril Cultural, jun. 1995, p.21.
- SHREVE, R. N.; BRINK Jr., J. A. **Indústria de Processos Químicos**. 4 ed. Rio de Janeiro: Guanabara, 1977. 717p.

SIMPÓSIO LATINO AMERICANO DE RESÍDUOS SÓLIDOS (1.:1993:São Paulo). **Os Caminhos do Lixo da Origem ao Destino Final**. Porto Alegre, DEMA, 1993.

VERNIER, J. **O meio Ambiente**. Campinas: Papirus, 1994. 132p.

WANDER, P. R. **Subsídios para o Planejamento Ambiental do Município de Canela e Contribuições para uma Metodologia de Coleta de Dados**. Dissertação de Mestrado. Escola de Engenharia PROMEC, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 1995.