



CETESB - Companhia Ambiental
do Estado de São Paulo

Biblioteca Profº Drº Lucas Nogueira Garcez
Av. Profº Frederico Hermann Jr., 345 Pinheiro
05459-900 - São Paulo - Brasil
e-mail: biblioteca@cetesbnet.sp.gov.br



SECRETARIA
DE ESTADO
DO MEIO
AMBIENTE



CETESB



GOVERNO DO ESTADO
DE SÃO PAULO

CLASS.	
AUTOR	
TOMBO	035976ex1

CETESB - Companhia Ambiental
do Estado de São Paulo
Biblioteca Prof. Dr. Lucas Nogueira Garcez
Av. Prof. Frederico Hermann Jr., 345 Pinheiros
05419-900 - São Paulo - Brasil
e-mail: biblioteca@cetesb.sp.gov.br

Seminário Nacional Sobre Reciclagem de Resíduos Sólidos Domiciliares



DATA: 10, 11 E 12 DE MAIO DE 2000

HORÁRIO: 08:00 ÀS 17:00 HORAS

LOCAL: AUDITÓRIO "AUGUSTO RUSCHI"

AV. PROFESSOR FREDERICO HERMANN JR., 345 - ALTO DE PINHEIROS

SÃO PAULO - SP

INFORMAÇÕES: FONE (0XX11) 3030-6378/6379 - FAX: (0XX11) 3030-6394

Apoio:

PROCOP



SECRETARIA DE
ESTADO DO
MEIO AMBIENTE



Patrocínio:

COFUTURO



Realização:



GOVERNO DO ESTADO
DE SÃO PAULO

CLASS.	
AUT.	
NUM.	35976

6800
 5e52
 035976
 Ex.2

05489-307 - SAO PAULO - BRASIL
 Av. Prof. Frederico H. Lima Junior, 345 - F. 141005
 BIBLIOTECA Prof. Dr. Lucas Tognato Gomes
 151228 - CIL. DE TECNOL. DE S. MONTAJO AMBIENTAL

**SEMINÁRIO NACIONAL SOBRE RECICLAGEM DE RESÍDUOS SÓLIDOS
DOMICILIARES
PROGRAMA OFICIAL**

**Local: Auditório "Augusto Huschi" – CETESB/SMA
Av. Prof. Frederico Hermann Jr., 345 – Alto de Pinheiros – São Paulo – SP**

Data: 10/05/2000

- 8:30 às 9:00 Inscrições
- 9:00 às 9:30 Sessão de Abertura
- 9:30 às 10:00 Políticas públicas para reciclagem e reutilização de resíduos sólidos
Prof. Dr. Francisco Anuatti Neto (Faculdade de Economia, Administração e Contabilidade da Universidade de São Paulo)
- 10:00 às 10:30 A visão da FIESP sobre reciclagem de resíduos sólidos domiciliares/
Programa Recicla São Paulo
Dr. Angelo Albiero Filho (Federação das Indústrias do Estado de São Paulo - FIESP)
- 10:30 às 10:45 Coffee Break
- 10:45 às 11:15 Programa Zeri do Paraná
Dr. Alexandre Akira Takamatsu (Instituto de Tecnologia do Paraná - TECPAR)
- 11:15 às 12:00 Debates
Moderadora: Dr^a Lady Virgínia Traldi Menezes (Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental - CETESB)
- 14:00 às 14:30 Análise do ciclo de vida de embalagens (plástico, vidro, madeira, alumínio e papel) para o mercado brasileiro
Prof. Dr. Luiz Fernando Madi - Centro de Tecnologia de Embalagem do Instituto de Tecnologia de Alimentos (ITAL)
- 14:30 às 15:00 Panorama sobre a reciclagem de plásticos no Brasil
Prof^a Dr^a Elen Beatriz Pacheco (Universidade Federal do Rio de Janeiro)
- 15:00 às 15:15 Coffee Break
- 15:15 às 15:45 Utilização de plásticos pós-consumo na construção civil
Prof^a Dr^a Elen Beatriz Pacheco (Universidade Federal do Rio de Janeiro)

CETESB - CIA DE TECNOLOGIA DE SANEAMENTO AMBIENTAL
BIBLIOTECA

15:45 às 16:15 Produção de pallets a partir de plásticos reciclados

Dr. Líviu Schwarz (Associação dos Recicladores de Materiais Plásticos - Abremplast)

16:15 às 16:45 Transformação de PET em fibras de poliéster

Dr. Vladimir Kudrjawzew (Repet – Umnafibra)

16:45 às 17:30 Debates

Moderador: Dr. João Antonio Romano (Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental - CETESB)

Data: 11/05/2000

9:00 às 9:30 Efeitos de múltiplas reciclagens nas propriedades físicas do PET pós consumo

Profª Drª Maria Zanin (Universidade Federal de São Carlos - UFSCar)

9:30 às 10:00 Uso de aditivos para melhoria das propriedades do PET reciclado

Prof. Dr. Marcos Lopes Dias (Universidade Federal do Rio de Janeiro)

10:00 às 10:15 Coffee Break

10:15 às 10:45 Panorama sobre a reciclagem de vidro de resíduos sólidos domiciliares

Dr Marcos Fagundes (Associação Técnica Brasileira das Indústrias Automáticas de Vidro - ABIVIDRO)

10:45 às 11:15 Reciclagem de vidro de lâmpadas fluorescentes e vidros de pára-brisas

Prof. Dr. Arthur Pinto Chaves (Departamento de Engenharia de Minas da Escola Politécnica da Universidade de São Paulo)

11:15 às 12:00 Debates

Moderador: Dr. José Arnaldo Gomes (Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental - CETESB)

14:00 às 14:30 Panorama sobre a reciclagem de alumínio de resíduos sólidos domiciliares

Dr. José Roberto Giosa (Associação Brasileira do Alumínio - ABAL)

14:30 às 15:00 Inovações no processo de fundição de sucata de alumínio

Dr. Antônio Carlos da Cruz (Instituto de Pesquisas Tecnológicas – IPT)

15:00 às 15:15 Coffee Break

15:15 às 15:45 Reciclagem de pilhas e baterias

Prof. Dr. Jorge Alberto Soares Tenório (Departamento de Engenharia Metalúrgica e de Materiais da Escola Politécnica da Universidade de São Paulo)

15:45 às 16:15 Reciclagem de Baterias e Ímãs Permanentes

Dra. Heloisa Vasconcelos de Medina (Centro de Tecnologia Mineral - CETEM)

16:15 às 17:00 Debates

Moderador: Dr. Pedro José Stech (Secretaria de Estado do Meio Ambiente)

Data: 12/05/2000

9:00 às 9:30 Panorama sobre a reciclagem de papel de resíduos sólidos domiciliares

Dr. Alberto Fabiano Pires (Associação Brasileira de Celulose e Papel - BRACELPA)

9:30 às 10:00 Reciclagem de embalagens cartonadas

Dr. Luiz Antonio Mathias (Mercoplas Indústria e Comércio)

10:00 às 10:15 Coffee Break

10:15 às 10:45 Usinas de compostagem de Lixo: aspectos técnicos, operacionais, econômicos e de saúde pública

Prof. Dr. João Tinoco Pereira Neto (Departamento de Engenharia Civil da Universidade Federal de Viçosa)

10:45 às 11:15 Reciclagem de entulho

Prof. Dr. Vanderley Moacyr John (Departamento de Engenharia de Construção Civil da Escola Politécnica da Universidade de São Paulo)

11:15 às 12:00 Debates

Moderador: João Antonio Fuzaro (Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental - CETESB)

14:00 às 14:30 Projeto Lixo e Cidadania

Dra. Heliana Kátia Campos (United Nations Children's Fund - UNICEF)

14:30 às 15:00 A experiência do Paraná na coleta seletiva e na reciclagem de resíduos sólidos domiciliares

Dr. Marcelo Gomes Ferreira (Prefeitura de Curitiba)

15:00 às 15:15 Coffee Break

15:15 às 15:45 A experiência de Belo Horizonte na coleta seletiva e na reciclagem de resíduos sólidos domiciliares

Dra. Maria de Fátima Abreu (Fundação Centro Tecnológico de Minas Gerais - CETEC)

15:45 às 16:15 A experiência de Porto Alegre na coleta seletiva e reciclagem de resíduos sólidos domiciliares

Dra. Paulo de Tarso Vicente Rocha (DMLU - Departamento Municipal de Limpeza Urbana de Porto Alegre)

16:15 às 17:00 Debates

Moderador: Giuseppe Guilio Michelino (Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental - CETESB)

17:00 – Coquetel de encerramento



A Secretaria de Estado do Meio Ambiente vem buscando estimular iniciativas de reutilização de resíduos, visando a conservação dos recursos naturais. Nesta linha, promoveu o *Seminário Nacional sobre Reciclagem de Resíduos Sólidos Domiciliares*, cujos artigos encontram-se nesta apostila.

Agradecemos à sua participação no evento e em especial, à colaboração dos palestrantes e dos patrocinadores.

Ricardo Tripoli

Secretário de Estado do Meio
Ambiente



SECRETARIA
DE ESTADO
DO MEIO
AMBIENTE



CETESB



GOVERNO DO ESTADO
DE SÃO PAULO

CETESB - Companhia Ambiental
do Estado de São Paulo
BIBLIOTECA

São Paulo,
10-12/05/2000

Políticas públicas para reciclagem e reutilização de resíduos sólidos

Prof. Dr. Francisco Anuatti Neto

**Faculdade de Economia, Administração e Contabilidade da
Universidade de São Paulo**

A visão da FIESP sobre reciclagem de resíduos sólidos domiciliares

Programa Recicla São Paulo

Dr. Angelo Albiero Filho

(Federação das Indústrias do Estado de São Paulo - FIESP)

Programa Rede Zeri do Paraná

Dr. Alexandre Akira Takamatsu

Instituto de Tecnologia do Paraná -TECPAR

Análise do ciclo de vida de embalagens (plástico, vidro, madeira,
alumínio e papel) para o mercado brasileiro

Prof. Dr. Luiz Fernando Madi

Instituto de Tecnologia de Alimentos (ITAL)

Panorama sobre a reciclagem de plásticos no Brasil

Profª Drª Elen Beatriz Pacheco

Universidade Federal do Rio de Janeiro

Utilização de plásticos pós-consumo na construção civil

Profª Drª Elen Beatriz Pacheco Universidade Federal do Rio de Janeiro

Produção de paletes a partir de plásticos reciclados

Dr. Liviu Schwarz

Associação dos Recicladores de Materiais Plásticos - Abremplast

Transformação de PET em fibras de poliéster

Dr. Vladimir Kudrjawzew

Repet – Umnafibra



SECRETARIA
DE ESTADO
DO MEIO
AMBIENTE





Efeitos de múltiplas reciclagens nas propriedades físicas do PET
pós consumo

Profª Drª Maria Zanin

Universidade Federal de São Carlos - UFSCar

Uso de aditivos para melhoria das propriedades do PET reciclado

Prof. Dr. Marcos Lopes Dias

Universidade Federal do Rio de Janeiro

Panorama sobre a reciclagem de vidro de resíduos sólidos domiciliares

Dr Marcos Fagundes

Associação Técnica Brasileira das Indústrias Automáticas de Vidro

Reciclagem de vidro de lâmpadas fluorescentes e vidros de pára-brisas

Prof. Dr. Arthur Pinto Chaves

Escola Politécnica da Universidade de São Paulo

Panorama sobre a reciclagem de alumínio de resíduos sólidos domiciliares

Dr. José Roberto Giosa

Associação Brasileira do Alumínio - ABAL

Inovações no processo de fundição de sucata de alumínio

Dr. Alfredo Sica Júnior

Metalur Ltda.

Reciclagem de pilhas e baterias

Prof. Dr. Jorge Alberto Soares Tenório

Escola Politécnica da Universidade de São Paulo

Utilização de rota hidrometalúrgica para reciclagem de chumbo de
baterias automotivas

Dr. Juliano Peres Barbosa

Centro de Tecnologia Mineral - CETEM

Panorama sobre a reciclagem de papel de resíduos sólidos domiciliares

Dr. Alberto Fabiano Pires

Associação Brasileira de Celulose e Papel - BRACELPA



SECRETARIA
DE ESTADO
DO MEIO
AMBIENTE



CETESB



GOVERNO DO ESTADO
DE SÃO PAULO

1. The first part of the report is a general introduction to the subject of the study. It discusses the importance of the study and the objectives of the research. It also provides a brief overview of the methodology used in the study.

2. The second part of the report is a detailed description of the study area. It includes information about the location of the study area, the population of the study area, and the characteristics of the study area. It also discusses the data sources used in the study.

3. The third part of the report is a description of the methodology used in the study. It includes information about the research design, the data collection methods, and the data analysis methods. It also discusses the limitations of the study.

4. The fourth part of the report is a description of the results of the study. It includes information about the findings of the study, the conclusions drawn from the findings, and the implications of the findings. It also discusses the strengths and weaknesses of the study.

5. The fifth part of the report is a conclusion. It summarizes the findings of the study and provides a final statement about the study. It also discusses the future research that is needed in this area.

Reciclagem de embalagens cartonadas

Dr. Luiz Antonio Mathias
Mercoplas Indústria e Comércio

Usinas de compostagem de Lixo: aspectos técnicos operacionais, econômicos e de saúde pública

Prof. Dr. João Tinoco Pereira Neto
Universidade Federal de Viçosa

Reciclagem de resíduos da construção civil

Prof. Dr. Vanderley Moacyr John
Escola Politécnica da Universidade de São Paulo

Projeto Lixo e Cidadania

Dra. Heliana Kátia Campos
United Nations Children's Fund - UNICEF

A experiência do Paraná na coleta seletiva e na reciclagem de resíduos sólidos domiciliares

Dr. Marcelo Gomes Ferreira
Prefeitura de Curitiba

A experiência de Belo Horizonte na coleta seletiva e na reciclagem de resíduos sólidos domiciliares

Dra. Maria de Fátima Abreu
Fundação Centro Tecnológico de Minas Gerais - CETEC

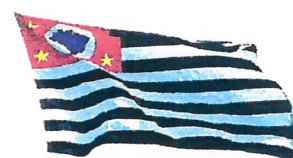
A experiência de Porto Alegre na coleta seletiva e reciclagem de resíduos sólidos domiciliares

Dra. Sândhya Alves Pereira
DMLU - Departamento Municipal de Limpeza Urbana de Porto Alegre

Coordenação técnica: Profª Drª Dione Mari Morita (Secretaria de Estado do Meio Ambiente/ Escola Politécnica da Universidade de São Paulo)



SECRETARIA
DE ESTADO
DO MEIO
AMBIENTE



GOVERNO DO ESTADO
DE SÃO PAULO

1. The first part of the report is a general introduction to the subject of the study. It discusses the importance of the study and the objectives of the research.

2. The second part of the report is a detailed description of the methodology used in the study. It includes information about the sample size, the data collection methods, and the statistical analysis techniques.

3. The third part of the report is a presentation of the results of the study. It includes tables, figures, and text describing the findings of the research.

4. The fourth part of the report is a discussion of the results and their implications. It discusses the strengths and limitations of the study and provides suggestions for future research.

5. The fifth part of the report is a conclusion and a summary of the findings. It provides a final statement on the results of the study and the overall conclusions drawn from the research.

1. The first part of the report is a general introduction to the subject of the study. It discusses the importance of the study and the objectives of the research.

2. The second part of the report is a detailed description of the methodology used in the study. It includes information about the sample size, the data collection methods, and the statistical analysis techniques.

3. The third part of the report is a presentation of the results of the study. It includes tables, figures, and text describing the findings of the research.

POLÍTICAS PÚBLICAS PARA RECICLAGEM E REUTILIZAÇÃO DE RESÍDUOS

Francisco Anuatti
Departamento de Economia
FEA/USP- Campus Ribeirão Preto
fanuatti@usp.br

1. Introdução

A crescente preocupação com alternativas de desenvolvimento sustentável coloca na agenda de governos e da sociedade civil a necessidade de buscar mecanismos para incrementar o aproveitamento de resíduos, evitando ao mesmo tempo a exploração de novos recursos naturais e o acúmulo de materiais desperdiçados. Essas ações podem ser organizadas como atividades comerciais rentáveis ou tornadas viáveis mediante subsídios governamentais. Mesmo socialmente desejáveis, um conjunto de atividades associadas à reciclagem não se presta a exploração comercial. Esse trabalho aborda os tipos de intervenções governamentais voltados a promoção de reciclagem e reutilização de resíduos, associando as intervenções governamentais às ineficiências ocasionadas por diversos tipos de falhas de mercado.

O trabalho está estruturado em três partes, além dessa introdução. A segunda seção discute o papel do setor público e do setor privado nas atividades de reciclagem e reutilização de resíduos. O processo de produção e a geração de resíduos segue a abordagem proposta por Georgescu-Roegen (1971) em que o processo econômico é visto como gerador de entropia. A terceira seção considera os instrumentos de intervenção governamental e discute como combiná-los, e finalmente a quarta seção identifica os principais agentes que operam na prestação de serviços de reciclagem e reutilização e permite exemplificar como instrumentos de política atuam na correção das falhas de mercado.

2. O Papel do Governo e dos Mercados na Reciclagem e Reutilização.

Para definirmos, ainda que apenas conceitualmente, o papel do governo e dos mercados na promoção das atividades de reciclagem e reutilização dos resíduos, propõe-se inicialmente um exercício de conceber uma sociedade hipotética na qual essas atividades se desenvolvam regidas por um critério de sustentabilidade ambiental. Esse critério seria a preservação do sistema ambiental, ou neutralização da entropia causada pelo sistema econômico, entendido como a capacidade de prestação de serviços do fundo ambiental¹. O papel dos governos pode ser visto como o de regulador do subsistema econômico atendendo a restrição de manutenção dos serviços prestados pelo meio ambiente para as gerações futuras.

2.1 - Sustentabilidade numa Sociedade Hipotética

Parte-se do pressuposto que o sistema econômico se organize nos padrões de uma economia de mercado, em que as decisões de produção e consumo sejam resultantes de decisões privadas e descentralizadas. Sendo assim é preciso, antes de qualquer coisa,

¹ O processo de produção evidencia a relação entre o ecossistema e o sistema econômico no seu aspecto físico (materiais e energia), para o qual a entropia como é um processo de desorganização de natureza.

estabelecer as condições de sustentabilidade dessa sociedade hipotética. Num modelo simplificado de sociedade pode-se admitir que as decisões individuais se dão baseadas em informação completa e perfeita, e que inexista oportunismo. Além disso, o sistema de atribuição de direitos que vigora nessa sociedade é tal que todos os serviços do setor ambiental podem ser claramente identificados. Uma vez identificados, os serviços recebem preços que refletem o custo de oportunidade para a sociedade. Nessa sociedade, não haveria recurso comum de livre acesso², e todos os serviços do setor ambiental teriam preços sinalizando sua escassez relativa, levando em consideração as alternativas mais eficientes disponíveis.

Uma condição adicional é necessária para o tratamento equitativo entre gerações, isto é, deve-se assumir uma taxa de desconto ou preferência temporal nula³. Se os indivíduos não têm uma preferência pelo presente em relação ao futuro a exploração dos recursos ambientais poderá ser eficiente. Mesmo que o mundo físico continue sujeito a entropia, ou à desorganização do sistema natural, tal sociedade de mercado seria capaz de administrar seus recursos de forma permanente, ou seja, estaríamos diante de uma verdadeira sociedade sustentável.

A interação do sistema econômico com o meio ambiente ocorre pelos processos de produção e consumo que requerem da natureza a provisão de matérias-primas e insumos energéticos, gerando resíduos que acabam por retornar a ela. As atividades de extração de recursos naturais, mesmo quando não produzem poluentes, têm fortes impactos sobre o meio ambiente, e os resíduos gerados na produção e consumo exigem do ecossistema uma capacidade de assimilação. Essa capacidade de assimilação, seguindo Georgescu-Roegen (1971), pode ser identificada como um fundo de serviços, isto é, um montante de recursos que deve ser repostado a cada período de produção. Nos processos produtivos também a força de trabalho e o capital devem ser tratados como fundos de serviços e não como estoques.

Os resíduos gerados na produção e consumo, mesmo quando não recebem qualquer tratamento prévio no sistema produtivo, receberão serviços da própria natureza, que os absorve, dilui e decompõe. Esses serviços podem ser comparados aos organizados no setor produtivo com a finalidade de tratar emissões e efluentes ou reciclar e reutilizar resíduos. O setor de tratamento de resíduos, é composto de três processos: a) processos de tratamento propriamente ditos; b) os processos de reciclagem e c) os processos de disposição de resíduos. O subsector de tratamento recebe os resíduos da produção e do consumo e realiza as operações típicas de neutralização e controle dos poluentes presentes nos resíduos. Após o tratamento uma parte dos resíduos é lançada no meio ambiente como emissões ou efluentes; outro conjunto de resíduos é destinado a locais previamente construídos para esse fim. A descarga de resíduos sem qualquer tratamento prévio no meio ambiente não apenas deteriora a qualidade dos serviços do setor ambiental como também desperdiça uma fonte potencial de recursos. A recuperação desses recursos durante o processo de tratamento, ou seja, a

² Recursos naturais de livre acesso são aqueles para os quais a exclusão não é viável técnica ou institucionalmente. Os efeitos dessa condição na sobre exploração dos recursos tornam-se evidentes nos casos de direitos de perfuração de poços de petróleo nos EUA, estoques pesqueiros em águas internacionais e pastagens em áreas comunais na África.

³ Se a taxa intertemporal de desconto é positiva revela-se uma preferência pelo presente em relação ao futuro. Esse problema é bastante agudo em função da diferença de temporalidade entre os processos sociais e físicos, como o ciclo hidrológico de um aquífero subterrâneo que é de alguns milhares de anos. Mesmo que os direitos sejam bem definidos, é difícil imaginar o compromisso das gerações de hoje com a vigésima geração à frente. Se a taxa de desconto da geração corrente for 5% a.a, e os investimentos para prevenir a deterioração da qualidade tragam um retorno de R\$ 1 milhão em cem anos, o máximo que ela aceitaria investir hoje seria R\$ 7.600,00.

reciclagem procura enfrentar essas duas desvantagens, recuperando recursos do fluxo de resíduos a serem tratados e consequentemente reduzindo o impacto que ele causaria ao ambiente. O subsetor de reciclagem é recipiente dos recursos naturais recuperados do tratamento e da disposição atuando na concentração de materiais. A disposição é também um sistema complementar à reciclagem, pois permite concentrar no espaço e no tempo o volume de materiais que torna o reaproveitamento possível.

Quanto maior a capacidade de absorção, diluição e decomposição de resíduos do meio ambiente menores serão as necessidades de empregar recursos no setor produtivo para esse fim. Ao contrário dos sistemas de tratamento construídos pelo homem, os fundos de serviços da natureza não tem suas funções devidamente identificadas e os direitos sobre esses fluxos de serviços não são claramente definidos. Desse modo, a exploração econômica dos serviços da natureza não se dará de modo eficiente, contribuindo para diminuição de recursos ambientais.

Cabe agora investigar como as deficiências dos sistemas de atribuições de direitos, de fiscalização das normas legais, a não disponibilidade de informações e a presença de oportunismo, levam o sistema econômico a degradar o meio ambiente diminuindo sua capacidade de prestar serviços.

2.2. Viabilidade Econômica e Social do Tratamento de Resíduos

O setor de tratamento de resíduos pode ser visto como o conjunto dos agentes econômicos que se organizam na prestação de serviços, quer pela perspectiva da viabilidade privada quer pela perspectiva social. A viabilidade dessas atividades é diretamente proporcional ao valor atribuído aos serviços prestados pela natureza, isto é, quanto maior o valor econômico atribuído aos serviços prestados pela natureza, maior será a viabilidade econômica na produção desses serviços pelo homem. Deve-se questionar então, quais os elementos que determinam o valor econômico dos serviços da natureza?

A resposta recai em duas classes de fatores, os de natureza técnica e os institucionais. O valor econômico é determinado em parte pela existência de agentes capazes de se apropriar de tais serviços e em parte pela produtividade dos serviços prestados. A capacidade de limitar o acesso de outros aos insumos primários, ao espaço de disposição final de resíduos e à capacidade de depuração e assimilação de poluentes gera um valor de escassez. Portanto, o sistema de atribuição dos direitos de uso e exploração dos recursos ambientais influencia o seu valor de escassez. Quanto menor a capacidade de apropriação dos serviços menor será a escassez percebida pelos agentes econômicos, tornando menores os custos de extração de insumos primários e de disposição de resíduos diretamente no meio ambiente. Menor será também a rentabilidade dos investimentos em serviços para a disposição controlada de resíduos.

A produtividade dos serviços da natureza também afeta os custos relativos dos investimentos em tratamento, dado sistema de atribuição de direitos de exploração dos recursos. Quanto maior a produtividade da natureza menores custos de absorção de efluentes e outras emissões diretas, assim menor será a rentabilidade dos investimentos em tratamento e purificação; quanto mais barato for extrair insumos primários diretamente do setor ambiental, menor será a rentabilidade dos investimentos em reciclagem. Assim, tomando como dadas as condições tecnológicas do setor de tratamento, a produtividade da natureza na prestação de serviços e o arranjo institucional, pode-se identificar três situações em que a de provisão dos serviços de tratamento ambiental ocorrem: com serviço de consumo privado e economicamente viável, como serviço de consumo privado mas inviável economicamente, e

como serviço ou bem público, em que o consumo de um indivíduo não limita os de outros.

Os serviços de tratamento com características de bens públicos, isto é, com baixa possibilidade de excluir usuários que não contribuem para o serviço, não poderão ser oferecidos por agentes privados sem que exista um mecanismo de transferências que o torne viável. Existem outros serviços que podem ser viabilizados por meio de pagamento pelos usuários, porém com altas externalidades, isto é, beneficia um conjunto de pessoas maior do que os dispostos a arcar com os custos. Tais externalidades estão presentes em serviços de saneamento básico, coleta e processamento de lixo urbano, que têm efeitos positivos sobre a saúde pública. Nesse caso, a regulamentação torna-se necessária para garantir que o comportamento oportunista dos consumidores não torne instável a provisão.

A segunda situação é a dos serviços de tratamento é a dos serviços cujos benefícios são predominantemente apropriados pelos consumidores. Mesmo que existam externalidades, inerentes ao processo de reciclagem e reutilização, os principais benefícios da provisão dos serviços seriam repartidos entre produtores e consumidores. Toda a gama de indústrias de reciclagem de materiais hoje existente, como papel, alumínio, plástico e vidro, poderia ser identificada nessa classe. Exatamente por que existem externalidades, mesmo que menores às outras, é possível que políticas públicas que destinadas a ampliar tais atividades, ou dar lugar a novas indústrias com tais características, sejam socialmente desejáveis.

A terceira situação é aquela em que os serviços de tratamento trazem benefícios majoritariamente privados com custos de provisão proibitivamente elevados. Para os que projetos sejam viáveis do ponto de vista privado é necessário que os usuários dos serviços de reciclagem apresentem uma disposição a pagar que iguale os preços dos serviços aos custos resultantes, dada uma taxa de retorno privada dos investimentos. Se existe um benefício social superior à soma dos benefícios privados, e essa diferença for considerada descontando-se os investimentos efetivamente realizados a uma taxa social inferior a privada tem-se um descalçamento entre a necessidade social e a demanda privada. Nesse caso, a decisão sobre qual a taxa social de desconto a ser aplicada pode transformar certos serviços mais próximos dos bens públicos do que dos bens privados.

O compromisso das gerações correntes com as gerações futuras pode ser expresso sinteticamente pela diferença entre a taxa de juros de mercado e a taxa social de desconto. Na sociedade sustentável hipotética atribuiu-se a preferência temporal nula, o que significa que a totalidade dos juros de mercado deverá ser empregada na preservação dos serviços ambientais. Se o único meio de transferir esses recursos for por meio do orçamento público, isso corresponde a dizer que a escolha das gerações correntes em sancionar o montante de tributos adicionais necessários a fazer frente ao acréscimo de gastos. Dada a disposição a contribuir das gerações presentes, é possível determinar uma taxa social de desconto pretendida ou um montante de recursos destinados aos serviços ambientais. A decisão de alocar um montante de recursos para a subsidiar projetos de reciclagem corresponde um compromisso das gerações correntes de viabilizar projetos que terão impacto apenas sobre as gerações mais distantes. Tendo esse quadro geral em mente cabe em seguida identificar as intervenções nas suas formas específicas.

3. Instrumentos de Intervenção para Promover Reciclagem e Reutilização

O objetivo dessa parte é discutir os instrumentos que os governos dispõem para atuar sobre falhas de mercado e garantir melhorias no funcionamento da economia. Esses instrumentos podem ser classificados em cinco grandes grupos:

- Disseminar informação para melhorar as decisões dos agentes privados;
- Regular o comportamento dos agentes no mercado;
- Estabelecer de padrões e normas;
- Financiar ou subsidiar os agentes privados;
- Produzir diretamente os bens não oferecidos no mercado.

O uso adequado de cada instrumento de intervenção está associado à diferentes falhas do mercado. A premissa de aplicação desses instrumentos é que a implementação das políticas está sujeita às mesmas condições de imperfeições que se identificam nos mercados, ou seja, as ações dos agentes econômicos são condicionadas pela existência de incerteza, oportunismo e incorrem em custos de obter informação e tomar decisões. Implementar uma política adequada requer respostas claras a três questões:

A - Para que intervir ?;

B - Quais os instrumentos e por meio de que agências essa intervenção será feita?;

C - Quanto custará a intervenção?

A primeira questão pode ser respondida nos termos da existência de falhas de mercado, isto é, na presença de custos externos, assimetrias e imperfeições de informações. Os problemas decorrentes de direitos mal definidos no uso de recursos hídricos ou do solo, a segurança dos trabalhadores, podem ser enfrentados através da difusão de informações e também pelo estabelecimento de normas. A existência de bens públicos pode levar a produção direta, como no caso segurança, justiça, governo, etc, ou a contratação da produção de terceiros, mediante subsídios ou reembolsos, como nos casos de monopólios naturais e produção tecnológica. O uso dos instrumentos financeiros está associado à transferências de recursos através de impostos e subsídios, também em mercados em que a produção não ocorre nos montantes ou com a frequência sinalizada pela demanda.

As regras gerais são exercidas pelo aparato do Estado com o caráter de bens públicos, já os instrumentos de comando e controle, principalmente aqueles associados à regulamentação estão associados a uma legislação específica e exercidos por agências governamentais especialmente concebidas para esses fins, fazendo uso de normas, regulamentos e sanções. Se a teoria econômica nos auxilia a definir os instrumentos de políticas públicas mais adequados a serem empregados na promoção da reciclagem, o trabalho de detalhamento desses instrumentos é objeto de estudo da ciência da administração pública, da Organização e também de áreas da Economia conhecidas como Escolha Pública e Nova Economia Institucional.

A terceira questão é tradicionalmente objeto da área de Finanças Públicas, que se dedica a discutir os meios mais adequados de gerar recursos para o governo, e uma vez arrecadados, qual a melhor forma de distribuir os recursos escassos dos orçamentos governamentais entre diversos fins. Uma abordagem que vem sendo bastante divulgada pelo Banco Mundial e irá nos auxiliar nessa discussão é a abordagem de custo-eficácia.

Tradicionalmente a abordagem empregada é a da análise de custo-benefício, largamente difundida nas Políticas Públicas, que procura medir e expressar os custos e benefícios de uma ação ou programa em termos comparáveis, ou seja, em termos monetários. A análise de custo-eficácia é mais simples que a de custo-benefício, pois não procura traduzir os benefícios em termos monetários. Toma o objetivo de uma política pública medido em termos técnicos, por exemplo, a melhoria da qualidade do ensino público desejada é medida pelo desempenho escolar, a redução da mortalidade infantil é medida pela queda no número

de mortes ocasionada por vários programas, o reaproveitamento de materiais seria medido pelo tonelagem de materiais reaproveitados. Assim, a abordagem visa avaliar entre as intervenções alternativas quais são capazes de alcançar o objetivo determinado com o menor custo.

Combinar os instrumentos de intervenção torna-se necessários quando não é possível que uma política pública de reciclagem e reutilização alcance seus objetivos empregando um único instrumento, dadas as restrições de recursos para tal política. Os cinco instrumentos de intervenção pública recorrem a diferentes graus de intrusão nas decisões privadas, e que quanto maior o grau de intrusão em decisões que envolvem grande número de agentes privados, menor é a confiança que se pode depositar nos efeitos de uma intervenção, devido às dificuldades de monitoramento. Assim informar, regulamentar, impor regras compulsórias, financiar e produzir diretamente são intervenções de grau crescente e devem ser usadas de forma combinada de acordo com o requerido em cada situação.

O estudo aprofundado de situações específicas é necessário para uma correta combinação dos instrumentos de intervenção, cabendo aqui oferecer uma discussão genérica que combina a idéia de três grandes domínios de serviços de reciclagem, com a idéia do descasamento de oferta, demanda e necessidade. As falhas de mercado conduzem a sugestão de que as políticas públicas devem simultaneamente identificar o primeiro e o segundo aspecto da questão.

Entre os cinco tipos de intervenção as políticas de informação são as menos intrusivas, pois não impõem aos agentes privados que mudem suas ações. A mudança no comportamento de produtores ou consumidores resultante da disseminação de informação decorre de ação voluntária e auto-interessada. Ao regulamentar uma atividade, serviço ou produto o governo determina aos agentes privados como eles deverão executar uma atividade. A regulamentação está sempre associada a uma lei e um conjunto de regulamentos e é exercida por uma agência administrativa que a executa. No caso das normas técnicas elas são estabelecidas pela ABNT. A adesão a uma norma técnica é um processo voluntário, diferente da adesão ao sistema de pesos e medidas que temos no Brasil, que é exercido pelo INMETRO. Enquanto as consequências de não adesão ao primeiro tipo têm efeito sobre a reputação e confiabilidade de um produto ou serviço, no segundo caso trata-se de uma infração ao código do consumidor. No primeiro as empresas têm de se adequar por uma imposição da competição no mercado, no segundo é compulsório à firma vender produtos conforme anunciado. Quando o governo subsidia, impõem sobretaxas ou financia a produção de certos produtos ou serviços está transferindo recursos de outras partes da sociedade para um mercado específico. Trata-se de um grau de intervenção maior, que só é superado pela decisão de governos de produzir diretamente.

No caso dos serviços tipicamente privados devem predominar políticas públicas de disseminação de informação e normatização. Para aqueles majoritariamente privados e de alto custo pode ser necessário, além das políticas anteriores, que se imponha regulamentação obrigatória, como no caso da concessão de licenças de funcionamento quando a atividade produtiva está associada à emissão de efluentes, ou nos requisitos mínimos de segurança quando se manuseia materiais perigosos. Quando os custos dos sistemas de tratamento e proteção são elevados, a ponto de inviabilizar uma atividade, é o caso de se analisar os custos e benefícios de uma política de subsídios.

Embora os benefícios dos serviços de reciclagem e reutilização sejam em grande parte apropriados por agentes privados, a justificativa para uma política de subsídios deve estar baseada na identificação e avaliação de externalidades positivas. Quando é possível realizar uma análise de custo-benefício a decisão sobre montante de recursos a ser despendido em

subsídios, deve pautar-se na idéia de que os benefícios de manter a atividade produtiva subsidiada superam os custos de eliminá-la.

No caso dos bens predominantemente públicos os governos têm como opções a contratação de empresas privadas ou a produção direta. Essa última pode ser feita por administração direta ou através de empresa estatal. Tanto na contratação dos serviços como na produção direta o governo tem maior poder de aplicar regulamentações compulsórias e exigir que as melhores normas técnicas disponíveis na produção dos serviços sejam adotadas.

A diferença crucial entre contratação e produção direta é que o governo assume o papel de prestador do serviço, mas mantém as funções de regulador. Como as funções do regulador e do regulamentado são muitas vezes conflitantes, a sobreposição das atribuições no âmbito do próprio governo tende para as soluções em que os objetivos de política pública se subordinam aos interesses próprios do órgão produtor. Essa situação tende a ocorrer mesmo que executada por órgãos diferentes. O resultado é a que regulamentação compulsória torna-se instrumento de política pública subestimado. Como linha geral de resposta a como combinar os diversos instrumentos de políticas públicas numa política de reciclagem e reutilização tem-se quatro máximas:

"Onde basta informar o mercado, não é necessário criar uma estrutura de regulamentação voluntária."

"Onde basta a regulamentação voluntária não se deve criar uma estrutura detalhada de controle e regulamentação compulsória."

"Onde basta impor controles específicos não é preciso subsidiar".

"Onde basta subsidiar ou contratar serviços de produtores privados não é necessário criar uma estrutura governamental de produção."

Essas máximas servem como orientação geral, mas não dão conta de toda a questão, pois para se apresentar uma política pública coerente os instrumentos devem ser combinados levando-se em consideração os custos de utilização de cada instrumento e os efeitos que eles podem produzir isoladamente ou empregados em conjunto. Uma vez definidos os recursos totais do programa as prioridades de gasto devem seguir o princípio do custo-eficácia, esgotando o recurso com as intervenções mais eficazes. Nesse contexto é importante identificar os principais agentes que operam na prestação de serviços de reciclagem e reutilização, permitindo exemplificar como instrumentos de política atuam na correção das falhas de mercado.

4. Políticas Públicas e o Papel dos Agentes Setoriais

O primeiro tipo de agente é o provedor de serviços de reciclagem, que pode ser uma firma especializada - privada ou pública -, ou uma divisão de uma firma que tem a reciclagem como co-produto. Além da firma produtora de serviços existem também aquelas firmas especializadas no comércio de resíduos, intermediando as transações entre produtores de resíduos e firmas de serviços de reciclagem. Também as firmas de comércio de produtos reciclados ou reutilizados atuam na ligação das firmas de serviços com os consumidores.

As firmas de serviços de reciclagem requerem por um lado, mão-de-obra e equipamentos especializados, e por outro serviços de consultoria ambiental, legais e de

natureza técnica. Cabe aos laboratórios de análises a prestação de serviços de natureza técnica que fazem a caracterização dos resíduos e os testes necessários para a certificação de que o produto reciclado tenha as propriedades compatíveis com a dos produtos correspondentes. Os consultores ambientais e legais oferecem a avaliação das condições de produção do serviço e dos parâmetros legais envolvidos na legislação ambiental e outras regulamentações voluntárias e compulsórias.

O último conjunto de agentes é o de consumidores de serviços de reciclagem e reutilização, sejam eles consumidores finais ou firmas produtoras. Empregando a mesma idéia discutida acima pode-se distinguir o consumidor potencial do consumidor efetivo, sendo potenciais consumidores todos aqueles que consideram o bem reciclado em suas escolhas, enquanto apenas os consumidores efetivos apresentam disposição a pagar pelos serviços. Às dificuldades de expressar tal disposição a pagar num mercado através dos mecanismos de preços convencionais chamou-se de diferença entre necessidades e demanda, elas podem ser decorrentes da inexistência de fluxo de comércio organizado dos produtos ou de outras falhas na cadeia de comercialização. Por exemplo, é possível que existam produtores potenciais dispostos a atender a demanda pelos serviços a dada disposição a pagar, porém a rede de comercialização não capta corretamente a demanda, não transmitindo o sinal correto sobre a aos produtores de serviços.

O papel dos laboratórios na análise e divulgação das qualidades adequadas de um produto reciclado é suprir as falhas de informação que afetam as decisões dos ofertantes bem como dos consumidores. Muitas vezes realizar os testes necessários para estabelecer um determinado padrão é tipicamente prover um bem público, pois nenhuma empresa estaria disposta a arcar com os custos se todas puderem se beneficiar dos resultados. Nesse caso as agências governamentais que exercem regulamentação de um ramo de atividade, ou mesmo uma associação de produtores pode requisitar a realização dos mesmos. Trata-se, porém de uma ação coletiva não inerente ao processo competitivo de mercado.

O processo competitivo de mercado também pode ser afetado pela existência de empresas com elevado poder de monopólio. Em mercados concentrados e com baixo grau de competição entre as empresas, tal acomodação pode levar se menosprezar a importância de exploração de co-produtos, pois sendo as margens sobre os custos elevadas as empresas não avaliam como compensador os novos investimentos que exploram a reciclagem e reutilização.

Outra circunstância está presente nos mecanismos de planejamento em empresas estatais e erros de cálculo na contratação de serviços públicos. Como os instrumentos de controle por parte do governo são genéricos as metas de expansão de empresas estatais podem ser irrealistas, correspondendo mais aos objetivos da própria administração que as necessidades de mercado. Como resultante pode ocorrer a uma oferta de bens públicos que supera as necessidades.

É necessário avançar as questões mais relevantes para o sucesso de uma política de reciclagem e reutilização de âmbito nacional, isto é, como se articulam as diferentes esferas de governo para garantir o sucesso de uma política. Um argumento em favor de uma política nacional é a elevada dimensão de mercado necessária para garantir a viabilidade da reciclagem e reutilização, que a rigor, faz parte de uma Política Nacional de Meio Ambiente. Nesse sistema cabe aos estados, entre outras atribuições de natureza ambiental, o controle da poluição e o licenciamento de atividades potencialmente causadoras de degradação ambiental, recaiando para a esfera federal o controle e licenciamento de atividades de interesse interestaduais. É através do exercício do controle da poluição, estabelecendo-se padrões de emissão de poluentes, e do fornecimento de licenças de funcionamento que as agências ambientais exercem o papel de órgãos reguladores do meio ambiente, tendo atribuições

essenciais para o sucesso de uma política de reciclagem e reutilização. Para isso dispões de três instrumentos básicos de controle: a) os estudos e relatórios de impacto ambiental EIA/RIMA; b) as licenças de funcionamento e c) a fiscalização das emissões de poluentes.

Os EIA/RIMAs aplicam-se a novos projetos ou a expansão de projetos já existentes, e apresentam um espaço importante para o desenvolvimento da reciclagem e reutilização, bastando para isso que uma abordagem físico - econômica seja empregada. O segundo instrumento é a licença de funcionamento, que pode ser aplicada inclusive a plantas que já operavam antes da própria legislação ambiental. A concessão de licenças não depende apenas do projeto em si, mas das condições do meio ambiente em que ele estará instalado. Desse modo a agência pode impor compromissos mais ou menos rigorosos de padrões de lançamentos de diferentes poluentes, bem como, procurar apontar alternativas para reuso, reciclagem e disposição. O terceiro instrumento de controle é a ação fiscalizadora, que pode impor diversas sanções como multas, interrupção da produção, suspensão temporária das atividades e até cassação da licença e conseqüente fechamento da empresa.

A esses instrumentos de controle a legislação brasileira vem acrescentando nos últimos anos um novo conjunto de instrumentos econômicos genericamente associados aos princípios do poluidor-pagador e consumidor-pagador. Entre eles encontram-se os Royalties de Compensação Financeira pela utilização de recursos hídricos para fins de geração de energia elétrica, Royalties de Compensação Financeira pela utilização de recursos minerais, compensações financeiras para municípios inundados por barragens, compensações financeiras para exploração de recursos florestais, e ainda em implementação a cobrança pelo uso dos recursos hídricos. Essa parece ser uma tendência na regulamentação do uso dos recursos ambientais, pois a cada dia fica mais óbvio que um meio de contrabalançar as limitações do meio ambiente é usar mecanismos de mercado, ou seja, é explicitar os serviços prestados pelos setor ambiental e definir direitos de acesso a esses serviços. Esse tipo de pagamento pelo direito de uso de recursos naturais têm sido implantado através de licenças negociáveis que constituem-se num incentivo econômico à preservação dos recursos, mas ao contrário das tarifas e impostos por poluição, podem funcionar de maneira mais descentralizada, pois a partir da concessão de licenças iniciais mediante licitação pública os direitos de uso de determinado serviço do setor ambiental poderão ser transferidos entre diversos usuários.

Os instrumentos econômicos são formas poderosas de sinalizar os valor dos serviços do setor ambiental, e ainda têm grande potencial para desenvolvimento no Brasil, e portanto, a implantação de uma Política de Reciclagem e Reutilização poderá em muito se beneficiar dessa fonte de recursos. Porém não se pode aceitar que todos os recursos advindos da cobrança dos serviços do setor ambiental se constituam em fundos específicos para financiar tal política. O conjunto das ações de uma política pública de reciclagem deve ser visto como um programa de intervenção governamental entre outros e como tal deve disputar recursos orçamentários segundo uma estrutura de prioridades. Os princípios de gestão orçamentária e as finanças públicas condenam a criação de receitas vinculadas a despesas específicas. Por que? Porque a vinculação de receitas as despesas específicas limita a função do orçamento como instrumento de definição de prioridades políticas.

Assim, enquanto a proposição de políticas públicas para a reciclagem e reutilização pode servir para se explicitar valores de serviços do setor ambiental hoje subestimados, permitindo a introdução de novos sistemas de cobrança pelo uso dos recursos naturais, não se pode defender que as ações dessa política dependam dessa fonte. Contudo, tais recursos podem compor um ou vários fundos que permitiriam financiar ações de política ambiental em geral.

Ações voltadas a informação das potenciais utilizações, tecnologias etc. são tipicamente bens públicos e devem ser financiadas por recursos genéricos. A regulamentação já é atribuição das agências ambientais estaduais e federal, e a ampliação das políticas a favor reciclagem e reutilização é uma entre as várias atribuições do controle ambiental devendo, portanto ser financiadas da mesma forma.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Banco Mundial (1994).** Relatório de Desenvolvimento Mundial: Investindo em Infra-estrutura. **Banco Mundial. Washington, D.C.**
- Eggertsson, T. (1990).** Economic Behavior and Institutions. **Cambridge University Press. Cambridge - U.K.**
- Faber, M., Niemes, H. & Stephan, G. (1995).** Entropy, Environment and Resources: an essay in Physico-Economics. **Second Edition. Springer-Verlag. Berlin.**
- Field, B. (1994).** Environmental Economics: an introduction. **McGraw-Hill Inc. New York.**
- Georgescu-Roegen, N. (1971).** The Entropy Law and the Economic Process. **Harvard Economic Press. Cambridge/Mass.**
- Musgrove, P. (1995).** "Mismatch of need, demand and supply of services; picturing different ways health systems can go wrong". World Bank Human Capital Development and Operations Policy Working Papers, no. 59. **World Bank. Whashington.**
- Musgrove, P. (1996).** " Public and Private Roles in Health: theory and financing patterns". World Bank Discussion Papers;no. 339. **World Bank. Washington.**

PROGRAMA "RECICLA SÃO PAULO"

Considerando os pressupostos apontados pela atual diretoria do sistema FIESP/CIESP de priorizar ações que resultem:

- no atendimento eficiente e eficaz ao associado;
- na otimização de competências e na racionalização de recursos disponíveis;
- no aumento significativo da representatividade institucional e da capacidade de articulação; e
- na busca de soluções positivas para o setor industrial do Estado de São Paulo.

Considerando indispensável, frente aos novos cenários e desafios que se fazem presentes no processo de inserção do País numa economia globalizada, extremamente competitiva, concentrar esforços em projetos:

- que proporcionem, efetivamente, a superação dos problemas relacionados aos impactos ambientais; e
- que contribuam para conduzir a indústria paulista ao atendimento das exigências impostas pela legislação ambiental, tornando-a apta e fortalecida para o enfrentamento das barreiras comerciais ambientais e para a conquista de novos mercados.

Considerando a finitude dos insumos materiais e energéticos disponíveis, caracterizados como matéria-prima e energia para a transformação industrial, e a inexistência de políticas conseqüentes de gerenciamento dos recursos naturais, renováveis e não renováveis e dos resíduos em qualquer estado da matéria, gerados pela atividade humana.

O Departamento de Meio Ambiente e Desenvolvimento Sustentável do sistema FIESP/CIESP, em consonância com o PBR - Programa Brasileiro de Reciclagem, propõe o **Programa "Recicla São Paulo"** com o **objetivo** de:

Articular os agentes envolvidos nas questões relativas à **gestão integrada dos resíduos**, visando a busca de **propostas efetivas** para a solução dos problemas ambientais e econômicos a eles inerentes, através da aplicação dos princípios do **desenvolvimento sustentado**, do estabelecimento de **novos conceitos de produção e consumo** e no uso da **educação ambiental**, com conseqüente geração de novas alternativas e oportunidades de negócios, associadas à **preservação e/ou utilização racional dos recursos naturais** e à **reciclagem dos resíduos**.

JUSTIFICATIVA

A destinação inadequada, de mais da metade, dos resíduos sólidos gerados no Estado de São Paulo tem criado graves riscos à saúde pública e ao meio ambiente. Esta situação é mais crítica nas regiões de intensa conurbação, como é o caso das regiões Metropolitanas de São Paulo, da Baixada Santista e Campinas.

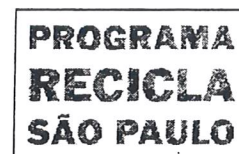
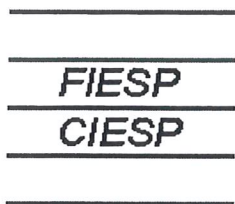
Conforme dados divulgados pela Secretaria do Meio Ambiente/CETESB em 1997, os 645 municípios do Estado produzem cerca de 18.000 t/dia de lixo doméstico, das quais aproximadamente 5.000 são lançadas em lixões, e uma grande parte das restantes são dispostas em aterros sanitários precários, ou processadas em ineficientes usinas de compostagem.

Por outro lado, segundo as mesmas estatísticas mencionadas acima, a atividade industrial gera mais de 100.000 t/dia de resíduos, das quais cerca de 3.000 enquadram-se na Classe I, ou seja, são perigosos, sendo que boa parte deles está tendo uma destinação inadequada, seja em lixões ou em estocagem; mesmo a situação dos resíduos industriais Classe II (não-perigosos e não-inertes) que representam 94% do total, não pode ser admitida como satisfatória, dado que mais de 30% ou está estocada, ou está sendo direcionada para lixões ou rede de esgotos. Mais de 80% dos resíduos sólidos industriais são gerados pelas indústrias metalúrgicas, papel e papelão, transportes e químicas.

Os problemas ambientais e sanitários, derivados da má destinação dos resíduos sólidos resultantes das atividades de saúde, de transporte e agrícolas, entre outras, produzindo, respectivamente, cerca de 250 t/dia, 80 t/dia só no Porto de Santos, e 100.000 t/dia só na agroindústria do açúcar e do álcool, não são menos preocupantes.

No caso do lixo essa situação tende a se agravar pois somente a médio prazo, superior à 2 anos, as instalações de tratamento e/ou disposição final estariam viabilizadas, face aos entraves burocráticos, políticos e financeiros.

Outro ponto relevante, conforme consta do trabalho **A Gestão dos Resíduos Sólidos em São Paulo e o Desafio do Desenvolvimento Sustentável** (Penteado e Guimarães, CETESB/1996) "está relacionado com as áreas de descarga de resíduos. É de se supor que grande parte delas venha a ser considerada contaminada. Dos dados disponíveis na CETESB, pode-se afirmar que pelo menos 4.000 áreas são suspeitas de estarem contaminadas (800 áreas industriais abandonadas, 116 áreas de depósito de resíduos, 1.500 áreas industriais em uso e 2.000 áreas de tancagem).



Dessas, em aproximadamente 150 já se comprovou alto nível de contaminação. Os principais casos relatados estão correlacionados com contaminação devida a mercúrio, chumbo, solventes halogenados, gasolina, hexaclorociclohexana e hexaclorobenzeno".

Por outro lado, cada vez mais na comunidade industrial passam os resíduos sólidos a ter relevância econômica a tal ponto que determinadas empresas já o consideram como parte de seus ativos.

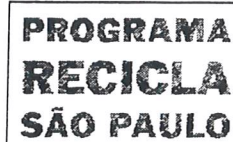
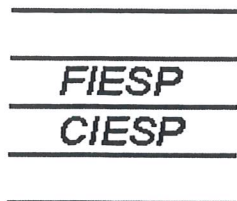
Isso ocorre tanto pela necessidade da transformação de resíduos em novos produtos, ampliando desta forma os limites do crescimento econômico, como pelo novo perfil ambientalmente correto da demanda mundial.

O mercado de resíduos sólidos industriais em São Paulo está se organizando em bases e procedimentos que apenas tangenciam os verdadeiros interesses empresariais e ambientais pelos seguintes motivos:

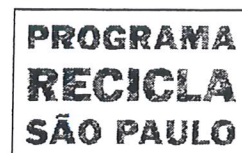
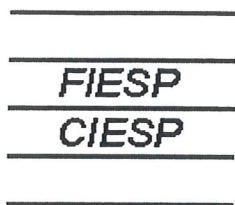
- as informações do mercado são dispersas e pouco confiáveis pela ausência de mecanismos ágeis e integradores;
- os negócios são acanhados em relação ao mercado potencial que poderá girar em torno de R\$ 5 bilhões/ano.
- as economias representam apenas 20% do potencial de reciclagem, cuja perspectiva de ganho indicam R\$ 852 milhões;
- o comportamento da demanda está mudando para exigir produtos ambientalmente corretos;
- O descarte de excedentes industriais não tem acompanhado a sofisticação de tecnologia industrial.

Finalmente ressalte-se a plena vigência da Lei nº 9.605, de 12/02/98, que "Dispõe sobre as sanções penais e administrativas derivadas de condutas e atividades lesivas ao meio ambiente, e dá outras providências", que impõe uma nova dimensão na problemática ambiental, responsabilizando administrativa, civil e penalmente pessoas físicas e jurídicas pela prática de crime ambiental.

Assim sendo urge, no que diz respeito ao segmento industrial, uma ação integrada do sistema FIESP/CIESP na rápida busca de soluções para a problemática dos resíduos sólidos industriais, não só aumentando a performance ambiental do empresariado paulista, através de alternativas que minimizem custos e maximizem benefícios, como também utilizando instrumentos de mercado, que contribuam para ampliar a eficiência do processo produtivo e para gerar novos negócios e oportunidades, com conseqüente desenvolvimento do mercado de trabalho.



O **PROGRAMA "RECICLA SÃO PAULO"** nesta sua primeira fase estará preliminarmente estruturado na forma de cinco projetos prioritários, cada qual a ser desenvolvido em conjunto com parceiros vocacionados para cada tema específico e qualificados técnica e institucionalmente, buscando de forma intensiva a participação de toda a sociedade organizada. Os projetos acima referidos são:



PROJETO 1

"INVENTÁRIO DOS RESÍDUOS SÓLIDOS NO ESTADO DE SÃO PAULO"

Objetivo

Levantamento dos resíduos sólidos gerados pela atividade industrial, inclusive de seu atual destino, caracterizando-os segundo as normas e legislação vigentes, e classificando-os por região e/ou bacia hidrográfica do Estado, por setor industrial, pelo porte da empresa, e/ou por outros parâmetros que sinalizem a possibilidade de sua reinserção na cadeia produtiva ou simples reaproveitamento.

METAS

- 1) Desenhar e organizar sistema de Banco de Dados para armazenamento do inventário, proporcionando sua maior interatividade possível como os demais projetos do programa.

Produto: Sistema Disponibilizado

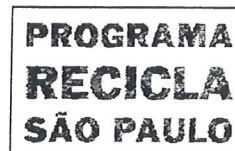
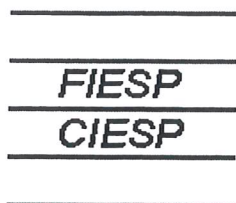
- 2) Acompanhar, e acelerar, se for o caso, a atualização do Inventário de resíduos sólidos industriais perigosos da Região Metropolitana de São Paulo, que está sendo realizada pelo consórcio CH2M HILL/PROEMA, em associação com a FIESP/CIESP e a CETESB.

Produto: Relatório Final

- 3) Realizar com o apoio de organismos patrocinadores, a atualização do Inventário da CETESB de resíduos sólidos industriais das regiões do litoral e do interior do Estado e dos não perigosos e inertes da Região Metropolitana de São Paulo.

Produto: Relatório Final do Inventário

- 4) Promover junto às Diretorias Regionais do CIESP, com apoio do SEBRAE o levantamento dos resíduos sólidos gerados pelas atividades industriais não enquadradas no Art. 2º da Resolução nº 6/88 do CONAMA, quais sejam:



indústrias metalúrgicas com menos de 100 (cem) empregados, indústrias químicas com menos de 50 (cinquenta) empregados, e indústrias de qualquer tipo com menos de 500 (quinhentos) empregados.

Produto: Relatório do Levantamento

PARCEIROS

- Secretaria da Ciência, Tecnologia e Desenvolvimento Econômico do Estado de São Paulo – **SCTDE**
- Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo S/A – **IPT**
- Secretaria do Meio Ambiente do Estado de São Paulo – **SMA**
- Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental – **CETESB**
- Serviço Brasileiro de Apoio à Micro e Pequena Empresa - **SEBRAE**
- Empresas e Instituições interessadas e/ou atuantes nesse segmento
- Sindicatos Patronais
- Diretorias Distritais e Regionais do Centro das Indústrias do Estado de São Paulo - **CIESP**
- Faculdade de Engenharia Industrial - **FEI/FCA**
- Escola Politécnica da Universidade de São Paulo - **Poli USP**

FIESP
CIESP

PROGRAMA
RECICLA
SÃO PAULO

PROJETO 2

“PLANO DIRETOR DE LOCALIZAÇÃO DE EMPREENDIMENTOS DE TRATAMENTO E DISPOSIÇÃO DE RESÍDUOS E EFLUENTES INDUSTRIAIS E DOMÉSTICOS”

OBJETIVO

Com base nas informações obtidas através do inventário, na análise dos dados técnicos disponíveis, na avaliação da legislação ambiental pertinente, nas considerações e aprovações competentes (SMA, CETESB, CONSEMA, entre outros) e considerando os aspectos logísticos e econômicos, propor a adoção de um plano definitivo de localização de empreendimentos de disposição e tratamento de resíduos e efluentes industriais e domésticos no território paulista, evitando processos morosos e desgastantes de aprovação caso a caso, racionalizando e aportando competência existente na estrutura científica e tecnológica do Estado de São Paulo (IPT, Escola Politécnica da USP, CETESB, FEI, entre outras), bem como em parceria com empresas atuantes nesse segmento.

METAS

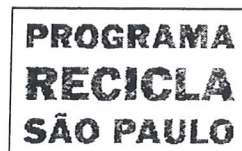
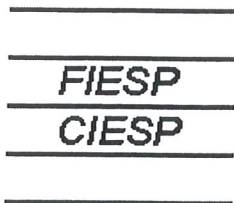
- 1) Identificar, com base nos dados inventariados, a distribuição espacial e avaliação dos empreendimentos já instalados, a tecnologia de tratamento em uso e alternativas potenciais, capacidade de disposição e tratamento, possível prolongamento da vida útil e otimização do uso.

Produto: Relatório Técnico

- 2) Identificar, considerando a malha hidro-rodo-ferroviária, as áreas de concentração industrial e/ou passíveis de adensamento industrial, as áreas ambientalmente protegidas, as condições físico-territoriais (geologia, hidrografia, meteorologia, topografia, entre outras), as localidades passíveis para implementação de empreendimentos de disposição e tratamento.

Produto: Relatório Técnico, Carta Geotécnica, Geo-Sensoriamento

- 3) Articular os agentes regionais envolvidos, através das Diretorias Regionais do CIESP, propondo ação consorciada para uma gestão sistêmica, racional e



integrada, dos problemas resultantes dos processos de geração, coleta, transporte, disposição e tratamento de resíduos sólidos.

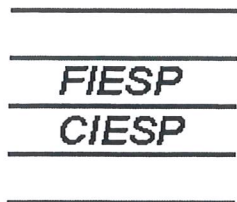
Produto: Modelo Regional de Gestão Integrada e Processamento.

- 4) Compatibilizar os resultados obtidos nos produtos 1, 2 e 3 com os resultados da prospecção de tecnologias apropriadas de processamento de resíduos sólidos, de modo a estabelecer instrumentos e mecanismos para identificação mais adequada de localização e operação de empreendimentos de disposição e tratamento.

Produto: Plano Diretor de Localização para Empreendimentos de Disposição e Processamento de Resíduos Sólidos no Estado de São Paulo.

PARCEIROS

- Secretaria dos Recursos Hídricos, Saneamento e Obras do Estado de São Paulo - **SRHSO**
- Secretaria do Meio Ambiente do Estado de São Paulo - **SMA**
- Diretorias Distritais e Regionais do Centro das Indústrias do Estado de São Paulo - **CIESP**
- Secretaria da Ciência, Tecnologia e Desenvolvimento Econômico do Estado de São Paulo - **SCTDE**
- Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo S/A - **IPT**
- Prefeituras Municipais e/ou Consórcios Intermunicipais
- Empresas e Instituições atuantes no segmento e interessadas em atividade conjunta ou prestação de serviços técnicos.
- Sindicatos Patronais
- Faculdade de Engenharia Industrial - **FEI/FCA**
- Escola Politécnica da Universidade de São Paulo - **Poli USP**



PROJETO 3

“TECNOLOGIAS LIMPAS, PROSPECÇÃO, TRANSFERÊNCIA E APLICAÇÃO”

OBJETIVO

Parceria com instituições de pesquisas científicas e tecnológicas, nacionais e internacionais, na busca de alternativas tecnológicas que possam ser aplicadas ao setor industrial, principalmente aquelas associadas a reciclagem de resíduos e efluentes, assim como inventariar o impacto ambiental efetivo resultante dos processos de transformação industrial, prospectando e difundindo processos de produção apropriados, buscando, através da conscientização e treinamento superar as barreiras existentes para adoção dessas alternativas que visem a redução, ou mesmo eliminação, da geração de resíduos sólidos industriais ou sua reinserção na cadeia produtiva.

METAS

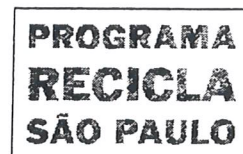
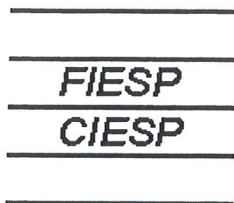
- 1) Implantar, em parceria com o DETEC, com o apoio de organismos patrocinadores, e com a assessoria técnica de organismos nacionais e internacionais de desenvolvimento e pesquisa, Banco de Dados de tecnologias existentes de redução da geração de resíduos sólidos industriais.

Produto: Banco de Dados Implantado (PROJETO ROBOT)

- 2) Desenvolver em parceria com o DETEC, estudos e pesquisas, com apoio de organismos patrocinadores, e com a assessoria técnica de organismos nacionais e internacionais, visando a redução de geração de resíduos sólidos em setores industriais considerados críticos em termos de situação ambiental.

Produtos: Relatório dos Estudos e Pesquisas Realizadas

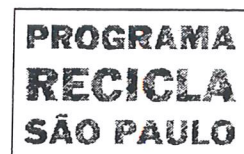
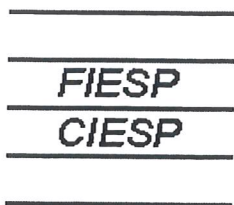
- 3) Elencar, com apoio dos Sindicatos Patronais, Associações de Empresas, e do DETEC, contando com a assessoria técnica das Universidades e Órgãos de Pesquisa e Tecnologia, as possibilidades de destino dos diferentes resíduos, ou família de resíduos, tendo em vista reduzir ou eliminar sua geração, sua reciclagem, reinserção na cadeia produtiva e/ou tratamento e/ou disposição final.



Produto: Relatório das Alternativas de Destino

PARCEIROS

- Secretaria da Ciência, Tecnologia e Desenvolvimento Econômico do Estado de São Paulo – **SCTDE**
- Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo S/A – **IPT**
- Secretaria do Meio Ambiente do Estado de São Paulo – **SMA**
- Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental – **CETESB**
- Serviço Brasileiro de Apoio à Micro e Pequena Empresa - **SEBRAE**
- Empresas e Instituições interessadas e/ou atuantes nesse segmento
- Sindicatos Patronais
- Diretorias Distritais e Regionais do Centro das Indústrias do Estado de São Paulo - **CIESP**
- Faculdade de Engenharia Industrial - **FEI/FCA**
- Escola Politécnica da Universidade de São Paulo - **Poli USP**
- Instituto Brasileiro de Informações Científicas e Tecnológicas Industriais - **IBICTI**
- Sistema de Promoção de Informação Tecnológica e Comercial - **TIPS/PNUD**



PROJETO 4

“BOLSA DE RESÍDUOS, NEGÓCIOS E OPORTUNIDADES”

OBJETIVO

Implementação de uma Bolsa de Resíduos, Negócios e Oportunidades, para promover, através de parceiros especializados, a geração de negócios, comercialização e intercâmbio entre geradores e compradores de Resíduos Industriais, bem como, promover a intermediação entre interessados em negócios e oportunidades associadas ao Meio Ambiente.

METAS

- 1) Levantar, pesquisar e avaliar os sistemas de Bolsas de Resíduos, Negócios e Oportunidades similares no País e no exterior, avaliando-se a organização, os resultados, a confiabilidade e custos.

Produto: Relatório do Levantamento

- 2) Definir em conjunto com as entidades parceiras, as estratégias a serem utilizadas na criação de uma Bolsa de Resíduos, Negócios e Oportunidades, considerando o mercado de resíduos existente; a utilização da INTERNET para o fornecimento de informações (disponibilidades e necessidades) e a realização de negócios, possibilidade de intercâmbio entre bolsas nacionais e internacionais.

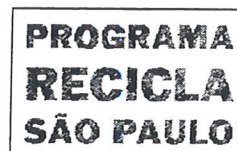
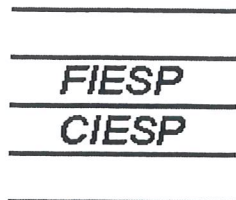
Produto: Relatório das Estratégias

- 3) Implantação da Bolsa de Resíduos, Negócios e Oportunidades

Produto: Bolsa Implantada

PARCEIROS

- Serviço Brasileiro de Apoio à Micro e Pequena Empresa – **SEBRAE**



- Sindicatos, Diretorias Regionais do Ciesp, Empresas atuantes no Segmento, Instituições Financeiras, **IPT, CETESB, SABESP**, Prefeituras Municipais.
- Secretaria do Trabalho e Emprego do Estado de São Paulo
- Sindicatos Patronais
- Diretorias Distritais e Regionais do Centro das Indústrias do Estado de São Paulo - **CIESP**
- Faculdade de Engenharia Industrial - **FEI/FCA**
- Escola Politécnica da Universidade de São Paulo - **Poli USP**

FIESP
CIESP

PROGRAMA
RECICLA
SÃO PAULO

PROJETO 5

“RESÍDUOS URBANOS - Coleta Seletiva, Reciclagem, Gestão Integrada Regional”

OBJETIVO

Aplicação dos princípios do desenvolvimento sustentável à coleta, transporte, tratamento e/ou disposição final adequada do lixo urbano, incentivando a adoção do sistema de coleta seletiva, com o aproveitamento energético e de nutrientes para a agricultura. Visa ainda, a reciclagem de insumos materiais para a produção de bens e serviços, bem como, fomentar a co-disposição de resíduos industriais em aterros sanitários municipais existentes, estimulando a previsão desta solução para futuros aterros sanitários, desenvolvendo estudos regionais, buscando prospectar áreas para futuros aterros sanitários e, a implantação de centrais de tratamento de resíduos urbanos e industriais.

METAS

- 1) Fomentar, junto às Prefeituras Municipais, com o apoio de entidades patrocinadoras, e com a assessoria técnica da Secretaria de Meio Ambiente do Governo do Estado de São Paulo, através das Diretoria Regionais do CIESP, a coleta seletiva do lixo e o aproveitamento do seu conteúdo energético e de nutrientes agrícolas, visando a reciclagem de insumos materiais e energéticos para a produção de bens e serviços.

Produto: Programa Elaborado

- 2) Fomentar, junto às Prefeituras Municipais, com o apoio da CETESB, através das Diretorias Regionais do CIESP, a co-disposição de resíduos industriais em aterros sanitários municipais existentes, bem como estimular a previsão desta solução para futuros aterros sanitários.

Produto: Relatórios dos CIESP's apresentando resultados das negociações em todos os municípios do Estado

- 3) Desenvolver através das Diretorias Regionais do CIESP, com apoio de organismos patrocinadores e assessoria técnica da Secretaria de Meio Ambiente do Estado de São Paulo, do SENAI e de entidade não governamentais, campanhas de conscientização e esclarecimento visando a adoção da coleta seletiva pelos municípios, e de mudança nos hábitos de consumo.

Produto: Campanha de Esclarecimento

- 4) Fomentar junto a Assembléia Legislativa Estadual, com o apoio do DEJUR e NAP da FIESP/CIESP, a criação da Lei dos "SECOS e MOLHADOS", coleta semi-seletiva que se processa alternando-se a coleta de lixo seco e a coleta de lixo úmido em dias alternados e com destinos distintos, iniciando um processo prático de conscientização com resultados concretos e economicamente mensuráveis.

Produto: Proposta de Projeto de Lei dos "SECOS e MOLHADOS"

PARCEIROS

- Secretaria do Meio Ambiente do Estado de São Paulo - **SMA**
- Companhia de Tecnologia e Saneamento Ambiental - **CETESB**
- Secretaria da Agricultura do Estado de São Paulo - **SAA**
- Diretorias Regionais do **CIESP**
- Empresas e Instituições Interessadas e/ou atuantes nesse segmento.
- Associação Paulista dos Municípios - **APM**
- Serviço Nacional da Indústria - Núcleo Ambiental - **SENAI**
- Sindicatos Patronais
- Diretorias Distritais e Regionais do Centro das Indústrias do Estado de São Paulo - **CIESP**

Programa Rede Zeri Paraná

Alexandre Akira Takamatsu, Biólogo e Mestre em Microbiologia do Solo, Microbiologista do Laboratório de Microbiologia (Tecpar) e Coordenador do Programa Rede Zeri Paraná.

Lúcio Renato de Fraga Bruschi, Físico e Mestre em Engenharia da Produção. Presidente da Fundação Zeri Brasil e Diretor Superintendente do IBQP – Instituto Brasileiro de Qualidade e Produtividade.

Instituto de Tecnologia do Paraná – Tecpar.

R. Prof. Algacyr M. Mader, 3775 – CIC – Curitiba PR – CEP 81310-015

Fone: 41-316-3092 Fax: 41 316-3087 e-mail: akira@tecpar.br

Introdução

O Programa Rede Zeri Paraná é um programa elaborado a partir do conceito desenvolvido por Gunter Pauli (Zeri Foundation) e é uma sigla da língua inglesa (Zero Emission Research Initiative) que traduzida para o português significa Iniciativa de Pesquisa em Emissão Zero. A Emissão Zero significa uma mudança no conceito de modelo produtivo. Deixa-se de lado o modelo linear no qual os resíduos são considerados normais, e parte-se para um sistema integrado onde tudo tem utilização e pode ser aproveitado. Esta reformulação conceitual anuncia uma nova revolução nos processos produtivos em que a indústria imita os ciclos sustentáveis da natureza ao invés de esperar que a terra produza cada vez mais. Deve-se aprender a fazer mais com o que a terra já produz. Na Emissão Zero busca-se a completa eliminação de toda a forma de resíduo / desperdício – nos processos produtivos. A utilização total das matérias primas, acompanhada do uso de energias renováveis, significa que a utilização dos recursos terrestres pode ser mantida em níveis de sustentabilidade. O programa visa estimular a expansão de economias regionais que incorporem a metodologia Zeri, capaz de promover a integração entre o desenvolvimento econômico, as estratégias de investimento empresarial, o desenvolvimento científico e tecnológico, o crescimento de oferta de emprego e o manejo ambientalmente sustentável. Este programa foi implantado pela Secretaria de Estado da Ciência e Tecnologia e Ensino Superior do Paraná, gerenciado pelo Instituto de Tecnologia do Paraná – Tecpar, em parceria com a Fundação Zeri Brasil. Procurando criar oportunidades para a prática de atividades econômicas visando o aproveitamento total das matérias primas e a formação de conglomerados industriais. O Paraná já conta com dois projetos em execução dentro desta metodologia, que contam com financiamento da Fundação Banco do Brasil e parcerias com várias instituições de ensino, pesquisa e iniciativa privada, além de outros projetos em fase de viabilização.

A Metodologia Zeri

Esta metodologia trabalha com o conceito de desenvolvimento sustentável para a satisfação das necessidades humanas de água, alimentação, energia, empregos e habitação, utilizando aplicações científicas e tecnológicas envolvendo o governo, os empresários e pesquisadores.

O Zeri iniciou seu conceito teórico das Emissões Zero em uma metodologia que pudesse ser aplicada a todos os setores produtivos. As etapas que a constituem são:

1. Modelos de Aproveitamento Total (Tabelas de Entrada-Saída)
Uma análise identifica oportunidades de minimizar entradas e maximizar saídas. O alvo é o uso total das entradas; isto é aproveitamento total.
2. Busca de Valor Agregado (Tabelas de Saída-Entrada)
Um inventário é feito de todo o “desperdício”, isto é entradas não consumidas no produto final ou em seu processo de fabricação. Uma busca ativa é iniciada para identificar as indústrias que poderiam usar saídas (resíduos), ou versões modificadas delas, como entradas.
3. Conglomerados Industriais
O Modelo de Saída-Entrada é usado para determinar as potenciais empresas candidatas a integrarem-se, de forma que os resíduos de uma possam ser utilizado como matéria prima para as outras.
4. Identificação de Avanços Tecnológicos
Iniciam-se pesquisas em novas tecnologias para situações onde o conhecimento atual não podem ainda fixar o acoplamento eficaz e econômico das saídas e das entradas.
5. Políticas Industriais
A identificação dos conglomerados e dos avanços tecnológicos necessários devem ser acompanhados por projetos de políticas governamentais apropriadas. Para agrupar setores sem tradição de trabalho em conjunto, é necessário somar esforços dos gestores do governo, indústria e universidade.
6. A Economia global da Informação
A Internet viabiliza um rápido canal de comunicação para a difusão do conceito Zeri, permitindo disponibilizar publicações e metodologias, convidando o mundo para critica-las e melhorá-las por meio de um diálogo global sobre as Emissões Zero.

Eixos do Programa Rede Zeri Paraná

Para que este programa atinja seus objetivos, o mesmo foi estruturado sob 6 eixos de atuação, onde todos estão interligados e tem a mesma importância:

- Apoio a criação e consolidação de conglomerados industriais / regionais através do aproveitamento total das matérias primas.
- Análise das oportunidades econômicas emergentes em mercados exigentes sobre o impacto ambiental da forma de produção e cultivo e onde a análise do ciclo de vida dos produtos seja requerida.
- Programa de geração de oportunidades de trabalho em função das novas atividades de negócio.
- Formação de Recursos Humanos.
- Construção de uma base de prodecimentos de análise de resíduos industriais e agrícolas para a construção e integração de matrizes Saída – Entrada.
- Programa de conscientização da população civil sobre a possibilidade de escolhas de produtos e serviços que tenham compromisso com o desenvolvimento sustentável.

Projetos do Programa em Implantação

Os projetos que são conduzidos dentro da metodologia Zeri podem ser aplicáveis tanto no contexto agroindustrial quanto no ambiente urbano. A seguir são detalhados alguns projetos que estão sendo apoiados pelo Programa:

- Implementação e Difusão de Biossistemas Integrados

Projeto sendo desenvolvido na cidade de Toledo (região oeste do Paraná), com financiamento da Fundação Banco do Brasil e parcerias locais com a Prefeitura Municipal de Toledo, Instituto Ambiental do Paraná (IAP), Frigobrás (Sadia), Unioeste, e suinocultores, utiliza o biodigestor para transformar dejetos suínos em biogás, biofertilizante, substrato para cultura de algas, cultivo de camarões e peixes. O Conceito de Biossistema Integrado é resultado de uma visão sistêmica e integrada de várias atividades rurais que embora pudessem acontecer numa mesma propriedade ou localidade não se complementavam aproveitando totalmente suas potencialidades. A suinocultura, tal como ela é praticada hoje no Brasil, é um exemplo disso. Não é incomum encontrarmos além da criação de suínos, também aves e peixes. Na realidade atual estas atividades ocorrem sem nenhuma relação entre si, e onde se geram resíduos que são altamente impactantes ao ambiente. Com a introdução do Biossistema Integrado, ocorreria uma agregação de valor e sinergia, e o tratamento de seus dejetos seria uma consequência, que ocorreria da seguinte forma: Os dejetos de suínos e aves são direcionados a um **biodigestor**, onde ocorre a sua digestão anaeróbia, diminuindo em até 60% a sua carga orgânica, mineralizando assim os nutrientes. Neste processo se obtém o **biogás**, que pode ser utilizado para substituir as necessidades de uso de gás de cozinha para o aquecimento do aviário. O efluente sólido do biodigestor pode ser utilizado como um bom **fertilizante**, sem o problema de cheiro, microrganismos patogênicos e numa forma prontamente assimilável pelas plantas. A fase líquida deste efluente vai para um **tanque de algas**, onde ocorre o desenvolvimento de algas microscópicas, que através do seu metabolismo autotrófico, aumenta a quantidade de oxigênio dissolvido, diminuindo em até 30% sua carga orgânica. Estas algas que se desenvolveram nesta fase irão para o **Tanque de peixes**, onde servirão de alimento para os mesmos, dispensando o uso de ração. Neste mesmo tanque pode ser feita a **Aquaponia**, que é uma técnica de produção de plantas terrestres em substrato líquido rico em minerais, pois neste tanque de peixes, existe uma grande quantidade, que foi mineralizada no biodigestor e no tanque de algas. A área ao redor dos tanques é ocupada com hortas e pomares. Todo este ciclo de cascata de resíduos e de geração de receita entrou em um circuito de retroalimentação em um sistema que é denominada dentro do conceito ZERI, de *Biossistema Integrado*. Isto significa que gera-se mais renda com poucos investimentos adicionais, com produção de mais alimentos e energia, mais empregos, sem matérias primas extras e sem gerar resíduo. (Figura 1)

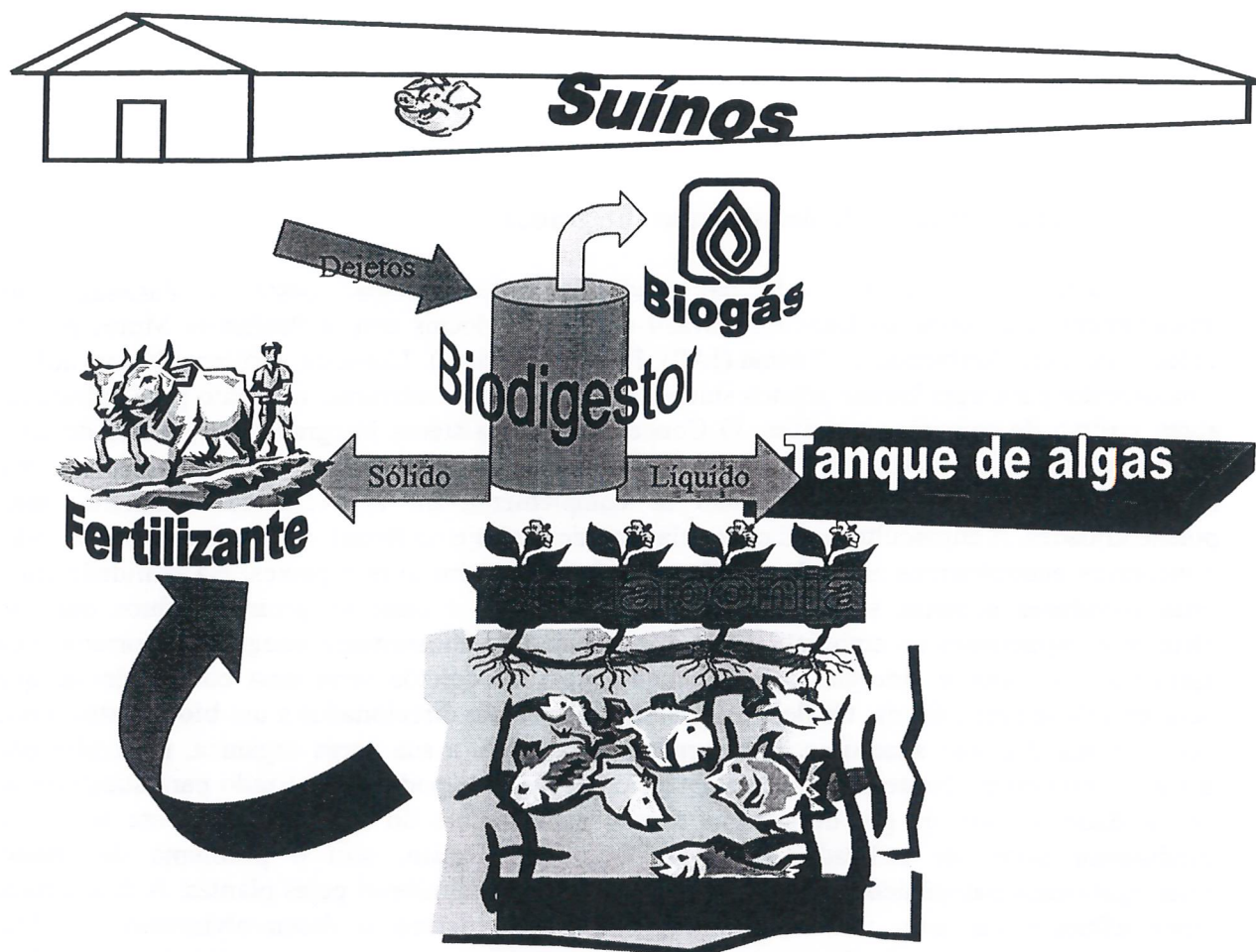


Figura 1: Esquema das conexões que ocorrem no Biosistema Integrado

- Reciclagem de Embalagens Longa Vida

Projeto sendo desenvolvido na Cidade de Curitiba, com financiamento da Fundação Banco do Brasil e parcerias locais com a Prefeitura Municipal de Curitiba através do Programa Linhão do Emprego, Instituto Pró-Cidadania e a empresa Colombiana Ambiente & Medio, visa empregar uma nova tecnologia de separação das camadas da embalagem Longa Vida (Tetrapak). A embalagem é composta por seis camadas de materiais, nas seguinte ordem: a camada externa, de polietileno, um plástico derivado do petróleo, no qual se imprimem a marca e informações gerais sobre o produto; papel cartão; papelão; polietileno de baixa densidade; alumínio; e uma última camada também de polietileno. Como não há contato com o ambiente externo na hora do envasamento, elimina-se a proliferação de microrganismos; também não ocorre a passagem da luz, uma degradadora natural dos alimentos. Mantém-se o leite, por exemplo, por até quatro meses, sem refrigeração, com características nutricionais e vitamínicas ideais, dispensando a utilização de conservantes. A grande desvantagem do uso deste tipo de embalagem refere-se à sua disposição final em aterros sanitários. O alumínio e o plástico causam um impacto alto sobre o meio ambiente – o plástico, por exemplo, leva mais de trezentos anos para se degradar. Além disso, com o descarte da embalagem, há o desperdício de matérias-primas nobres como o

alumínio e o papel cartão. Para diminuir o impacto ambiental e aproveitar economicamente o material nobre das embalagens longa vida, é realizada a reciclagem tradicional do produto, em diversos locais, como em São Paulo, na própria Tetrapak, ou na Usina de Reciclagem de Campo Magro, na Região Metropolitana de Curitiba, que recebe embalagens já separadas em fardos provenientes da coleta seletiva do lixo. O processo tradicional utiliza um liquidificador mecânico que requer o uso intensivo de energia e água; a ação mecânica exigida para o desprendimento das fibras longas da embalagem – são as fibras alongadas que dão o valor a este “lixo” – também rompe muitas delas, reduzindo a qualidade do material. Os resíduos de plástico e alumínio são usados como combustível. No caso do alumínio, pelo processo de pirólise, que apesar de ser viável economicamente, também requer alto consumo de energia. O sistema de reciclagem proposto neste projeto melhora o aproveitamento econômico das embalagens e apresenta baixo consumo de energia e a qualidade dos produtos reciclados é superior a da tecnologia tradicional, pois o material é aproveitado de forma quase integral com perda de apenas 15% nas dobras termosoldadas. Em breve nem este desperdício vai ocorrer: Os pesquisadores da Colômbia já estão desenvolvendo um sistema para aproveitamento total da embalagem. A operacionalização será feita nos moldes das usinas de Lixo que Não é Lixo, com a formação de uma cooperativa de trabalhadores, o que vai gerar 22 empregos diretos e mais de 70 indiretos, já no início do funcionamento. A cooperativa será coordenada pelo Instituto para a Cidadania (IPC). Para o futuro já se pensa em um conglomerado industrial na área da usina, formado por micro e pequenas empresas. Assim, além da venda do produto reciclado para outras indústrias, ele seria repassado para microempresas também geridas pela cooperativa de trabalhadores.

- Produção de cogumelo a partir de resíduos agrícolas

Projeto sendo desenvolvido na Cidade de Cantagalo e região e sendo conduzido em parceria com os produtores do cogumelo *Agaricus blazei murriel* “Cogumelo do Sol”, objetiva o aproveitamento de resíduos agrícolas, melhoria da renda da comunidade e manutenção destas pessoas na área rural, através da agregação de valor com a utilização das propriedades nutricionais e medicinais deste cogumelo.

- Mestrado Zeri

A proposta é realizar um programa de capacitação e pesquisa em tecnologias sustentáveis na América Latina em nível de mestrado para formar agentes usando os conceitos e a Metodologia Zeri.

- Alfabetização Ecológica

A Secretaria Municipal de Educação vai estabelecer parcerias com a sociedade para um trabalho cooperativo e solidário das comunidades escolares.

ANÁLISE DE CICLO DE VIDA DE EMBALAGENS

Eloísa García

CETEA

Centro de Tecnologia de Embalagem

ITAL/SAA

Modelo Associativo

- **Pesquisa e desenvolvimento**
- **Assistência Tecnológica**
- **Ensaaios**
- **Treinamento**
- **Consultoria**

CETEA

Centro de Tecnologia de Embalagem

PLASTICOS

VIDRO

METÁLICOS – ALUMÍNIO

AÇO

CELULÓSICOS – PAPEL

CARTÃO

PAPELÃO ONDULADO

EMBALAGEM DE DISTRIBUIÇÃO

EMBALAGEM E MEIO AMBIENTE



ANÁLISE DE CICLO DE VIDA DE PRODUTOS

- A Embalagem e o meio ambiente
- Análise de ciclo de vida - definição
- ACV e Rotulagem Ambiental
- ISO 14000 e ACV
- As 4 fases da ACV
- A experiência do CETEA em ACV

EMBALAGEM E MEIO AMBIENTE

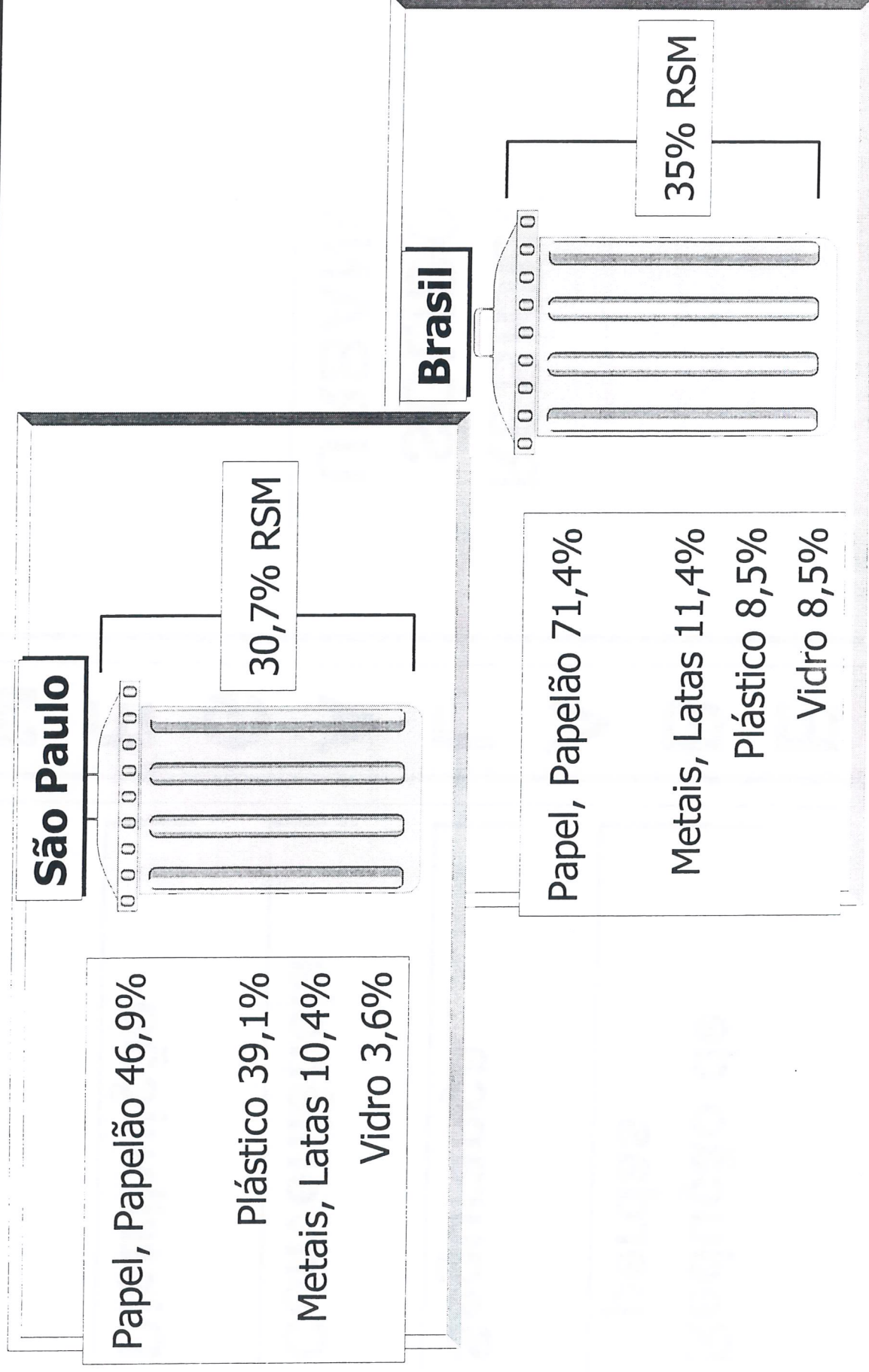
A CRISE DO RESÍDUO SÓLIDO URBANO

CONSCIENTIZAÇÃO DO CONSUMIDOR

PRESSÃO POLÍTICA

AÇÕES COMPETITIVAS

Participação da Embalagem no RSM



Fonte Lixo Municipal..., IPT/CEMPRE, 1995.

E B A L A G E M

**Redução de
perdas**

Segurança

Conveniência

Distribuição

**RESÍDUO
SÓLIDO
URBANO**

SOLUÇÃO INTEGRADA

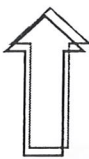
REDUZIR

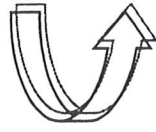
REUTILIZAR

RECICLAR

INCINERAR

ATERRO

REDUÇÃO  **4 TENDÊNCIAS**



Embalagem Pesada  **Embalagem Leve**



Embalagem Rígida  **Embalagem Flexível**

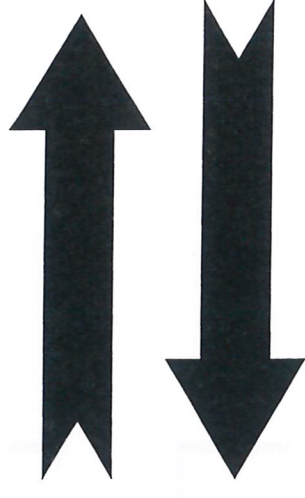


Embalagem de Grande Volume



Embalagem mais Leve -  **material**

Reutilização



Mercado de cervejas/refrigerantes

Mercado de água mineral

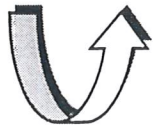
Refil ("pouch" ou "stand up pouch")

Reciclagem

PRÉ -

Consumo

PÓS -



Mecânica



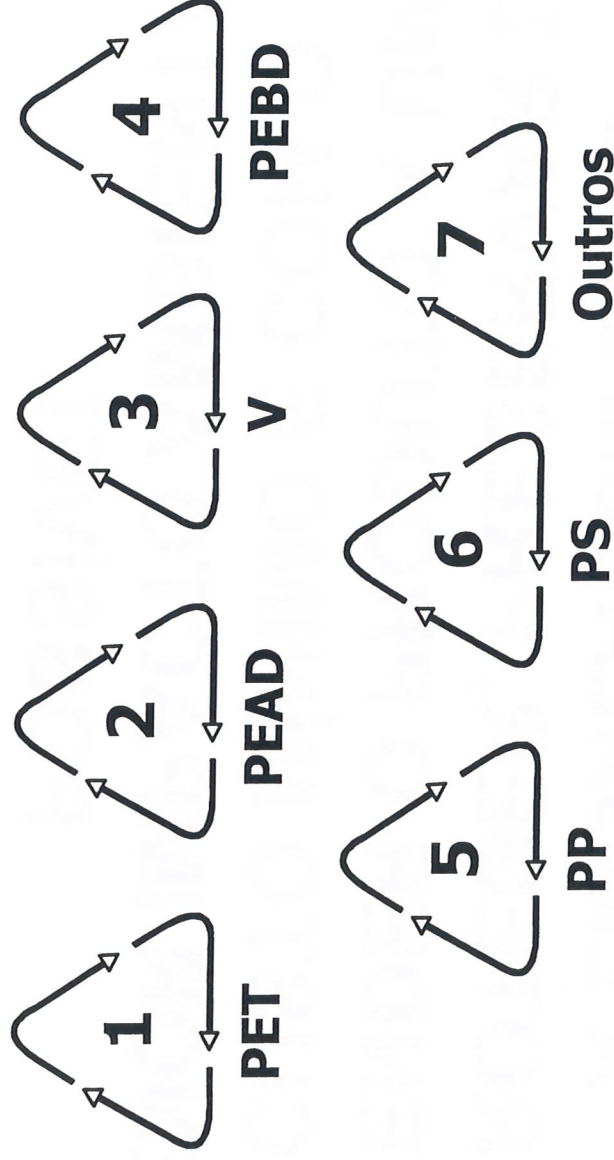
Química



Energética



Símbolos indicativos de reciclagem e identificação de materiais plásticos



- 1 - PET - Polietileno tereftalato
- 2 - PEAD - Polietileno de Alta Densidade
- 3 - V - Policloreto de Vinila
- 4 - PEBD - Polietileno de Baixa Densidade
- 5 - PP - Polipropileno
- 6 - PS - Poliestireno
- 7 - Outros

NOVO ENFOQUE

**A EMBALAGEM DEVE
PROTEGER, PRESERVAR E
VENDER O PRODUTO A UM
CUSTO MÍNIMO E COM O
MENOR IMPACTO AMBIENTAL
POSSÍVEL**

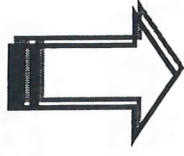
ANÁLISE DE CICLO DE VIDA

***Estudo da
Relação Produto/Meio Ambiente da
Extração da Matéria-prima até sua
Disposição Final***

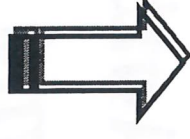
ANÁLISE DE CICLO DE VIDA

ABRANGÊNCIA

CONSUMO



EMISSÕES



ENERGIA

AR

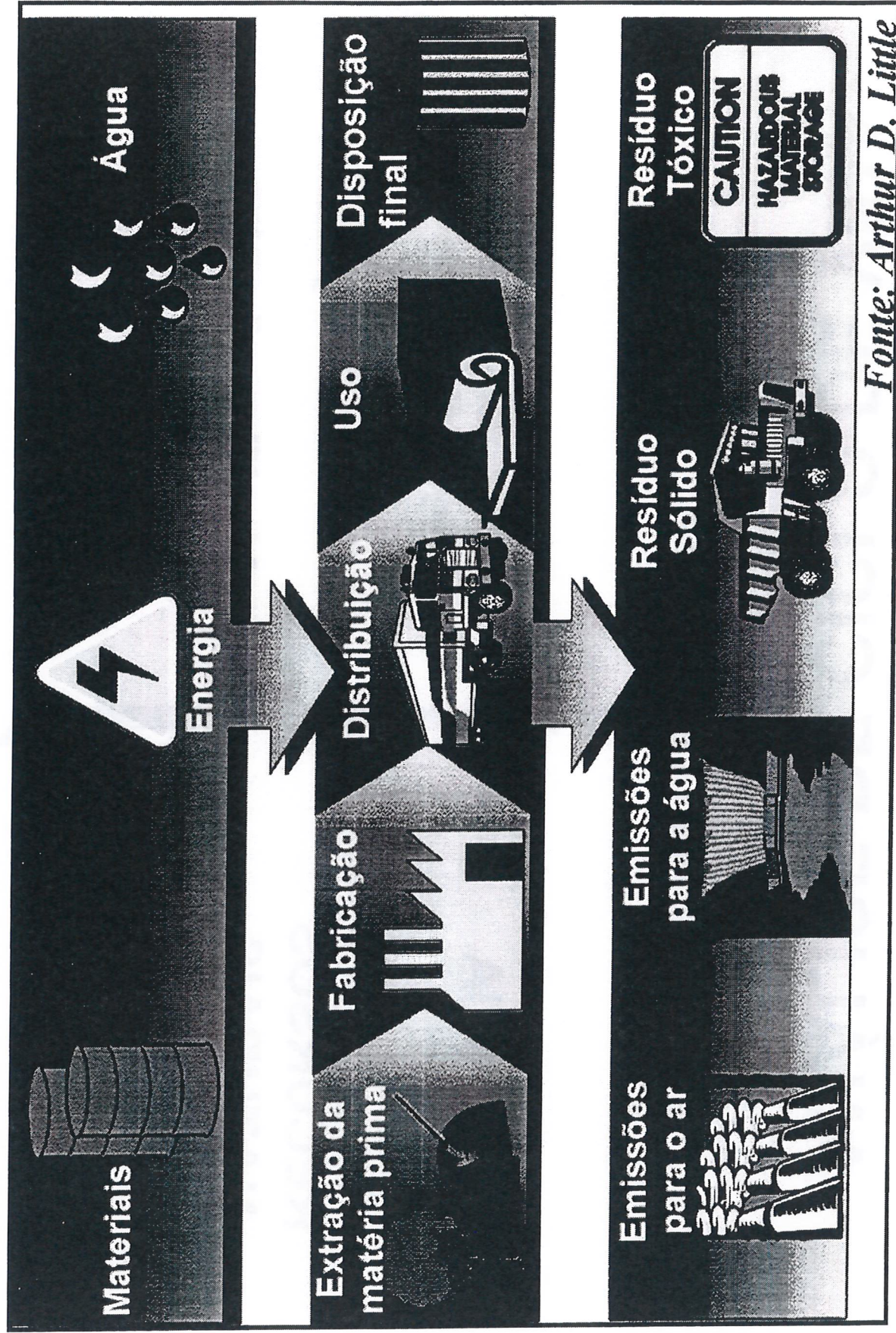
ÁGUA

ÁGUA

**RECURSOS
NATURAIS**

TERRA

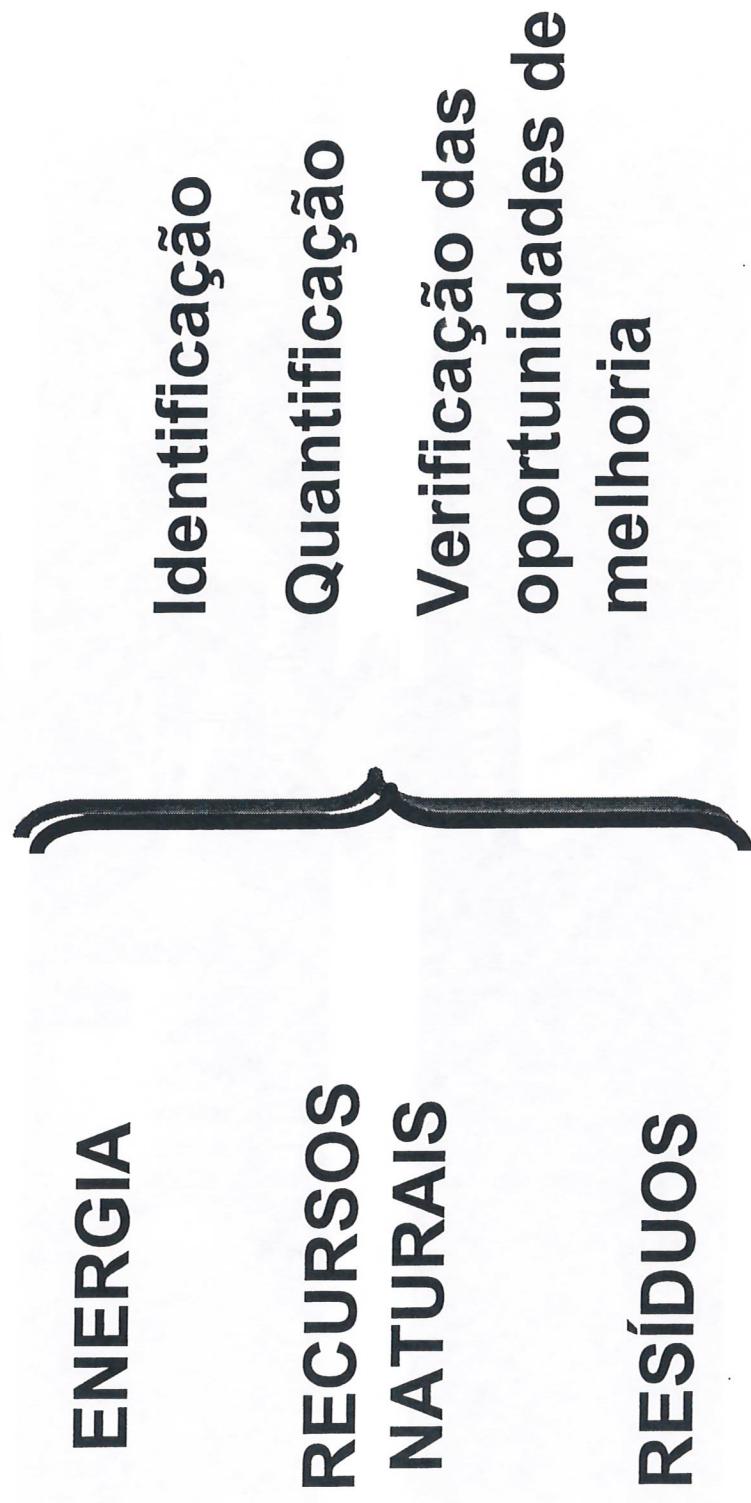
CICLO DE VIDA



Fonte: Arthur D. Little

ANÁLISE DE CICLO DE VIDA

ATIVIDADES



ISO 14000

ORGANIZAÇÃO PRODUTO

ISO 14000

ORGANIZAÇÃO

Sistema de Gestão Ambiental
Avaliação do desempenho ambiental
Auditoria ambiental

ISO 14000

PRODUTO

Rotulagem Ambiental

Análise de Ciclo de Vida

SC 3 - Rotulagem Ambiental

**ISO 14020 - Rótulos e declarações ambientais -
Princípios básicos**

**ISO 14021 - Rótulos e declarações ambientais -
Auto-declarações ambientais**

**ISO 14024 - Rótulos e declarações ambientais -
Rótulo ambiental tipo I -
Princípios e procedimentos**

**ISO 14025 - Rótulos e declarações ambientais -
Rotulagem ambiental tipo III -
Princípios e procedimentos**

SC 3 - Rotulagem Ambiental

Tipo I Selo Verde (ACV Setorial)

Tipo II Auto declaração

**Tipo III Rótulo com informações
 ambientais
 (ACV individualizada)**

SC 5 - Análise de Ciclo de Vida

ISO 14040 - Análise de Ciclo de Vida - Princípios e estrutura (1997)

ISO 14041 - Análise de Ciclo de Vida - Definição do Escopo e Análise de Inventário (1998)

ISO 14042 - Análise de Ciclo de Vida - Avaliação de Impacto

ISO 14043 - Análise de Ciclo de Vida - Interpretação

ISO 14047, 14048, 14049 - Futuros relatórios técnicos

SC 5 - Análise de Ciclo de Vida

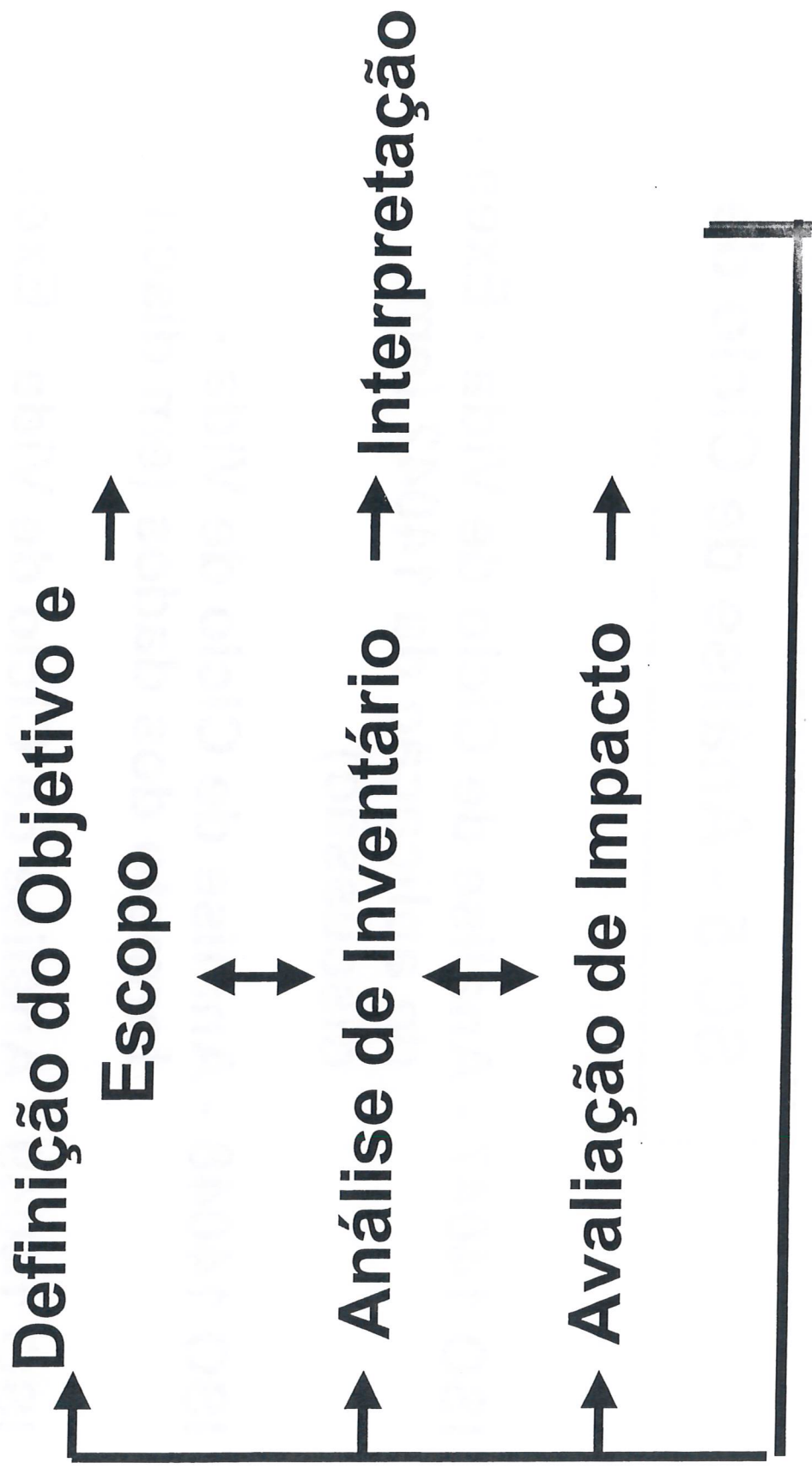
ISO 14047 - Análise de Ciclo de Vida - Exemplos de aplicação da 14042 (em discussão)

ISO 14048 - Análise de Ciclo de Vida - formato dos dados (em discussão)

ISO 14049 - Análise de Ciclo de Vida - Exemplos de aplicação da 14041 (em discussão)

ANÁLISE DE CICLO DE VIDA

ETAPAS



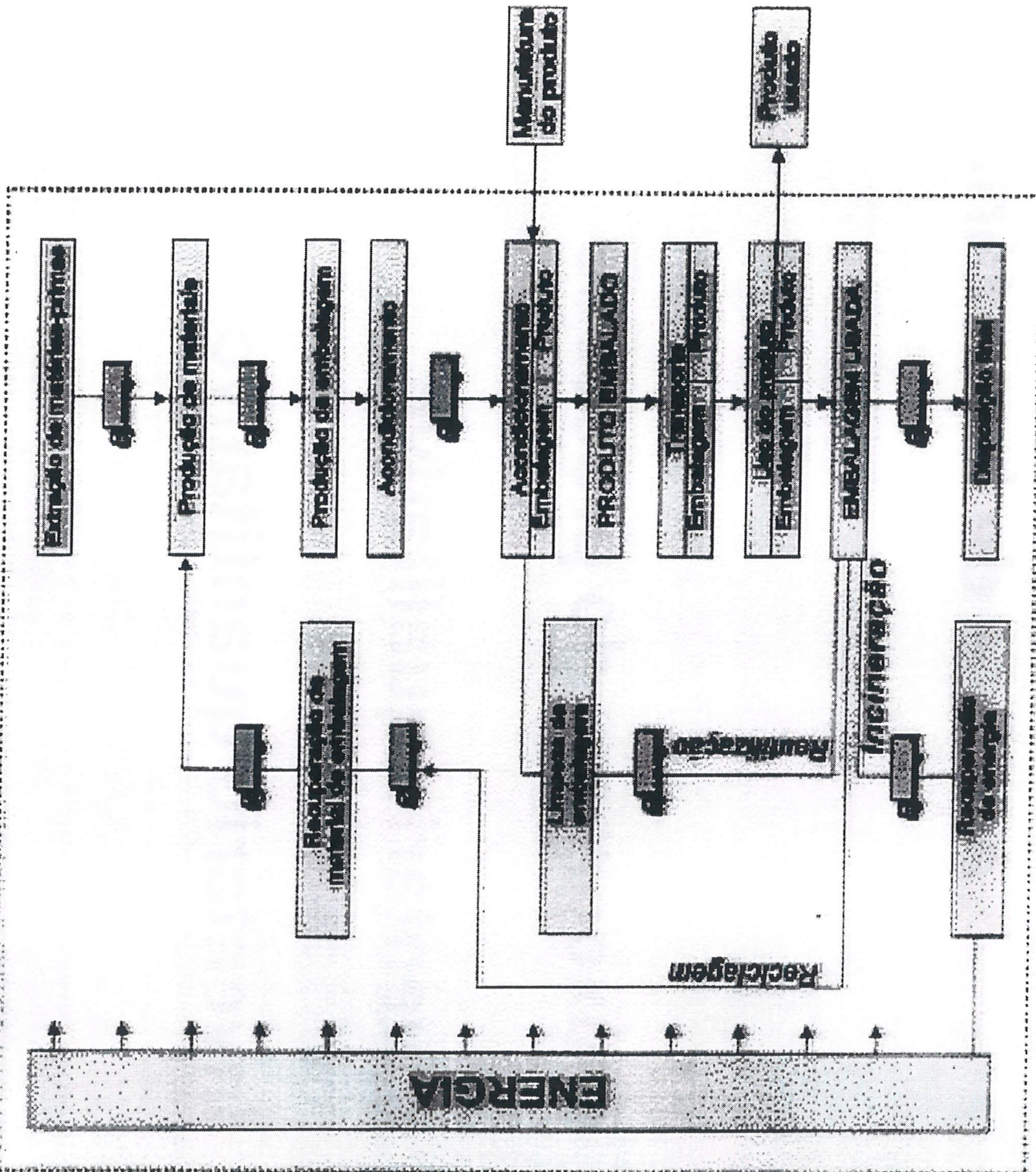
Definição do Objetivo e Escopo

- Para que e para quem
- Razões
- Uso pretendido
- Grau de detalhamento
- Categorias de Impacto
- Unidade Funcional
- Forma de divulgação dos resultados

Definição do Objetivo e Escopo

- Definição do sistema
- Fronteiras
- Metodologia
- Dados necessários
- Aproximações
- Abrangência
- (geog. e temporal)
- Critérios para avaliação da qualidade dos dados

Fronteiras do sistema



Análise de Inventário

Fluxograma do processo

Inventário qualitativo

Inventário quantitativo

Interpretação

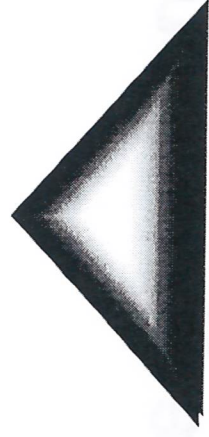
Detecção dos pontos críticos

Opções para melhoria

Análise de Contribuição

Análise de Sensibilidade

OTIMIZAÇÃO



**Máxima
Eficiência**

**Mínimo
Resíduo**

**Recursos
naturais**

Produção

Transporte

Uso

Redução

Reutilização

Reciclagem

**Recuperação
de energia**

AVALIAÇÃO DE IMPACTO

ETAPAS:

OPCIONAL

Classificação: associa o poluente a uma categoria de impacto

Caracterização: coloca em uma mesma base itens relativos a uma mesma categoria de impacto

Ponderação: relação entre as categorias de impacto para obtenção de um indicador único

ANÁLISE DE CICLO DE VIDA

Categorias de impacto

Consumo de recursos naturais

Consumo de energia

Efeito estufa

Acidificação

Nutrição/eutroficação

ANÁLISE DE CICLO DE VIDA

Categorias de impacto

Toxicidade humana

Ecotoxicidade

Consumo de espaço em aterros

Uso da terra

ETAPAS IMPORTANTES

PRODUÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA

TRANSPORTE

- Distâncias
- Consumo de combustível
- Emissões



RECICLAGEM

Logística

Tecnologia

**Tratamento de
efluentes**

Redução do RSU

Redução no consumo de petróleo

Efeito sobre o consumo de energia

Efeitos relativos ao transporte

Efeitos relativos à limpeza

ACV-LIMITAÇÕES

Regionalidade

Temporalidade

Complexidade do instrumento



ACV-LIMITAÇÕES

Regionalidade

Temporalidade

Complexidade do instrumento

BRASIL

Experiência do CETEA em ACV de Embalagens



ANÁLISE DE CICLO DE
VIDA DE EMBALAGENS
PARA O MERCADO
BRASILEIRO

FAPESP/ CONSÓRCIO
DE ASSOCIAÇÕES E
EMPRESAS

PANORAMA SOBRE A RECICLAGEM DE PLÁSTICOS NO BRASIL

Élen B. Pacheco & Carlos A. Hemais
Grupo de Gestão Tecnológica
Instituto de Macromoléculas Professora Eloisa Mano
Universidade Federal do Rio de Janeiro
Caixa Postal: 68.525 21.945-970 Rio de Janeiro, RJ
Tel. 21.562.7223 e-mail: elen@ima.ufrj.br

O Plástico

A produção em escala industrial do plástico se deu a partir de 1940 com a entrada do polietileno no mercado. Desse momento em diante, o plástico está cada vez mais presente em nossas vidas. Os materiais plásticos são amplamente utilizados na construção civil, nas indústrias automobilística, elétrica e eletrônica, em móveis e decorações, no vestuário e na diversificada indústria de embalagens. Possuem propriedades excelentes, como facilidade de transporte e processamento com menor consumo de energia e grande durabilidade. Podem ser rígidos ou flexíveis, leves, indeformáveis e de fácil manipulação. Além dessas vantagens, as embalagens plásticas apresentam boas características quanto à higiene, resistência ao ataque de insetos ou roedores e manutenção da qualidade do produto nelas contido.

As embalagens plásticas são os artefatos mais facilmente encontrados no lixo. Isso, porque esses materiais apresentam uma duração de vida útil muito pequena. Ou seja, o tempo que leva da sua fabricação, envase, utilização até seu descarte é questão de dias.

Os tipos de plásticos mais encontrados no lixo são aqueles mais utilizados na confecção dessas embalagens, que é confirmado no estudo realizado pelo Compromisso Empresarial para Reciclagem, Cempre. Na avaliação, publicada em 1999, verificou-se que os polietileno de baixa e alta densidade (LDPE e HDPE, respectivamente), o poli(tereftalato de etileno) (PET), o polipropileno (PP) e o poli(cloreto de vinila) (PVC) são os tipos de plásticos mais descartados. Esses resultados encontram-se na Tabela 1.

O plástico responde por 15% em peso na porção seca do lixo nas cidades brasileiras que apresentam coleta seletiva. Esse lixo seco é composto também por: papel, vidro, metal, tetrapack e alumínio.

Tabela 1. Composição dos plásticos, por tipo, presentes no lixo seco oriundo de coleta seletiva

Material	%
Polietileno	36
Poli(tereftalato de etileno)	21
Poli(cloreto de vinila)	13
Polipropileno	10
Outros	20

A reciclagem

As opções para a disposição final do plástico, que já foi consumido, oriundo de aglomerados urbanos são: aterro sanitário, incineração, usina de triagem e coleta seletiva. O material coletado seletivamente ou separado em uma usina de triagem poderá ser submetido à reciclagem ou à reutilização. Dentre essas opções, a reciclagem é considerada uma das alternativas mais importantes dentro do conceito de desenvolvimento sustentável definido pela Organização das Nações Unidas (ONU). O processo deve ser utilizado em dois casos:

1. quando a recuperação dos resíduos seja técnica e economicamente viável, bem como higienicamente utilizável;
2. quando as características de cada material sejam respeitadas.

A reciclagem é o resultado final de atividades intermediárias de coleta, separação e processamento, através da qual materiais pós-consumo são usados como matéria-prima na manufatura de bens, anteriormente feitos com matéria-prima virgem. O sucesso da reciclagem está diretamente ligado ao fornecimento de matéria-prima, à tecnologia de reciclagem e a um mercado diferenciado para o produto reciclado.

Os plásticos podem ser recuperados sob três formas: mecânica, química e energética. O processo de reciclagem mecânica constitui-se basicamente por lavagem, moagem, secagem e reprocessamento. O resultado da reciclagem mecânica é um artefato ou grânulos (*pellets*). Na reciclagem química o polímero é despolimerizado ou degradado a produtos de baixo peso molecular (normalmente oligômeros), porém esse último método leva a formação de subprodutos

e gasto de solvente. Na reciclagem energética, o plástico é queimado e a energia resultante da queima é utilizada.

No Brasil a reciclagem mecânica é a mais utilizada. A reciclagem química é pouco utilizada em nosso país e a reciclagem energética ainda não faz parte de nossa realidade. As reciclagens mecânica e a química parecem ser as mais interessantes pois exigem etapas anteriores ao reprocessamento propriamente dito, etapas de coleta e separação que podem gerar empregos para nossa população.

A problemática

Antes da década de 70, este material apresentava-se, no lixo urbano, em percentagens menores que 2%. Hoje, esse percentual passa para níveis de 12% em peso. A última pesquisa nacional de saneamento básico do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística data de 1989, onde foi registrado que 76% do lixo urbano é depositado a “céu aberto”. Infelizmente, esse percentual aumentou para 85%, segundo dados da Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais (Abrelpe). Somando-se, tem-se que nos últimos 10 anos a produção *per capita* de lixo nas grandes cidades aumentou de 500 gramas para 1,2 kg por dia.

O Brasil poderia estar economizando recursos através da reciclagem desse material que está sendo descartado de uma forma incorreta. Isto se torna mais grave quando se sabe que a faixa de população do país com uma renda familiar próxima ou inferior a um salário mínimo nacional (cerca de US\$ 70,00) é muito grande. Não se pode desculpar o desperdício de recursos quando parte da população do país está abaixo da linha de miséria.

O índice de reciclagem de plástico gira em torno de 12%. As empresas recicladoras de plástico mal sobrevivem no mercado em que seu produto é bitributado, não há fornecimento constante e segura de matéria-prima pós-consumo para ser reciclada e ainda não há confiança por parte da população em adquirir artefatos reciclados.

Na questão sobre reciclagem de plásticos no Brasil, deve-se analisar três pontos primordiais, que uma vez interligados resolveriam grande parte dos problemas nacionais:

1. No primeiro ponto tem-se as empresas com problemas técnicos, falta de incentivos fiscais e problemas no fornecimento de material para ser reciclado;
2. O segundo ponto tem-se as universidades, os centros de pesquisas e organizações não-governamentais (ONG), que estudam e/ou produzem trabalhos na área de gerenciamento ambiental;
3. O terceiro elo seria o governo, representado também pelas prefeituras, que enfrentam problemas relacionados com o lixo como: a falta de espaço para novos aterros sanitários, o entupimento de bueiros com lixo na época de chuvas, aumento de vetores de doenças, etc.

Os resultados do trabalho em parceria desses 3 pontos citados acima são em forma de benefícios para a sociedade, entre esses impactos positivos tem-se, a geração de empregos e melhoria nas condições de vida da população; questões primordiais para nosso país.

A situação da reciclagem no Brasil

A reciclagem no Brasil enfrenta muitos problemas e, por essa razão, ainda não deslanchou. De um modo geral, a reciclagem ainda deve resolver questões básicas, entre os mais importantes, têm-se:

1. Incentivo fiscal - a cobrança do Imposto sobre Circulação de Mercadorias e Serviços (ICMS), e o Imposto sobre Produtos Industrializados (IPI), superior no caso de produtos reciclados que é 12% contra 10% para a embalagem confeccionada a partir de matéria-prima virgem;
2. Aquisição de matéria-prima – a falta de um gerenciamento integrado do lixo no Brasil, prejudica o fornecimento de material a ser reciclado para as empresas com uma frequência necessária para a produção não parar. O fortalecimento das cooperativas de catadores também poderá melhorar esse item;
3. Qualidade do matéria-prima – normalmente a material fornecido por sucateiros ou atravessadores para as recicladoras não apresentam uma homogeneidade com relação ao tipo de plástico fornecido. A perda relacionada a quantidade de material fornecido e a quantidade do material que realmente vai ser reciclado chega em torno de 40% no caso dos recicladores que trabalham com material oriundo de “lixão”;
4. Tecnologia - algumas empresas recicladoras são atraídas a entrar no mercado pelo fato de se trabalhar com lixo, material teoricamente adquirido com custo zero, e por falta de tecnologia e conhecimento do mercado enfrentam problemas, como por exemplo, de gasto excessivo de energia, custos ligados a produção altos que podem levar ao fechamento da empresa. Muitas empresas fecham antes de completar dois anos no mercado;
5. Qualidade do material reciclado – seus produtos entram no mercado sem qualidade. Isso vem prejudicar as empresas do ramo que trabalham seriamente;
6. Mercado consolidado – deveria haver uma conscientização por parte da população na maior utilização de artefatos feitos de material reciclado.

O alcance de bons resultados nesse setor, também, depende de se investir em etapas anteriores e posteriores a reciclagem, ou seja, na coleta seletiva e no mercado para o produto reciclado. A atuação conjunta do governo, universidades, organizações não-governamentais e recicladores irá criar um incentivo para a reciclagem no país, mais indústrias entrarão no ramo, consequentemente haverá uma concorrência sadia beneficiando a sociedade.

Atuação das Universidades, ONG e Governo

Estudos estatísticos sobre recicladores são poucos, mas sabe-se que há grande concentração na região sudeste. As dificuldades em pesquisar sobre esse ramo industrial está no fato da existência de empresas, que para sobreviver no mercado, são obrigadas a viver quase na clandestinidade.

Hoje, no Brasil, são desenvolvidos muitos trabalhos na área de reciclagem e a maioria desses estudos são gerados em universidades localizadas na região sudeste. No ultimo Congresso Brasileiro de Polímeros, mais importante no campo de plásticos, realizado em 1999, foram apresentados 30 trabalhos somente em reciclagem de plásticos. A localização por região das universidades que apresentaram trabalhos nesse congresso estão na Tabela 2.

Tabela 2. Localização por região das Universidades que trabalham com reciclagem de plásticos que apresentaram trabalhos no 5º Congresso Brasileiro de Polímeros

Região	Universidade
Nordeste	• Universidade do Ceará • Universidade Federal da Paraíba
Sudeste	• Universidade de Campinas • Universidade Federal do Rio de Janeiro • Universidade Federal de São Carlos • Universidade Federal de São Carlos
Sul	• Soc. Educ. Santa Catarina • Universidade de Caxias do Sul

Essas instituições e as organizações não-governamentais podem auxiliar no desenvolvimento de tecnologias mais baratas e um mercado diferenciado para se obter um plástico reciclado de melhor qualidade dentro de uma realidade de um país ainda em desenvolvimento.

Cabe ao governo incentivar através de leis e impostos a reciclagem. Esses incentivos podem ser obtidos por projetos de lei como a redução do imposto de renda das empresas que se dedicarem à reciclagem e o decréscimo da taxa sobre produtos industrializados (IPI), incidente sobre produtos reciclados, podendo propiciar menor preço para os produtos reciclados, o que estimulará sua aquisição por parte do consumidor. Acredita-se que esse seja um dos pontos mais importantes que tornarão esse mercado competitivo.

Conclusão

O setor de reciclagem de plásticos ainda encontra-se em um estágio inicial de desenvolvimento, apesar de algumas empresas já estarem bem estruturadas e preocupadas com

qualidade. A formação de uma rede integrada composta de Universidades, Organizações não-governamentais, governo e recicladores irá melhorar muito essa área inóspita.

A reciclagem não salvará o país, mas poderá conduzir à melhoria da qualidade de vida da população com a geração de impactos positivos muito importantes para a sociedade, como:

- diminuição de doenças causadas pela proliferação de vetores contaminados pelo lixo, como febre amarela, malária, leptospirose e leishmaniose;
- geração de empregos;
- aumento da vida útil dos aterros sanitários.

Todos saem ganhando com o desenvolvimento da reciclagem principalmente as prefeituras, que irão economizar nas áreas de saúde e saneamento.

Bibliografia

Esse trabalho foi baseado nas seguintes publicações:

- L.Cerqueira & E.Freitas (2000); Saneamento Ambiental, 62, 12-24;
- Anon (1998); Bio, 6,20-26;
- Anon (1999); Cempre informa, 43, 2
- M.R.Furtado (1996); Plástico Moderno 266, 8-18;
- Informativo Abiquim: “Os plásticos e o meio ambiente”;
- E. Lobato (1991); Folha de São Paulo, 1º caderno, 10 de novembro, p.18.
- E.B.A.V.Pacheco (1993); Tese de Mestrado, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Instituto de Macromoléculas Professora Eloisa Mano, Rio de Janeiro.

Agradecimentos:

Os autores agradecem às seguintes empresas pelo fornecimento de informações que auxiliaram neste trabalho:

- LMG – Indústria e Comércio de Plásticos Ltda
 - Plastin – Indústria e Comércio de Plásticos Ltda

UTILIZAÇÃO DE PLÁSTICOS PÓS-CONSUMO NA CONSTRUÇÃO CIVIL

Élen B. Pacheco

Instituto de Macromoléculas Professora Eloisa Mano

Universidade Federal do Rio de Janeiro

Caixa Postal: 68.525 CEP. 21.945-970 Rio de Janeiro, RJ

Tel. 21.562.7223 e-mail: elen@ima.ufrj.br

Introdução

Vários tipos de plásticos vêm sendo usados por nossa sociedade, entre eles as poliolefinas, constituídas de polietilenos de baixa e alta densidade e polipropileno, são as mais descartadas. Normalmente, esses plásticos são separados por tipo para serem reciclados. Em alguns casos, há uma segregação tão minuciosa que o artefato a ser reciclado é separado pela forma em que foi processado, seja por extrusão, injeção ou sopro.

Os plásticos passam por etapas de moagem, lavagem e secagem antes de serem reprocessados. No caso de empresas que trabalham com sobras de material plástico oriundas de processamento da indústria de transformação não necessitam de etapas intermediárias de lavagem e secagem. Esse tipo de sucata industrial é a mais requisitada, porém não abastece as necessidades de todas as recuperadoras, o que as leva a buscar plásticos em aterros sanitários, “lixões”, cooperativa de catadores, entidades beneficentes, escolas, condomínios e sucateiros.

Nesses locais que funcionam como fornecedores, o plástico pós-consumo, normalmente, não é separado por tipo, com exceção de alguns sucateiros que trabalham diretamente com a separação do plástico e com a sua revenda para empresas que irão reprocessá-lo. O poli(tereftalato de etileno), PET, já é separado dos outros em cooperativa de catadores, entidades beneficentes, escolas e condomínios, pois é o que apresenta maior valor agregado entre os plásticos mais comuns.

A boa qualidade do artefato final obtido a partir de material que já foi consumido depende principalmente do desenvolvimento dos seguintes processos:

- Degradação - o plástico é suscetível a degradação térmica e à intempéries, que conduz ao decréscimo do peso molecular e conseqüentemente à diminuição das propriedades finais do material. Os processos de degradação devem ser minimizados nos plásticos a serem reciclados;
- Limpeza - o plástico deve vir o mais limpo possível, ou seja, não é aconselhável a presença de contaminantes como restos de alimentos e outros materiais que porventura estejam aderidos ao mesmo;

- Separação – os plásticos, presentes no lixo, são incompatíveis entre si, dessa forma o material a ser reciclado deve ser separado por tipo, pois caso haja misturas de diferentes plásticos as propriedades finais do artefato reciclado serão baixas.

Os plásticos mais facilmente encontrados no lixo são: polietilenos de baixa e alta densidade (LDPE e HDPE, respectivamente), poli(tereftalato de etileno) (PET), poli(cloreto de vinila) (PVC) e polipropileno (PP). O nível de separação desses plásticos está ligado ao custo, maior a quantidade de contaminantes mais caro é para o reciclador a sua recuperação, pois há necessidade de etapas intermediárias que demandam tempo, energia e mão de obra para realizá-las. As vezes, torna-se inviável uma eficiente separação e limpeza. Nestes casos, a recuperação de plástico sob a forma de uma mistura torna-se mais facilmente exequível.

A madeira plástica é um material feito de misturas de plásticos que já foram consumidos e é utilizada para substituir a madeira. Pode ser usada para a confecção de mourões, cercas, bancos de praça, postes, estacas para proteção costeira, estrados para empilhadeiras, deques marinhos, placas de sinalização em vias públicas, etc. As vantagens na substituição da madeira natural pela madeira plástica são: não apodrece, não apresenta nós nem farpas, é resistente à água salgada e imune ao ataque de cupins e outros insetos. Todas essas qualidades vêm beneficiar a construção civil que poderá utilizar essa madeira especial com tais qualidades superiores a natural.

Tecnologias

Na década de 70, Eduard Klobbie da Holanda, precursor na pesquisa em madeira plástica, desenvolveu um sistema para processamento de misturas de termoplásticos pós-consumo em artefato com propriedades da madeira. Seu sistema consistia de uma extrusora longa, moldes lineares e um tanque de resfriamento. A extrusora amolece a mistura de plásticos e força o material a entrar em um molde, este é preenchido e passa lentamente para o tanque de resfriamento, onde a mistura de plástico é resfriada e solidificada. Esse processo é uma mistura de injeção convencional e extrusão, denominado de “intrusão”.

Nos anos 80, várias empresas estavam produzindo o equipamento baseado no *design* de Klobbie com algumas variações, entre essas companhias estão: Advanced Recycling Technology (ART) (Holanda), Hammer's Plastic Recycling (Estados Unidos) e Superwood (Irlanda). Outros processos foram desenvolvidos como a de extrusão contínua, onde os perfis, obtidos de lixo plástico misturado, são obtidos continuamente. O resfriamento desses perfis deve ser executado por um longo período de tempo, pois a seção transversal produzida é larga. Somando-se a esse inconveniente, tem-se que os plásticos geralmente apresentam baixa condutividade térmica, o que leva a consideráveis gradientes de temperatura entre o interior e a parte externa do perfil, ocasionando tempos de resfriamentos diferentes e, conseqüentemente propriedades distintas. Outro projeto com sucesso foi desenvolvido na Alemanha, denominado Recycloplast, em que a moldagem por compressão foi introduzida no processo.

No início da década de 90, no Brasil, a Professora Eloisa Mano iniciou sua pesquisa na obtenção de madeira plástica no Instituto de Macromoléculas (IMA) da Universidade Federal do Rio de Janeiro. Essa madeira plástica foi obtida a partir de lixo plástico urbano da cidade do Rio de Janeiro. Seu estudo enfoca a minimização dos problemas oriundos da degradação dos resíduos plásticos geradas durante a exposição a intempéries e durante o processamento, que

ocasionam diminuição da estabilidade dimensional e da resistência ao impacto. Também foram observadas variações da viscosidade do fundido, alterações de outras propriedades mecânicas e modificações na cor e na inflamabilidade do plástico.

A madeira plástica desenvolvida pela Professora Eloisa Mano foi registrada no Instituto Nacional de Propriedade Industrial (INPI) com o nome de IMAWOOD®, que consiste basicamente de mistura de LDPE/HDPE na proporção 3:1. Este produto pode substituir diversas materiais, principalmente a madeira natural, com inúmeras vantagens: pode ser serrado, aparafusado, pregado e aplainado. Este material pode ser modificado em suas características físico-mecânicas pela adição de cargas, lubrificantes, estabilizantes, modificadores de impacto, corantes, pigmentos, biocidas e outros aditivos. O IMAWOOD® quando exposto a baixas doses de radiação-gama apresentou melhoria no seu desempenho mecânico, especialmente resistência à compressão e tração.

Conclusão

A utilização de madeira plástica, no Brasil, poderá vir a minimizar muito os problemas oriundos da reciclagem como a dificuldade na separação e o decréscimo das propriedades desses plásticos recuperados. A tecnologia para a obtenção desses materiais já é desenvolvida no Brasil, como visto, através do Instituto de Macromoléculas. A parceria dessa instituição com prefeituras e empresas poderá auxiliar muito o meio ambiente, aumentando a vida útil dos aterros além de gerar muitos empregos. A construção civil também será beneficiada pelo uso de um material com excelentes propriedades.

Esse processo não visa a competição com material virgem correspondente, pois isto seria difícil e de custo elevado, uma vez que ocorre degradação ambiental e térmica em grau variável no material plástico que é submetido ao processo de reciclagem.

Bibliografia

Esse trabalho foi baseado nas seguintes publicações:

- Cempre informa (1999); 43, 2;
- M.R.Furtado (1996); Plástico Moderno 266, 8-18;
- K.E.Van Ness & T.J.Nosker (1992); "Commingled Plastics", cap. 9, 187-229 em: R.J.Ehrig, "Plastics Recycling", Hanser Publisher, New York;
- E.B.Mano C.M.C.Bonelli, M.A.Guadagnini & S.J.M.Luiz (1994); Polímeros: Ciência e Tecnologia 2, 19-24;
- E.B.Mano & C.M.C.Bonelli (1994); Revista de Química Industrial 62 (698), 18-22;
- A .F.Martins, J.C.M.Suarez & E.B.Mano (1999); Polímeros: Ciência e Tecnologia 4, 27-32.

The first part of the paper discusses the importance of the research and the objectives of the study. It also provides a brief overview of the methodology used in the study. The second part of the paper presents the results of the study and discusses the implications of the findings. The third part of the paper concludes the study and provides some final thoughts on the research.

The results of the study show that there is a significant relationship between the variables studied. The findings suggest that the research has important implications for the field of study. The study also highlights the need for further research in this area.

The study was conducted using a quantitative research design. The data was collected through a series of surveys and interviews. The results were analyzed using statistical software.

The study was limited by several factors, including the sample size and the scope of the research. Despite these limitations, the study provides valuable insights into the research topic.

The study was conducted in a controlled environment. The results of the study are based on the data collected during the study period.

The study was conducted in a controlled environment. The results of the study are based on the data collected during the study period.

The study was conducted in a controlled environment. The results of the study are based on the data collected during the study period.

SEMINÁRIO NACIONAL SOBRE RECICLAGEM DE RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS

PRODUÇÃO DE PALETES A PARTIR DE PLÁSTICOS RECICLADOS: PARTE DA SOLUÇÃO DO DESTINO FINAL DOS RESÍDUOS.

Autor: Eng. Liviu B. Schwarz, Diretor da TAPON NUCON Ltda.
Rua Francisco Pereira Dutra, 2010 – Galpão B
13.290-000 – Louveira – SP
Tel: (0xx19) 3878 1522 Fax: (0xx19) 3878 1744
E-mail: liviu_schwarz@attglobal.net

A. INTRODUÇÃO.

Conforme o “Guia Supply Chain” que está sendo preparado pela ABML – Associação Brasileira de Movimentação e Logística, paleta é um dispositivo desenvolvido para facilitar a unitização de cargas, movimentação e armazenagem, distribuição física, carregamento e descarregamento de caminhões, vagões ferroviários, contentoras, permitindo a racionalização e otimização dos recursos investidos na cadeia logística.

Os paletes, que tiveram sua utilização ampliada na II Guerra Mundial, tiveram um crescimento vertiginoso, após o conflito, decorrente do crescimento econômico, ampliação da oferta de bens e desenvolvimento do comércio local e internacional.

Tradicionalmente, os paletes são feitos em madeira, preferencialmente com fibra longa, que lhes confere características de resistência à flexão. A madeira mais abundante e mais barata disponível na Europa e Estados Unidos é o pinheiro.

Os paletes de madeira são produzidos de forma estrutural distinta, para atender duas finalidades distintas:

- Retornabilidade, ou utilização em várias viagens;
- Descartabilidade, ou utilização em única viagem.

A ampliação e generalização do uso do paleta, fez com que surgissem necessidades específicas, em função do ambiente no qual os paletes são utilizados, necessidades estas impossíveis de serem atendidas com segurança com a madeira.

O fato de que nos paletes de madeira, os componentes serem fixados com pregos, faz com que haja um nível bastante elevado de avarias, tanto na carga unitizada no seu manuseio, quanto, principalmente, quando são utilizados em equipamentos de paletização e despaletização.

Os aspectos acima, além de vários outros, fez com que os paletes fossem produzidos em materiais alternativos à madeira, como, plástico, borracha, aço e alumínio.

Cabe ressaltar que, como investimento unitário inicial, o palete de madeira é seguramente o menor, principalmente quando confeccionado com madeira nativa.

Porém, em logística, é importante o custo por viagem, redução do peso inútil (morto), minimização das avarias e segurança operacional no seu sentido mais amplo. Isto abre perspectivas de que até 30% dos paletes de madeira em uso venham a ser substituídos por paletes fabricados com materiais alternativos.

É exatamente neste ponto que o palete plástico aparece como alternativa econômica e segura.

O palete plástico é o palete da ISO 14.000.

B. PALETE PLÁSTICO: PROCESSO DE FABRICAÇÃO.

Em função do amplo uso do palete de madeira, os materiais substitutos procuraram, inicialmente, acompanhar o formato construtivo dos mesmos.

Os primeiros experimentos nesta linha de raciocínio, foram feitos a partir de perfis extrudados. Um exemplo deste processo, são os paletes produzidos em “Madeira Plástica”, também conhecida no Brasil como “SYNTAL” e “IMAWOOD”.

Considerando que o melhor gerenciamento dos resíduos sólidos urbanos fossem gerar quantidades razoáveis de material plástico identificado e classificado, com valor bem inferior às resinas petroquímicas virgens, a “Madeira Plástica” poderia se tornar uma alternativa mais barata, quando aplicada à fabricação de paletes.

A prática tem demonstrado que a “Madeira Plástica”, não é um produto aplicável na produção de paletes.

Desta forma, os processos tradicionais de transformação de plástico passaram a ser utilizados, cabendo a competitividade ser obtida pela produtividade do processo e o desenho do produto.

Como processo tradicional de transformação de plástico temos:

1. Extrusão de chapas, seguida de termoformagem: fabricam-se paletes simples (“single sheet”) e paletes duplos (“twin sheet”). Produtividade do processo: 40 paletes / hora.
2. Rotomoldagem. Produtividade do processo: 6 paletes / hora x molde.
3. Injeção de alta pressão. Produtividade do processo: 20 paletes / hora.
4. Injeção de “Espuma Estrutural”. Produtividade do processo: 26 paletes / hora.

Enquanto que um palete retornável de madeira ou “Madeira Plástica” pesa ao redor de 45 kg, através dos processos de fabricação acima mencionados fabricam-se paletes com peso entre 7 e 25 kg.

C. MATERIAIS E RECICLAGEM.

A resina petroquímica mais utilizada na fabricação de paletes plásticos é o PEAD (polietileno de alta densidade).

Como é de conhecimento geral, o PEAD é uma “commodity” amplamente utilizada em várias aplicações e que tem a característica de excelente resistência à degradação térmica decorrente da reciclagem mecânica.

Isto faz com que os paletes plásticos sejam recicláveis. A matéria prima utilizada nos mesmos pode ser reaproveitada, preferencialmente, no mesmo processo.

Já o processo de injeção de “Espuma Estrutural” é bem mais flexível, podendo utilizar resinas com índice de fluidez situado numa faixa mais ampla, por exemplo, Índice de Fluidez (IF) de 2 a 15. Podendo-se utilizar resinas com IF situado num espectro tão amplo, implica que na produção dos paletes são utilizadas misturas (blendas), de várias resinas.

Por se tratar de produto de responsabilidade e desenho complexo, nem tudo que se pode, se faz. Desta forma, a mistura preferida é 50% de plástico virgem e 50% de plástico reciclado de injeção. Esta mistura pode ser ajustada, de acordo com a disponibilidade de material reciclado caracterizado, permitindo a incorporação, sem prejuízo da qualidade assegurada, de:

- até 10% de PP (polipropileno), grau injeção;
- até 20% de PEAD (polietileno de alta densidade), grau sopro;
- até 10% de PET (polietileno tereftalato), seco e moído;
- até 20% de PET micronizado e incorporado em PEBD.

A mistura a ser utilizada depende de:

- quantidade de paletes produzida para atendimento de um determinado cliente;
- nível de qualidade e performance requerida;
- origem do material plástico reciclado;
- especificação do cliente, em função de testes operacionais;
- nível de proteção anti –UV necessária;
- cor do paleta.

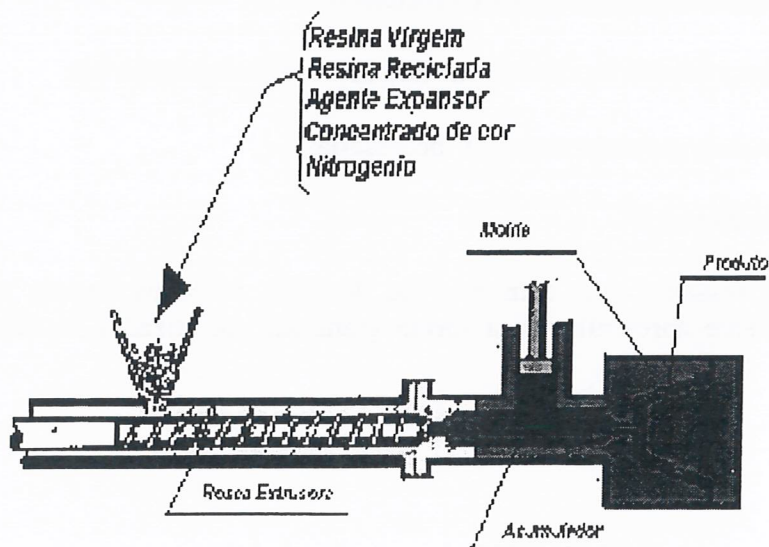
É importante ressaltar que, com exceção do PET, todos os demais materiais devem ser preferencialmente apresentados na forma granulada (peletizada), à semelhança das resinas virgens.

D. INJEÇÃO DE “ESPUMA ESTRUTURAL”.

É um processo de injeção com acumulação do material fundido, que tem as seguintes características relevantes:

- a resina é misturada com nitrogênio sob alta pressão, formando pequenas bolhas de dimensão e distribuição controlada;
- à resina é adicionado também um agente expensor químico, para garantir uma boa distribuição das bolhas de nitrogênio;
- as dimensões da placa porta molde permite utilização de até 18 bicos de injeção;
- o processo requer comparativamente baixa pressão de injeção, isto é, até 4 (quatro) vezes menos do que num processo de injeção tradicional;
- permite injetar por ciclo até 10 (dez) vezes mais material do que no processo de injeção tradicional;
- permite a utilização de moldes de alumínio, portanto mais leves e mais baratos do que àqueles de aço empregados no processo de injeção tradicional;
- é particularmente adequado para fabricação de peças grandes e complexas;
- processando PEAD obtém-se uma densidade final da resina da ordem de 0,90, isto é, 5% menos do que da resina original;
- há uma economia de até 30% em peso, com relação a peças plásticas de função equivalente produzidas por injeção de alta pressão.

Na figura 1. indica-se de forma esquemática o processo.



E. VANTAGENS ECONÔMICAS E AMBIENTAIS.

Já mencionamos que o palete plástico é o palete da ISO 14.000. Esta verdade é ainda mais evidente quando consideramos o palete fabricado pelo processo de “Espuma Estrutural”. A possibilidade de que um ativo fixo (palete) da empresa, possa vir a utilizar material colocado no mercado pela própria, sob forma de embalagens descartáveis, por exemplo, permite uma rápida e perfeita identificação do destino final do produto comercializado.

No particular da situação brasileira, a utilização de madeiras reflorestadas na fabricação de paletes, ainda não está adequadamente equacionada. Por outro lado, as madeiras de reflorestamento são mais adequadas à fabricação de celulose, não se adequando bem às demandas estruturais encontradas num palete padronizado como o PBR I.

As características inerentes ao plástico, que o transformaram num material de excelência para embalagens, utilidades domésticas e peças de responsabilidade técnica, são automaticamente também transferidas ao palete plástico retornável e reciclável.

A possibilidade introduzida pelo processo de fabricação de “Espuma Estrutural”, faz com que se possa utilizar material plástico reciclável na fabricação de paletes, inclusive aquele oriundo dos sistemas de coleta seletiva.

A utilização do material reciclado no processo evidenciado, permite a fabricação de outros produtos também, entre os quais podemos citar, contentores de lixo de até 240 litros, caixas colapsáveis e bandejas retornáveis para transporte de componentes da indústria automobilística e de eletrodomésticos.

As vantagens ambientais não são as únicas, pois se assim forem, ficaríamos somente no discurso.

A durabilidade do palete plástico injetado, associado à qualidade do seu desenho e dimensionamento, implica numa sensível vantagem econômica. Na linguagem da logística, não é difícil demonstrar que pode se obter uma redução de até 70% no custo por viagem, quando se compara o palete plástico com o palete de madeira, sem que se leve em consideração a redução do peso morto transportado.

A aplicação da tecnologia de “Análise do Ciclo de Vida” seguramente fará com que a balança penda ainda mais a favor do palete plástico reciclável e retornável.

Casos recentemente divulgados, como da Coca Cola na Bélgica, a obrigatoriedade da fumigação com brometo de metila (ou semelhante) das embalagens de madeira importadas, cobrança de custos de descarte nos caso de exportação de produtos brasileiros, são somente mais alguns ingredientes que favorecem a mudança dos sistemas atuais de se transportar cargas unitizadas.



TRANSFORMAÇÃO DE PET EM FIBRAS DE POLIÉSTER

**VLADIMIR KUDRJAWZEW
ENGº MECÂNICO AERONAUTICA
CARGO: DIRETOR**

REPET RECICLAGEM DE TERMOPLÁSTICO
AV. PAPA JOÃO XXIII, 3275 - SETÃOZINHO - MAUÁ - SP
EMAIL - industrial@unnafibras.com.br
fone/fax: 755-6860



FATORES CHAVES PARA O SUCESSO DE UMA RECICLAGEM

- 1 - Fonte contínua do resíduo**
- 2 - Tecnologia de reciclagem e reprocessamento viável.**
- 3 - Aplicações e mercados para os produtos derivados deste resíduo.**
- 4 - Último, e mais importante, ser rentável.**



RECICLAGEM DE PET NO BRASIL

Ano	Consumo resina (Ton/ano)	Reciclagem (Ton/ano)	Reciclado %
1994	80.000	13.000	16.3
1995	120.000	18.000	15.0
1996	150.000	22.000	14.7
1997	180.000	27.000	15.0
1998	220.000	40.000	18.2



A CADEIA DE RECICLAGEM

Reciclagem de PET

- **Coleta e Seleção**
- **Revalorização / Reciclagem**
- **Transformação / Aplicações**



COLETA E SELEÇÃO

- **90 % do material coletado é proveniente dos lixões das regiões metropolitanas do sul e sudeste do Brasil.**
- **Existem 135 iniciativas de coleta seletiva municipais.**
- **Programas específicos para o PET:**
 - **Projeto Escola**
 - **Centrais de Recebimento**



ESPECIFICAÇÕES DOS FARDOS DE GARRAFAS

- Separados por cor
- Só garrafas de refrigerantes
- Máximo de 30 % fardos garrafas verdes



PREÇOS MÉDIOS PRATICADOS

MATERIAL ENFARDADO E ENTREGUE

PROCEDÊNCIA	R\$ / TON	
	VERDE	INCOLOR
Lixões	210	260
Coleta Seletiva	250	300
Pós Industrial	300	350
Sem rótulo/tampa	280	330



A REVALORIZAÇÃO / RECICLAGEM

- Elevado nível de contaminação nas garrafas pós consumo.
- Quantidade crescente de garrafas coloridas.
- Contaminação com PVC.
- Desenvolvimento de embalagens multiplásticos.



ESPECIFICAÇÕES DOS “FLAKES”

Contaminantes (ppm)	A	B	C	D
PVC	0 - 50	0 - 50	51-200	201-500
Metálicos	0 - 50	51-100	101-200	201-800
Rótulos	0 - 30	31-100	101-300	301-800
Cola	0 - 50	51-100	101-200	201-800
Areia	0 - 20	21 - 50	51-100	101-800

Outras características: Granulometria, % umidade,
% pó, viscosidade, etc.



PREÇOS DE FLAKES (R\$ / TON)

FLAKE VERDE 450 A 750

FLAKE INCOLOR 600 A 950

PREÇOS DE PELLETS

Mais 250 R\$/ton sobre o flake.



A TRANSFORMAÇÃO DO PET

PRODUTOS	% 1998
Fibras Têxteis	35
Não Tecido (Spun bound)	13,7
Cordas	16,2
Resina Insaturada	11,2
Embalagens	10
Cerdas	7,5
Fitas de arquear	2,5
Embalagem termoformada	3,7



OS DESAFIOS DA INDÚSTRIA DE TRANSFORMAÇÃO

- **A carga tributária sobre o PET reciclado**
- **Desenvolver aplicações para o PET verde**
- **Vencer o preconceito do consumidor**

OS DESEAFOS DA INDÚSTRIA DE TRANSFORMAÇÃO

A carga tributária sobre o PET
e o setor de transformação

Desenvolvimento econômico e
social

Impactos ambientais
e sociais

Políticas públicas
e instrumentos

Efeitos de Múltiplas Reciclagens nas Propriedades Físicas do PET Pós-Consumo

Maria Zanin¹

Engenheira Elétrica, Mestre em Engenharia Elétrica e Doutora em Física Aplicada

Professora Adjunta do Departamento de Engenharia de Materiais da Universidade Federal de São Carlos

Sandro Donnini Mancini

Engenheiro de Materiais, Mestre em Eng. de Materiais e Doutorando em Ciência e Eng. de Materiais

Professor Assistente do Departamento de Engenharia Química da Universidade Federal do Ceará

Endereço¹: Rodovia Washington Luís, Km 235 – São Carlos-SP - CEP: 13565-905 - Brasil - Tel: (16) 260-8252 - Fax: (16) 261-5404 - e-mail: dmza@power.ufscar.br

Resumo

A caracterização dos produtos reciclados representa informação fundamental no sentido de tornar a reciclagem cada vez mais técnica e atraente. Neste estudo, PET pós-consumo, proveniente de garrafas de refrigerante de dois litros, foi submetido a cinco passos de reciclagem através de injeção, após os quais mediram-se as alterações na contagem de grupos finais carboxílicos (medida de degradação), na cristalinidade, na dureza e em propriedades de tração. Observou-se que a degradação aumenta com o número de reciclagens, criando cadeias poliméricas menores capazes de empacotar entre as maiores, aumentando assim o percentual de fase organizada (cristalina) na estrutura. O aumento na cristalinidade e a diminuição no peso molecular explicaram o comportamento das propriedades mecânicas.

Introdução

À exclusão dos filmes (sacos e sacolas), o restante dos materiais plásticos pode ser classificado como rígidos. Este tipo de material representou, em 1997, 70% do consumo aparente dos principais plásticos no Brasil. Uma análise sobre o descarte desta classe de plásticos na comunidade de Araraquara-SP, evidenciou que cerca de 65% deste tipo de lixo urbano são garrafas de refrigerantes descartáveis feitas de PET, o poli (tereftalato de etileno) [1]. Este panorama faz com que a reciclagem de PET seja uma alternativa a ser explorada para diminuir problemas no ambiente, causados por descarte inadequado e pelo acúmulo de resíduos não biodegradáveis.

Nos últimos tempos, a produção nacional de PET vem crescendo. O Brasil é hoje o terceiro maior consumidor mundial de PET para produção de garrafas no mundo, contando com cerca de 3400 marcas de refrigerantes diferentes registradas. Embora pareça que a tendência de crescimento do mercado de embalagens para refrigerantes esteja chegando ao limite, o crescimento do consumo aparente de PET no Brasil aumenta mais rapidamente que a produção, puxado pela entrada do polímero em novos segmentos [2-4]. Três outros fatores fazem com que o Brasil reforce sua posição de importador de matéria-prima para produzir garrafas descartáveis [2-4]:

- 1) o preço da resina no mercado internacional chegou a níveis muito baixos, tornando compensatório importar;
- 2) o Brasil é um importador de ácido tereftálico, um dos insumos para a fabricação de PET;
- 3) a indústria da reciclagem de PET no Brasil, embora dê conta de cerca de 15% do produto consumido, não direciona o reciclado para as mesmas aplicações da resina virgem, por restrições impostas por organismos de saúde nacionais e internacionais.

Segundo o panorama produtivo de PET no Brasil, a reciclagem também surge como alternativa para diminuir a dependência econômica do país com relação ao mercado internacional. Porém, parece claro que esta reciclagem tem que cada vez mais se apresentar mais qualificada, de modo a vencer

barreiras técnicas que possibilitem a aplicação dos plásticos nos mais variados segmentos, inclusive no contato direto com alimentos. A reciclagem garrafa a garrafa é um desafio das pesquisas sobre reciclagem de PET que, se vencido, fecha o ciclo de vida e diminui a necessidade de extração de petróleo para a fabricação de seus insumos, como o ácido tereftálico.

A reciclagem mecânica de plásticos é o modo mais convencional de se recuperar o valor agregado destes materiais. Nela, os produtos plásticos são moídos, lavados, submetidos à secagem e reprocessados, dando origem a novos produtos. Porém, neste processo como um todo, o PET fica sujeito ao contato com oxigênio, água, luz e calor, agentes que atacam ligações químicas do plástico, degradando-o e piorando suas propriedades finais. Esta reciclagem é responsável por praticamente toda a reciclagem de PET descartado no Brasil, recolocando-o normalmente no segmento de fibras sintéticas para confecção de enchimentos, fios, carpetes, etc.

Este trabalho apresenta os resultados de um processo de reciclagem mecânica de garrafas de refrigerante pós-consumo feitas de PET e seus efeitos em propriedades físicas como tempo de processamento, cristalinidade, dureza superficial e tração. Para auxiliar na discussão dos resultados, serão apresentados resultados de um teste químico, que permite avaliar o grau de degradação da molécula do PET. As garrafas recicladas foram submetidas a novos processos de reciclagem mecânica, até a obtenção de cinco passos de reciclagem com o mesmo material inicial. Dessa forma, pode-se observar o comportamento de cada propriedade conforme a mesma molécula passa por sucessivas reciclagens.

Experimental

Garrafas de Coca-Cola de 2 litros pós-consumo (de depósito de lixo de coleta seletiva da Universidade Federal de São Carlos-UFSCar) foram moídas em moinho de facas Primotécnica, de 738 rpm e 4 HP. Este material em forma de flocos foi lavado (com água) e seco (inicialmente ao ar e depois por 3 horas de patamar a 110°C em estufa à vácuo. Posteriormente, o material foi injetado, em injetora acoplada a um molde resfriado com água corrente, na forma de corpos de prova: parte deles foi separada para testes de Tração e Dureza, e o restante foi novamente moído e seco, até completar cinco injeções. Antes da injeção, parte dos flocos foi separada para testes de Calorimetria Diferencial Exploratória e Contagem de Grupos Finais Carboxílicos.

O tempo de processamento ou de dosagem foi medido através do tempo necessário para que a injetora fundisse a quantidade necessária para a injeção de um corpo de prova. Foram efetuadas 20 medidas para cada passo de injeção.

Segundo a literatura, várias das mudanças que ocorrem no PET quando submetidos a processos de degradação levam a um aumento no número de grupos finais carboxílicos ($-\text{COOH}$). Esta é a principal razão pela qual a contagem destes grupos finais se faz tão importante quando se estuda degradação de PET e inclusive sua reciclagem, uma vez que esta permite a ação de agentes degradantes como água, ar, luz, temperatura e esforços mecânicos, que atuam de modo a formar estes grupos finais [5]. A contagem de finais de cadeia carboxílicos por titulação foi feita utilizando-se o método de Pohl, desenvolvido especificamente para o PET, que consiste numa titulação de PET moído diluído em álcool benzílico a quente a partir de solução padrão de hidróxido de sódio em álcool benzílico [6].

A Calorimetria Diferencial por Varredura (DSC) mede, entre outras importantes propriedades de um plástico, a Entalpia de Fusão, ou o calor absorvido para ocorrer a fusão. Trata-se de submeter pequenas quantidades de material a aquecimento controlado até a fusão; a seguir, é feito um resfriamento brusco e procede-se novo aquecimento controlado, onde se monitora a diferença de temperatura entre a amostra e uma referência, considerada diretamente proporcional ao fluxo de calor diferencial ($dT/dt \propto dH/dt$). O resfriamento de um material plástico fundido durante o ensaio ou mesmo após o processamento pode oferecer condições para que moléculas (ou partes delas) se empacotem uma sobre outras, formando regiões localmente organizadas, cuja somatória fornece o índice de cristalinidade da amostra (percentual de fase organizada presente). A região cristalina tem uma rigidez maior que a

amorfa (região desorganizada) e fornece ao material resistência mecânica, porém aumenta sua fragilidade [7-9]. O índice de cristalinidade é igual à entalpia de fusão obtida dividida pela entalpia do plástico 100% cristalino, tabelada pela literatura [10]

Uma das propriedades mecânicas de maior facilidade para a medição, e por isso largamente utilizada, trata-se da dureza superficial. Este teste é baseado na penetração de um indentador especificado forçado contra uma amostra sob condições específicas. A dureza por indentação é inversamente proporcional a profundidade da penetração e é dependente do módulo de elasticidade e do comportamento viscoelástico do material. O durômetro, aparelho de medir dureza, utilizado no trabalho foi da Shore Instruments, do tipo D, específico para materiais plásticos rígidos, é nada mais do que um relógio medidor conectado ao sistema penetrador (uma agulha cônica padronizada) [11-12].

Para a realização dos testes de Tração, utilizou-se a Máquina Universal de Ensaio INSTRON, modelo 1172, com célula de carga de 500Kg. Em linhas gerais, trata-se de monitorar o puxamento de um corpo de prova, medindo a força que a máquina faz para manter uma taxa de deformação, previamente especificada, constante. No sistema de registro, simultaneamente é desenhado o gráfico da força que a máquina faz para manter a velocidade de deformação programada contra o percurso do sistema puxador. Com relações que envolvem as dimensões do corpo de prova e parâmetros da máquina, são obtidos resultados práticos em termos de projeto e controle de qualidade de materiais, como alongação na ruptura (o quanto o material esticou até quebrar), resistência a tração (tensão máxima suportada pelo material) e módulo de elasticidade, que relaciona a tensão aplicada com a deformação na região de deformação reversível [7,12].

Os ensaios de DSC, Dureza e Propriedades de Tração seguiram normalização especializada da Sociedade Americana para Ensaio de Materiais: ASTM D3417, ASTM D2240 e ASTM D638, respectivamente [9,11-12].

Resultados e Discussões

A figura 1 apresenta os resultados do tempo de processamento das amostras advindas de garrafas de refrigerante pós-consumo submetidas a cinco passos de reciclagem.

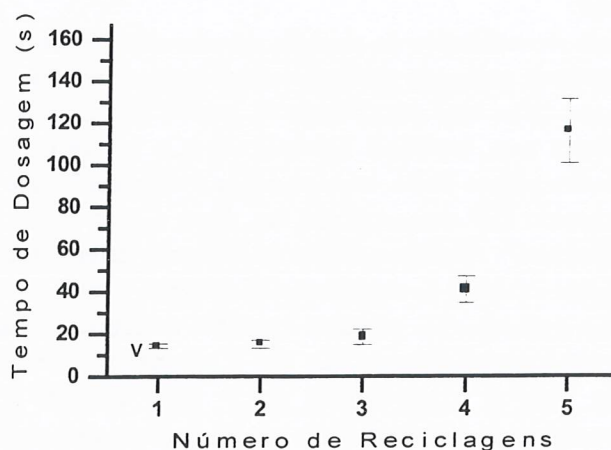


Figura 1 - Medidas do Tempo de Processamento por Injeção (dosagem) de amostras provenientes de garrafas em função do número de reciclagens

Ao comparar a produtividade do processamento por injeção dos materiais recicláveis, um bom resultado é o das garrafas moídas, cuja produtividade foi medida semelhante a dos “pellets” do virgem, cujo tempo de dosagem é apresentado na Figura 1 como “V”. Os resultados de produtividade até o

terceiro passo mostram-se atraentes para um reciclador interessado em reciclar PET, pois existe pouca variação.

Pode-se observar ainda o aumento do tempo necessário para a dosagem acompanhado de um aumento do desvio-padrão em relação ao número de reciclagens. A produtividade quase não se altera para a confecção das amostras 1, 2, e 3, porém, do quarto passo para o quinto, houve um aumento brusco no tempo de dosagem de 280%. O tempo crescente pode ser atribuído à presença cada vez maior de pó no material após a moagem [13].

No processamento das garrafas moídas houve apenas um problema: invariavelmente o fluxo de material na entrada da injetora era interrompido, devido ao “arqueamento” do material no funil; isto motivou a necessidade de observação constante do material no funil e acomodação quando necessário.

Embora a injeção seja um processo muito difundido na indústria de plásticos, o que normalmente se faz em indústrias de reciclagem é processar o material moído, lavado e seco em uma extrusora, onde é fundido e pressionado contra uma matriz tomando o formato de fios relativamente grossos ou “spaghetti”. Esses fios são resfriados em água corrente e posteriormente picotados, formando pequenos grãos de material reprocessado. Esses grãos passam pelo processamento final, que pode ser injeção, nova extrusão, ou outro tipo. Por possuírem formato e peso mais adequados que o material moído, são preferidos por recicladores que queiram misturá-lo com o virgem ou que não necessitam de especificações técnicas muito rígidas. Isto porque os dois ciclos de processamento pelo qual o material pós-consumo passa significa um contato extra com agentes degradantes (calor, vapor d’água, oxigênio, luz, esforços mecânicos, etc.).

Os grãos tem a preferência em recicladoras de PET por duas razões: 1) os flocos do material moído possuem formato irregular e, principalmente, são mais leves que os grãos, o que faz com que a mistura de flocos com material virgem seja praticamente proibitiva na indústria, pois impede a obtenção de um material homogêneo; 2) possuem produtividade comparável ao do material virgem. Na Figura 1, porém, é mostrado que as garrafas moídas também têm alta produtividade. Ou seja, a injeção direta de garrafas moídas, lavadas e secas é altamente recomendável para produtos que possam ser feitos com material 100% reciclado. O fato do material passar por apenas um processamento faz com que possa apresentar propriedades superiores às de um grão posteriormente injetado e tenha menos necessidade de mistura com material virgem ou da colocação de aditivos, procedimentos adotados visando melhorar o desempenho do produto final.

A figura 2 apresenta os resultados da medição da concentração de grupos finais carboxílicos, dada em micromols por grama de polímero, em função do número de reciclagens. Também foi feito um ensaio com o material virgem (V) e uma amostragem da garrafa moída, lavada e seca, anteriormente à reciclagem. Nota-se na figura uma tendência esperada, com o aumento do número de reciclagens aumenta a concentração destes grupos finais, ou seja, maior a degradação que o polímero sofreu. Cada reciclagem significa o contato do PET com oxigênio, luz, vapor d’água e altas temperaturas, fatores que isolados ou combinados, destroem a estrutura química do polímero, deteriorando-o.

Observa-se pela figura 2 o nível de degradação do material virgem é semelhante ao da garrafa, e pode-se apontar duas razões para isto: 1) o processo industrial de fabricação da garrafa não deteriora o polímero e 2) o PET da garrafa provavelmente não tem a mesma procedência (fábrica) que o virgem utilizado para comparação. Nota-se principalmente que o maior aumento porcentual ocorreu após a primeira reciclagem, quase dobrando a concentração inicial de finais carboxílicos da garrafa. Os outros aumentos foram porcentualmente menores e, do primeiro ao segundo passo, praticamente não existiu variação. O grande aumento no primeiro passo talvez esteja relacionado com o fato do contato com água no estado líquido do plástico durante a lavagem, que a secagem não conseguiu eliminar totalmente. O nível de degradação atingido, mesmo nas últimas reciclagens, representa cerca de 1% do máximo que o polímero pode se degradar, voltando para os derivados do petróleo que o constituem. Apesar de representar teoricamente pouco, na prática é suficiente para fazer com que o material não possa mais ser utilizado para confecção de garrafas, utilização que demanda uma estrutura química mais intacta. Essa é

uma das razões pela qual o mercado de PET reciclado volta-se para o segmento de fibras cujas especificações técnicas são inferiores.

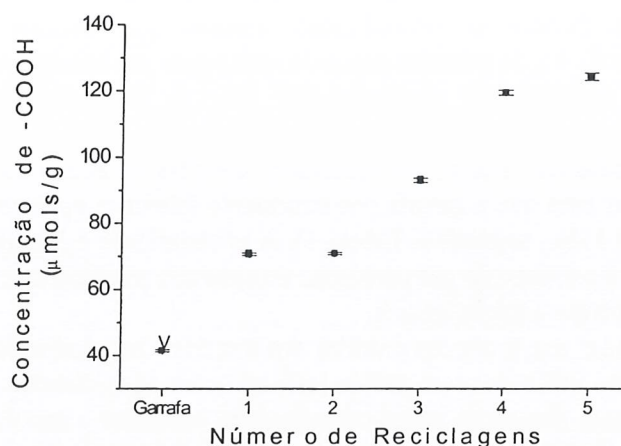


Figura 2 - Concentração de Grupos Finais Carboxílicos em função do número de reciclagens

A Tabela 1 apresenta os resultados de porcentual de cristalinidade (%C) do PET em função do número de reciclagens, os quais foram obtidos a partir das análises de DSC. São colocados também os resultados do material virgem e da garrafa lavada, moída e seca. São mostrados resultados de duas corridas: o primeiro e o segundo aquecimento, este último após o resfriamento brusco, conforme descrito na seção Experimental. A grosso modo, a primeira corrida fornece a cristalinidade da amostra enquanto a segunda fornece a cristalinidade máxima que o material pode atingir, após a eliminação da história térmica que o material possuía através do resfriamento brusco padronizado.

Tabela 1 – Porcentual de cristalinidade do PET em função do número de reciclagens, do material virgem e da garrafa

Número de Reciclagens	1ª Corrida	2ª Corrida
	%C	%C
1	21,42	11,44
2	26,52	23,61
3	26,74	25,18
4	27,46	25,55
5	40,30	25,74
Virgem	40,23	38,02
Garrafa	18,93	11,34

De acordo com a Tabela 1, nota-se que a cristalinidade aumenta com o número das reciclagens para as duas corridas, tendo a garrafa resultados menores que os da primeira reciclagem, embora muitas

vezes a diferença esteja nas casas decimais, o que pode inviabilizar as tendências, devido ao erro experimental embutido. Outros resultados interessantes são:

- 1) a cristalinidade da segunda corrida é sempre maior que a da primeira, indicando que o resfriamento realizado após a injeção fornece um material menos cristalino que o máximo;
- 2) a cristalinidade da garrafa e a do primeiro passo de reciclagem são condizentes com o esperado, pois forneceram materiais transparentes, comportamento ótico de baixa cristalinidade. As amostras do segundo passo mostraram-se translúcidas e as do terceiro, quarto e quinto passo opacas;
- 3) a cristalinidade do material virgem, em quaisquer corridas, é alta. Isso é provocado antes da fabricação das garrafas para que a garrafa posteriormente fabricada apresente alguma cristalinidade residual (da ordem de 11% , segundo a Tabela 1). A cristalinidade é propriedade fundamental para formar barreiras contra o escape do gás carbônico contido nos refrigerantes, mas não pode ser muito elevada sob pena de perder a transparência;
- 4) as cristalinidades obtidas nas primeiras corridas dos materiais reciclados dizem respeito ao sistema de injeção-resfriamento utilizado, com molde resfriado com água corrente. Um resfriamento ao ar por exemplo, certamente forneceria maior cristalinidade, enquanto o uso de água gelada traria uma cristalinidade menor. Deve-se ater para o fato que os corpos de prova possuem espessura maior que a da garrafa, o que facilita o desenvolvimento de regiões cristalina;
- 5) os resultados da cristalinidade da primeira corrida tendem a cristalinidade do material virgem, enquanto os da segunda corrida estabilizaram-se em torno de 25%. A obtenção de alta cristalinidade no material virgem envolve o aquecimento controlado após a polimerização enquanto os percentuais de cristalinidade aumentaram para as amostras recicladas devido a outro motivo. A degradação apontada na Figura 2 significa que moléculas foram quebradas, formando moléculas menores, facilitando o empacotamento delas entre as maiores, e aumentando a quantidade de fase organizada. Quanto maior o número de reciclagens, maior a degradação, maior o número de moléculas pequenas, maior a facilidade de empacotamento, maior a cristalinidade.

A figura 3 apresenta os resultados de dureza dos corpos de prova reciclados em função do número de reciclagens.

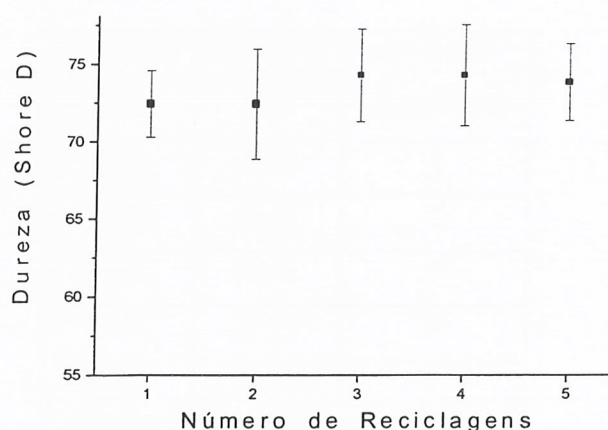


Figura 3 – Dureza dos corpos de prova reciclados em função do número de reciclagens

Nota-se pela Figura 3, que a propriedade de dureza não apresentou muitas variações. Esperava-se que o aumento da cristalinidade (1ª corrida, Tabela 1) com o número de reciclagens, fosse traduzido num aumento da dureza, pela maior rigidez da fase cristalina presente cada vez mais em maior número. Porém, observa-se um desvio-padrão relativamente alto, que pode inclusive mascarar quaisquer tendências reais, enquanto a média não ilustra qualquer tendência. A dureza é medida na superfície do

corpo de prova, justamente a região com contato direto com o molde frio e, com relação ao centro do corpo de prova, com menor cristalinidade. Por esta razão, e pela baixa reprodutibilidade do ensaio caracterizada pelo alto desvio-padrão, a dureza superficial não mostrou-se uma propriedade interessante para realizar associações entre cristalinidade, número de reciclagens, degradação, etc. Dessa forma, se faz necessária a realização de outros ensaios, para tentar observar as influências descritas. Um dos ensaios mais importantes para a avaliação do desempenho final de um material com relação à suas propriedades mecânicas é o teste de tração.

Basicamente, o teste de tração consiste no puxamento de um corpo de prova com dimensões normalizadas, sob condições normalizadas em uma máquina específica. Ao ser tensionado, um material resiste de duas maneiras: em primeira instância elasticamente e se, dentro dessa situação a tensão for retirada, as dimensões iniciais são recuperadas (nessa região, chamada elástica, ocorre fundamentalmente o esticamento das ligações atômicas); posteriormente, de forma plástica, onde a deformação causada pelo tensionamento é irreversível (nessa região, chamada plástica, ocorre a distorção, quebra e readequação das ligações. Na zona elástica é possível definir o **Módulo de Elasticidade ou de Young**, como o coeficiente angular da reta tensão *versus* deformação; no teste de tração o resultado mais comum é este tipo de gráfico, caracterizado por uma parte não linear durante a zona plástica. De um teste de tração se consegue ainda outros resultados práticos em termos de projeto e controle de qualidade de materiais, como **alongação na ruptura** (o quanto o material esticou até quebrar) e **resistência a tração** (ou a tensão máxima suportada pelo material) [7,12].

Na Figura 4 são apresentados os resultados das medidas de Módulo de Elasticidade (ou de Young), na Figura 5 os resultados de Tensão Máxima e na Figura 7 os resultados de Alongação na Ruptura, todas em função do número de reciclagens. Os resultados do quinto passo de reciclagem devem ser analisados com cuidado, mesmo quando acompanharem as tendências, pois todas as amostras ensaiadas apresentaram defeitos superficiais justamente onde as amostras se romperam.

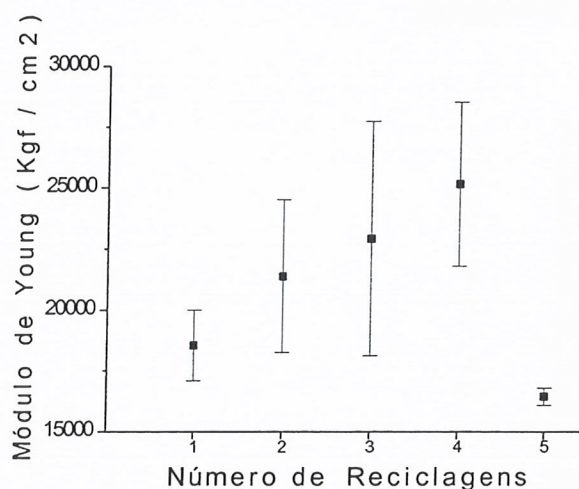


Figura 4 - Medidas do Módulo de Young de amostras provenientes de garrafas em função do número de reciclagens

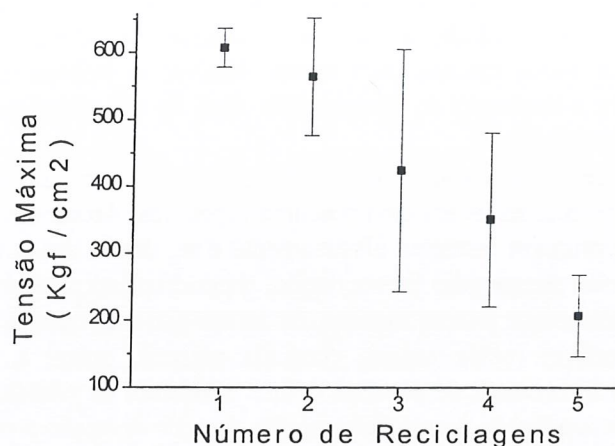


Figura 5 - Medidas de Resistência à Tração ou Tensão Máxima na Tração de amostras provenientes de garrafas em função do número de reciclagens

Com relação ao módulo de Young (Figura 4), o aumento da fase cristalina (de maior rigidez que a fase amorfa) fez com que seu valor subisse conforme se processam as reciclagens, embora os desvios-padrão relativamente grandes possam invalidar a tendência. A Tensão Máxima (Figuras 5) teve seus valores diminuídos conforme se reciclam os materiais devido à diminuição do tamanho médio das moléculas (definido como peso molecular) causada pela degradação crescente, diminuindo assim a resistência à deformação imposta pelo equipamento. Os desvios padrão, entretanto, são relativamente grandes, podendo comprometer as tendências.

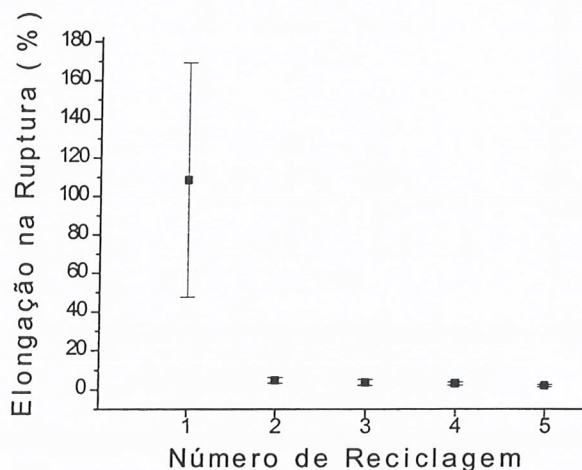


Figura 6 - Medidas de Elongação na Ruptura em Tração em amostras provenientes de garrafas em função do número de reciclagens

Em termos de Elongação na Ruptura (Figura 6), ocorre uma queda na elongação com o número de reciclagens. A queda é explicada pela diminuição do peso molecular causada pelas degradações e pelo aumento da cristalinidade (aumenta a fase de maior oposição ao escoamento) conforme se aumenta o número de reciclagens. O alto desvio-padrão apresentado no primeiro passo de reciclagem foi devido a flutuações reais no comportamento da amostra, estudado posteriormente [13].

Os resultados das Figuras 4, 5 e 6 mostram que o teste de tração é sensível ao número de reciclagens e representa o comportamento do material como um todo e não somente da superfície, como o ensaio de dureza.

Os resultados apresentados aqui, nos levam a fazer alguns comentários sobre as possíveis aplicações do PET reciclado. A princípio, o material proveniente de quaisquer passos de reciclagem não pode ser aplicado em embalagens alimentícias. O material reciclado até o segundo passo de reciclagem, entretanto, poderia ser usado para extrusão de fitas de arquear ou chapas para termoformagem. O produto do terceiro passo provavelmente seria aceitável para a fabricação de fibras tecidas (carpete, roupas etc) ou outras aplicações como geotexteis. O produto do quarto passo de reciclagem apresenta um alto grau de degradação e provavelmente pode ser indicado para enchimento (travesseiros, ombreiras, sacos de dormir, brinquedos de pelúcia, etc). Finalmente, o produto do quinto passo de reciclagem, devido ao alto grau de quebra molecular é mais aceitável para a reciclagem química (poliéster insaturado). Infelizmente, atualmente, a grande maioria do PET reciclado é dirigida ao mercado de fibras para enchimento, já na primeira reciclagem.

Conclusões

As alterações nas propriedades físicas do PET pós-consumo submetido a múltiplas reciclagens foram significativas. Com o auxílio de um teste químico, que mediu a concentração de grupos finais carboxílicos (medida indireta da degradação sofrida pelo polímero), sugere-se uma sequência de acontecimentos conforme se processam as reciclagens: a cada passo de reciclagem, o contato do polímero com agentes degradantes (oxigênio, luz, esforços mecânicos, vapor d'água e temperatura) faz com que a degradação aumente com o número de reciclagens; isto diminui o peso molecular, além de causar, durante uma nova fusão do material, maior facilidade em cristalizá-lo, aumentando o percentual de fase rígida na estrutura. O aumento na cristalinidade e a diminuição no peso molecular explicaram o comportamento das propriedades de tração, como o Módulo de Young, a Resistência à Tração e a elongação na ruptura. A dureza não mostrou ser uma propriedade sensível a ponto de detectar tais influências, provavelmente por medir o comportamento da superfície do material e não do todo. O tempo de processamento aumentou com o número de reciclagens, provavelmente fruto da presença cada vez maior de pó no material após a moagem.

Agradecimentos

Os autores agradecem a Gustavo Frattini e Maxwell Nascimento Bezerra pelo auxílio em vários momentos do trabalho. Pelo apoio financeiro agradecem à CAPES, FINEP-PROSAB e FAPESP.

Referências Bibliográficas

- [1] ZANIN, Maria, MANCINI, Sandro Donnini. Potencial de Reciclagem de Plásticos Presentes em Resíduos Sólidos Urbanos. In: IX SIMPÓSIO LUSO-BRASILEIRO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL, 2000, Porto Seguro-BA. CD-ROM do Congresso. 2000.
- [2] SAMMARCO, C. & DELFINI, L. - Mercado Brasileiro tem potencial para ampliar a reciclagem de plásticos. Plástico Industrial. Ano I, n.7, p.106-119, março de 1999.
- [3] ABIQUIM - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DA INDÚSTRIA QUÍMICA - Anuário Brasileiro da Indústria Química 1998. São Paulo, 1998, 244 p.
- [4] ANUÁRIO brasileiro do plástico 1997. Plástico Moderno. São Paulo. p. 31-35. Maio de 1997.
- [5] MANCINI, Sandro Donnini, ZANIN, Maria. Degradation of Post-Consumer PET During Recycling By Injection. Polymer Recycling, Inglaterra, v.3, n.3, p.239-245, 1999.

- [6] POHL, Herbert A. - Determination of carboxyl end groups in a polyester, polyethylene terephthalate. *Analytical Chemistry*. v.26. n.10. Outubro de 1954. p.1614-1616.
- [7] MANCINI, S.D. - Caracterização física dos materiais processados na Usina de Separação de Lixo e Compostagem de Resíduos Urbanos de Araraquara-SP com ênfase em materiais plásticos e estudo da influência de múltiplas reciclagens em propriedades do PET pós-consumo. Dissertação de Mestrado. São Carlos, UFSCar. 191p. (1996)
- [8] MANRICH, Sati - Cristalização e fusão de blendas poliméricas constituídas por poliuretano acrilado (PUA) e resina epóxi (RE). Tese de Doutorado. São Carlos, Universidade Federal. 1993. p. 68-72,76, 82-84.
- [9] AMERICAN SOCIETY OF TESTING MATERIALS - Standard test method for heats of fusion and crystallization of polymers by thermal analysis / D 3417-83. Filadélfia. 08 (03). p. 88-91. 1991.
- [10] ADVANCED THERMAL ANALYSIS LABORATORY. Table of properties of linear macromolecules and small molecules. University of Tennessee. Knoxville. p. 15. 1996.
- [11] AMERICAN SOCIETY OF TESTING MATERIALS - Standard test method for rubber property-durometer hardness / D 2240-86. Filadélfia. 08 (02). p.214-217. 1991.
- [12] AMERICAN SOCIETY OF TESTING MATERIALS - Standard test method for tensile properties of plastics / D 638-90. Filadélfia. 08 (01). p. 157-168. 1991.
- [13] MANCINI, Sandro Donnini, ZANIN, Maria. Consecutive Steps of PET Recycling by Injection: Evaluation of the Procedure and of the Mechanical Properties. *Journal of Applied Polymer Science*, Estados Unidos, v.76, p.266-275, 2000.

USO DE ADITIVOS PARA MELHORIA DAS PROPRIEDADES FÍSICAS DE PET

Marcos L. Dias *, Elen B.A.V.Pacheco, Christine R. Nascimento,
Suédina Ramos Silva & Maria J.A. Fernandes

Instituto de Macromoléculas Professora Eloisa Mano
Universidade Federal do Rio de Janeiro
C.P. 68525, 21945-970 Rio de Janeiro, RJ Brazil
* Professor Adjuto, Email: mldias@ima.ufrj.br

Introdução

Considerando base em peso, o poli(tereftalato de etileno) (PET) representa o segundo plástico mais encontrado nos resíduos sólidos das cidades brasileiras, atrás apenas dos polietilenos. Esse alto percentual de PET é devido principalmente ao rápido aumento do uso deste material como embalagens descartáveis nos últimos 10 anos.

O aumento do consumo de PET em embalagens descartáveis, particularmente de refrigerantes, está claramente associado com as interessantes propriedades do material. Ele apresenta grande impermeabilidade ao gás carbônico, transparência e propriedades de plástico de engenharia, isto é, alta resistência mecânica e química, particularmente quando orientado. Essas características são muito importantes e contribuíram na a escolha deste material para a preparação de garrafas, em substituição ao vidro. A leveza das embalagens plásticas também deve ser levada em consideração, já que acarretam em grande economia de energia.

A princípio, o PET deveria ser um dos plásticos mais fáceis de serem reciclados. Entretanto, várias limitações existem para a obtenção de produtos reciclados com alto valor agregado.

O PET empregado na produção de garrafas difere do PET grau fibra pela mais alta viscosidade intrínseca (IV), alcançada devido ao aumento da massa molar da resina. Essas características são importantes em aplicações como garrafas, já que alta resistência do fundido é necessária para o processamento do material por sopro, processo usado na produção de garrafas. O sopro é satisfatoriamente feito somente quando a resina tem IV acima de um certo valor (0,70 dl/g) [1-2].

Atualmente, quatro empresas produzem PET grau garrafa no Brasil, sendo a capacidade produtiva nacional em torno de 260 mil toneladas anuais. Toda a produção destina-se a embalagens que ao serem descartadas gera grande impacto ambiental.

As empresas que reciclam PET estão concentradas na região sudeste e sul. A maioria dessas empresas produz ou flocos ou fibras para diversas aplicações. A principal razão para isto é que para fabricação de fibras não é necessário alta viscosidade intrínseca. Assim, o controle dos processos de degradação que ocorrem durante o reproprocessamento do material não se torna tão importante.

A Tabela 1 mostra a relação entre peso molecular, expresso como IV, e as aplicações do produto reciclado. Uma faixa curta de valores de IV controlam aplicações específicas. Assim, o principal parâmetro a ser controlado durante a reciclagem mecânica é o peso molecular. Os processos de reciclagem mecânica do PET a partir de garrafas produz

flocos ou grãos (*pellets*) e geralmente consiste nas seguintes etapas: seleção; trituração, moagem; lavagem; separação por diferença de densidade; secagem e extrusão (opcional).

Após a secagem do flocos, o material pode ser extrusado e transformado em grãos para várias aplicações. Este passo é crítico, pois durante o processo de fusão do material para produção dos grãos, a presença de pequenas quantidades de contaminantes causa degradação, o que sempre leva a uma drástica diminuição da viscosidade intrínseca (IV) e amarelecimento, diminuindo a qualidade e limitando as aplicações.

Tabela 1. Aplicações segundo a faixa de viscosidade intrínseca [5]

Viscosidade intrínseca (IV)		Aplicação
Faixa	dl/g	
Baixa	0,54	Filmes orientados para embalagens
Baixa-média	0,54-0,69	Fibras
Média	0,70-0,80	Garrafas, lâminas, peças injetadas, fitas.
Alta	0,85-1,1	Garrafas, peças de engenharia

As mudanças na estrutura química causadas pelos processos de degradação térmica e hidrolítica resultam na queda das propriedades óticas, reduzem a viscosidade e resistência do fundido, diminuindo a processabilidade e a qualidade do material reciclado. Dessa forma, as pesquisas sobre a reciclagem mecânica tem como objetivo o entendimento desses fenômenos com o intuito de solucionar esses problemas, viabilizando novas aplicações.

Para melhorar as características de processabilidade e propriedades físicas, o PET reciclado pode ser aditivado. Vários tipos de aditivos podem ser empregados para melhorar as propriedades físicas do PET. Dentre estes aditivos destacam-se: os agentes extensores de cadeia, antioxidantes e estabilizantes de ultravioleta e os agentes compatibilizantes.

Extensores de cadeia

Os agentes extensores de cadeia são compostos químicos que podem reagir com os grupos terminais das macromoléculas, ligando-as e permitindo o aumento do peso molecular. Esses compostos são conhecidos há algum tempo, porém só recentemente têm sido citados como úteis para reciclagem de poliésteres pós-consumo [6,7].

Vários compostos químicos podem ser aplicados com este propósito. O extensor de cadeia para PET deve ser um composto: bifuncional, não-volátil na temperatura de processamento, capaz de reagir com pelo menos um dos grupos terminais do polímero e, de preferência, capaz de promover reações de adição sem produção de resíduos. São compostos extensores de cadeia para o PET diisocianatos, diepóxidos, dianidridos, bis-oxazolininas, carbodiimidas, bis-tiazolininas, bis-imidazolininas, bis-acilaziridinas, bis,N-acil-lactamas e alguns compostos organofosforados [7,8].

A extensão de cadeia de PET utilizando fosfitos orgânicos foi investigada em detalhes. Quando flocos de PET são processados sem nenhum aditivo, o acompanhamento da viscosidade com o tempo mostra uma contínua queda. A adição de alguns tipos de fosfitos provoca o aumento da viscosidade, evidenciado pelo aumento do torque do equipamento de processamento. Fosfitos alifáticos são ineficientes, enquanto fosfitos

aromáticos são muito efetivos em melhorar a viscosidade (Fig. 1). Entretanto geram resíduos ácidos que promovem hidrólise posterior do material.

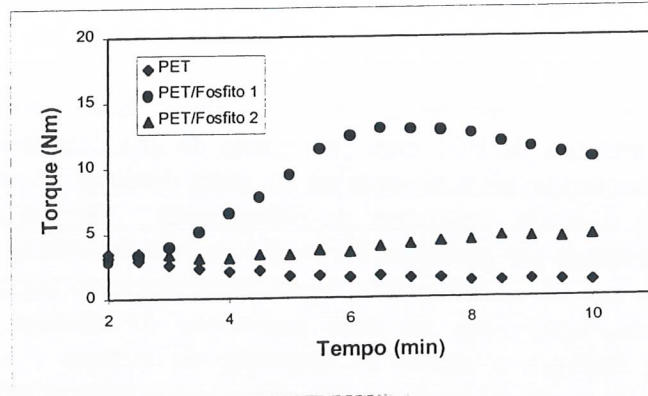


Figura 1. Curva de Torque versus Tempo de PET proveniente de garrafas pós-consumo processado na presença de fosfitos aromáticos

Antioxidantes e estabilizantes de ultravioleta

Dentre as formas de degradação que ocorrem durante a produção, processamento ou uso dos plásticos, a termo-oxidação e a fotodegradação são também prejudiciais para a performance do polímero. Enquanto a termo-oxidação ocorre pelo ataque do oxigênio durante o processamento em altas temperaturas, a degradação pelos raios ultravioleta ocorre quando o polímero fica exposto a radiação solar por períodos prolongados.

A concentração das formas ativas dos estabilizantes presentes nos plásticos pós-consumo é insuficiente para uma proteção efetiva durante o reprocessamento. A queda do peso molecular e o amarelecimento são efeitos que também podem ser minimizados pela adição desses estabilizantes. A adição de uma mistura de Irganox 1010/ Irgafos 168 (Fig. 2) tem sido citada como sendo altamente eficaz no processo de reestabilização do PET. A adição de compostos capazes de absorver a luz UV ou de interferir no mecanismo de degradação através da captura dos radicais livres formados, promove um sensível aumento da estabilidade do polímero. Para poliésteres termoplásticos, como o PET, é recomendado o uso de benzoxazinonas para minimizar a fotodegradação.

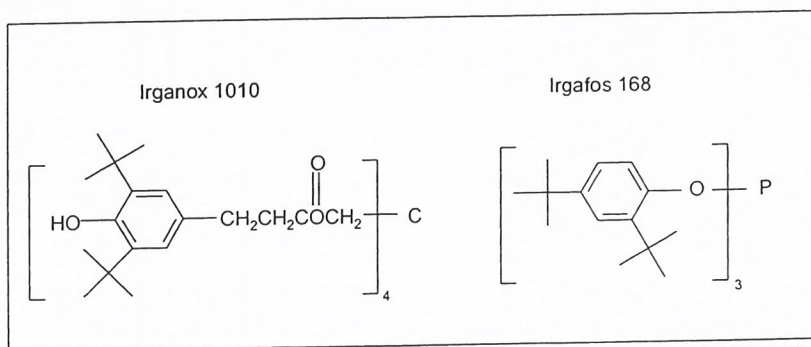


Figura 2. Estruturas químicas dos compostos Irganox 1010 e Irgafos 168

Agentes compatibilizantes em misturas

A mistura de PET pós-consumo com pequenas quantidades de outros plásticos é também uma forma interessante de aumentar a resistência do fundido e gerar novos materiais de engenharia. Considerando este aspecto, as misturas de PET com poliolefinas, que são os plásticos mais encontrados no lixo urbano foram também investigadas. Um exemplo são as misturas de PET com polietileno de alta densidade. Esses polímeros são completamente incompatíveis e se separam em fases distintas no material. O tamanho dos domínios que se separam dependem da composição. Devido a incompatibilidade, as propriedades mecânicas são pioradas. Para resolver esse problema, são adicionados agentes compatibilizantes que são normalmente copolímeros contendo segmentos capaz de interagir química ou fisicamente com os dois polímeros da mistura. A adição do agente compatibilizante melhora o estado de dispersão da mistura e a adesão entre as fases. Quando os agentes compatibilizantes são empregados mesmo em pequenas quantidades, materiais reciclados com propriedades muito interessantes são obtidos. Exemplos de agentes compatibilizantes são os copolímeros comerciais de etileno funcionalizados com anidrido maleico e ácido acrílico.

Agradecimentos: PADCT/FINEP, CNPq

Referências

1. C.R. Nascimento, E.B.A.V. Pacheco, M.L. Dias, *Rev. Quím. Ind.*, **706/707**, 14 (1996).
2. J. Milgron, in *Plastics Recycling - Products and Processes*, R.J. Ehrig, Ed., Hanser, 1992, page 45.
3. *Anuário da Indústria Química*, ABIQUIM, SP, 1997.
4. Source: *Associação Brasileira de Produtores de PET-ABEPET*, 1998.
5. J. Milgron, *Tecnologia para Reciclagem de plásticos*, ABPol/INP/SPE-Brazil, São Paulo, 1997.
6. N. Cardi, R. Po, G. Giannota, E. Occhiello, F. Garbassi, G. Messina, *J. Appl. Polym. Sci.*, **50**, 1957 (1993).
7. I.A. Abu-Isa, C.B. Jaynes, J.F. O'Gara, *J. Appl. Polym. Sci.*, **59**, 1957 (1996).
8. H. Inata, S. Matsumura, *J. Appl. Polym. Sci.*, **32**, 5193 (1986).

SETOR VIDREIRO NO BRASIL EM 1999

O setor vidreiro no Brasil vai encerrar 1999 com resultados positivos.

O processo contínuo de renovação e atualização adotado pelas indústrias nacionais, em sua permanente busca de tecnologias capazes de atender as necessidades de um mercado cada vez mais exigente, se reflete nos números do setor, que permitem prever para este ano um crescimento da produção da ordem de 12%, acompanhado por um aumento no faturamento de quase 9%.

Os dados consolidados até fim de outubro garantem para este ano um faturamento total do setor de 2,204 bilhões de reais, contra os 2,025 bilhões de reais alcançados em 1998. E a produção chegará à casa de 1,875 milhão de toneladas, contra o total de 1,673 milhão de toneladas registrado no ano passado.

Em um período de retração como o atual, marcado por uma desvalorização cambial e por uma crise econômica logo nos primeiros meses deste ano, o comportamento do setor evidencia o alcance social e econômico da indústria vidreira como um todo, já que conseguiu manter estável sua oferta de empregos, hoje da ordem de 14 mil vagas diretas.

No tocante a investimentos o setor vidreiro registra uma queda em 1999, que se encerra com um total de 135 milhões de dólares. Mas as previsões para o próximo ano acusam uma retomada também nessa área, com estimativa de 213 milhões de dólares investidos no setor ao longo do ano 2000. Esta previsão garante um aumento de investimentos no setor de nada menos do que 57% e um retorno aos níveis de investimentos feitos em 1998. A maioria das empresas já acena com maiores investimentos no ano que vem, especialmente na modernização tecnológica, em busca do binômio alívio de peso e manutenção da resistência.

Exportação foi também um segmento marcado por significativo crescimento neste ano que se aproxima de seu final. Vidros domésticos e vidros planos responderam por boa parte desse crescimento, registrando aumentos nas vendas internacionais de 25% os primeiros, enquanto os planos quase dobraram sua participação nesse mercado.

Ao se levar em conta os quatro segmentos em que se divide a indústria vidreira, os números comparativos entre 1999 e 1998 também mostram detalhes que devem ser lembrados. Começando pelas embalagens, segmento que mais sofreu o ataque de concorrentes de outros materiais nos últimos tempos, mas que vem reagindo com novos produtos e contando com o apoio dos consumidores mais exigentes, que voltam a fazer questão do vidro nas cervejas e refrigerantes.

Embalagens fecham o ano de 1999 com produção de 869 mil toneladas e faturamento de 691 milhões de reais, superando o ano anterior, que registrou, respectivamente, 833 mil toneladas e 613 milhões de reais. O crescimento atingido foi de 12,7% no faturamento.

Vidros domésticos trazem aumentos mais modestos, com 161 mil toneladas e faturamento de 265 milhões de reais, sobre 160 mil toneladas produzidas e 258 milhões de reais em 1998.

Nos vidros planos surge o maior crescimento. Em 1999 os números já fechados permitem prever total de 715 mil toneladas produzidas e faturamento de 873 milhões de reais este ano, ou respectivamente 28,8% e 18,7% a mais do que as 555 mil toneladas e o faturamento de 735 milhões de reais no ano passado.

Por fim, vidros especiais, que registraram pequeno crescimento na produção – 130 mil toneladas este ano contra 125 mil no ano passado – e uma queda no faturamento: 375 milhões de reais em 1999 e 419 milhões de reais em 1998.

O panorama do setor vidreiro no Brasil em 1999 mostra os seguintes perfis de produção e de faturamento:

Embalagens continua a ser o segmento líder, com 46% da produção, seguido pelos vidros planos (segmento que mais cresceu este ano e ostenta 38% da produção). Seguem-se os domésticos com 9% e especiais com 7%.

Já no faturamento o perfil se modifica. Vidros planos lideram o ano com 40% dos 2,204 bilhões de reais citados antes, seguidos pelas embalagens com 31%. Depois vem especiais com 17% e domésticos com 12%.

NÚMEROS DO SETOR VIDREIRO NO BRASIL

	1998	1999	Variação
Geral			
Faturamento (milhões de Reais)	2.025	2.204	+ 8,83%
Empregos diretos (mil)	14,0	14,0	(=)
Produção (mil toneladas)	1.673	1.875	+12,07%
Capacidade instalada (mil toneladas)	2.684	2.656	- 1,04%
Investimento (em milhões de Dólares)	213	135	- 41,55%
Embalagens de vidro			
Faturamento (em milhões de Reais)	613	691	+12,72%
Empregos diretos (mil)	5,9	5,6	- 5,08%
Produção (em mil toneladas)	833	869	+ 4,32%
Capacidade instalada (em mil toneladas)	1.497	1.384	- 7,54%
Investimento (em milhões de Dólares)	120	104	-13,33%
Vidros domésticos			
Faturamento (em milhões de Reais)	258	265	+ 2,71%
Empregos diretos (mil)	3,0	3,0	(=)
Produção (em mil toneladas)	160	161	+ 0,62%
Capacidade instalada (em mil toneladas)	205	218	+ 6,34%
Investimento (em milhões de Dólares)	12	15	+25,00%
Vidros planos			
Faturamento (em milhões de Reais)	735	873	+18,77%
Empregos diretos (mil)	3,0	3,0	(=)
Produção (em mil toneladas)	555	715	+28,82%
Capacidade instalada (em mil toneladas)	816	859	+ 5,27%
Investimento (em milhões de Dólares)	67	10	- 85,07%
Vidros especiais			
Faturamento (em milhões de Reais)	419	375	- 10,50%
Empregos diretos (mil)	3,0	2,4	- 20,00%
Produção (em mil toneladas)	125	130	+ 4,00%
Capacidade instalada (em mil toneladas)	166	195	+17,46%
Investimento (em milhões de Dólares)	14	6	- 57,14%

PERFIL DA PRODUÇÃO EM TONELADAS

Setor	1998	1999
Embalagens de vidro	50%	46%
Vidros domésticos	10%	9%
Vidros planos	33%	38%
Vidros especiais	7%	7%
Total	100%	100%

PERFIL DO FATURAMENTO

Setor	1998	1999
Embalagens de vidro	30%	31%
Vidros domésticos	13%	12%
Vidros planos	36%	40%
Vidros especiais	21%	17%
Total	100%	100%

RECICLAGEM

RECICLAR é o processo que transforma o descartável de um produto manufaturado em outro com as mesmas características técnicas e com a mesma utilização.

UM POUCO DE HISTÓRIA

O vidro, que é fabricado pelo homem desde tempos imemoriais, tem hoje, no limiar do século 21, no seu processo de fabricação, praticamente as mesmas matérias primas de cinco mil anos atrás. O que mudou, foi a tecnologia de produção.

Presente em todos os aspectos da vida das pessoas, das lâmpadas aos óculos, das vidraças aos vidros dos automóveis, dos televisores aos computadores, dos laboratórios ao utensílios domésticos... E, na forma mais comum: as embalagens de bebidas, alimentos, medicamentos perfumes etc.. Cada vez mais leves e resistentes, versáteis em cores e formatos, as embalagens constituem a base do processo de reciclagem. Porque o vidro é o único material que mantém, simultaneamente os 3 atributos que o diferenciam dos demais materiais de embalagem, principalmente no que diz respeito a meio ambiente: os 3 R's.

R DE RETORNABILIDADE, REUTILIZAÇÃO, RECICLAGEM

1- O VIDRO É RETORNÁVEL

Praticamente 50% das embalagens de vidro produzidas no Brasil são de recipientes **retornáveis**, como as garrafas de cerveja, refrigerantes e outros. Reaproveitadas dezenas de vezes, por um simples processo de lavagem a altas temperaturas, não apresentam problemas de deformação, absorção de sabores ou assepsia porque o vidro é inerte, feito totalmente de matérias primas naturais, não químicas.

2- O VIDRO É REUTILIZÁVEL

Usada para guardar alimentos, água na geladeira, pregos e parafusos e uma infinidade de objetos, a embalagem de vidro também serve de vaso, adorno e mesmo utilidade doméstica.... O copo de requeijão ou atomatado é a típica embalagem de vidro reutilizada de maneira diferente para a qual foi fabricada. Assim não descartado, o vidro distancia-se do elementos poluentes da natureza.

3- O VIDRO É 100% RECICLÁVEL

Embalagem de vidro não é lixo: é matéria prima nobre. Quando o vidro é descartado de *forma organizada* (PEVs – *Postos de Entregas Voluntárias*) , ele volta às vidrarias, é reduzido a cacos, descontaminado e adicionado à mistura de matérias primas, voltando a ser integralmente garrafas, potes, frascos novos. Integralmente, porque na **reciclagem**, o vidro não perde volume nem propriedades, independentemente do número de vezes que entra no processo: **o vidro é infinitamente reciclável.**

O QUE PODE E O QUE NÃO PODE

SIM

- . Garrafas de refrigerantes e cervejas não retornáveis
- . Garrafas de sucos e águas
- . Potes de molhos e condimentos
- . Garrafas de vinho e bebidas alcoólicas
- . Potes de produtos alimentícios
- . Frascos de medicamentos e perfumaria

NÃO

- . Espelhos e vidros planos
- . Cristal
- . Lâmpadas
- . Vidros de janelas
- . Vidros pyrex e similares
- . Tubos de TV e de monitores

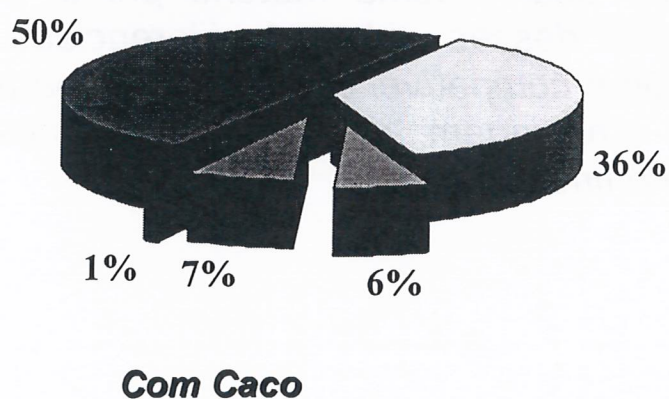
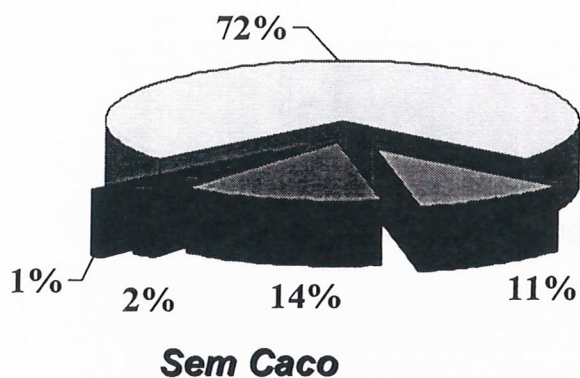
PORQUÊ NÃO PODE?

Apesar de usar mesma matéria prima, a composição desses vidros é diferenciada. Assim, não é compatível com a mistura para vidro de embalagem, causando problemas no produto final.

O VIDRO

COMPOSIÇÃO

O processo de fabricação do vidro varia de acordo com a adição de caco, que diminui o tempo de fusão das matérias primas. Consequentemente, reduz-se, com a reciclagem, o consumo de combustíveis e energia na produção do vidro.



□ Areia

■ Calcário

■ Barrilha

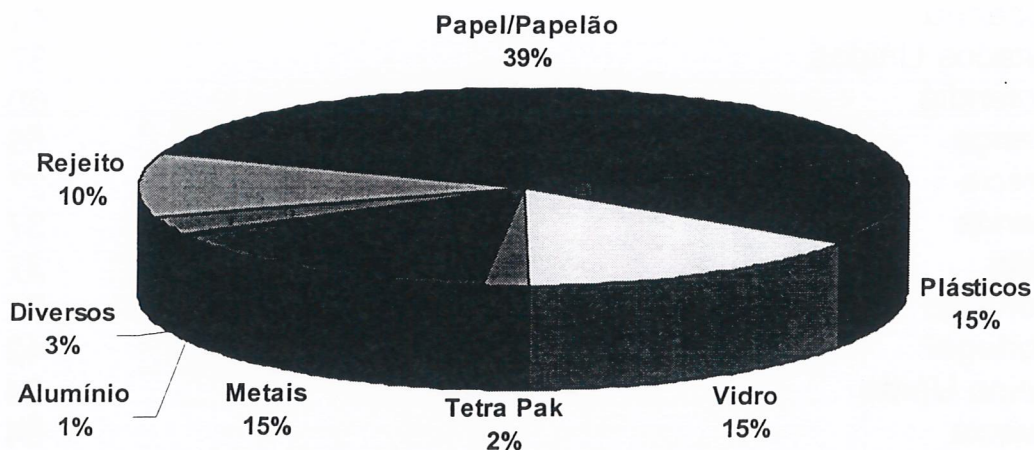
■ Alumina

■ Corantes e Descorantes

■ Caco Reciclado

O PERFIL DO LIXO

Composição da Coleta Seletiva Brasil



Praticamente 70% do lixo no Brasil correspondem a dejetos orgânicos (sobras de alimento, principalmente). Os rejeitos sólidos que compõem a reciclagem se encontram nos 30% restantes, com uma participação descrita no gráfico acima.

Em termos totais de dejetos em São Paulo, a cada 12,5 mil toneladas/dia de lixo doméstico, o vidro contribui com 2,4%, ou seja, 300 toneladas/dia.

Tais características de composição variam de região para região, de cidade para cidade: o lixo varia em decorrência de atividades econômicas, níveis sociais, culturais, entre outros.

Portanto, cada projeto de coleta seletiva e reciclagem é praticamente único, e não padronizado em função dessas características distintas.

RECICLAGEM DE VIDRO NO MUNDO

País	Taxa de Reciclagem
Alemanha	81 %
Áustria	86 %
BRASIL	40 %
Dinamarca	63 %
Espanha	41 %
Estados Unidos	37 %
Finlândia	69 %
França	55 %
Grécia	27 %
Irlanda	37 %
Itália	37 %
Noruega	81 %
Portugal	42 %
Reino Unido	24 %
Suécia	84 %
Suíça	91 %
Turquia	31 %

BENEFÍCOS DA RECICLAGEM

ASPECTOS TÉCNICOS

O vidro pode ser 100% reciclável

- 1 kg de vidro quebrado (caco) gera 1 kg de vidro novo
- Economiza matérias primas (minérios)
- Economiza energia
- Prolonga a vida útil do forno
- Aumenta a extração de vidro no forno.

ASPECTOS AMBIENTAIS

- À medida que a indústria vidreira recicla o vidro, diminui a emissão de gases (CO₂) na atmosfera
- Reciclando o vidro, poupa-se a extração de minérios (areia, barrilha, calcário, alumina e outros)
- Reciclando o vidro, aumenta-se a vida útil do aterro sanitário.

RECICLAGEM DE EMBALAGENS

RECICLAGEM E CIDADANIA

Os programas de reciclagem ABIVIDRO são também uma importante contribuição no processo de cidadania, resultando efetivamente em profissionalização e mais de 9.000 empregos, além da continuidade de programas assistenciais.

Programas de Reciclagem de Vidro no BRASIL

Localidades

Programas

<i>Pernambuco</i>	<i>1</i>
<i>Sergipe</i>	<i>1</i>
<i>Ceará</i>	<i>1</i>
<i>Bahia</i>	<i>1</i>
<i>Brasília</i>	<i>1</i>
<i>Minas Gerais</i>	<i>1</i>
<i>Rio de Janeiro</i>	<i>13</i>
<i>São Paulo</i>	<i>8</i>
<i>Paraná</i>	<i>5</i>
<i>Santa Catarina</i>	<i>6</i>
<i>Rio Grande do Sul</i>	<i>8</i>



Total Brasil 46

PESSOAS TRABALHANDO E SE BENEFICIANDO COM A RECICLAGEM DE VIDRO

Rio de Janeiro	2.800
São Paulo	2.200
Santa Catarina	1.800
Rio Grande do Sul	2.400
Total	9.200

COOPERATIVAS DE CATADORES TRABALHANDO COM RECICLAGEM DE VIDRO

Rio de Janeiro – RJ	3
São Paulo – SP	1
Porto Alegre – RS	8
Total	12

Total de pessoas 700 aproximadamente.

HOSPITAIS BENEFICIADOS COM A RECICLAGEM DE VIDRO

Hospital do Câncer (Fortaleza – CE)	185 leitos
Hospital do Câncer (Recife – PE)	200 leitos
Hospital do Câncer (Salvador – BA)	200 leitos
Santa Casa de Misericórdia (Belo Horizonte – MG)	1.200 leitos
Hospital São José (Joinville – SC)	203 leitos
Assoc. dos Voluntários a Serv. Oncologia	24 leitos
Total	2.012 leitos

VILA MADALENA / PAULISTA VIVA – UM PROJETO DIFERENCIADO



Ao invés da coleta voluntária, a ABIVIDRO é que faz o processo de coleta, na região da Avenida Paulista e Vila Madalena, dos vidros gerados em:

- Hotéis
- Cantinas
- Restaurantes
- Danceterias
- Bares.

O vidro coletado, é doado à COOPAMARE (Cooperativa de Catadores de Papelão e Materiais Recicláveis. Após o tratamento de limpeza, o vidro é vendido à Vidraria Santa Marina.

PARCERIAS

COM QUEM INCREMENTAR PROGRAMAS DE RECLAGEM

Prefeituras
Associações de Bairro
Condomínios
Edifícios Comerciais
Supermercados
COOPERATIVAS

Restaurantes e Lanchonetes
Empresas
Igrejas
Clubes
Hotéis

MERCADO

AMERICANO

MERCADO AMERICANO DE RECICLAGEM DE VIDRO

TOTAL DE EMBALAGENS DE VIDRO RECICLADAS EM TONELADAS

ANO	1996	1997
Caco comprado	2,530,942	2,309,310
Retornáveis	506,880	423,760
Usos Secundários	643,190	613,631
Total	3,681,012	3,346,701
Produção Doméstica	9,220,680	8,934,048
Diferença: Importação / Exportação	489,924	567,900
Total	9,710,604	9,501,948
Índice Estimado da Reciclagem	37.9%	35.2%

Uma em cada três embalagens de vidro são recicladas

14.35 de 41 bilhões de embalagens de vidro são recicladas anualmente.

RESTANDO

1996
6,029,592 toneladas

1997
6,155,247 toneladas

EMBALAGENS DE VIDRO RECICLADAS POR COR



Total de Vidro Não Coletado / Recuperado

Toneladas / Ano

1996
6,029,592
+ 1,000,000
7,029,592

Embalagens de Vidro Planos, Processados, Soprados

1997
6,155,247
+ 1,000,000
7,155,247

Média

7,092,420 toneladas

Economia na Reciclagem

Matéria – Prima Pura x Caco

Matérias – primas para o vidro (Areia 72%, Barrilha 11%, calcário 11%, feldspato, outros materiais em pequenas quantidades).....\$ 40/ton, \$.02/libras

Mistura com o caco

Transparente.....\$20-50/ton
Âmbar.....\$14-\$40/ton
Verde.....\$5-\$19/ton

Média na Economia de

materiais.....\$9.435/ton,\$.004/libras

Matéria Prima x Caco – Economia de Energia/Ton

Misturas

	Matéria – Prima Pura	c/ Caco
	Milhões de BTUs	Milhões de BTUs
Energia no processo de combustão	5.97	3.90
Energia no processo de pré-combustão	1.20	0.88
Energia do transporte da combustão	0.92	0.30
Energia do transporte da pré-combustão	0.11	0.063
Total	8.20	5.143

= 37.28% de Economia de Energia & Menos Emissões no Meio Ambiente.

MERCADOS ALTERNATIVOS PARA A RECICLAGEM DE VIDRO

Qualidade do vidro (misturado, não limpo), quantidade coletada e distância das fábricas e usinas de tratamento são fatores que podem inviabilizar programas de reciclagem: o vidro se torna muito caro e pouco rentável.

A busca de novas alternativas para uso do vidro coletado em mercados locais de reciclagem, tem resultado em projetos regionalizados, como os desenvolvidos nos Estado de Minnessota (EUA):

- **PAVIMENTAÇÃO**

Não é novidade. Mas as pesquisas evoluíram p para um processo de melhor qualidade, que combina uma participação de 10% do vidro na composição de pavimentação., utilizada principalmente em vias regionais e municipais.

- **CONSTRUÇÃO CIVIL**

O vidro tem uma participação também de 10% na composição da argamassa, utilizada principalmente em construções comunitárias, para barateamento de custos, além de estender as pesquisas para projetos arquitetônicos residenciais e comerciais.

- **FILTRAGEM**

Estudos bem aceitos colocam o vidro também em uso em sistemas de tratamento séptico e sanitários.

- **JATEAMENTO**

Projeto premiado, foi o desenvolvimento de uma máquina para trituração do vidro em

pó fino, médio e grosso, indicado para limpeza de equipamento e componentes, além de preparação de superfícies para pintura.

É um nicho de mercado ideal para coletas de pequena quantidade de vidro ou para regiões distantes.

- **TELHAS DE VIDRO**

Uma destinação do vidro coletado na zona rural, resultou num aprimorado projeto que desenvolveu uma linha completa de telhas de vidro, com boa aceitação pelos consumidores, principalmente pela

resistência excepcional e transparência. Já incorporado inclusive ao projeto do prédio do St. Paul Neighborhood Energy Consortium, preocupado com uma resposta de construção em padrões ambientalmente corretos.

Os projetos acima têm tido um reconhecimento dos órgãos governamentais, que tem incentivando a sua divulgação e elaboração de trabalhos de normatização e formação técnica.

RECICLAGEM DE VIDRO DE LÂMPADAS FLUORESCENTES E DE PÁRA-BRISAS

Arthur Pinto Chaves

Engenheiro Metalurgista, Professor Titular de Tratamento de Minérios

Cleusa Cristina Bueno Martha de Souza

Engenheiro Químico, Mestre em Tecnologia Mineral

Escola Politécnica da Universidade de São Paulo

Av. Prof. Mello Moraes, 2373 - 05508-900 - São Paulo

fone 0xx11 818-5431, fax 0xx11 818-5721, apchaves@usp.br

INTRODUÇÃO

Este trabalho descreve a aplicação de técnicas de Tratamento de Minérios para a recuperação dos materiais de construção de lâmpadas fluorescentes e de vidro de pára-brisas de automóveis.

O Tratamento de Minérios é o campo da Engenharia de Minas que se dedica à redução e separação de tamanhos e separação das espécies minerais presentes em minérios - para obter concentrados e produtos aceitáveis pelo mercado (dentro das especificações demandadas pela sua utilização final). O seu escopo compreende as atividades de:

- redução de tamanho de partículas (cominuição),
- separação das partículas em classes de tamanhos (peneiramento e classificação),
- elevação dos teores de elementos úteis (concentração),
- eliminação de elementos ou substâncias indesejáveis (descontaminação),
- manuseio do minério ou concentrado entre operações sucessivas,
- separação sólido-líquido.

Na definição clássica, em nenhuma operação de Tratamento de Minérios pode ser introduzida qualquer alteração da estrutura interna da matéria. Reações químicas, metalúrgicas ou cerâmicas fogem portanto do seu escopo. As operações unitárias utilizam métodos exclusivamente físicos: britagem, peneiramento, moagem, classificação, separação por pesos específicos, separação magnética, separação eletrostática, separação por cor, forma ou brilho, espessamento, filtração etc. ⁽¹⁾.

Estas operações unitárias vêm sendo cada vez mais intensamente aplicadas à solução de problemas ambientais devido a várias razões:

- o volume de resíduos industriais ou domésticos vem crescendo de maneira assustadora, de modo que a sua disposição torna-se problemática devido ao volume necessário, à inexistência de áreas capazes de recebê-los, ao elevado custo desta disposição e ao impacto ambiental dos depósitos de resíduos;
- o re-aproveitamento, mesmo que parcial, diminui o volume desses resíduos e os problemas decorrentes da sua disposição;
- a separação das matérias-primas utilizadas na fabricação dos produtos lançados como resíduos possibilita a sua reciclagem. A experiência tem demonstrado que esta reciclagem muito frequentemente é uma operação economicamente viável, com retorno financeiro;
- os processos físicos utilizados pelo Tratamento de Minérios são os de menor custo possível.

Academicamente, o tema é muito interessante, porque os processos de separação destas matérias-primas não naturais utilizarão os mesmos processos de separação das matérias-primas naturais. Entretanto, como as propriedades físicas são diferentes, e

especialmente a forma das partículas é muito peculiar, os processos precisam ser adaptados, o que é tema de estudos e desenvolvimento em todo o mundo.

Do ponto de vista ambiental, ainda devem ser mencionada a conservação dos recursos naturais, a economia de energia, a diminuição da poluição das águas, ar e solos e a economia de água, quando comparado com o uso de matéria-prima virgem. A tabela 1 mostra a economia da reciclagem para alguns materiais escolhidos.

Tabela 1 - Reduções decorrentes da reciclagem de materiais específicos em relação à utilização de matérias-primas virgens (%) ⁽²⁾

item	alumínio	aço	papel	vidro
economia de energia	90-97	47-74	23-74	4-32
redução da poluição do ar	95	85	74	20
redução da poluição da água	97	76	35	-
redução do volume de rejeitos de mineração	-	97	-	80
redução do consumo de água	-	40	58	50

Foram aplicadas as operações unitárias de Tratamento de Minérios aos dois tipos de vidro mencionados no título. Tratam-se de problemas diferentes e que exigiram fluxogramas diferentes para a sua solução satisfatória.

PROBLEMAS ASSOCIADOS À RECICLAGEM DO VIDRO

Por ser quimicamente inerte, o vidro depositado junto com o lixo não deveria causar problemas ambientais. Entretanto, esta é justamente a causa deles: devido à sua grande estabilidade química, o vidro leva centenas e até milhares de anos para se decompor. Outrossim um de seus principais produtos são vasilhas ocas, que têm um volume desproporcionalmente grande em relação à sua massa. Disto decorrem enormes volumes dispostos e incomodamente estáveis.

Entretanto, o vidro pode ser totalmente reciclado e aproveitado como matéria-prima para a refusão e fabricação de um novo produto ou então, para a fabricação de um produto menos nobre. Isto depende basicamente da pureza da sucata de vidro a ser empregada. Na Inglaterra de 25 anos atrás 70 % da carga dos fornos de vidro era de sucata reciclada. Problemas com a qualidade da sucata fizeram com que a indústria parasse de recebê-la. Na Suíça outrora trabalhou-se com 100 % de sucata na carga, hoje utiliza-se cerca de 78 % ⁽³⁾.

O problema da qualidade refere-se principalmente à cor dos cacos: como a presença de impurezas em teores de ppm afeta substancialmente a cor ou a transparência do vidro, os problemas de contaminação de um lote de sucata com cacos de outra cor é extremamente sério. Na Alemanha pratica-se a coleta seletiva do vidro descartado: os receptores de sucata de vidro são seletivos para vidro branco, verde ou marrom e azul. Apesar deste cuidado, a coleta assim pré-selecionada precisa ser enviada para usinas de beneficiamento. Nestas, através de equipamentos sofisticados de separação por cor, as partículas estranhas a cada lote são eliminadas. Com isto conseguem-se níveis de reciclagem de 90 %.

No Brasil algumas indústrias vidreiras utilizam sucatas para a produção quase que exclusivamente de vidro oco (embalagens). A maioria, entretanto, restringe o uso de sucata à gerada internamente, devido à falta de qualidade compatível com as exigências do processo industrial.

A reciclagem do vidro traz como economia de energia aquela quantidade necessária

para promover a vitrificação das matérias-primas: gasta-se apenas a parcela destinada à fusão. 20 % de cacos na carga implicam numa economia de 5 % da energia. 100 % de cacos levam a uma redução de 25 %. Do ponto de vista operacional, a adição de sucata à carga permite reduzir a temperatura do forno, o que aumenta a vida útil dos refratários do seu revestimento e aumenta a sua disponibilidade operacional ⁽⁴⁾.

Os dois materiais escolhidos para este estudo possuem algumas peculiaridades que merecem uma consideração mais detida.

As lâmpadas de vapor de mercúrio são atualmente a maior fonte de contaminação ambiental com este metal pesado. A sua indisposição indevida libera para o meio ambiente o vapor contido nelas. Existe, em Campinas, uma empresa prestadora de serviço que faz a recuperação do mercúrio contido nas lâmpadas usadas que lhe são entregues. A origem deste estudo foi a solicitação desta empresa de uma solução para o problema do seu estoque de cacos de lâmpadas. Como será oportunamente explicado, estes cacos têm como contaminações o fósforo de revestimento e os materiais de montagem da lâmpada. Outrossim, o vidro de que o bulbo é fabricado (vidro tipo alcalino) é diferente daquele que suporta os eletrodos (vidro de chumbo), sendo inaceitável reciclá-los conjuntamente.

Para se ter uma idéia da dimensão deste problema, em 1997, o consumo anual de lâmpadas estimado para o Brasil era de 30 milhões de unidades *.

Os pára-brisas são compostos de duas lâminas de vidro soda-cal. Internamente a elas é inserida uma lâmina de PVB, polivinil-butiral, plástico de enorme aderência e resistência mecânica. É muito difícil eliminar esta matéria plástica e é inaceitável alimentar este tipo de vidro ao forno pois o plástico queima, gerando gases que enchem o vidro de bolhas. O seu destino final é portanto o lixão ou o aterro sanitário.

Desde 1991, o seu uso em automóveis é obrigatório no Brasil (Resolução Contran 710, de 1988). Em menor escala, o mesmo vidro é utilizado na construção civil.

CONTAMINANTES DO VIDRO

Já foram mencionados os cacos de outra cor, diferente da do lote, e a matéria plástica. Entretanto, em princípio, qualquer material que não seja vidro causará algum tipo de problema.

Materiais magnéticos que entram no forno causam a formação de pedras (intrusões opacas) e de bolhas. Uma simples tampa de garrafa produz quantidade de bolhas suficiente para comprometer todo o lote de vidro produzido e contaminado por ela, de várias toneladas. Ademais, parte do ferro se dissolve, conferindo uma coloração verde indesejada.

Alumínio também forma pedras e bolhas. O alumínio reduz o silício do vidro e o faz precipitar em esferas, enquanto se oxida a óxido de alumínio. Portanto, além das pedras, o óxido de alumínio pode alterar a coloração, a transparência ou o brilho do produto. Não se admite mais que uma tampa de alumínio para 25 t de cacos.

Materias cerâmicos oriundos de tampas cerâmicas ou de cacos de louça também formam pedras. Estas podem ser suficientemente pequenas para não serem discernidas visualmente. Entretanto, a sua presença como uma fase distinta dentro do vidro causa o acúmulo de tensões em seu entorno, levando à fragilização do vidro. Isto é fatal para vasilhames em geral e especificamente para vasilhas de líquidos pressurizados (vinho

* ROISENBLATT, I. (ABILUX - Associação da Indústria da Iluminação, São Paulo). Comunicação pessoal, 1997.

champanhe, por exemplo). O mesmo vale para materiais rochosos: alimentados ao forno, estes sofrem choque térmico e se estilhaçam em pequenos fragmentos que irão causar o mesmo problema.

Contaminantes orgânicos trazem problemas para a química da reação. Papel ou alimentos, por exemplo, alteram a relação carbono/sulfato, o que irá prejudicar o processo de conformação do vidro. Outrossim, queimam formando bolhas de gases que podem permanecer no vidro solidificado.

Como resultado, as especificações para a qualidade da sucata são muito rígidas, como mostra a tabela 2.

Tabela 2 - especificações básicas para sucata de vidro (adaptada de ⁽⁵⁾)

tipo de contaminação	especificação
materiais refratários (porcelana, cerâmicos, pedras e escória)	nenhuma peça maior que 1 mm, menos que 100 g/t
metais não ferrosos (folha de flandres, alumínio, chumbo)	menos que 60 g/t, nenhuma partícula com mais que 12 mm
metais ferrosos	menos que 5 g/t, nenhuma partícula com mais que 1 mm
compostos orgânicos (plástico, cortiça, farrapos e outros)	menos que 60 g/t, nenhuma partícula com mais que 12 mm
rótulos de papel aderidos aos cacos	menos que 400 g/t
vidro aramado	não é permitido
outros contaminantes	nenhum vidro com gravuras ou prateados, espelhos, nenhum refratário, metal ou plástico aderidos ao vidro, nenhum vidro plano com espessura superior a 1 cm
distribuição granulométrica recomendada:	+ 60 mm - não admitido -60+40 mm - 3% em peso -40+20 mm - 30% em peso -20+10 mm - 40% em peso -10+5 mm - 12% em peso -5 mm - 5% em peso, máximo

OUTRAS UTILIZAÇÕES DE VIDRO RECICLADO

Além do retorno ao forno de fusão, existem outras utilizações, entre as quais destacamos:

- "filler" para pavimentação asfáltica,
- controle de erosão e drenagem,
- isolamento térmico,
- jateamento de fachadas e metais, limpeza de superfícies metálicas para galvanização,
- meio filtrante,
- sucedâneo de areia em concretos de baixa responsabilidade (calçadas, guias e sarjetas),
- esferas de vidro utilizadas como carga de moinhos, na fabricação de tintas reflexivas, como cargas ativas de plásticos de engenharia, cosméticos, produtos farmacêuticos, químicos, corantes e agro-industriais, como carga de leitos fluidizados, como revestimento de papéis e

materiais de decoração.

RECICLAGEM DO VIDRO DE LÂMPADAS FLUORESCENTES

Além do vidro de soda-cal constituinte do bulbo, são encontrados na sucata os seguintes materiais:

- vidro de chumbo usado para suporte dos eletrodos e fechamento do tubo de exaustão da lâmpada,
- eletrodos e filamento de aço doce,
- soquetes de alumínio, vedados com resina plástica e cimento colante,
- revestimento de apatita enriquecida com európio ("fósforo").

A sucata utilizada em nosso estudo foi fornecida pela empresa Apliquim Equipamentos e Produtos Químicos, que realiza a recuperação do mercúrio contido nas lâmpadas.

Desta forma, o mercúrio já havia sido retirado. O fósforo é removido simplesmente soprando-se o tubo.

A operação fundamental utilizada foi a de fraturamento seletivo: estes diferentes materiais têm comportamentos individualmente distintos quanto à fratura. A quebra controlada da sucata pode fornecer fragmentos individualizados, os quais podem ser submetidos em sequência a outras operações de separação segundo as suas propriedades físicas mais notáveis.

Desta forma, após uma britagem branda, os fragmentos maiores que 3/4" concentravam os soquetes de alumínio, que apenas se amassavam. Parte da resina de vedação (Fenolite®) e do cimento colante ficava aderida a eles, que precisavam ser submetidos a nova etapa de quebra. Para isto construiu-se um equipamento especial, a partir de um ventilador, que aplicava um impacto muito leve aos soquetes, o suficiente para amassá-los e soltar as partículas de Fenolite® e algum vidro ainda aderido. O peneiramento em 1/2" permite separar estes soquetes e o undersize é reconduzido ao processo.

Os fragmentos menores que 3/4" foram então submetidos a uma separação magnética, onde foram retirados os bulbos de vidro de chumbo, arrastados pelos arames dos eletrodos. Quebrando-se apenas estas partículas, num britador de rolos, fica facilitada a liberação dos cacos dos vidros de chumbo dos arames e a sua subsequente separação uns dos outros por nova etapa de separação magnética.

O contínuo manuseio dos cacos de vidro parte-os em cacos sucessivamente menores. As partículas muito finas não podem ser recicladas, constituindo-se em perdas de processo. Foi feito um peneiramento em 32# (0,5 mm), que separou estas partículas finas inaceitáveis, contaminações com poeira, areia e terra e o fósforo remanescente.

O produto retido contém cacos de vidro e fragmentos de matéria plástica. Para separá-los utilizou-se a separação densitária, uma vez que os plásticos têm densidade em torno de 1 e o vidro em torno de 2,7.

O fluxograma resultante é mostrado na figura 1. Foi recuperado 82,7% do vidro, com qualidade adequada para a recirculação nos fornos.

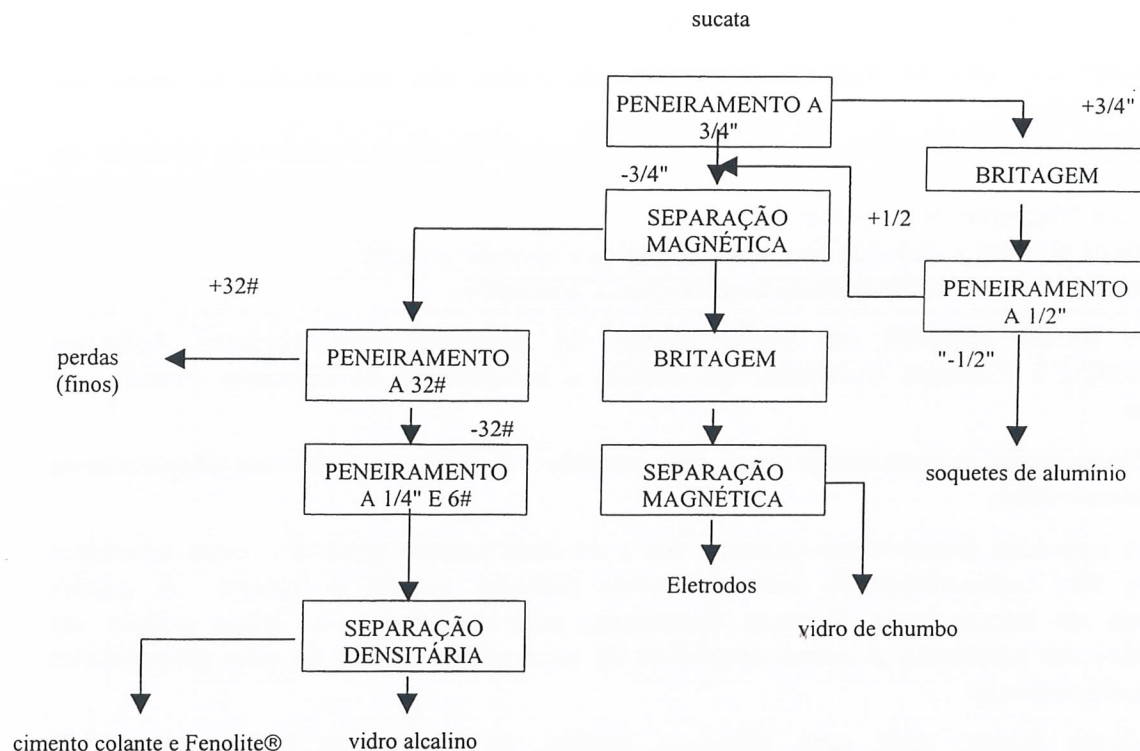


Figura 1 - fluxograma para o beneficiamento de sucata de lâmpada fluorescente

RECICLAGEM DO VIDRO DE PÁRA-BRISA DE AUTOMÓVEL

O vidro de segurança laminado é um tipo especial utilizado em grande escala na indústria automobilística e em menor proporção na construção civil (em janelas). Desde 1981 o seu uso é obrigatório em pára-brisas de automóveis, o que deve aumentar ainda mais o seu consumo (na medida do crescimento da produção automobilística) e consequentemente, ao final do seu ciclo de vida, a quantidade a ser disposta.

Ele contém duas lâminas de vidro coladas com o filme plástico polivinílico de alta resistência ao impacto. As sucatas deste material são a sucata gerada na própria fábrica pelo corte das peças, as peças rejeitadas pelo controle de qualidade e as peças usadas, ao fim de sua vida útil.

Este vidro não pode ser recirculado devido à presença do filme de PVB: no forno ele queimará gerando bolhas. Em consequência, os coletores de sucata não o aproveitam, restando como único destino final o aterro sanitário ou o lixão. O volume ocupado é enorme, havendo portanto um interesse ambiental muito grande em reciclá-lo.

Novamente aqui, a operação fundamental foi o fraturamento seletivo: o vidro é frágil e parte-se facilmente. O filme de plástico é tenaz e resiste ao fraturamento. Durante o fraturamento, parte do vidro destaca-se do plástico e parte do plástico destaca-se do vidro. Estes dois produtos podem então serem facilmente separados por separação pneumática - as folhas de plástico são facilmente arrastadas pela corrente de ar.

As placas de vidro não liberadas do plástico são os fragmentos mais grosseiros e são separados por peneiramento. No nosso trabalho elas foram abandonadas como rejeito, mas

num processo industrial deverão retornar ao circuito para serem novamente quebradas até se soltarem do vidro.

O circuito, mostrado na figura 2, compõe-se da redução de tamanho, feita por britagem, peneiramento para retirar os fragmentos não liberados e moagem, separação magnética para eliminar as contaminações de ferro advindas da britagem e peneiramento (vidro é muito abrasivo), novo peneiramento para separar as frações granulométricas que serão submetidas à separação pneumática e separação pneumática.

A recuperação de vidro com qualidade adequada para o retorno ao leito de fusão foi de 57,5 % e poderá ser aumentada mediante o retorno dos fragmentos grosseiros para o circuito.

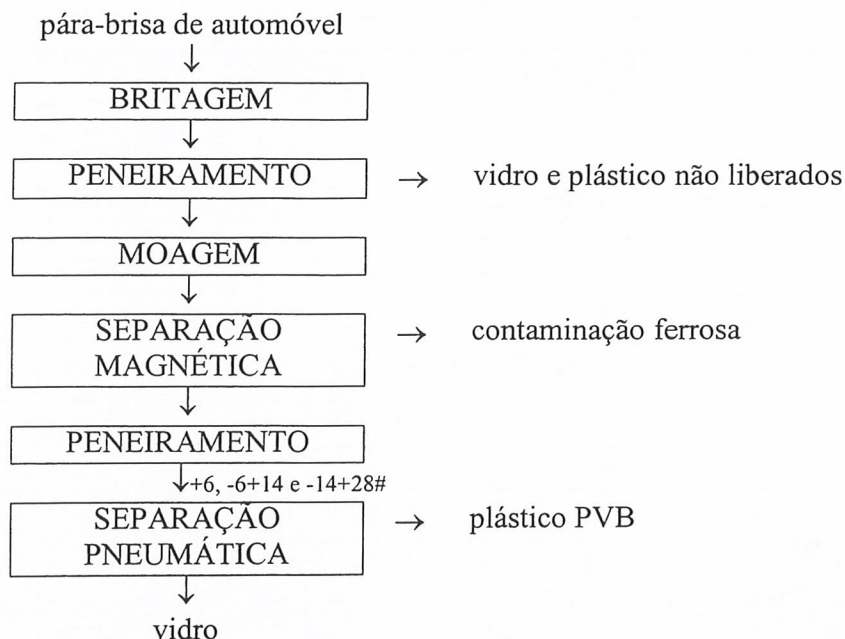


Figura 2 - fluxograma para o beneficiamento de sucata de vidro de pára-brisa

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- 1 - CHAVES, A.P. *Teoria e prática do Tratamento de Minérios*. São Paulo, Signus Editora, 1996, v.1, p. 2.
- 2 - SOUZA, C.C.B.M. *Técnicas de tratamento de minérios para reciclagem de vidro*. São Paulo, dissertação de mestrado, Epusp, 1998.
- 3 - LECHTER, R.C.; SCHEIL, M.T. Source separation and cityzen recycling. In: ROBINSON, W.D. (ed.) *The solid waste handbook*, New York, Wiley, 1986.
- 4 - RECICLAGEM de vidros e utilização do caco na formulação. Trabalho apresentado ao 13º Encontro Técnico da Associação Brasileira das Indústrias Automáticas de Vidro. São Paulo, 1996/
- 5 - EDGINTON, J.H. Cullet - a major raw material. *Glass production technology international*. p. 25-30, 1993.
- 6 - BINDER, A.G. Optimum quality for cullet processing. Trabalho apresentado ao 13º Encontro Técnico da Associação Brasileira das Indústrias Automáticas de Vidro. São Paulo, 1996/

THE UNIVERSITY OF CHICAGO
DEPARTMENT OF CHEMISTRY
530 SOUTH EAST ASIAN AVENUE
CHICAGO, ILLINOIS 60607-7070
TEL: 773/936-5000 FAX: 773/936-5001

NAME	_____
ADDRESS	_____
CITY	_____
STATE	_____
ZIP	_____
PHONE	_____
FAX	_____
E-MAIL	_____
DATE	_____

THE UNIVERSITY OF CHICAGO
DEPARTMENT OF CHEMISTRY
530 SOUTH EAST ASIAN AVENUE
CHICAGO, ILLINOIS 60607-7070
TEL: 773/936-5000 FAX: 773/936-5001

THE UNIVERSITY OF CHICAGO
DEPARTMENT OF CHEMISTRY
530 SOUTH EAST ASIAN AVENUE
CHICAGO, ILLINOIS 60607-7070
TEL: 773/936-5000 FAX: 773/936-5001

THE UNIVERSITY OF CHICAGO
DEPARTMENT OF CHEMISTRY
530 SOUTH EAST ASIAN AVENUE
CHICAGO, ILLINOIS 60607-7070
TEL: 773/936-5000 FAX: 773/936-5001

THE UNIVERSITY OF CHICAGO
DEPARTMENT OF CHEMISTRY
530 SOUTH EAST ASIAN AVENUE
CHICAGO, ILLINOIS 60607-7070
TEL: 773/936-5000 FAX: 773/936-5001

PANORAMA

**SOBRE A RECICLAGEM DE ALUMÍNIO
DE RESÍDUOS SÓLIDOS DOMICILIARES**

José Roberto Giosa
Coordenador, Comissão de Reciclagem
ABAL - Associação Brasileira do Alumínio

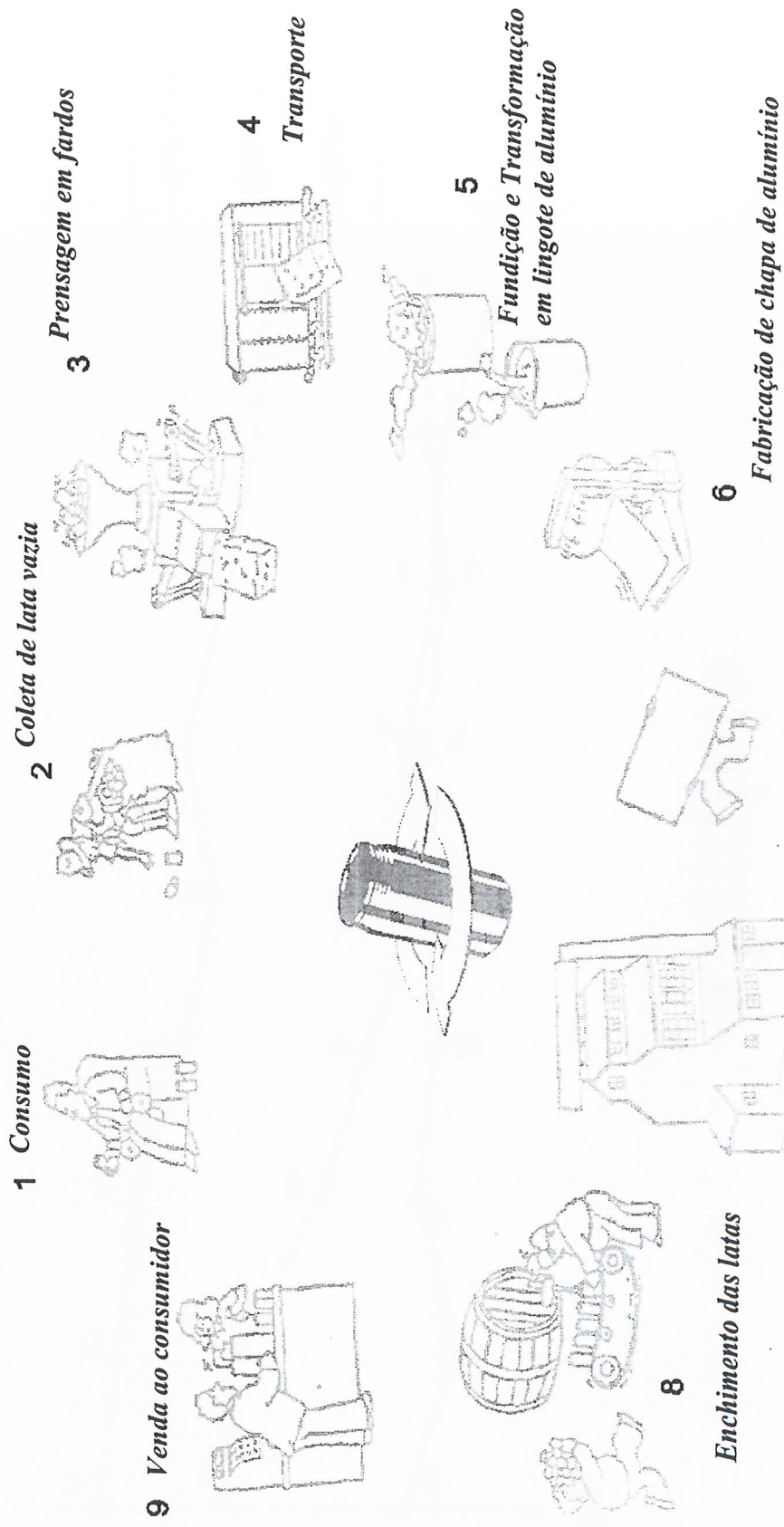
Maió/2000

CETESB - SÃO PAULO

**O ALUMÍNIO REPRESENTA MENOS DE 0,2% DA
COMPOSIÇÃO DE RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS
NAS GRANDES CAPITAIS BRASILEIRAS,
SEGUNDO PESQUISA DO CEMPRE -
COMPROMISSO EMPRESARIAL PARA A
RECICLAGEM (1998).**

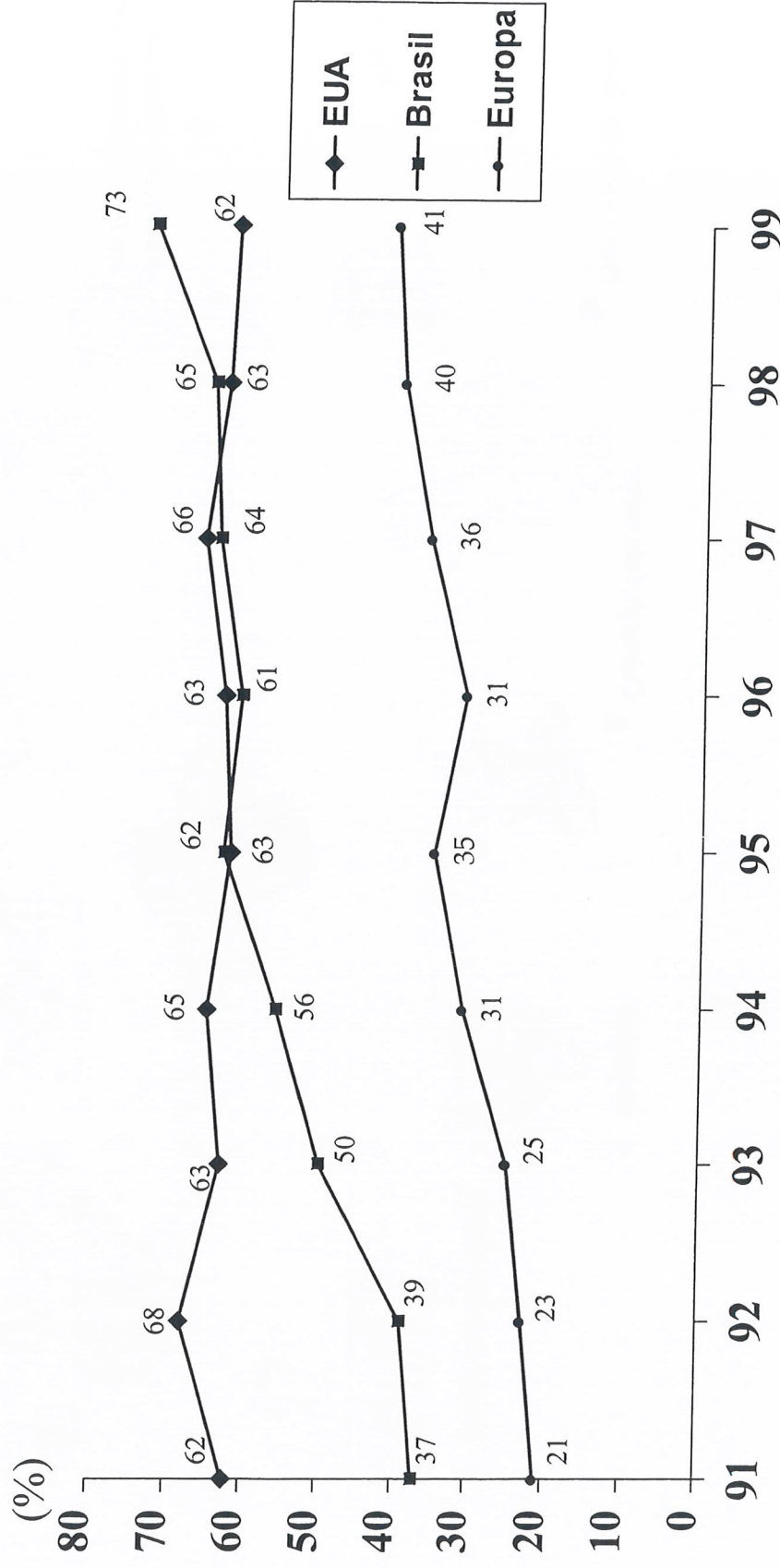
Ciclo de Reciclagem da Lata de Alumínio

-Um Sistema Permanente -



Fabricação das latas novas

Taxa de Reciclagem de Latas de Alumínio



Fontes: ABAL - Aluminum Association - CMI

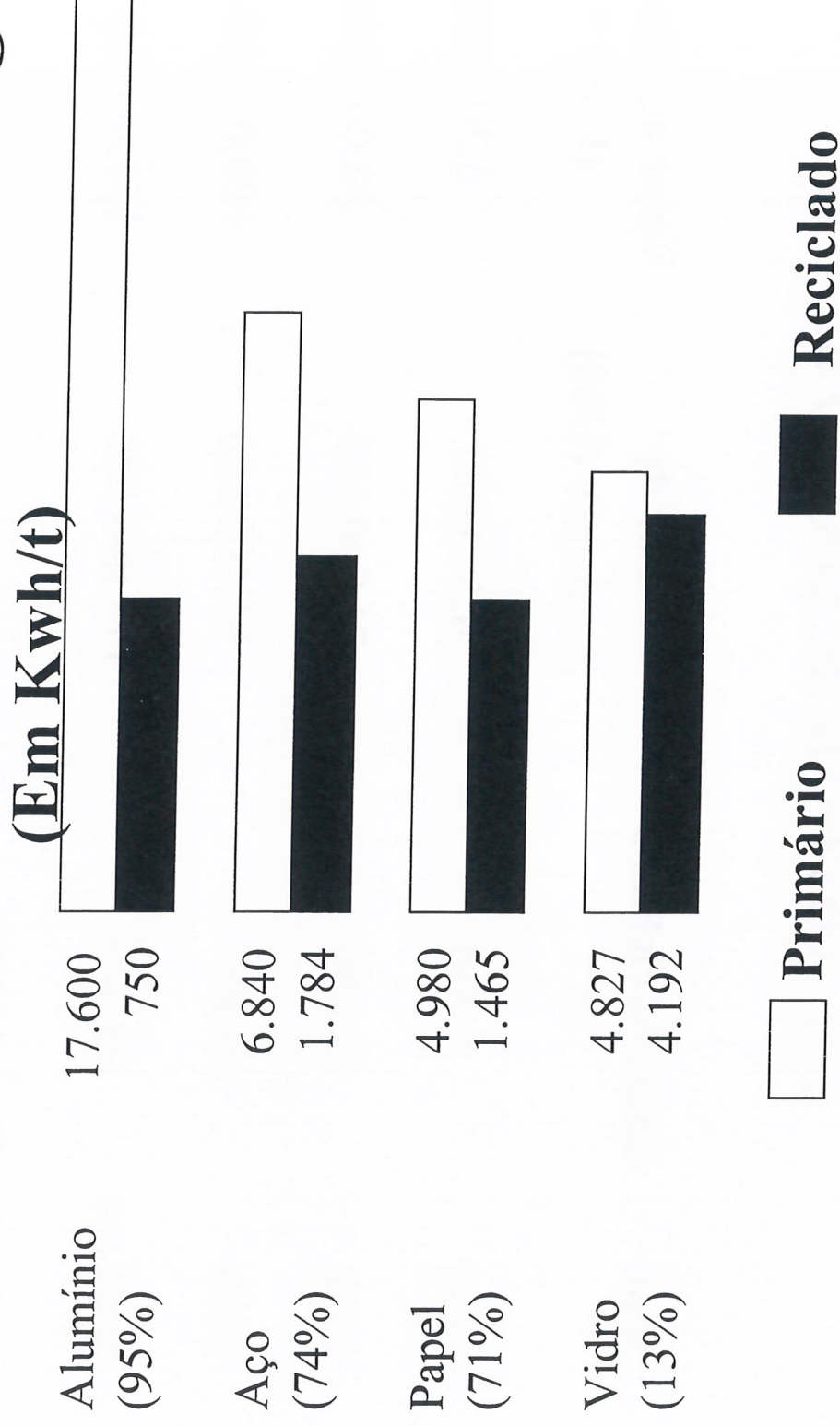
Reciclagem da lata de alumínio

UM NOVO MERCADO NO BRASIL

Ano	Latas Recicladas (t)	Valor de Aquisição (US\$)	Valor agregado (US\$) *
1992	5.040	4,500,000	6,300,000
1998	82.000	71,000,000	92,000,000
1999	86.000	95,000,000	120,000,000
2001 (e)	98.000	113,000,000	153,000,000

* Até conversão em lingotes de alumínio

A Economia de energia da reciclagem



O alumínio é o material que apresenta o maior saldo no balanço energético, em comparação com outras matérias-primas.

Reciclagem no Brasil

Quanto se pode economizar

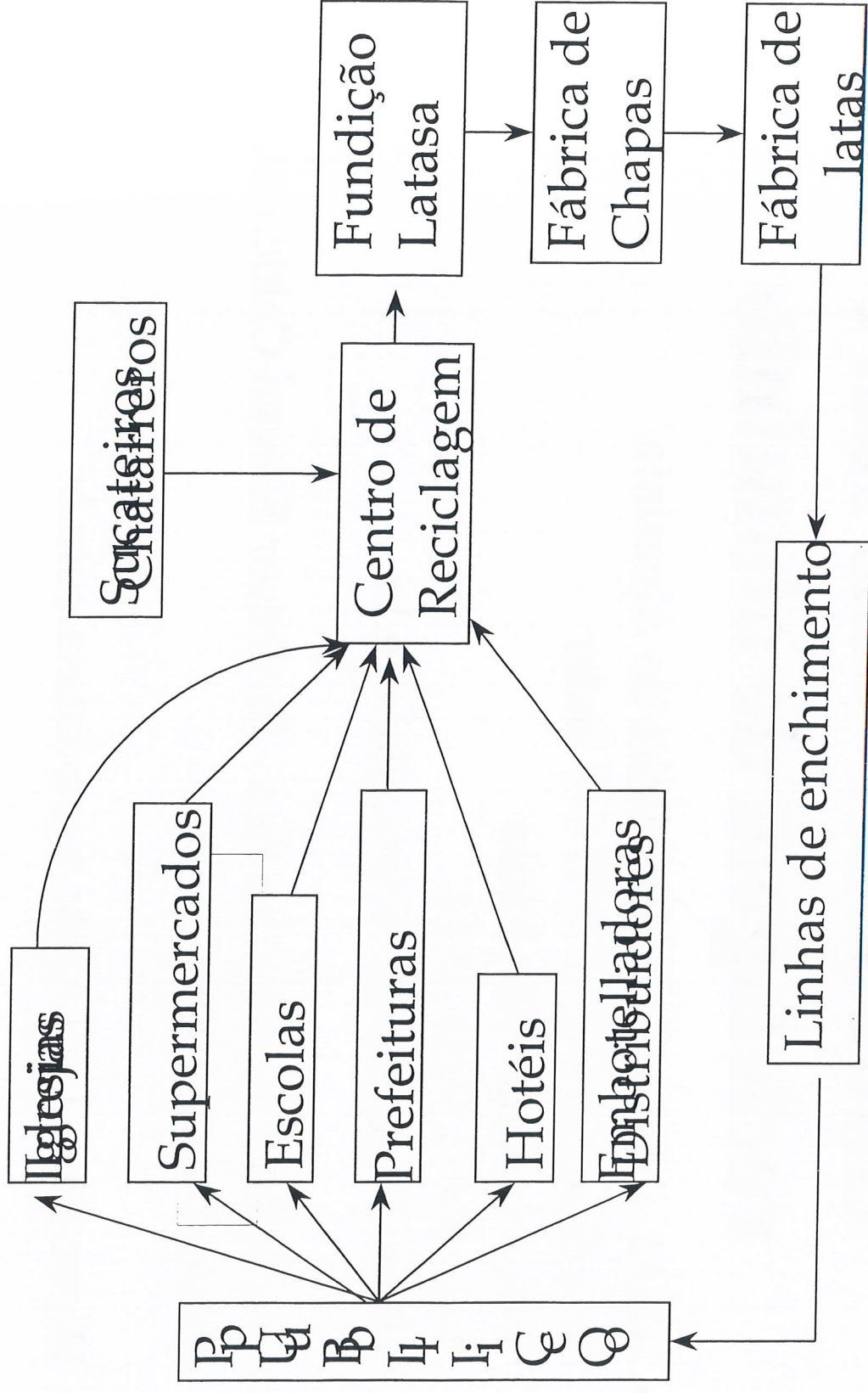
Material	Produção (mil t)	Reciclagem (mil t)	Índice de reciclagem (%)	Economia obtida * (em R\$ milhões)	Economia possível * (em R\$ milhões)	%
Lata de Alumínio	66	46	70	22,2	31,7	70
Vidro	800	280	35,09	27,9	79,6	35
Papel	5.798	1.840	31,7	712,0	2.239,4	32
Lata de aço	600	108	18	33,6	186,70	18
Plástico	2.250	270	12	395,8	3.298,5	12
Total	9.514	2.544	-	1.191,5	5.835,9	20

Fonte: Calderoni (USP). * Totais incluem economia de energia , água, matérias-primas e nos gastos com controle ambiental.

Projeto Escola

- ⇒ 17.000 instituições inscritas em todo país;
- ⇒ Mais de 37.000 equipamentos entregues;
- ⇒ Mais de 200 palestras e visitas técnicas por ano;
- ⇒ Abrange 20 estados brasileiros;
- ⇒ Parceiros do Projeto:
Coca-Cola, Philips, Acer, Xerox.
- ⇒ Disklata: **0800 785282**

Como funciona



Onde saber mais sobre reciclagem de alumínio

- ABAL - Associação Brasileira do Alumínio
Rua Humberto I, nº 220 - 4º andar
Vila Mariana - São Paulo
Tel.: (011) 5084-1544
Home Page ABAL: www.abal.org.br
- “Os bilhões jogados no lixo - Professor Sabetai Calderoni,
Editora USP, 1998.
- Home Page LATASA: www.latasa.com.br

Item	Quantidade de Latas (LAV's)
01 - Cesta básica , contendo 2kg de açúcar, 3kg arroz, 500gr fubá, 500gr farinha de mandioca, 2kg feijão, 200gr leite em pó , 500gr macarrão espaguete, 1lt. óleo, 250gr café e 1 kg de sal.(*)	590
02 - <u>Bola oficial</u> de futebol, futsal, voleibol e basquete	850 (cada)
03 - <u>Ventilador de teto</u> , elétrico, 3 pás de aço, sem lustre, da LOREN SID.	1.800
04 - <u>Cadeira de rodas</u> para adulto, confeccionada em tubo de aço, acabamento em pintura epóxi, assento e encosto em nylon, apoio de pé individual (mod. 1009) , da BAXMANN	5.000
06 - Ventilador de parede, elétrico, 3 pás de aço 24" (60 cm) Master Turbo, oscilante, da LOREN SID.	5.600
07 - <u>Mimeógrafo</u> a álcool.	7.250
08 - <u>Tela de Projeção</u> (Telão) com tripé, medindo 1,80 x 1,80m.	7.300
09 - <u>Mesa de Pingue-Pongue</u> oficial, medindo 1,5m (larg.)x 3,0m (comp.) x 0,80m (alt.), com rede, duas raquetes e duas bolas.	10.200
10 - <u>Bebedouro elétrico</u> , com 2 bicas, água gelada, 40 l/h, ou Bebedouro de garrafão com capacidade para 20 litros (garrafão não incluso), marca Filtragel, da FABEME.	11.450 (cada)
11 - <u>Baú pedagógico</u> c/ bloco pedagógico, montanha russa e árvore pedagógicas, ábaco 1 a 9, caixa tátil, numérico c/ pinos, tapetinho, kit pequeno arquiteto, pé com pé - mão c/ mão e alinhavos.	12.700
12 - <u>Aparelho de vídeo cassete</u> .	16.400
13 - <u>Lavadora de alta pressão</u> , uso doméstico, 110V (pressão 1.160 libras) ou 220 V (pressão 1.450 libras), sem carrinho.	16.500
14 - <u>Retroprojektor</u> para transparências.	17.250
15 - <u>Kit laboratório</u> com 35 itens.	19.950
16 - <u>Televisor 20"</u> em cores, com controle remoto.	20.150
17 - <u>Aparelho de FAX</u> , com conexão para secretária eletrônica.	24.500
18 - <u>Aparelho de som</u> stereo midi system, CD's, karaokê, duplo deck, sintonia digital, controle remoto total.	25.350
19 - <u>Caixa amplificadora</u> e microfone com fio	27.200
20 - <u>Impressora</u> a jato de tinta colorida.	27.650
21 - <u>Freezer</u> horizontal com 2 tampas, 410 litros, dupla ação (congela e refrigera).	28.900
22 - <u>Impressora</u> a laser monocromática.	29.400
23 - <u>Televisor 29"</u> em cores, com controle remoto	36.600
24 - <u>Parquinho</u> com 2 gangorras, 1 escorrega, 1 balanço com 3 lugares (ferro) e 1 cercado com escorrega em plástico.	51.350
25 - <u>Microcomputador</u> , com memória RAM, memória cache de 512 Kb, drive de 1.44 Mb, HD, 1 saída paralela e 2 seriais, monitor SVGA policromático 14" Dp 0.28mm. Controladora de vídeo PCI de 02 MB, mouse 400DPI - 2 botões, com mouse pad, teclado ABNT2, gabinete minitorre com Windows 98, Kit multimídia e fax modem instalados.	88.450
26 - <u>Máquina copiadora</u> elétrica de mesa, com capacidade de até 10.000 cópias/mês , 13 cópias por minuto, ampliação e redução com zoom em escala área de leitura A3, cópias em papel comum ou cartolina, inclusive tamanho B4. Inclui Kit de instalação composto de cilindro, toner e revelador (o material de consumo será de responsabilidade da Instituição).	181.700

67 latas vazias = 1Kg

OBS.:

Os Equipamentos e as respectivas quantidades de latas poderão ser modificados, sem aviso prévio, de acordo com as condições de mercado e a disponibilidade dos produtos acima detalhados. A garantia dos produtos dependerá do fornecedor. A LATASA não se responsabilizará por eventuais defeitos nos equipamentos, cuja responsabilidade é do fabricante, respeitadas as condições de utilização e/ou instalação constantes nos respectivos manuais. As marcas dos equipamentos entregues serão definidas pela LATASA em função da disponibilidade/prazo de entrega e outras condições comerciais. Não serão aceitas trocas de equipamentos após sua aquisição pela LATASA.

Reciclagem de Pilhas e Baterias

Jorge Alberto Soares Tenório

Professor Associado

Departamento de Engenharia Metalúrgica e de Materiais

Escola Politécnica – Universidade de São Paulo

Denise Crocce Romano Espinosa

Mestre em Engenharia

Departamento de Engenharia Metalúrgica e de Materiais

Escola Politécnica – Universidade de São Paulo

Av. Prof. Mello Moraes 2464, São Paulo - SP 05508-900 Brasil

Tel: (+11)818-5546 Fax: (+11)818-5421 e-mail: jtenorio@usp.br

Introdução

Segundo o Instituto de Pesquisas Tecnológicas (IPT) cerca de 1% do lixo urbano é constituído por resíduos sólidos urbanos contendo elementos tóxicos ⁽¹⁾. Esses resíduos são provenientes de lâmpadas fluorescentes, termômetros, latas de inseticidas, pilhas, baterias, latas de tinta, entre outros produtos que a população joga no lixo, pois não sabe que se trata de resíduos perigosos contendo metais pesados ou elementos tóxicos ou não tem alternativa para descartar esses resíduos.

As pilhas e baterias apresentam em sua composição metais considerados perigosos à saúde humana e ao meio ambiente como mercúrio, chumbo, cobre, zinco, cádmio, manganês, níquel e lítio. Dentre esses metais os que apresentam maior risco à saúde são o chumbo, o mercúrio e o cádmio.

Uma maneira de reduzir o impacto ambiental do uso de pilhas e baterias é a substituição de produtos antigos por novos que propiciem um maior tempo de uso, como por exemplo o uso de pilhas alcalinas ou de baterias recarregáveis no lugar de pilhas comuns. Também pode-se eliminar ou diminuir a quantidade de metais pesados na constituição das pilhas e baterias.

Pilhas Secas e Alcalinas

As pilhas secas são do tipo zinco-carbono, são geralmente usadas em lanternas, rádios e relógios. Esse tipo de pilha tem em sua composição Zn, grafite e MnO_2 que pode evoluir para $MnO(OH)$. Além desses elementos também é importante mencionar a adição de alguns elementos para evitar a corrosão como: Hg, Pb, Cd, In ^{(2), (3)}.

Estas pilhas contém até 0,01% de mercúrio em peso para revestir o eletrodo de zinco e assim reduzir sua corrosão e aumentar a sua performance. O NEMA (Associação Nacional Norte-Americana dos Fabricantes Elétricos) estima que 3,25 pilhas zinco-carbono per capita são vendidas ao ano nos Estados Unidos da América ^{(4), (3)}.

As pilhas alcalinas são compostas de um anodo, um “prego” de aço envolto por zinco em uma solução de KOH alcalina (pH~14), um catodo de anéis de MnO_2 compactado envoltos por uma capa de aço níquelado, um separador de papel e um isolante de nylon ⁽⁵⁾. Até 1989, a típica pilha alcalina continha mais de 1% de mercúrio. Em 1990, pelo menos 3 grandes fabricantes de pilhas domésticas começaram a fabricar e vender pilhas alcalinas contendo menos de 0,025% de mercúrio. A NEMA estima que 4,25 pilhas alcalinas per capita são vendidas por ano nos EUA ⁽⁴⁾.

Baterias Recarregáveis

As baterias recarregáveis representam hoje cerca de 8% do mercado europeu de pilhas e baterias. Dentre elas pode-se destacar a de níquel-cádmio (Ni-Cd) devido à sua grande representatividade, cerca de 70% das baterias recarregáveis são de Ni-Cd. O volume global de baterias recarregáveis vem crescendo 15% ao ano ⁽⁶⁾.

As baterias de níquel-cádmio têm um eletrodo (catodo) de Cd, que se transforma em $\text{Cd}(\text{OH})_2$, e outro (anodo) de $\text{NiO}(\text{OH})$, que se transforma em $\text{Ni}(\text{OH})_2$. O eletrólito é uma mistura de KOH e $\text{Li}(\text{OH})_2$.

As baterias recarregáveis de Ni-Cd podem ser divididas basicamente em dois tipos distintos: as portáteis e as para aplicações industriais e propulsão. Em 1995 mais de 80% das baterias de Ni-Cd eram do tipo portáteis ⁽⁷⁾.

Com o aumento da utilização de aparelhos sem fio, notebooks, telefones celulares e outros produtos eletrônicos aumentou a demanda de baterias recarregáveis. Como as baterias de Ni-Cd apresentam problemas ambientais devido à presença do cádmio outros tipos de baterias recarregáveis portáteis passaram a ser desenvolvidos. Esse tipo de bateria é amplamente utilizado em produtos que não podem falhar como equipamento médico de emergência e em aviação.

As baterias recarregáveis de níquel metal hidreto (NiMH) são aceitáveis em termos ambientais e tecnicamente podem substituir as de Ni-Cd em muitas de suas aplicações, mas o preço de sua produção ainda é elevado quando comparado ao das de Ni-Cd ⁽⁷⁾.

Foi colocado no mercado mais um tipo de bateria recarregável visando uma opção à utilização da bateria de Ni-Cd. Esse tipo de bateria é o de íons de lítio. A tabela 1 mostra algumas características dos 3 tipos de baterias recarregáveis citados anteriormente ⁽⁸⁾.

Tabela 1 – Quadro comparativo entre as baterias recarregáveis portáteis disponíveis no mercado ⁽⁸⁾.

	Ni-Cd	NiMH	Íons de Lítio
Densidade de Energia (Wh/kg)	40-60	60-80	100
Ciclo de Vida *	1500	500	500-1000
Tempo de carga rápida	1h	2-4h	8-15h
Tolerância à sobrecarga	moderada	Baixa	muito baixa
Custo típico (US\$) †	50	70	100
Uso comercial desde	1950	1990	1991

* quantidade de ciclos de carga/descarga para a capacidade da bateria decair de 100% para 80%

† Preço em US\$ com referência nos Estados Unidos em maio/98

As baterias de Ni-Cd apresentam uma tecnologia madura e bem conhecida, enquanto os outros dois tipos são recentes e ainda não conquistaram inteiramente a confiança do usuário.

Efeitos do Cádmio

O cádmio é predominantemente consumido em países industrializados, os maiores consumidores de cádmio são EUA, Japão, Bélgica, Alemanha, Grã Bretanha e França, esses países representam cerca de 80% do consumo mundial. Suas principais aplicações são como componente de baterias de Ni-Cd, revestimento contra corrosão, pigmentos de tintas, estabilizante, além de ser elemento de liga para indústria eletrônica ⁽⁹⁾.

Em 1986, o consumo americano de cádmio foi de 4800 toneladas. Desse total, 26% (1268 toneladas) foram usados na produção de baterias. Estimou-se, também, que 73% (930 t) foram para os depósitos de lixo municipal. O descarte das baterias de níquel-cádmio nos lixos municipais representam cerca de 52% de todo o cádmio dos lixos municipais todo ano⁽¹⁰⁾.

Os efeitos prejudiciais à saúde associados à exposição ao cádmio começaram a ser divulgados na década de 40, mas a pesquisa sobre seus efeitos aumentou bastante na década de 60 com a identificação do cádmio como o principal responsável pela Doença *itai-itai*. Essa doença atingiu mulheres japonesas que tinham sua dieta contaminada por cádmio⁽¹¹⁾.

Apesar do Cd não ser essencial para o organismo dos mamíferos ele segue os mesmos caminhos no organismo de metais essenciais ao desenvolvimento como o zinco e o cobre. A meia-vida do cádmio em seres humanos é de 20-30 anos, ele se acumula principalmente nos rins, no fígado e nos ossos, podendo levar à disfunções renais e osteoporose.

Efeitos do Mercúrio

O mercúrio, apesar de ser um elemento natural que se encontra na natureza, e pode ser encontrado em baixas concentrações no ar, na água e no solo. Consequentemente o mercúrio pode estar presente, em algum grau, nas plantas, animais e tecidos humanos. Quando as concentrações do mercúrio excedem os valores normalmente presentes na natureza, entretanto, surge o risco de contaminação do meio ambiente e dos seres vivos, inclusive o homem.

O mercúrio é o único metal líquido à temperatura ambiente. Seu ponto de fusão é - 40°C e o de ebulição 357°C. É muito denso (13,5 g/cm³), e possui alta tensão superficial. Combina-se com outros elementos como o cloro, o enxofre e o oxigênio, formando compostos inorgânicos de mercúrio, na forma de pó ou de cristais brancos. Um desses compostos é o cloreto de mercúrio, que aparece nas pilhas secas e será abordado no presente trabalho. Esse composto prejudica todo o processo de reciclagem se não for retirado nas primeiras etapas de tratamento. Embora muitos fabricantes afirmem o contrário, a maioria das pilhas zinco-carbono possui mercúrio em sua composição, proveniente do minério de manganês. Apenas atualmente alguns desses fabricantes têm encontrado soluções para evitar o uso deste metal. O mercúrio também se combina com carbono em compostos orgânicos. É utilizado na produção de gás cloro e de soda cáustica, em termômetros, em amálgamas dentárias e em pilhas.

O mercúrio é facilmente absorvido pelas vias respiratórias quando está sob a forma de vapor ou em poeira em suspensão e também é absorvido pela pele. A ingestão ocasional do mercúrio metálico na forma líquida não é considerada grave, porém quando inalado sob a forma de vapores aquecidos é muito perigoso. A exposição ao mercúrio pode ocorrer ao se respirar ar contaminado, por ingestão de água e comida contaminada e durante tratamentos dentários. Em altos teores, o mercúrio pode prejudicar o cérebro, o fígado, o desenvolvimento de fetos, e causar vários distúrbios neuropsiquiátricos.. O sistema nervoso humano é também muito sensível a todas as formas de mercúrio. Respirar vapores desse metal ou ingeri-lo são muito prejudiciais porque atingem diretamente o cérebro, podendo causar irritabilidade, timidez, tremores, distorções da visão e da audição, e problemas de memória. Podem haver também problemas nos pulmões, náuseas, vômitos, diarreia, elevação da pressão arterial e irritação nos olhos, pneumonia, dores no peito, dispnéia e tosse, gengivite e salivação. A absorção pode se dar também lentamente pela pele.

No Brasil, os valores admissíveis de presença do mercúrio no ambiente e nos organismos vivos são estabelecidos por normas que estabelecem limites de tolerância Biológica. A legislação brasileira através das Normas Regulamentadoras (NRs) do Ministério do Trabalho e a Organização Mundial de Saúde e através da Associação Brasileira de Normas

Técnicas (ABNT NBR10004)⁽¹²⁾ estabelece como limite de tolerância biológica para o ser humano, a taxa de 33 microgramas de mercúrio por grama de creatinina urinária e 0,04 miligramas por metro cúbico de ar no ambiente de trabalho. O mercúrio ocupa lugar de destaque entre as substâncias mais perigosas relacionadas nessas normas. Por sua vez a norma regulamentadora NR15, do Ministério do Trabalho⁽¹³⁾, que trata das atividades e operações em locais insalubres, também lista o mercúrio como um dos principais agentes nocivos que afetam a saúde do trabalhador.⁽¹⁴⁾

Em 1988, o consumo de mercúrio americano foi de 1755 t. Deste total, 13% (225 t) foi usado na produção de baterias, dos quais 73% (173 t) foram usados na produção de baterias de óxido de mercúrio, e aproximadamente 126 t na produção de baterias para aplicações médicas, militares ou industriais. Portanto, ao menos 56% do mercúrio usado na produção de baterias é usado em baterias “não-domésticas”⁽⁴⁾.

Ao contrário do chumbo e do cádmio, espera-se que a quantidade de mercúrio consumido na produção de baterias continue a diminuir⁽⁴⁾.

Resolução do CONAMA

O Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA), em 30 de junho de 1999 regulamentou a fabricação e o descarte de pilhas e baterias. A seguir serão transcritos trechos desta resolução do CONAMA.

“...Considerando os impactos negativos causados ao meio ambiente pelo descarte de pilhas e baterias usadas.

Considerando a necessidade de se disciplinar o descarte e o gerenciamento ambientalmente adequado de pilhas e baterias usadas, no que tange à coleta, reutilização, reciclagem, tratamento ou disposição final...

Art. 1º - As pilhas e baterias que contenham em suas composições chumbo, cádmio, mercúrio e seus compostos... ..deverão, após seu esgotamento energético, ser entregues pelos usuários aos estabelecimentos que as comercializam ou à rede de assistência técnica autorizada pelas respectivas indústrias, para repasse aos fabricantes ou importadores, para que estes adotem diretamente ou através de terceiros, os procedimentos de reutilização, reciclagem, tratamento ou disposição final ambientalmente adequada...

Art. 5º - A partir de 1º de 2000, a fabricação, importação e comercialização de pilhas e baterias deverão atender aos limites estabelecidos a seguir:

- com até 0,025% em peso de mercúrio, quando forem do tipo zinco-manganês e alcalina-manganês;
- com até 0,025% em peso de cádmio, quando forem do tipo zinco-manganês e alcalina-manganês;
- com até 0,400% em peso de chumbo, quando forem do tipo zinco-manganês e alcalina-manganês;
- com até 25mg de mercúrio, quando forem do tipo pilhas miniaturas e botão.

Art. 6º - A partir 1º de janeiro de 2001..:

- com até 0,010% em peso de mercúrio, quando forem do tipo zinco-manganês e alcalina-manganês;
- com até 0,015% em peso de cádmio, quando forem do tipo zinco-manganês e alcalina-manganês;
- com até 0,200% em peso de chumbo, quando forem do tipo zinco-manganês e alcalina-manganês;”

Além disso os fabricantes e importadores deverão implementar sistemas de coleta, transporte, armazenamento, reutilização, reciclagem tratamento e/ou disposição final, em prazos definidos na resolução. As pilhas e baterias que estiverem dentro das especificações acima poderão ser dispostas pela população juntamente com os resíduos domiciliares.

A resolução parece bastante conservadora uma vez que os limites propostos já estão na maioria dos casos dentro do que a maioria dos fabricantes de pilhas já alcançam a alguns anos. Assim, apenas as baterias de Ni-Cd e chumbo-ácido seriam sujeitas a maior controle pelas empresas.

Destaca-se que o efeito dos metais pesados depende muito do seu estado no material. Por exemplo, usa-se Hg nos amalgamas dentários. Entretanto a resolução permitirá até 250ppm (0,025%) de Hg nas pilhas. Não se considera que o mesmo está em sua maioria solúvel nestes materiais e portanto seriam considerados resíduos classe 1 se fossem submetidos à mesma sistemática de classificação de resíduos industriais.

Métodos de Reciclagem

Devido à pressões políticas e novas legislações ambientais que regulamentaram a destinação de pilhas e baterias em diversos países do mundo alguns processos foram desenvolvidos visando a reciclagem desses produtos. Para promover a reciclagem de pilhas, é necessário inicialmente o conhecimento de sua composição. Infelizmente, não há uma correlação entre o tamanho ou formato das pilhas e a sua composição. Em diferentes laboratórios têm sido realizadas pesquisas de modo a desenvolver processos para reciclar as baterias usadas ou, em alguns casos, tratá-las para uma disposição segura.

Os processos de reciclagem de pilhas e baterias podem seguir três linhas distintas: a baseada em operações de tratamento de minérios, a hidrometalúrgica ou a pirometalúrgica ⁽³⁾. Algumas vezes estes processos são específicos para reciclagem de pilhas, outras vezes as pilhas são recicladas juntamente com outros tipos de materiais. Alguns desses processos estão mencionados a seguir:

- **SUMITOMO** - Processo Japonês totalmente pirometalúrgico de custo bastante elevado é utilizado na reciclagem de todos os tipos de pilhas, menos as do tipo Ni-Cd ⁽¹⁵⁾.
- **RECYTEC** - Processo utilizado na Suíça nos Países Baixos desde 1994 que combina pirometalurgia, hidrometalurgia e mineralurgia. É utilizado na reciclagem de todos os tipos de pilhas e também lâmpadas fluorescentes e tubos diversos que contenham mercúrio. Esse processo não é utilizado para a reciclagem de baterias de Ni-Cd, que são separadas e enviadas para uma empresa que faça esse tipo de reciclagem. O investimento deste processo é menor que o SUMITOMO entretanto os custos de operação são maiores ^(15,16,17).
- **ATECH**- Basicamente mineralúrgico e portanto com custo inferior aos processos anteriores, utilizado na reciclagem de todas as pilhas ^(15,3).
- **SNAM-SAVAM**- Processo Francês, totalmente pirometalúrgico para recuperação de pilhas do tipo Ni-Cd ⁽¹⁸⁾.
- **SAB-NIFE**- Processo Sueco, totalmente pirometalúrgico para recuperação de pilhas do tipo Ni-Cd ⁽¹⁹⁾.
- **INMETCO**- Processo Norte Americano da INCO (Pennsylvania, EUA), foi desenvolvido inicialmente, com o objetivo de se recuperar poeiras metálicas provenientes de fornos elétricos. Entretanto, o processo pode ser utilizado para recuperar também resíduos metálicos proveniente de outros processos e as pilhas Ni-Cd se enquadram nestes outros tipos de resíduos ^(20,21).

- **WAEELZ-** Processo pirometalúrgico para recuperação de metais provenientes de poeiras. Basicamente o processo se dá através de fornos rotativos. É possível recuperar metais como Zn, Pb, Cd ^(22,23).

As baterias de Ni-Cd muitas vezes são recuperadas separadamente das outras devido a dois fatores importantes, um é a presença do cádmio, que promove algumas dificuldades na recuperação do mercúrio e do zinco por destilação; o outro é dificuldade de se separar o ferro e o níquel.

Reciclagem de baterias de Ni-Cd

Assim como no caso geral de pilhas e baterias, existem dois métodos estudados para a reciclagem desse tipo de bateria um seguindo a rota pirometalúrgica e outro seguindo a rota hidrometalúrgica. Até o momento não foi possível o desenvolvimento de um processo economicamente viável utilizando a rota hidrometalúrgica. Assim, os processos de reciclagem atualmente empregados são baseados na rota pirometalúrgica de destilação do cádmio.

Apesar de serem constituídas por metais pesados perigosos as baterias de Ni-Cd são recicláveis. Já existem na Europa, Japão e EUA indústrias que reciclam esse tipo de bateria, a tabela 2 lista algumas dessas empresas ⁽²⁴⁾.

Tabela 2 – Algumas empresas que fazem a reciclagem de baterias de Ni-Cd ⁽²⁴⁾.

País	Empresa
Alemanha	AccAccurec Mühlheim
Suécia	Saft – Oskarshamm
França	SNAM
E.U.A.	INMETCO
Japão	Japan Recycle Centers

Em geral, os materiais produzidos na reciclagem dessas baterias são ^(25, 26):

- cádmio com pureza superior à 99,95%, que é vendido para as empresas que produzem baterias e
- níquel e ferro utilizados na fabricação de aço inoxidável.

Na França isto é feito utilizando-se o processo SNAM-SAVAM e na Suécia utiliza-se o processo SAB-NIFE. Ambos processos fazem uso de um forno totalmente fechado, no qual o cádmio é destilado a uma temperatura entre 850 e 900 °C conseguindo-se uma recuperação do cádmio com pureza superior à 99,95 % ^(27,26). O níquel é recuperado em fornos elétricos por fusão redução. A produção de óxido de cádmio em fornos abertos é descartada devido ao fato de se ter uma condição de trabalho extremamente insalubre.

Nos EUA a empresa INMETCO (International Metal Reclamation Company), que é uma subsidiária da INCO (The International Nickel Company), é a única empresa que tem a permissão de reciclar baterias de Ni-Cd utilizando processo a alta temperatura. Este processo está em operação desde dezembro de 1995. O processo utilizado pela INMETCO, assim como o SNAM-SAVAM e o SAB-NIFE, é baseado na destilação do cádmio. Nesse processo o níquel recuperado é utilizado pela indústria de aço inoxidável. O cádmio fica nos fumos misturado com zinco e chumbo, isso vai para uma outra empresa para posterior separação ⁽²⁸⁾.

A reciclagem de baterias de Ni-Cd nem sempre se apresentou economicamente favorável devido à constante flutuação do preço do cádmio, assim ainda se estudam alternativas para a reciclagem visando melhorar os processos existentes ou ainda criar novos.

No Brasil uma empresa chamada SUZAQUIM anuncia que detém um processo para reciclagem de baterias de Ni-Cd, entretanto os autores deste trabalho não conhecem o processo empregado. Na Escola Politécnica os autores desenvolvem estudos há mais de 3 anos sobre reciclagem de pilhas e baterias usando diversas rotas. Os autores estão apresentando uma patente propondo um processo para reciclagem de pilhas e de baterias de Ni-Cd.

Referências Bibliográficas

- ¹ FONTOURA, C. **Bateria usada vira problema para donos de celular.** – *O Estado de São Paulo* – 24 de agosto de 1998.
- ² Site na Internet: <http://www.gd.com.br/walter/Pilhas.htm>
- ³ FRENAY, J. & FERON, S., **Domestic Battery Recycling in Western Europe**, In: Second International Symposium in Recycling of Metals and Engineered Materials, Ed. By J.H.L. Van Linden, D.L. Stewart Jr., Y. Sahai - The Minerals, Metals & Materials Society, 1990, 639-647
- ⁴ ADAMS, A. P., AMOS Jr., C. K., Batteries, The Mc Graw Hill Recycling Handbook, pp 19.1-19.31
- ⁵ CASTELLANI, C.V., Rayovac - Grupo Microlite, *Comunicação Pessoal*
- ⁶ The EPBA two step plan – site na Internet: <http://www.epba-europe.org/docs/tech01.htm>
- ⁷ PUTOIS, F. **Market for nickel-cadmium batteries.** *Journal of Power Sources*, 57, 1995, pp. 67-70.
- ⁸ Choice of Battery Chemistries. – site na Internet: <http://www.cadex.com/html/chemistry.htm>
- ⁹ Il Cadmio: Proprietà ed Applicazioni – *Metallurgia Italiana* 82(1), 1990, pp. 75-77.
- ¹⁰ HEMENWAY, C.G., GILDERSLUVE, J.P., **ISO 14000 - O que é ?**, IMAM, 1995
- ¹¹ GOERING, P. L., WAALKES, M. P. & KLAASSEN **Toxicology of Cadmium.** In: GOYER, R. A., CHERIAN, M. G. **Toxicology of Metals – Biochemical Aspects**, *Spring-Verlag*, Alemanha, 1995, pp. 189-191.
- ¹² Site na Internet: <http://www.abnt.org.br>
- ¹³ Site na Internet: <http://www.mtb.gov.br/legi/nrs/nr15r.htm>
- ¹⁴ Site na Internet: <http://www.apliquim.com.br>
- ¹⁵ FRENAY, J.; ANCIA, PH. & PRESCHIA, M., **Minerallurgical and Metallurgical Processes for the Recycling of Used Domestic Batteries**, In: Second International Conference on Recycling of Metals, 1994, ASM, 13-20.
- ¹⁶ JORDI, H., **A Financing System for Battery Recycling in Switzerland**, *Journal of Power Sources*, 57 (1995), 51-53.
- ¹⁷ AMMANN, P., **Economic Considerations of Battery Recycling Based on Recytec Process**, *Journal of Power Sources*, 57 (1995), 41-44
- ¹⁸ SCHWEERS, M.E., ONUSKA, J.C. & HANEWALD, R.K.; **A pirometallurgical process for recycling cadmium containing batteries** - Proceeding of HMC-South '92, New Orleans, 1992, pp 333-335.
- ¹⁹ ANULF, T., **SAB NIFE recycling concept for nickel-cadmium batteries – an industrialized and environmentally safe process**, Proc. 6th. Intern. Cadmium Conf., 161-163, Cadmium Assoc., 1990.

- ²⁰ HANEWALD, R. H.; SCHWEYER, L, DOUGLAS & HOFFMAN M.D. **High Temperature Recovery and Reuse of Specialty Steel Pickling Materials and Refractories at INMETCO**, Electric Furnace Conference Proceeding, 1991, 141-146.
- ²¹ HANEWALD, R. H.; MUNSON, W. A. & SCHWEYER, D. L. **Processing EAF dusts and Other Nickel-Chromium Waste Materials Pyrometallurgically at INMETCO**, *Minerals and Metallurgical Processing*, nov, 1992, 169-173.
- ²² Egocheaga-Garcia Borja, **Developing The Waelz Process: Some New Possibilities For The Preparations of The Load in The Waelz Process and Ultradepletion of The Volatile Fraction Obtained in This Process**. Third International Conference On The Recycling of Metals 1997, ASM, 387-402.
- ²³ MOSER, W. S.; MAHIER, G. T. Jr., KNEPPER, R. T.; KUBA, M. R. & PUSATERI, F. J. **Metals Recycling From Steelmaking and Foundry Wastes by Horsehead Resource Development**, Electric Furnace Conference Proceedings 1992, 145-157
- ²⁴ European Portable Battery Association – EPBA Position on the Proposed Prohibition of Nickel Cadmium Batteries. – site na Internet: <http://www.epba-europe.org/docs/pos03.htm>.
- ²⁵ International Metals Reclamation Company (INMETCO) – site na Internet: <http://www.rbrc.com/inmetco.htm>
- ²⁶ DAVID, J. **Nickel-cadmium battery recycling evolution in Europe**. *Journal of Power Sources*, 57, 1995, pp.71-73.
- ²⁷ International Metals Reclamation Company (INMETCO) – site na Internet: <http://www.rbrc.com/inmetco.htm>
- ²⁸ **About INMETCO** – site na Internet: <http://www.inmetco.com.about.html>

Notas sobre a UTILIZAÇÃO DE ROTA HIDROMETALÚRGICA PARA RECICLAGEM DE CHUMBO DE BATERIAS AUTOMOTIVAS

Juliano Peres Barbosa
jbarbosa@cetem.gov.br

Roberto de Barros Emery Trindade
rtrindade@cetem.gov.br

CETEM - Centro de Tecnologia Mineral
Rua 4 - Quadra D - Cidade Universitária
Rio de Janeiro - RJ - 21641-560
www.cetem.gov.br

Preliminares

A bateria comum (6-12 V) possui a seguinte composição típica apresentada na Tabela 1:

Tabela 1 - Composição típica de bateria automotiva

Elemento	%
Pb	71.2
SO ₄	18.1
Sb	0.3
Ca	0.4
SiO ₂	0.14
As	< 0.04
Sn	< 0.1

Mais de 70% da produção mundial de Pb é consumida na manufatura de baterias de chumbo (a maior parte utilizada no setor de transporte). Acredita-se que essa percentagem deva aumentar em razão principalmente de:

- demanda por veículos elétricos
- restrições ao uso de chumbo para outros fins

As baterias são a maior fonte para a indústria de Pb secundário. A grade da bateria contém > 90% de Pb metálico e pode ser imediatamente fundida. A pasta residual da bateria, entretanto, é mais complexa e contém predominantemente PbSO₄ (> 50%) e

PbO₂. Outros componentes menores são o Pb₂O(SO₄) e Pb metálico. Outros óxidos de chumbo, como o Pb₂O₃ não são detectados por raio-X, indicando que não são cristalinos.

O processo de reciclagem, normalmente pirometalúrgico, envolve a evolução de SO₂ em razão da presença da fase contendo sulfato. Essa é uma restrição importante em termos de proteção do meio ambiente.

Uma possível alternativa/solução é incorporar uma etapa hidrometalúrgica, a qual traria algumas vantagens como:

- pode ser modular, i.e., aumenta a capacidade à medida que for necessário;
- há um menor investimento inicial, comparando-se com a rota exclusivamente pirometalúrgica;
- há menor geração de resíduos agressivos ao meio ambiente;
- não há evolução de SO₂;

Na seção seguinte são apresentadas algumas considerações sobre a rota hidrometalúrgica.

Rota Hidrometalúrgica

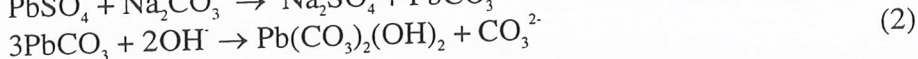
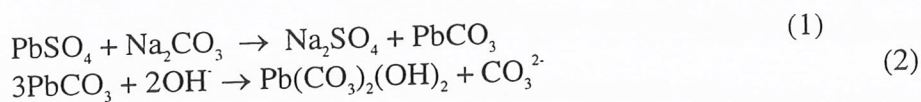
A rota hidrometalúrgica envolve a reação da pasta da bateria com Na₂CO₃ (carbonato de sódio) para conversão do sulfato de chumbo a carbonato. Este pode ser mais convenientemente fundido como no processo convencional pirometalúrgico; o sulfato de sódio gerado (Na₂SO₄) gerado pode ser descartado ou usado na indústria de detergentes após purificação.

Alternativamente, o PbCO₃ pode ser dissolvido (lixiviado) com HNO₃, com a formação do Pb(NO₃)₂ solúvel. A partir daí, o Pb pode ser recuperado por eletrólise ou precipitado como óxido ou acetato por exemplo.

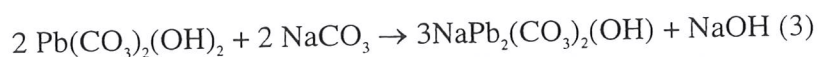
A conversão do PbSO₄ a carbonato se realiza rapidamente e inclui a formação de Pb₃(CO₃)₂(OH)₂ e NaPb(CO₃)₂OH. Por outro lado, a reação do PbO(SO₄) é mais lenta e os óxidos, por sua vez, são praticamente inertes em solução de carbonato.

É interessante observar que embora a presença de PbO₂ e Pb₂O₃ seja problemática para a rota hidrometalúrgica, os óxidos não criariam dificuldades em uma etapa de fusão subsequente do produto (i.e., a emissão de SO₂ não ocorreria).

A reação típica pode ser representada de forma simplificada como:



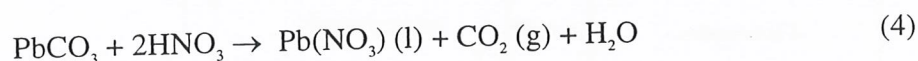
A hidrocerusita, Pb(CO₃)₂(OH)₂, converte-se, lentamente, em NaPb₂(CO₃)₂OH em 0,1M Na₂CO₃ e rapidamente em 1 ou 2,0 M Na₂CO₃, conforme reação abaixo.



A FIGURA 1 representa um fluxograma esquemático de um possível processo de reciclagem de chumbo de baterias automotivas, incorporando uma rota hidrometalúrgica.

Como já observado, o importante é a eliminação do PbSO_4 e a formação de um produto que pode ser lixiviado ou fundido.

Na lixiviação a reação principal pode ser representada por:



A TABELA 1 abaixo é a análise química realizada no CETEM de alguns elementos contidos no resíduo (pasta) de amostras de várias baterias.

Tabela 1 – Resultados analíticos dos resíduos sólidos

Bateria #	Pb (%)	Fe (%)	Sb(%)
1	21,2	0,12	0,18
2	18,0	0,11	ND
3	18,2	0,12	0,06
4	18,0	0,11	0,06
5	20,5	0,12	0,31
6	17,1	0,11	0,03
7	17,2	0,11	0,14
8	19,6	0,11	0,08
9	17,7	0,11	0,09
10	19,5	0,11	0,04
11	17,9	0,11	0,09
12	17,6	0,12	0,18

No momento está sendo desenvolvida no CETEM a caracterização mineralógica das pastas de baterias submetidas às etapas de lixiviação com carbonato e posteriormente com HNO_3 .

Considerações Finais

A rota hidrometalúrgica para reciclagem de Pb de baterias automotivas pode desempenhar relevante papel, sobretudo se um processo envolvendo lixiviação-eletrorrecuperação for implementado comercialmente. Vale mencionar que a simples eliminação inicial do sulfato, com a primeira etapa de lixiviação, a subsequente etapa de fusão e refino torna-se menos agressiva ao meio ambiente. O carbonato produzido pode ser fundido a baixa temperatura com emissão mínima de Pb e SO_2 .

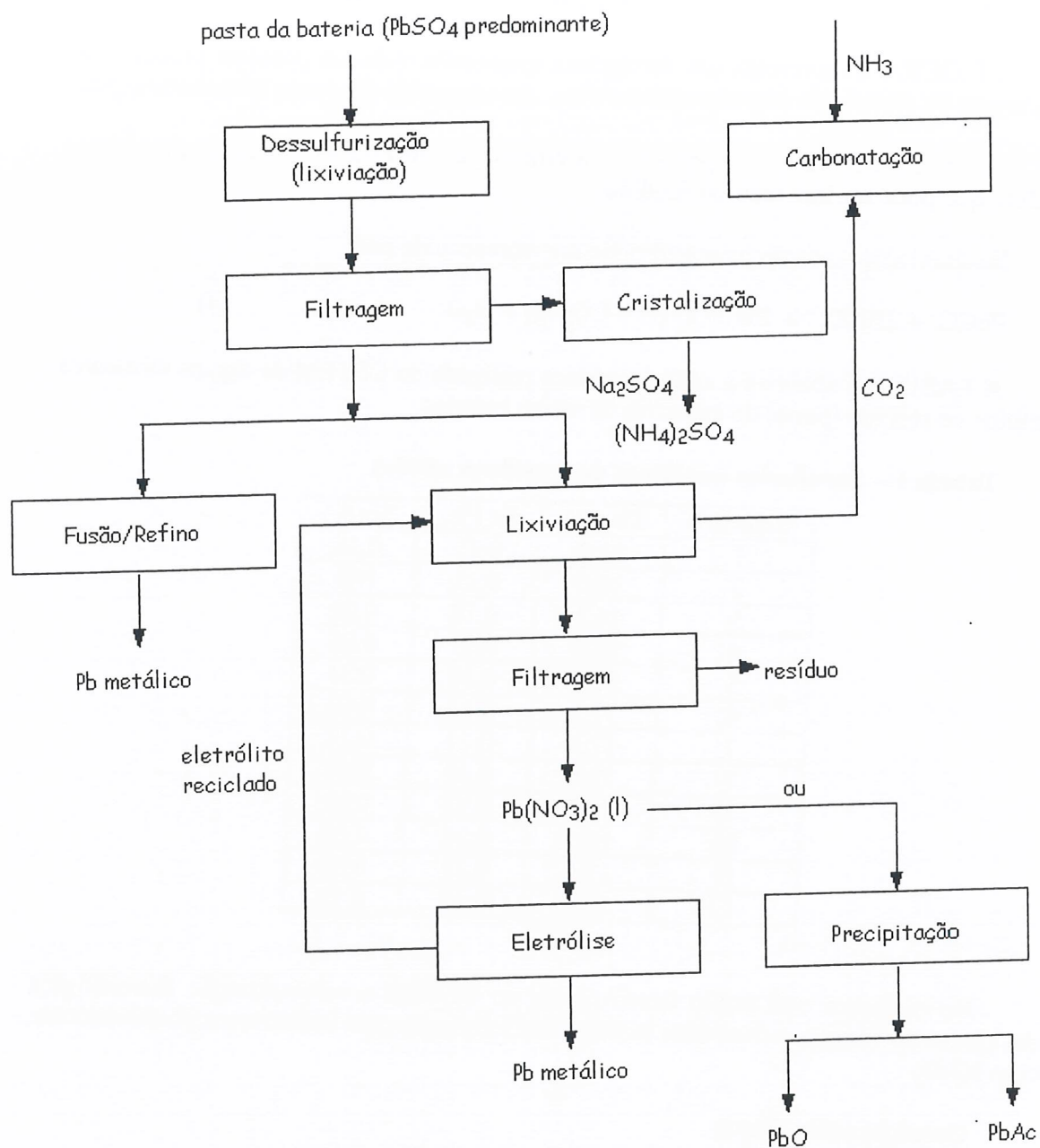


FIGURA 1 - Fluxograma esquemático de um possível processo de reciclagem de chumbo de baterias automotivas, incorporando etapa hidrometalúrgica.

Bibliografia

L.M.Silva, A.c. Pinheiro e R.B.E. Trindade, Rota hidrometalúrgica pra recuperação de chumbo de sucata de baterias automotivas, VII Jornada de Iniciação Científica - CNPq, CETEM - Centro de Tecnologia Mineral, Rio de Janeiro, R.J., junho, 1999.

Y. Gong, J.E. Dutrizac e T.T. Chen, The conversion of lead sulphate to lead carbonate in sodium carbonate media, *Hydrometallurgy*, p.399, vol. 28, 1992.

R. Jolly e C. Rhin, The recycling of lead-acid batteries: production of lead and polypropylene, *Resources, Conservation and Recycling*, p. 137, vol. 10, 1994.

T.T. Chen e J.E. Dutrizac, The mineralogical characterization of lead-acid battery paste, *Hydrometallurgy*, p.223, vol. 40, 1996.

A Enrique Péres, J Federico Chávez, J Antonio Romero S., Rodolfo D. Morales , Optimización de Procesos de Reciclaje de Baterías de Plombo, ABM - 51° Congresso Anual, Porto Alegre - RS, p.343, vol. 4, 1996.

R.D., Prengaman.; H. McDonald, RSR'S Full Scale Plant to Electrowin Lead from Battery Scrap, *Lead ~ Zinc'90*, p. 1045, TMS - Minerals/ Metals/ Materials, 1990.

G. Díaz e D. Andrews, Placid - A Clean Process for Recycling Lead from Batteries. *JOM - Publication of The Minerals, Metals & Materials Society*, p.29, vol. 48, January. 1996.

E.R. Cole, A.Y. Lee e D.L. Paulson,, Electrolytic Method for Recovery of Lead from Scrap Batteries, Bureau of Mines Report of Investigations (RI - 8602), 1981.

1. The first part of the paper discusses the importance of the study and the objectives of the research. It also provides a brief overview of the methodology used in the study.

2. The second part of the paper presents the results of the study. It includes a detailed description of the data collected and the analysis performed. The results are presented in a clear and concise manner, using tables and figures where appropriate.

3. The third part of the paper discusses the implications of the study. It highlights the key findings and their significance for the field of study. It also provides recommendations for future research and practical applications.

4. The final part of the paper is a conclusion. It summarizes the main points of the study and reiterates the importance of the findings. It also provides a final statement on the overall contribution of the research.

SECRETARIA DE ESTADO DO MEIO-AMBIENTE

Seminário Nacional sobre Reciclagem de Resíduos Sólidos Domiciliares

**ASPECTOS GERAIS DA
ATIVIDADE DE RECICLAGEM DE PAPEL NO BRASIL
(Panorama em relação aos resíduos sólidos domiciliares)**

Palestrante : Alberto Fabiano Pires

**Consultor de reciclagem de papel da Associação Brasileira de Celulose e Papel –
BRACELPA**

Endereço: Rua Sergipe, 600 – ap.31 – São Paulo – SP –01243-000

Telefone: (0xx11)3661-9919; Fax: (0xx)3661-9679

E-mail: alfabiano@uol.com.br

I) BREVE HISTÓRICO

A atividade de reciclagem no Brasil se confunde com as próprias origens da fabricação de papel no País, iniciada há mais de 100 anos.

As primeiras fábricas brasileiras de papel se utilizavam de papéis descartados para a produção de novos papéis. Nessa ocasião, a quase totalidade das necessidades brasileiras de papel, em seus diferentes tipos, eram supridas por fornecedores do Exterior.

O passo seguinte da indústria brasileira foi a produção de papéis utilizando matérias-primas virgens importadas, em especial a celulose de fibras longas.

Só a partir do início da década dos anos 70, a indústria brasileira de celulose começa a ter expressão, passando os fabricantes de papel a utilizarem as matérias-primas virgens de origem nacional, simultaneamente com as de origem estrangeira.

A destacar que, na medida em que se ampliava a fabricação de papel no País a partir de matérias-primas virgens, estimulando um maior consumo, paralelamente se ampliava a atividade de reciclagem, conseqüência da maior disponibilidade de papéis recicláveis.

Em tempos recentes, a reciclagem de papel vem apresentando um destaque crescente, na medida em que contribui para a preservação e conservação do meio ambiente e para a solução da questão da destinação dos resíduos sólidos urbanos.

II - CONCEITOS TÉCNICOS FUNDAMENTAIS

Para o exato entendimento da atividade de reciclagem de papel, devem ser assimilados alguns conceitos básicos sobre a produção e utilização dos inúmeros tipos de produtos que se abrigam sob a designação geral de "papel, papelão e cartão".

A Associação Brasileira de Celulose e Papel - BRACELPA classifica os papéis produzidos no Brasil, diretamente em função de sua utilização, sob as seguintes categorias:

- .papéis para imprensa*
- .papéis para imprimir*
- .papéis para escrever*
- .papéis para embalagem*
- .papéis para fins sanitários*
- .cartões e cartolinas*
- .papéis para fins especiais*

Os papéis de embalagem podem ainda ser subdivididos em três segmentos: papéis kraft; papéis para ondulado; e papéis de embalagem em geral.

Todos os tipos de papéis anteriormente mencionados são essencialmente *recicláveis*, com exceção das categorias "para fins sanitários" e "para fins especiais", que em conjunto representaram apenas 12,1 % do consumo brasileiro de papel de todos os tipos em 1998.

A contaminação provocada pela própria característica de utilização dos papéis sanitários impede o seu reaproveitamento.

Quanto aos papéis para fins especiais, têm em sua maioria aplicação industrial, impossibilitando qualquer forma de reutilização.

Além de apresentarem características bastante diversificadas em suas aplicações, os papéis também se diferenciam sobremaneira no que tange às matérias-primas fibrosas utilizadas no processo de produção.

Sem aprofundamento em aspectos técnicos, pode-se classificar as matérias-primas fibrosas virgens utilizadas para a fabricação dos diferentes tipos de papéis em três categorias:

- a) *celulose de fibras curtas*
- b) *celulose de fibras longas*
- c) *pastas de madeira*

A celulose de fibras curtas, da qual o Brasil é grande produtor no cenário mundial (5,0 milhões de toneladas em 1998), é obtida no País quase que exclusivamente a partir das florestas de eucalipto, plantadas pelas empresas industriais do setor. É uma fibra utilizada quando se procura opacidade (necessária nos papéis para impressão e escrever) ou maciez e suavidade (características apreciadas em diferentes tipos de papéis para fins sanitários). Por não proporcionar resistência ao rasgo e ao estouro, tem utilização bastante limitada em papéis em que são essenciais tais características. Outros tipos de fibras curtas utilizadas são as originadas de plantas de cultura anual, como a cana-de-açúcar (aproveitamento do bagaço).

Em 1998, o Brasil produziu cerca de 1,2 milhões de toneladas de fibras longas, utilizando essencialmente diversas espécies de pinheiros exóticos, há diversos anos aclimatados ao País pelos industriais do setor. Ao contrário da celulose de fibras curtas, a principal característica da celulose de fibras longas é proporcionar aos papéis uma alta resistência ao rasgo e ao estouro, conduzindo assim sua utilização para a fabricação de papéis para embalagem.

Finalmente, as pastas de madeira, obtidas através de processos mecânicos ou semiquímicos, são utilizadas como enchimento, sempre para complementar a composição fibrosa de papéis, juntamente com as fibras celulósicas.

Alguns tipos de papéis são produzidos exclusivamente com um único tipo de matéria-prima fibrosa. É o caso dos papéis para imprimir e escrever, que utilizam unicamente celulose de fibras curtas. Também o papel kraft, classificado na categoria de papéis para embalagem, é produzido exclusivamente com um único tipo de matéria-prima fibrosa, no caso a celulose de fibras longas. O papel kraft é utilizado em aplicações que exigem grande resistência ao rasgo e ao estouro, tais como sacos multifoliados.

Diversos tipos de papéis consomem mais de um tipo de material fibroso para a sua produção.

Os papéis para imprensa (jornais) consomem habitualmente celulose (fibras longas e fibras curtas) e pastas de madeira, na proporção média de 30% e 70%.

Também interessante a composição dos chamado papel-cartão duplex (cartolinas), em que se tem uma camada de forro produzida exclusivamente com celulose de fibras curtas (30%) e uma camada de suporte (70%), produzida basicamente com pastas de madeira e outras fibras de enchimento, inclusive aparas e papéis usados.

Finalmente, alguns comentários devem ser feitos sobre o papelão ondulado, uma das formas mais comuns do material destinado à reciclagem.

Em realidade o papelão ondulado não é um tipo de papel e sim um tipo de artefato de papel.

O papelão ondulado é, em sua forma mais habitual, constituído de uma capa, de um miolo ondulado e de uma contracapa. Para a capa e a contracapa são utilizados papéis produzidos com uma mistura de celulose de fibras longas e de fibras curtas. Para o miolo, é utilizado um tipo específico de papel produzido com pastas de fibras regionais ou, mais habitualmente, de material reciclável.

A decisão de se apresentar esta seção de conceitos básicos, antes de se analisar a reciclagem propriamente dita, é alertar para o fato de que nem sempre a utilização de um determinado tipo de matéria-prima reciclável permite a produção de um papel com as mesmas características do material que está sendo reciclado.

Acredita-se que, à luz dos conceitos enfocados, tenha ficado claro que, em realidade, as matérias-primas fibrosas virgens são a porta de entrada para o processo de reciclagem.

III - PONTOS DE GERAÇÃO DOS PAPÉIS RECICLÁVEIS

A análise da distribuição do consumo de papéis no Brasil conduz à identificação dos seguintes pontos de geração de papéis recicláveis:

- .convertedores
- .supermercados, lojas de departamento e fábricas
- .escritórios
- .residências

Os tipos de papéis recicláveis em cada ponto de geração são habitualmente os seguintes:

- | | |
|-----------------------|---|
| Convertedores: | <ul style="list-style-type: none"> aparas brancas aparas kraft aparas de cartolina aparas de tipografia aparas de papelão ondulado |
|-----------------------|---|

***Supermercados, lojas
de departamento e
fábricas:***

caixas de papelão ondulado

caixas de cartolina

papéis de embrulho

Escritórios:

formulários contínuos

jornais e revistas

papéis com anotações

papéis utilizados em impressoras de computadores

notas fiscais, faturas

Residências:

jornais e revistas

papéis utilizados em impressoras de computadores

caixas de papelão ondulado

caixas de cartolina

papéis de embrulho

IV - CLASSIFICAÇÃO DOS PAPÉIS RECICLÁVEIS

Analisando-se a geração dos papéis recicláveis, pode-se classificá-los em dois grandes grupos: aparas e papéis usados.

Muitas vezes, comercialmente, esta classificação em grupos é ignorada, tratando-se todos os tipos de papéis recicláveis unicamente com a designação genérica de aparas.

As aparas (em inglês "trimmings") são os resíduos resultantes da operação em empresas convertedoras, que transformam o papel na forma de artefatos solicitada pelos usuários.

As aparas brancas resultam de operações de corte para acerto das beiradas de livros, jornais e revistas. Já as aparas de tipografia, são geradas no acerto das beiradas de notas fiscais e faturas, habitualmente confeccionadas em vias com cores diversas.

As aparas kraft são geradas em fabricantes de sacos multifoliados e sacolas para supermercados.

Em cartonagens (fabricantes de caixas), geram-se as aparas de cartolina, formadas por recortes e refíles, além de caixas refugadas.

Entre os papéis usados (em inglês "wastepaper"), o destaque incontestável é para as caixas de papelão ondulado, que funcionam como embalagem de transporte para a quase totalidade das mercadorias comercializadas em supermercados, lojas de departamento (magazines) e estabelecimentos fabris. Nas residências, também são geradas caixas de papelão ondulado, especialmente as que serviram de embalagem de acondicionamento de eletrodomésticos.

Com o desenvolvimento da informática em anos recentes, passaram a ser gerados nos escritórios e em um número crescente de residências dois tipos novos de papel reciclável: o formulário contínuo e o papel cortado, utilizados nas impressoras acopladas aos microcomputadores.

A miscelânea de papéis descartados em escritórios (tais como papéis com anotações, faturas, notas fiscais, material de arquivo morto) é comercialmente conhecida como "arquivo branco".

Necessário se faz destacar também o item "jornais", descarte diário em escritórios e residências.

Quando os papéis recicláveis descartados em escritórios, residências, pequenos estabelecimentos comerciais e industriais, são coletados sem qualquer cuidado com classificação e separação, tem-se o que o mercado denomina de "misto".

Os diferentes tipos de aparas resultantes das operações de conversão, bem como o descarte de papéis e cartões pelos próprios fabricantes como refugo ou material fora de especificações, são considerados matérias-primas recicláveis "pré-consumo". Já os papéis usados anteriormente mencionados são considerados materiais recicláveis "pós-consumo", ou seja são resultantes de algum tipo de utilização.

A Associação Brasileira de Celulose e Papel - BRACELPA adota uma extensa classificação dos diferentes tipos de aparas e papéis usados, caracterizando cada um desses tipos, estabelecendo níveis máximos de umidade e impurezas, e definindo os materiais proibitivos.

V - CONCEITUAÇÃO DE FABRICANTE RECICLADOR

A BRACELPA conceitua como fabricante reciclador a empresa em que o consumo de papéis recicláveis, na produção de papel, represente mais de 50% do total de matérias-primas fibrosas consumidas.

Das 181 empresas fabricantes de papel no Brasil em 1998, 121 se enquadraram como fabricantes recicladores, dentro do conceito da BRACELPA, e responderam por 33,3 % da produção brasileira de papel de todos os tipos naquele ano.

A Tabela 1, a seguir, apresenta o número de empresas recicladores no Brasil, por estados.

Assinale-se, ainda, que mesmo sem ser considerados fabricantes recicladores, muitas outras empresas consomem papéis recicláveis para a complementação de suas necessidades de matérias-primas fibrosas. Além dos 121 fabricantes recicladores, outras 27 empresas consumiram alguma quantidade de aparas e papéis usados no ano de 1998. Apenas 33 dos fabricantes de papel no Brasil em 1998 não consumiram qualquer quantidade de papéis recicláveis.

Tabela 1
Recicladores de papel no Brasil em 1998

Estados	Produção total de papel mil t (a)	<i>Fabricantes recicladores</i>		(b)/(a) %
		Número de empresas	Produção das empresas mil t (b)	
São Paulo	3.015,7	41	991,7	32,9
Paraná	1.369,3	18	313,2	22,9
Santa Catarina	1.108,4	15	222,1	20,0
Minas Gerais	284,6	15	284,6	100,0
Rio Grande do Sul	156,4	9	95,4	61,0
Rio de Janeiro	210,1	8	158,4	75,4
Pernambuco	96,5	4	68,1	70,6
Bahia	225,6	2	7,2	3,2
Amazonas	12,4	2	12,4	100,0
Ceará	1,5	2	1,5	100,0
Maranhão	72,9	1	3,5	4,8
Pará	17,9	1	17,9	100,0
Goiás	9,5	1	9,5	100,0
Paraíba	6,1	1	6,1	100,0
Rio Grande do Norte	2,4	1	2,4	100,0
Total geral	6.589,3	121	2.194,0	33,3

VI - NÍVEIS DE RECICLAGEM NO BRASIL E EM PAÍSES SELECIONADOS

A intensidade do processo de reciclagem em um país ou região é habitualmente medida pela taxa de recuperação, que relaciona a quantidade de papéis recuperados com o consumo aparente de papéis de todos os tipos no país ou região considerados.

A Tabela 2, com dados compilados da revista especializada PPI - Pulp & Paper International (edição de julho de 1998), evidencia que os níveis de recuperação (e portanto de reciclagem) no Brasil não se afastam muito de uma média mundial.

Tabela 2
Recuperação de aparas e papéis usados
em países selecionados em 1997

Países	Taxa de recuperação %
Alemanha	71,6
Suécia	54,8
Japão	52,7
Estados Unidos	47,0
Canadá	46,8
México	43,5
Espanha	42,0
Reino Unido	41,1
França	39,8
Brasil	36,3
Argentina	32,9
Itália	30,5
Rússia	29,4
China	26,8
Média dos países selecionados	42,5

No período 1988 a 1998, a taxa de recuperação de papéis recicláveis no Brasil, se situou entre 36,0% e 38,0%.

Esclareça-se que nessas taxas de recuperação não foi considerada a impossibilidade técnica da reciclagem de papéis para fins sanitários e de papéis especiais. Se do consumo aparente total fossem eliminados os dois tipos de papéis acabados de assinalar, a taxa de recuperação em 1998 se elevaria para 41,6%.

VII - CONSUMO DE PAPÉIS RECICLÁVEIS NO BRASIL

Segundo dados da Associação Brasileira de Celulose e Papel - BRACELPA, a recuperação e o posterior consumo de papéis recicláveis no Brasil atingiu em 1998 a 2.294.700 t, com a seguinte discriminação por tipos:

Tabela 4**Consumo de papéis recicláveis no Brasil em 1998**

Tipos	Quantidades mil t	Participação no total %
Hollerith	0,2	0,0
Branca I	66,3	2,9
Branca II	128,6	5,6
Branca III	27,4	1,2
Branca IV	84,4	3,7
Branca V	1,9	0,1
Kraft I	56,8	2,5
Kraft II	55,4	2,4
Kraft III	8,5	0,4
Aparas do Paraná	8,5	0,4
Jornais	130,9	5,7
Cartolina I	57,7	2,5
Cartolina II	17,5	0,8
Cartolina III	8,6	0,4
Ondulado I	513,1	22,4
Ondulado II	684,8	29,8
Ondulado III	216,5	9,4
Revistas	16,2	0,7
Misto I	77,8	3,4
Misto II	44,7	1,9
Misto III	29,2	1,3
Tipografia	59,7	2,6
Total	2.294,7	100,0

Fonte: Associação Brasileira de Celulose e Papel - BRACELPA

Pode-se afirmar que a quantidade de papel recuperado em um país ou região depende essencialmente da quantidade e do tipo de papel consumido nesse país ou região.

Fatores fundamentais são também a estrutura sócio-cultural, o grau de desenvolvimento econômico e a extensão territorial do país ou região.

No Brasil, cerca de 43,3% dos papéis consumidos em 1998 estão classificados na categoria de "embalagem". Conseqüentemente, não causa admiração que 61,6% dos papéis recuperados no mesmo ano tenham sido de "papelão ondulado", como se constata na Tabela 2.

Países que apresentem grande consumo de papéis para fins sanitários e de papéis para fins industriais, não recuperáveis por sua própria essência, tendem a registrar taxas de recuperação menores, quando essa recuperação está relacionada com o consumo aparente global de todos os tipos de papel. Recorde-se, todavia, que aqueles tipos de papéis não recicláveis representaram no Brasil apenas 12,2% do consumo de papel de todos os tipos em 1998.

O consumo de papéis no Brasil se concentra nos estados das regiões sul e sudeste, com a identificação de apenas "ilhas" de consumo em outras regiões.

Dessa forma, a taxa de recuperação de papéis naquelas regiões é bem maior do que a apontada nas estatísticas para o Brasil como um todo.

Por outro lado, a falta de parque industrial de fabricação de papel nas proximidades das acima chamadas "ilhas" de consumo, torna economicamente questionável a recuperação dos papéis nelas descartados.

VIII - ANÁLISE DAS TAXAS DE RECUPERAÇÃO DE PAPÉIS RECICLÁVEIS NO BRASIL

Taxa de recuperação dos papéis recicláveis por tipo de geração

A análise dos papéis recicláveis consumidos em 1998 permite a seguinte classificação por tipo de geração:

Tabela 5

**Classificação dos papéis recicláveis
por tipo de geração em 1998**

Tipo de geração	Quantidades mil t
Papéis para imprimir e escrever	356,1
Papéis kraft	120,9
Papéis para jornais e revistas	204,8
Cartões e cartolinas	122,6
Papéis para ondulado	1.475,0
Papéis de embalagem em geral	15,3
Total	2.294,7

Fonte: Associação Brasileira de Celulose e Papel - BRACELPA

Comparando-se a quantidade de papéis recicláveis recuperados com o consumo aparente total dos papéis que os geraram, chega-se às seguintes taxas de recuperação:

Tabela 6
Taxa de recuperação de papéis recicláveis por tipo de geração em 1998

Discriminação	Consumo		(1)/(2) %
	Recuperação(1) mil t	aparente (2) (*) mil t	
Papéis para imprimir e escrever	356,1	1.456,0	24,5
Papéis kraft	120,9	466,0	25,9
Papéis para jornais e revistas	204,8	658,0	31,1
Cartões e cartolinas	122,6	685,0	17,9
Papéis para ondulado	1.475,0	2.069,0	71,3
Papéis de embalagem em geral	15,3	123,0	12,4
Total	2.294,7	5.457,0	42,1

(*) - Não inclui papéis para fins sanitários e papéis especiais.

Fonte: Associação Brasileira de Celulose e Papel - BRACELPA

Os comentários a seguir apresentados podem contribuir para a interpretação da diversidade da taxa de recuperação dos papéis recicláveis, em função do tipo de geração:

a) livros didáticos, técnicos ou de lazer tendem a permanecer com os usuários por tempo indefinido, até que sejam descartados e, então passíveis de aproveitamento para a reciclagem. Exigências fiscais, não reconhecendo os serviços de microfilmagem, fazem com que notas fiscais, faturas, duplicatas e outros documentos contábeis permaneçam com as pessoas jurídicas (e mesmo as físicas) por período não inferior a cinco anos. Tal comportamento de retenção é certamente um dos fatores que influenciam negativamente a taxa de recuperação dos papéis recicláveis gerados pelos papéis para imprimir e escrever. Outro fator a ser apontado é a dificuldade da coleta em pequenos escritórios e empresas nas regiões centrais das cidades, contribuindo para que os papéis descartados acabem indo se juntar ao lixo comum, impossibilitando a atividade de recuperação para reciclagem.

b) sendo os papéis kraft utilizados precípuamente para a fabricação de sacos multifoliados, conclui-se que a baixa taxa de recuperação está intimamente vinculada à contaminação provocada pelos produtos envasados, tais como cimento, adubos, rações e produtos químicos em geral.

c) a reutilização de jornais velhos para embalagem de inúmeros produtos, principalmente nas médias e pequenas cidades, impede que a taxa de recuperação seja mais elevada que os 28,6% apontados no quadro anteriormente apresentado. Saliente-se ainda a utilização, pela população mais pobre, dos jornais impressos para fins sanitários.

d) caixas usadas de sapatos e de camisas, fabricadas com cartões e cartolinas, raramente são descartadas por um grande contingente da população, que as utiliza como se fossem gavetas de armários.

e) a facilidade de coleta para a reciclagem parece ser a principal razão da alta taxa de recuperação dos papéis para ondulado.

f) finalmente, os papéis de embalagem em geral são facilmente contamináveis, dificultando sua separação do lixo comum e, assim, impossibilitando qualquer recuperação para fins de reciclagem.

FERNANDO LUIZ NEVES**TETRA PAK**
Monte Mor - Brasil**ABSTRACT**

This paper is a result of many experimental trials at Paper mills and shows the basic process to recycle Tetra Pak pos-consumer packages, from Voluntary collection and Sorting Programs on industrial level. The mechanical characteristics showed excellent fibers for using in a lot of papermaking processes. Paper comprises 75 % of the package, polyethylene 20 % and aluminum 5 %. The repulping process takes about 35 minutes and separate pulp from aluminum and polyethylene layers. The aluminum and polyethylene discharged at repulping process can also to be recycled in three ways: burning to generate energy, Aluminum recuperation by pyrolysis and plastic making with thermo injection processes.

RESUMO

Este trabalho é resultado de experimentos realizados em diversas fábricas de papel e estabelece o processo básico que permite reciclar industrialmente as embalagens cartonadas Tetra Pak pós-consumo obtidas a partir de coletas seletivas. Os ensaios físicos mostraram excelente qualidade de fibras, podendo ser utilizadas em diversos processos de fabricação de papéis. O alumínio e o polietileno rejeitados no processo de desagregação podem ser reciclados de três formas : A incineração com recuperação de energia, a recuperação do alumínio (na forma metálica) por pirólise, ou a fabricação de peças plásticas por processos de termo-injeção.

Palavras chaves : Desagregação, reciclagem, coleta seletiva, embalagem.

1.0 - INTRODUÇÃO

A utilização de fibras recicladas tem crescido bastante . O fator econômico ainda é bastante preponderante, principalmente no mercado brasileiro, no entanto, tem crescido as exigências ambientais no que diz respeito à utilização de fibras secundárias na indústria papelreira e este assunto têm sido objeto de diversos trabalhos científicos no sentido de mostrar os ganhos da utilização este tipo de fibra. Sem dúvida, o maior ganho é o ambiental, já que o lixo hoje é um problema de todos os grandes centros urbanos . Em alguns países, como por exemplo a Bélgica, tem se estabelecido por força de lei, tarifas exigindo cada vez mais o uso de aparas na formulação dos papéis. NEVES (1994) comenta que os americanos adotaram como meta para 1990 a inclusão de 10 % de aparas em todos os papéis de impressão comercializados, devendo esta meta atingir 15 % em 1995 e chegar a 25 % até o ano 2000.

A reciclagem das embalagens cartonadas pós-consumo fazem parte das metas ambientais estabelecidas pela Tetra Pak em seu sistema de Gestão Ambiental. O estabelecimento de uma tecnologia adequada e do incentivo às coletas seletivas também são metas do sistema.

As embalagens cartonadas Tetra Brik Aseptic, utilizadas para envase asséptico após o processo de ultra-pasteurização, são constituídas por três matérias-primas : Papel duplex, alumínio e polietileno de baixa densidade . A embalagem Tetra Brik Aseptic popularmente conhecida como embalagem longa vida é constituída de seis camadas sendo de dentro para fora: polietileno, polietileno, alumínio, polietileno, papel e polietileno . As camadas internas de polietileno têm a função de impermeabilizar a embalagem internamente e evitar o contato do alimento com o alumínio . A camada de alumínio impede a entrada de luz e ar o que garante a

preservação dos alimentos. A composição da embalagem é 75 % de papel duplex (fibra longa), 20% de polietileno e 5% de alumínio.

As embalagens Tetra Rex são constituídas de papel branqueado e polietileno, podendo ter em sua composição a camada de alumínio. São utilizadas para produtos refrigerados como sucos e leites pasteurizados.

As embalagens Tetra Top são constituídas por papel duplex e polietileno e são utilizadas para envase de produtos pasteurizados.

A reciclagem das embalagens é feita primeiramente em fábricas de papel que utilizam as fibras para fabricação dos diversos tipos de papel. A reciclagem do polietileno e do alumínio, gerados na fábrica de papel, pode ser feita de três maneiras diferentes: a recuperação de energia do alumínio e polietileno através da incineração em caldeiras de biomassa, possibilitando economia de óleo combustível, a recuperação do alumínio em fornos de pirólise ou ainda a fabricação de peças por processos de extrusão ou termo-injeção.

2.0 COLETA SELETIVA

O processo de coleta seletiva é parte importante do processo de implantação da reciclagem de embalagens cartonadas e de toda sorte de materiais que são acrescentados dia a dia nos lixos urbanos. A tendência é a coleta seletiva ser estabelecida como força de lei, como instrumento para auxiliar a solução do gerenciamento do lixo urbano. De acordo com Pesquisa Nacional de Saneamento Básico, realizada pelo IBGE e editada em 1991, 76 % do lixo nos municípios brasileiro são dispostos a céu aberto, 13 % em aterros controlados, 10 % em aterros sanitários e apenas 1 % passam por tratamento (compostagem, reciclagem e incineração). De acordo com dados do CEMPRE/IPT cerca de 10 % do material beneficiado em usinas de compostagem é reciclável. Com o objetivo de avaliar os programas de coleta seletivas, o CEMPRE desenvolve, desde 1992, a linha de pesquisa Ciclossoft, sendo que até 1994 os dados compilados mostravam que 39 % do material triado era papel. As embalagens longa vida correspondiam a 2 % do material triado.

O mercado de reciclados no Brasil está começando a fazer parte de plataformas políticas de diversos municípios e contam com apoio de empresas do setor privado, que incentivam tais programas, como é o caso da Tetra Pak que faz parceria com empresas recicladoras, desenvolvendo juntamente com elas as alterações necessárias nos processos de fabricação de papel ou plástico e incentiva os municípios a implantarem sistemas eficientes de coleta seletiva e venda dos materiais triados.

Cidades como Curitiba, Porto Alegre, Florianópolis, Campinas, Caxias do Sul, Jundiaí, S.J. dos Campos entre outras possuem implantada a coleta seletiva e contemplam a coleta das embalagens cartonadas.

As embalagens utilizadas no processo de reciclagem industrial foram obtidas da coleta seletiva da cidade de Campinas. O processo de coleta do material é realizado por prefeituras ou empresas ligadas a estas. Após a coleta do lixo reciclável há uma triagem do material que posteriormente será enfardado e comercializado.

3.0 PROCESSO DE RECICLAGEM DA FIBRA

3.1 DESAGREGAÇÃO

Para que a reciclagem da embalagem seja possível, é necessário que se faça a separação das diversas camadas de materiais que a compoem. A separação dos materiais é feita em hidrapulper de alta, média ou baixa consistência sendo necessário um tempo de residência de 30 a 40 min para que as fibras presentes na embalagem se destaquem e fiquem suspensas possibilitando a retirada por bombeamento. A desagregação deste tipo de material não requer a utilização de qualquer aditivo químico no processo ou calor.

As fibras de embalagens cartonadas Tetra Pak têm sido utilizadas para a produção de diversos tipos de produtos como papelão ondulado, papel cartão, embalagem para ovos, palmilhas para sapatos, papel tissue, etc.

O tipo de rotor e sua velocidade afetam a qualidade da fibra. As figuras 3 e 4 mostram processos que utilizam rotores para operação em alta ou média consistência (10 a 15% de consistência) tipo helicoidal. As figuras 1 e 2 mostram rotores que operam em baixa consistência (abaixo de 6%).

A escolha do tipo de rotor está relacionada com a qualidade da fibra, já que processos a alta consistência promovem uma desagregação mais branda enquanto que processos a baixa consistência efetuam o corte das fibras que irá refletir nas características finais do papel.

O número de vezes que se consegue reciclar a fibra mantendo-se determinadas características também pode ser afetado pelo tipo de desagregação que é efetuada.



FIGURA 1 - Rotor para desagregação em baixa consistência

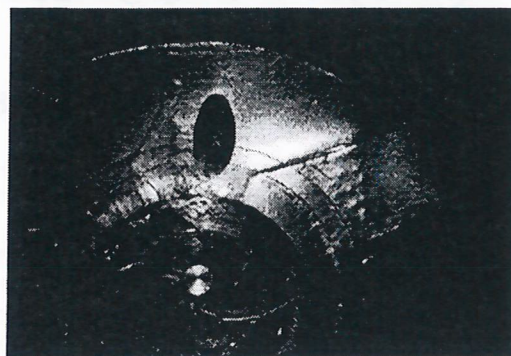


FIGURA 2- Rotor para desagregação em baixa consistência

3.1.1 DADOS DE PROCESSO

Nos testes realizados em fábricas de papel tem sido utilizadas rotações de 280 a 450 rpm para os rotores dos hidrapulperes. As peneiras de filtragem da massa dos hidrapulperes utilizados variaram de 4 a 12 mm. Processos em baixa consistência, têm como vantagem a facilidade de extração do material fibroso, já em processos de alta consistência é necessário abaixar a consistência para a descarga do hidrapulper ou utilizar sistema de descarga específico.

3.1.2 SEPARAÇÃO E LAVAGEM DO POLIETILENO E ALUMÍNIO

A primeira separação da fibra e do rejeito do hidrapulper composto de alumínio e polietileno é feita no próprio equipamento após a desagregação. O material fibroso que está suspenso em água é retirado por bombeamento pela parte inferior do hidrapulper, passando por uma chapa perfurada que evita passagem do polietileno e do alumínio. Estes, são retirados pela lateral por gravidade e passam por processo de separação do residual de fibras e lavagem do polietileno e alumínio. As fibras retornam para o processo enquanto que o alumínio e o polietileno são prensados e secados ao ar.

O tipo de separador ou lavador de plástico que tem oferecido boa eficiência é o tipo Peneira Cilíndrica Rotativa e Despressurizada. À medida que o material passa pelo seu interior, ocorre a lavagem com jatos de água. As fibras recuperadas voltam para o sistema de água e são recuperadas através de engrossadores ou peneiras estáticas tipo Side Hill.

As figuras 3 e 4 mostram respectivamente um hidrapulper de alta consistência e rotor helicoidal antes e após a desagregação e subsequente retirada das fibras.



FIGURA 3 - Hidrapulper em alta consistência antes da desagregação



FIGURA 4 - Hidrapulper em alta consistência após a desagregação

3.1.3 CARACTERÍSTICAS DO PAPEL RECICLADO

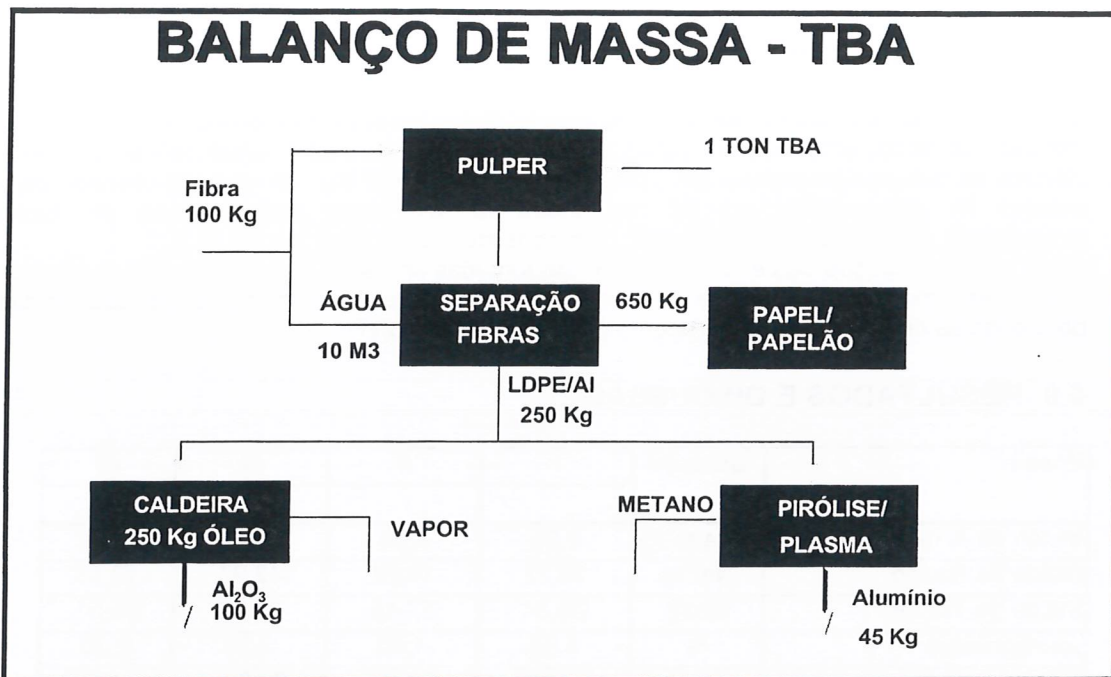
O processo de reciclagem de embalagens cartonadas Tetra Pak a alta consistência foi estudado por BOWSER (1996) onde foram usadas embalagens pós-consumo de leite e suco. As embalagens foram desagregadas em hidrapulper de alta consistência com rotor helicoidal por 35 minutos e extraídas passando por uma chapa perfurada com furos de 3/8". O plástico e o alumínio restantes foram retirados e passaram por um separador de plástico alumínio para recuperação das fibras neste material. Após passar por um processo de depuração por peneiras e hidrociclones foi retirada uma amostra para ensaios e obtiveram-se os resultados que constam na tabela 1.

Ensaio	Unidade	I	II	III	IV
Índice de Arrebetamento	kPa m ² /g	3,36	3,72	3,91	4,14
Índice de Rasgo	mNm ² /g	12,42	12,71	11,53	11,48
Índice de Tração	Nm/g	44,18	52,75	55,22	64,59
Alongamento	%	3,31	3,60	3,38	3,39
CSF	ml	430	397	327	257
Volume Esp. Aparente	cm ³ /g	1,69	1,64	1,56	1,53

FONTE : BOWSER (1996)

TABELA 1 - Resultados obtidos na reciclagem em alta consistência

NEVES & BLANCO (1996) trabalharam com embalagens de leite - Tetra Rex desagregando em laboratório a 50 °C . Neste trabalho concluiu-se que o uso de hidróxido de sódio no processo de desagregação mostrou-se prejudicial por manchar a pasta celulósica, neste caso branqueada. Além disso os dados mostram um aumento do rendimento de processo para a desagregação somente com água. Neste trabalho foram obtidos rendimentos da ordem de 74 a 80 %. ZUBEN (1996) considera o rendimento industrial na faixa de 65 % , como mostra a figura 5. Os resultados destes experimentos são comparados aos resultados deste experimento na figura 7.



Fonte : Zuben ,F.V.(1996)

FIGURA 5 - Balanço de massa - Reciclagem das embalagens cartonadas

MENG & MOSS (1996) avaliaram a desagregação de misturas de embalagens de leite e cartões com e sem revestimento com outros tipos de papéis em planta piloto. Neste trabalho observou-se que a mistura de cartão revestido com outros tipos de papel a eficiência de desagregação é função da presença ou não do revestimento. Cartões sem revestimento não mostraram relação entre a porcentagem utilizada com a eficiência de desagregação enquanto que cartões com revestimento mostraram melhor eficiência quando desagregados com mistura de outros tipos de papéis. Observou-se ainda, neste trabalho, que a mistura de materiais revestidos laminados com polietileno mostrou melhor resultado no desprendimento do filme de polietileno quando eram misturados com aparas de escritório.

4.0 RECICLAGEM DO ALUMÍNIO E POLIETILENO

Um dos processos de aproveitamento do alumínio e do polietileno gerados no processo de reciclagem das embalagens cartonadas é a incineração com recuperação de energia. Este processo é utilizado em países europeus que utilizam o material como combustível para geração de vapor e energia, reduzindo desta forma o uso de combustível fóssil. Neste processo a caldeira deve possuir sistema de lavadores de gases ou precipitador eletrostático para garantir a retenção dos particulados de alumínio. No processo de combustão, o alumínio reage com o oxigênio produzindo trióxido de alumínio, que pode ser usado na fabricação de polieletrólitos para tratamento de água, ou podem ser processados na indústria de refratários.

Outro processo possível é a recuperação do alumínio em forno de pirólise, onde é mantida uma atmosfera com baixo teor de oxigênio para impedir a oxidação do alumínio. Neste processo, o polietileno reage com o oxigênio liberando energia para o processo.

Uma terceira opção bastante interessante em termos de mercado é o processamento do alumínio e polietileno em indústrias recicladoras de plásticos. O polietileno é um termoplástico podendo ser reprocessado várias vezes. O alumínio presente não interfere no processo de injeção ou extrusão, ficando incorporado na peça final.

5.0 MATERIAIS E MÉTODOS

Os testes industriais foram conduzidos de acordo com o processo de produção das diversas fábricas. Os fardos utilizados em vários testes em fábricas de papel, foram obtidos da coleta seletiva da cidade Campinas - SP, pesando em média 300 Kg. O material utilizado para ensaios foi desagregado em 35 min utilizando rotor para desagregação em baixa consistência na faixa de 280 a 300 rpm, com consistência na faixa de 3 a 4 %.

Após a desagregação das embalagens, foram tomadas amostras para realização de ensaios físicos. As amostras obtidas foram refinadas e posteriormente foram confeccionadas folhas para ensaios de testes físicos de acordo com as normas ABNT.

6.0 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Ensaio	Unidade	I	II	III	IV
Índice de Arrebentamento	kPa m ² /g	0,95	2,86	3,53	4,03
Índice de Rasgo	Nm ² /g	11,77	14,02	12,97	12,13
Índice de Tração	Nm/g	20,34	57,45	65,91	65,51
Alongamento	%	0,93	1,85	2,20	2,00
Espessura	mm	0,1600	0,1355	0,1330	0,1290
Grau de moagem	SR	20	29	41	50
Gramatura seca	g/m ²	60,68	57,91	65,91	65,51
Teor Seco	%	91,60	93,25	93,16	93,07
Volume Esp. Aparente	Cm ³ /g	2,64	2,34	2,02	1,97

TABELA 2 - Resultados de Testes Físicos - Material fibroso obtido em testes industriais com rotores de baixa consistência.

Observou-se durante a realização dos testes que rotores novos ou cortantes provocaram o efeito de picagem do alumínio e do polietileno que passaram pela peneira do hidrapulper juntamente com a fibra dificultando o processo de depuração. Nestes casos, a redução da rotação ou a troca do rotor foram recomendados.

Em alguns casos, percebeu-se que durante a desagregação, as embalagens de Tetra Brik Aseptic desagregaram com maior facilidade que as de Tetra Rex, fato este explicado pela existência de resistência a úmido nestas últimas. NEVES & BLANCO (1996) trabalharam com desagregação de Tetra Rex e concluíram que o tempo de 30 minutos a uma temperatura de 50 °C é suficiente para efetuar a desagregação e descolar o revestimento. Em termos industriais, sem uso de produtos químicos ou aquecimento, utilizando água industrial com temperaturas na faixa de 30 a 35 °C, o tempo de 35 minutos foi suficiente para a desagregação de todo material.

Ensaio	Unidade	I	II
Índice de Arrebentamento	kPa m ² /g	2,43	6,83
Índice de Rasgo	MNm ² /g	22,00	36,08
Concora	N	94,39	192,51
Espessura	mm	0,2670	0,2370
Grau de moagem	SR	19	29
Gramatura seca	g/m ²	117,05	122,43
Teor Seco	%	93,23	93,13
Volume Esp. Aparente	Cm ³ /g	2,28	1,94

TABELA 3 - Resultados de Testes Físicos - Material fibroso obtido em testes industriais com rotores de baixa consistência.

Comparando os resultados de tração com os dados obtidos por RATNIEKS, MORA & MARTINS (1995) que trabalhou com misturas de fibras longas, fibras de eucalipto e de aparas destintadas conseguindo um valor de 62 Nm/g de índice de tração para uma mistura 50 % fibra longa virgem e 50 % fibra de eucalipto virgem e valores de 57 Nm/g para mistura de 50 % aparas com 50 % fibra longa, consideramos que o valor de 57,45 N/mg obtido no experimento com grau de refino 29 $\square$ SR é bastante razoável. Os valores obtidos por BOWSER (1996) e NEVES & BLANCO (1996) encontram-se na mesma faixa.

Os resultados de Índices de tração e rasgo mostraram valores mais elevados quando tratados sem temperatura. Os dados levantados no experimento em baixa consistência superou os resultados até então obtidos. Os dados relativos à tração mostram uma estabilidade após 40 $\square$ SR enquanto que os dados relativos ao rasgo declinam após este valor. Este fenômeno ocorre em função do corte de fibras, pois o índice de rasgo possui uma ligação direta com o comprimento de fibra diminui em função do corte de fibras no refino prolongado. Esta tendência também é observada por RATNIEKS, MORA & MARTINS (1995).

Os dados mostram que a desagregação em alta consistência favorece os resultados de alongamento, promove valor inicial (refino zero) para índice de tração e rasgo maiores, além de um valor inicial de grau de refino maior. Este fato está claramente ligado ao tipo de rotor utilizado no processo que mantém as características da fibra mais próximas das originais, evitando o corte excessivo. O maior atrito fibra-fibra, em alta consistência, promove provavelmente, uma maior fibrilação resultando em maiores valores de grau de refino para tempos de desagregação semelhantes. Por outro lado, a massa após refinada mostra valores mais baixos de índice de rasgo que a refinada em baixa consistência. Uma possível explicação para este fato pode estar nos diferentes tipos de refino realizados.

NANKO, OHSAWA & OKAGAWA (1989) comentam que uma fibra que não sofreu refino sua parede primária está mais ou menos danificada, em uma refinação branda há a remoção da parede primária, uma fibra bem refinada começa a destruir a parede secundária e uma refinação extrema destrói a fibrilação interna. Em se tratando de fibra secundária, o cuidado com a refinação é de extrema importância. Uma refinação branda nas fibras secundárias é sempre necessária para que haja a reabertura da estrutura da fibra que foi fechada no processo de secagem.

Um fator importante a se ressaltar na comparação entre os dados é que as características físicas em comparação não levam em conta o fato de algumas fibras terem passado pelo processo de branqueamento e outras não, no entanto, o branqueamento parece não afetar de forma significativa as características em comparação. Vale ressaltar que a amostra utilizada no teste industrial é uma composição de fibras branqueadas e não branqueadas.

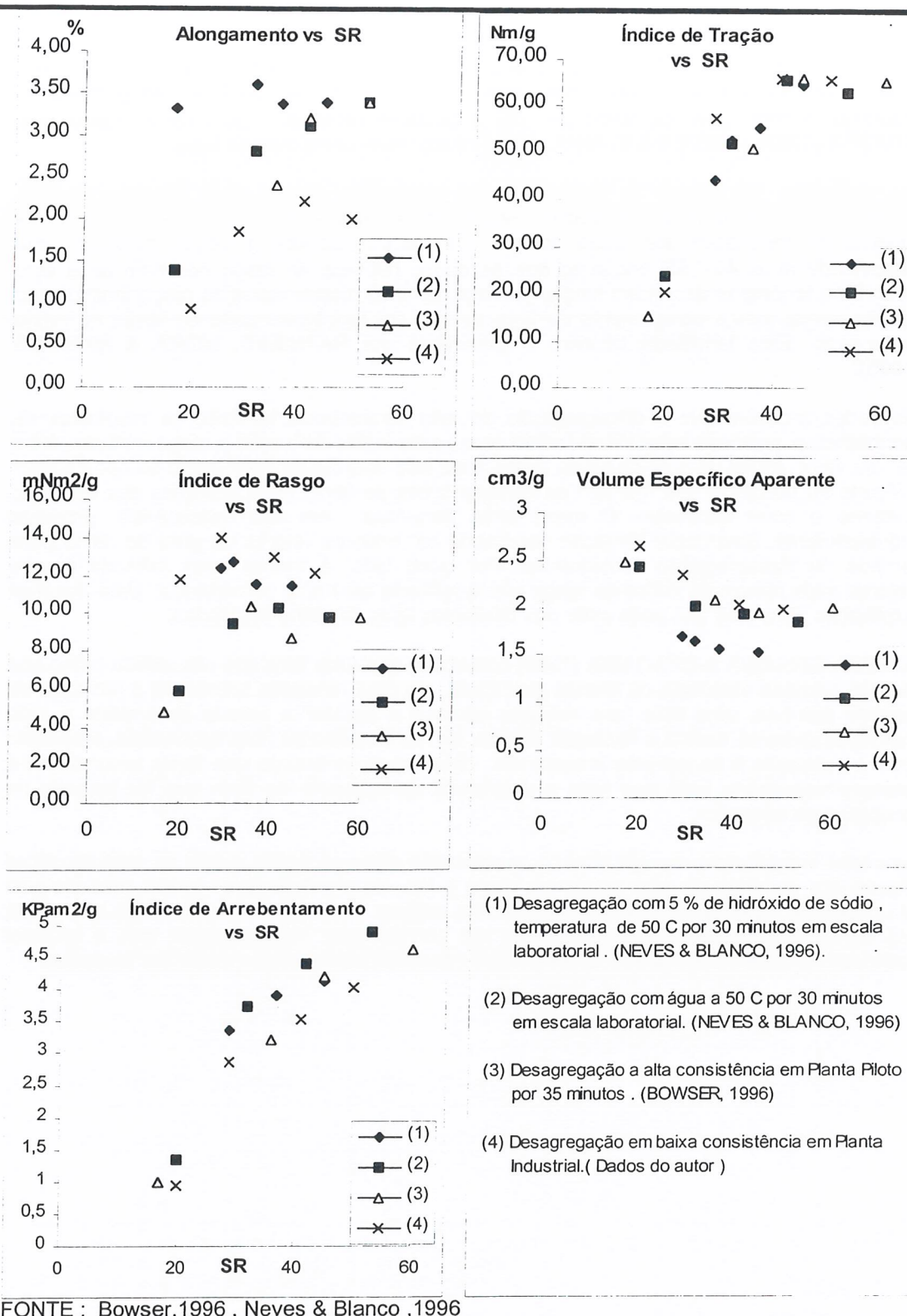


FIGURA 7 - Comparativo entre testes de reciclagem em diferentes condições

Os valores obtidos para os testes atendem o range de características que o mercado requisita para os diferentes tipos de papel. Parte do experimento em questão foi realizado em fábricas para produção de papel ondulado e os ensaios apresentam valores de concora dentro dos padrões requisitados pelo mercado.

7.0 CONCLUSÃO

O uso de fibras recicladas de embalagens cartonadas possui um mercado crescente sendo uma fonte atraente de matéria-prima de alta qualidade em se tratando de reciclados, possui alto valor agregado, uma vez que tecnologicamente é possível aproveitar toda a embalagem. A contribuição ambiental é sem dúvida um fator bastante importante, já que a reciclagem é uma grande contribuição para a solução do gerenciamento dos resíduos sólidos urbanos. Em termos de mercado, a contínuas exigências internacionais para que se produza cada vez mais papéis reciclados e de boa qualidade, vêm ao encontro a uma fibra de excelente qualidade que contribui para a melhora das características destes papéis. O resultados mostraram valores de tração, rasgo, alongamento, arrebentamento e concora dentro dos valores exigidos pelo mercado com sensível potencial de ganho nestas características através de um refino moderado.

O uso de rotores de alta consistência evitam cortes excessivos no processo de desagregação, além de trabalhar o grau de refino da pasta, o que consiste em ganho energético na fabricação do papel. Por outro lado, a maioria dos equipamentos instalados no Brasil para fabricação de papel reciclado operam com hidrapulperes em baixa consistência que têm como vantagens o baixo investimento em alterações industriais para reciclar o material em questão, e a facilidade de descarregar o equipamento já que consistências menores são fáceis de serem bombeadas.

O tipo de rotor e sua velocidade de rotação alteram as características finais das fibras,. Rotores cortantes provocam o efeito negativo de cortar o alumínio e o polietileno que podem contaminar a pasta celulósica comprometendo a depuração. Para processos com picagem do material em tamanhos muito pequenos, a ponto de passarem pela furação da peneira do hidrapulper, são recomendados a troca do rotor ou abaixamento da rotação.

O tipo de separador e lavador de rejeito (polietileno com alumínio) que tem dado melhor resultado é a Peneira Rotativa Cilíndrica e Despressurizada.

O rejeito da desagregação após passar pelo processo de lavagem na peneira acima citada pode ser vendido para reciclagem de plásticos ou incinerados em caldeiras de biomassa com sistema de lavadores de gases ou precipitadores eletrostáticos. Está em desenvolvimento em nível industrial a reciclagem do alumínio por processo de pirólise.

8.0 - BIBLIOGRAFIA

ALMEIDA, M.L.O. (1996) . O Uso de Aparas na Fabricação de Papel e Cartão. Seminário . IPT - São Paulo.

BOWSER, C.S. (1996). Black Clawson Report for Upgrading Carton Stock - The Black Clawson Company Shartle Division - Technology Center - Middletown , Ohio.

Manual de Gerenciamento Integrado do Lixo .CEMPRE/ IPT , Publicação IPT 277 p.,1996.

MENG, X.M. & MOSS, C.S. (1996). Repulping of Polycoated Materials with Mixed Office Waste - Effect of Mixture Composition . Alfa Laval Celleco Inc., Lawrenceville, Laboratory Report.

NANKO, H., OHSAWA , J. & OKAGAWA , A. (1989). "How to See Interfibre Bonding in Paper Sheets" Journal of Pulp and Paper Science , vol 15, no 01.

NEVES, J.M. (1994). Perspectivas para o uso de fibras secundárias no Brasil. O Papel . Fevereiro/ 1994.

NEVES, J.M. & BLANCO, A.P. (1996). "Recuperação de fibras secundárias de materiais com resistência a úmido : cartões para embalagens de leite" .O Papel - Janeiro/1996

RATNIEKS, E. , MORA, E. & MARTINS , M.A.L. (1995). Propriedades papeleiras de misturas de polpas- Fibras de eucalipto, aparas destintadas e fibras longas. O Papel, Setembro/1995.

ZUBEN, F.V. (1996). "Reciclagem de Embalagens Longa-vida Tetra Pak" . III Seminário Internacional de reciclagem do Alumínio". Coletânea de Trabalhos . São Paulo.

USINAS DE COMPOSTAGEM DE LIXO: ASPECTOS TÉCNICOS OPERACIONAIS, ECONÔMICOS E DE SAÚDE PÚBLICA

João Tinôco Pereira Neto – Professor Titular da UFV/Consultor/M.Sc, Ph.D
Universidade Federal de Viçosa - Departamento de Engenharia Civil
Laboratório de Engenharia Sanitária e Ambiental – LESA
Tel: (0XX31) 899 2747 Fax: (0XX31) 899 1737
E-mail: lesa@mail.ufv.br

1 – INTRODUÇÃO

Por volta da década de 30, a comunidade científica da área dos resíduos sólidos já defendia como solução final para o tratamento e destinação final do lixo urbano, três opções: o confinamento em **aterros**, a **incineração** e a **compostagem**. Talvez fosse até comum, naquela época, imaginar que ao entrarmos no ano de 2000, haveriam várias opções para o tratamento do lixo, tecnologias eficientes, simplificadas e acessíveis à qualquer municipalidade. Um grande engano. Hoje, em pleno ano 2000, decorridos 70 anos, nos deparamos com um lixo muito mais impactante, com materiais dezenas de vezes mais perigosos que os daquela época, com as comunidades produzindo a cada ano muito mais lixo por habitante/dia e, infelizmente, as soluções para o problema continuam sob os embates se é aterro, incineração ou compostagem. Inacreditável!

Desse modo, há municípios que optaram por aterros, outros por “usinas” de triagem e compostagem e alguns por incineradores. Na verdade, nenhuma dessas opções resolverá, como opção única, o problema do lixo face às características como se apresenta hoje. Somando-se a isto tudo, a falta de capacitação técnica do país, o descaso político e a ingerência nos projetos implantados, só poderíamos ter como resultado, o despejo de mais de 85% do lixo gerado no país em lixões ou enterramentos sem controle e vários projetos sem continuidade por mera incapacidade técnica e/ou descontinuidade política. Como resultado a tudo isto, tem-se prejuízos econômicos e consequências irreversíveis à saúde da população e ao ambiente.

No presente artigo, serão abordados, por sugestão da comissão técnica do seminário, aspectos sobre as usinas de compostagem. Assim sendo, será apresentada uma abordagem sucinta sobre as unidades de compostagem no Brasil e as causas básicas dos insucessos de muitos projetos.

2 – ASPECTOS TÉCNICOS

2.1 – As “Usinas de Compostagem” no País

Uma análise, criteriosamente técnica, no processo histórico da implantação dos sistemas de compostagem no país (resguardando-se o pioneirismo), nos leva a perceber uma considerável sucessão de erros. Da mesma forma com que até hoje muitos **enterramentos de lixo** são denominados (e até estatisticamente registrados), como aterros sanitários, muitos sistemas de putrefação de lixo (processo anaeróbicos) têm sido denominados, erroneamente, de processo de compostagem.

Em um relato resumido, pode-se observar que as primeiras tentativas de compostagem no país foram feitas com as “Células Becaris”. Trata-se de um processo anaeróbico de confinamento dos resíduos orgânicos com produção de gases, odores altamente fétidos, larga geração de chorume, excessiva perda de nutrientes da massa de compostagem e grande atração e proliferação de vetores. Em consequência de tudo isto, tem-se a produção de um composto orgânico sem humificação, com toxinas e impróprio para o uso.

Em seguida, veio o advento do Sistema Dano de Compostagem (Biodigestores). Mesmo nos raros casos em que o biodigestor funcionava sob critérios técnicos e manutenção que permitisse o correto funcionamento do controle interno da aeração e temperatura da massa de compostagem, o composto produzido era de péssima qualidade. Tudo devido à má interpretação de que o material extraído do bioestabilizador (após 3 a 4 dias de retenção) era composto orgânico. A este grande erro, atribui-se, inclusive, o descrédito a que a compostagem tem hoje no país.

Nesses processos, a fase ativa de degradação não era completada (material sem completa degradação) e a fase de maturação e humificação era negligenciada. Como na maioria dessas instalações, a aeração e o controle da temperatura da massa de compostagem não eram eficientes para o bom desencaminhamento do processo ($0,5 \text{ m}^3 \text{ ar /kg s.v./dia}$ e 50 a 65° C , respectivamente), essas instalações apresentavam os mesmos problemas de anaerobiose, odores, vetores, chorumes e consequentemente a produção de um produto final de péssima qualidade. Por tratar-se de tecnologia importada, nem sempre adaptada às características do lixo brasileiro, existia, ainda, o agravante da ineficiência da triagem (inapropriada para o lixo brasileiro), o que contaminava a massa de compostagem no biodigestor, agravado pela abrasão dos fragmentos metálicos, além de resinas, tintas, etc.

Fatos semelhantes são encontrados em vários outros processos, exemplo do Sistema Triga de Compostagem que preconizava, no país, produzir o composto orgânico em apenas 4 dias. Fato este totalmente absurdo, principalmente para quem tem um mínimo de conhecimento das atividades biológicas e químicas que regem a degradação e humificação dos resíduos orgânicos na compostagem.

É impossível obter o composto orgânico, a partir da fração orgânica do lixo urbano, em menos de 60 dias, pois não existem equipamentos que façam composto orgânico, eles apenas auxiliam e aceleram o processo que é **biológico**.

As análises e avaliações técnicas efetuadas em várias usinas de compostagem no país pela Universidade Federal de Viçosa/LESA, levam a concluir, dentre outros fatores, que um dos principais entraves ao processo tem sido a falta de mão-de-obra capacitada. Raramente encontra-se coordenando uma usina de compostagem, pessoas que tenham sido especializadas ou no mínimo treinadas para tal. Na maioria das vezes, o engenheiro que montou a usina (que em muitos casos é um aglomerado de equipamentos eletromecânicos), por entender do funcionamento eletromecânico da usina, continua operando o processo, sem ter, necessariamente, nenhum conhecimento do que fazer para produzir um bom composto, dos requisitos necessários para o controle biológico do processo. Como resultado, tem-se o caos, em termos de compostagem no país.

2.2 – Os Equipamentos Eletromecânicos

A excessiva quantidade de equipamentos eletromecânicos nos projetos pioneiros, levou ao nome generalizado de “usinas” de compostagem.. Este fato vem da importação de projetos de países industrializados, que automatizam os sistemas em detrimento do uso da mão-de-obra, que nesses países é muito cara, o que não é o caso do Brasil. Este fato trouxe o uso de

sistemas mais complexos, aumentando o custo da implantação e manutenção, da dependência tecnológica (assistência técnica e peças de reposição).

O Brasil possui desde a década de 70, tecnologia própria e projetos de usinas bem mais simplificados e apropriado à nossa realidade sócio-econômica, que emprega mão-de-obra em substituição dos equipamentos complexos (separador balístico, triagem, transporte, etc.).

Daí sugerimos para esses projetos a denominação de **Unidades de Triagem e Compostagem** ao invés da errônea denominação de “Usinas”. Nessa unidade, independente do porte, o módulo industrial é composto apenas por: recepção do lixo (fosso/tremonha), esteira de triagem, moinho triturador, peneira e prensas. Desses projetos implantados no país, aqueles que tiveram o treinamento do seu corpo técnico, principalmente na operação da compostagem, todos têm registrado resultados satisfatórios e comprovam a eficiência desses processos no tratamento e reciclagem dos resíduos orgânicos.

3 – ASPECTOS OPERACIONAIS

O simples entendimento da correta definição de Compostagem já indica sobre os cuidados operacionais necessários e imprescindíveis ao processo. Diz a definição: “Compostagem é um processo **biológico, aeróbico e controlado**, de transformação de resíduos orgânicos em **húmus**, desenvolvido por uma população diversificada de **microorganismos envolvendo necessariamente duas fases** distintas, sendo a primeira de degradação ativa (necessariamente termofílica) e a segunda de maturação ou cura, onde é obtido o composto orgânico” (1).

Observa-se à luz da definição que na compostagem há vidas, ou seja, microorganismos, o que implica em saber quais suas sucessões, suas exigências ambientais, nutricionais, etc. e requisitos para que promovam maior eficiência ao processo. Eles é que vão efetuar o trabalho, portanto o mínimo conhecimento sobre sua ecologia é importante.

Em seguida, a definição fala que a **compostagem é um processo aeróbico**. Pergunta-se: quantos sistemas de compostagem implantados no país obedecem rigorosamente este básico princípio? Quais sistemas foram projetados e dimensionados para satisfazer a real **d demanda bioquímica de oxigênio (DBO)** requerida pelos microorganismos para a “completa” estabilização da matéria orgânica? Raríssimos.

A definição diz ser a compostagem um processo **controlado**, com uma fase ativa, necessariamente **termofílica**, no entanto o que se encontra nos pátios de compostagem do país, são leiras com alturas excessivas (de 1,80 a 2,5 metros), fato que, conseqüentemente, favorecerá ao desenvolvimento de temperaturas elevadas (superiores à 65° C) na massa de compostagem, sendo prejudicial à eficiência do processo. No caso oposto, as leiras não retêm o calor produzido, o que por sua vez, impede o estabelecimento das reações termofílicas (50-65° C), as quais além de aumentarem a eficiência do processo de degradação, constituem-se no principal mecanismo para a eliminação, efetiva, dos microorganismos patogênicos.

A definição também enfatiza que a compostagem é desenvolvida **em duas fases distintas**: a primeira, de degradação ativa (decomposição e mineralização dos compostos orgânicos), e a segunda, de maturação, onde ocorre a humificação e produção propriamente dita do composto orgânico. Este também é um fato raramente presenciado nas instalações de compostagem do país. O composto orgânico produzido no país, com raríssimas exceções, é vendido maturado e humificado. Entretanto, sabe-se que não há composto orgânico sem formação de húmus (1).

A prática do uso do composto não maturado no país, tem levado a compostagem a grande descrédito, pois acreditam, erroneamente, ser este um problema associado ao uso do

composto orgânico proveniente da fração orgânica do lixo urbano. Na verdade, qualquer composto não maturado leva à produção de toxinas no solo, o que inibe a germinação de sementes e atrofia as plântulas, leva à liberação de amônia (que é tóxica aos vegetais) e pode provocar uma redução bioquímica do nitrogênio do solo, etc. Ou seja, o composto maturado só trará malefícios aos solos e às plantas.

Os fatores básicos de controle do processo, a exemplo da umidade, aeração, temperatura, relação C/N e o tamanho das partículas, são todos igualmente negligenciados.

O controle da umidade na compostagem, é fator indispensável, por evitar anaerobiose e suas drásticas consequências. A produção de chorume, por exemplo, ocorre quando o excesso de água ocupa os espaços vazios (porosidade) da massa de compostagem. Por outro lado, baixos teores de umidade (menores que 40%), restringem a atividade microbiológica de degradação dos resíduos orgânicos. Assim, teores na faixa de 55% são considerados satisfatórios para todos os processos.

Um fato incompreensível, que chega a ser paradoxal, é que não se trata, em absoluto, de um processo complicado. A compostagem é um dos sistemas biológicos mais antigos e mais simples que homem tem conhecimento, qualquer técnico de nível médio ou secundário, tem condições (se treinado) de gerenciar um pátio de compostagem. Entretanto, não existem controles dos parâmetros de projetos, nem dos valores limites de cada um desses fatores.

Enquanto não for entendido que a compostagem é um processo biológico, aqueles montes de lixo orgânico que se vê nos pátios de compostagem do país, com plaquinhas de identificação, etc., jamais estarão sob efetivo processo de compostagem.

Vejam os mais um exemplo operacional: o tamanho das partículas para o bom desenvolvimento do processo. Dificilmente observa-se uma preocupação com este parâmetro, no entanto, caso seja negligenciado, poderá trazer consequências diretas e indiretas à atividade microbiológica e, conseqüentemente, à eficiência do processo, por afetar aeração, a porosidade, a grau de compactação, o desenvolvimento da temperatura, a absorção/perda da umidade, etc. Agora imagine o que ocorrerá quando o controle da oxigenação, umidade e temperatura não forem levados em conta. Essas falhas, generalizadas, colocaram a compostagem sob grande descrédito no país, sendo, no entanto, apenas resultado de falhas humanas e não do processo.

4 – ASPECTOS ECONÔMICOS

As Unidades de Triagem e Compostagem (“usinas” de compostagem), têm sido, infelizmente, associadas à geração de lucros. Este tem sido, igualmente, um dos fatores que levaram à decepções e abandono de alguns projetos implantados. Se os processos de triagem e compostagem fossem negócios lucrativos (do ponto de vista econômico), não existiriam tantos lixões no país. É verdade que existem exemplos de projetos implantados, nos quais os fatores como: simplicidade tecnológica, capacidade de processamento (maior que 85t/dia), eficiência no controle operacional, contexto da localização, etc. levaram a um “superávit” em seu balanço financeiro. No entanto, isto não é, em absoluto, uma regra geral associada a todos os projetos de compostagem. As discussões econômicas sobre os projetos foram tão desgastantes, que hoje “o bordão” tem sido: “que não se deve implantar as usinas de compostagem porque essas não dão lucros” e que a venda dos recicláveis e do composto não dão para cobrir as despesas mensais do sistema.

Imaginemos se esses mesmos argumentos fossem usados para a implantação das estações de tratamento de esgotos (ETE), ou seja: “não se deve implantar uma ETE porque não dá lucro vender o esgoto tratado” (?). Tudo isto é simplesmente um absurdo.

Os projetos de saneamento ambiental nunca devem ser associados a lucros financeiros, trata-se de uma obrigação do Estado para com a população.

Inúmeros trabalhos científicos mostram os vários aspectos econômicos, em termos de custos/benefícios favoráveis à implantação dos sistemas de tratamento de lixo e, que estes resultados são mais expressivos quando trata-se das Unidades de Triagem e Compostagem.

Os benefícios advindos para o ambiente, pela eliminação da poluição das águas, do solo, do ar, etc., pela economia de energia e de recursos naturais, além da melhoria das condições de saúde da população (pela erradicação e controle de várias doenças), resultam em ganhos econômicos altamente expressivos pela economia de recursos que seriam despendidos para reabilitar o ambiente, para a cura de pessoas doentes, pelo aumento da produtividade do homem, pelo resgate da cidadania associada a esses projetos, etc. Esses são fatores muito mais significativos, economicamente, que as negociações e vendas/receita de recicláveis e do composto orgânico (2).

Um fato altamente significativo, do ponto de vista econômico, associado às Unidades de Triagem e Compostagem da fração orgânica do lixo urbano, é a produção do composto orgânico, o que permite o aproveitamento e uso desses resíduos. Isto pode ser melhor entendido se observarmos os benefícios e vantagens associados ao uso do composto orgânico. Veja a seguir algumas dessas vantagens, as quais não estão associadas aos custos econômicos diretos, e sim a benefícios permanentes e efetivos para o ambiente:

- a) exerce um efeito tampão no solo pela sua elevada área de superfície e capacidade de troca (CTC);
- b) atua como fonte de cátions (cálcio, potássio, magnésio, etc.) e de micronutrientes, além de ânions (fosfatos, sulfatos, etc.);
- c) exerce efeitos diretos no crescimento das plantas, aumentando a absorção de calor no solo durante o dia;
- d) aumenta a permeabilidade à absorção de nutrientes, a atividade enzimática e a fotossíntese dos vegetais;
- e) atua como elemento de fixação (complexação e quelação) de elementos metálicos (nutrientes e metais pesados) e de formação de complexos húmus-argilo-minerais;
- f) atua na retenção de nitrogênio, fósforo e enxofre, que fazem parte de sua constituição química;
- g) favorece as condições físicas dos solos, como aglutinação e estabilidade dos agregados;
- h) aumenta a capacidade de retenção de água e de permeabilidade;
- i) reduz os efeitos da erosão e suas consequências;
- j) aumenta a trabalhabilidade manual;
- k) exerce a ação protetora e atua como fonte de nutrientes para os microorganismos do solo;
- l) exerce efeito controlador sobre muitas doenças e pragas de plantas, etc.

5 – ASPECTOS DE SAÚDE PÚBLICA

Entendemos como aspectos relativos à saúde pública, a eficiência dos sistemas de compostagem no controle e eliminação dos fatores que possam desencadear um processo de doença, a partir do lixo, no homem. Como sabemos, a fração orgânica de lixo urbano, é composta de sobras de alimentos, frutas, legumes, folhas, gramas, gorduras, salmoras, secreções, sangue, fezes, urina, etc. Sobras das atividades humanas e domiciliares. Temos que ter sempre em mente, que essas sobras originaram-se de pessoas saudáveis e também de pessoas

doentes (fômites). Uma análise bacteriológica desse material revelará, em média, a existência de 10^8 colônias de bactérias por cada grama de material. Trata-se, portanto, de uma massa de resíduos altamente contaminada, do ponto de vista biológico.

A quase totalidade da população diversificada de microorganismos que colonizam esses resíduos, assim como os vetores biológicos, encontrarão, nessa massa de resíduos, condições propícias de sustentação (alimento, abrigo e proliferação). Caso não seja rapidamente e convenientemente tratada, essa massa de resíduos orgânicos trará sérias consequências à saúde pública (2).

Em geral, os lixões e aterros ditos controlados, se situam nas áreas periféricas dos grandes centros urbanos, onde reside a população carente e de baixa renda. Trata-se, geralmente, de pessoal com deficiência nutricional, ou seja, suscetíveis às doenças que irão se propagar pela água, ar e principalmente pelos vetores biológicos (moscas, mosquitos, baratas, ratos, etc.). Considerando-se apenas a **mosca doméstica**, sabe-se que esse inseto já nasce adulto e começa a por seus ovos em apenas dois dias após abandonar o casulo. Durante sua vida (1 a 4 meses) pode por entre 2.500 a 4.000 ovos que são cuidadosamente colocados nos resíduos em putrefação (lixo orgânico). Voa média de 12 km por dia e atua na transmissão de mais de 25 doenças. Apresenta, portanto, grande preocupação do ponto de vista de saúde pública, principalmente em relação à mortalidade infantil (2).

A Compostagem, quando desenvolvida dentro dos critérios operacionais citados anteriormente, desenvolverá temperatura termofílica (na faixa de 50 a 65° C), na massa de compostagem, por um período de 40 a 60 dias. Esse período é suficiente para promover não só a eliminação dos microorganismos patogênicos, como também dos ovos de helmintos, larvas de insetos em geral, sementes de ervas daninhas, etc. Trata-se de um processo comprovadamente seguro do ponto de vista bacteriológico.

Dentre as avaliações efetuadas pelo LESA/UFV na unidade de triagem e compostagem do Município de Coimbra, foi registrada uma redução total dos casos de “gastroenterite” em menores de cinco anos de idade, nos primeiros 15 meses de implantação do projeto. Eram registrados, em média, 8 casos por semana, passando, após a implantação do projeto, para 1 a 2 casos por mês.

Acredita-se que a grande redução no número de vetores (moscas, baratas, etc.) tenha sido o principal fator na redução da doença. Com certeza, outras doenças, não monitoradas, foram também controladas a exemplo da gastroenterite.

No contexto do controle sanitário das unidades de compostagem, atenção deve ser dada no sentido de que seja evitado os seguinte fatos:

- a) atração de vetores;
- b) produção de chorume; e
- c) o mal gerenciamento dos rejeitos.

O **controle dos vetores** na unidade de compostagem é obtido com um rigoroso programa de limpeza e lavagem dos locais e equipamentos que foram contaminados pelo lixo fresco. Manter os depósitos de acondicionamento dos rejeitos tampados e as leiras de compostagem sob controle de temperatura termofílica, manter as leiras novas, na primeira semana, coberta com uma fina camada de composto maturado para evitar a atração dos vetores à leira.

A **produção de chorume** nas unidades de compostagem é sinal de que o processo esta sendo mal operado. A compostagem, aeróbica, se bem desenvolvida, **não produzirá chorume**. O controle da umidade, pela incorporação de composto maturado, é eficiente e

resolve o problema em qualquer estágio do processo. Para o período chuvoso, existem várias medidas que podem ser tomadas (1).

A **produção de rejeitos** nas operações das unidades de compostagem vem da triagem (rejeito fresco) e do peneiramento do composto no final do processo (rejeito inerte). Este último pode ser parcialmente incorporado às leiras novas no ato de sua montagem, os excedentes devem ser transportados, de modo rápido e seguro, para o aterro de rejeitos.

Faz parte também, da campanha de controle dos vetores, a prévia desratização do lixão do município e completa inertização deste. Isto pode se constituir em medidas de que visem o enterramento do material depositado no lixão (de preferência, no próprio local), ou a cobertura deste com terra e/ou entulho. Com a drenagem dos pontos de fuga do chorume e revegetação da superfície aterrada.

Não deve ser esquecido que a unidade de triagem e compostagem deve ter um plano de monitoramento e controle de todo o processo, o que inclui um programa de análises laboratoriais do material em seus estágios básicos de degradação, principalmente do composto orgânico final. Esta análise é indispensável para definir sobre o uso e aplicação do composto, a fim de proteger a saúde pública. A depender desses resultados, o composto poderá ser indicado para os seguintes usos:

- a) horticultura;
- b) fruticultura
- c) produção de grãos;
- d) projetos paisagísticos;
- e) parques, jardins, “play-grounds”;
- f) reflorestamento;
- g) hortos e produção de mudas;
- h) recuperação de solos esgotados;
- i) controle de erosão;
- j) proteção de encostas e taludes;
- k) cobertura de aterros, etc.

A compostagem por ser, antes de tudo, um processo de **tratamento e reciclagem**, deve gerar um produto final estabilizado, humificado e **seguro** para o uso.

6 – CONCLUSÃO

A compostagem é um dos processos biológicos, de reciclagem de resíduos, mais antigos que o homem tem conhecimento. Em um país como o Brasil, em que 65% do lixo são resíduos orgânicos, em que a agricultura é uma das bases econômicas, onde o lixo orgânico tem sido despejado em lixões, criando impactos, muitas vezes irreversíveis, para a saúde pública e para o ambiente, onde um enorme contingente populacional passa fome, a compostagem deveria ser um dos processos mais utilizados. Nas condições em que se encontra o descaso com o gerenciamento do lixo no país, os baixos subsídios aos pequenos e médios agricultores, o desemprego na maioria dos municípios de pequeno porte, etc., o correto uso da compostagem, além de resolver uma questão sanitária/ambiental, contribuirá para sanar um enorme débito que o Estado tem em relação ao resgate da cidadania e à justiça social, junto à população carente do país relativo aos resíduos sólidos urbanos.

7 – BIBLIOGRAFIA

- 1 - PEREIRA NETO, João Tinôco. *Manual de Compostagem*. Belo Horizonte: UNICEF/UFV, 1996, 56p.
- 2 - PEREIRA NETO, João Tinôco. *Quanto Vale Nosso Lixo*. Belo Horizonte: UNICEF/UFV, 1999, 70p.

Reciclagem de resíduos da construção

Vanderley M. John (1), Vahan Agopyan (2)

(1) Prof. Dr., vmjohn@pcc.usp.br (2) Prof. Titular, agopyan@pcc.usp.br

Departamento de Engenharia de Construção Civil, Escola Politécnica da USP (PCC USP)

VMJohn@pcc.usp.br

RESUMO

Este artigo apresenta um panorama brasileiro da reciclagem dos resíduos de construção e demolição (RCD). Estimativas sobre o tema são apresentadas, incluindo da massa de resíduos gerados, composição típica, tamanho de mercado, custo anual por habitante. A experiência nacional na reciclagem do resíduo como agregado é resumida. Aplicações para os agregados são discutidas. Finalmente, é realizada uma discussão dos problemas a serem enfrentados para a generalização da prática de reciclagem destes resíduos no Brasil.

INTRODUÇÃO

A preocupação com resíduos de maneira geral é relativamente recente no Brasil. Diferente de países como os EUA onde no final da década de 1960 já existia uma política para resíduos, chamada de *Resource Conservation and Recovering Act*¹ (RCRA) no Brasil ainda está em discussão uma legislação mais abrangente sobre resíduos e o Programa Brasileiro de Reciclagem ainda não saiu do papel. Apesar de algum avanço na reciclagem de resíduos domiciliares, obrigatoriedade de recolhimento de pneus e baterias, estamos certamente ainda longe de políticas mais abrangentes como a política do governo dos EUA de compra preferencial de produtos ambientalmente saudáveis, que privilegia produtos contendo resíduos (CLINTON, 1993) ou da abrangente política da Alemanha.

A reciclagem de resíduo de construção e demolição (RCD) vem da Antiguidade. Recentemente foi empregada na reconstrução da Europa após a segunda guerra mundial. Atualmente é praticada amplamente na Europa, especialmente na Holanda.

Neste contexto, a reciclagem de resíduos de construção encontra-se em estágio relativamente avançado. Existe atualmente um forte grupo na universidade brasileira, muito ativo no estudo dos resíduos de construção, seja no aspecto de redução de sua geração durante a atividade de construção, políticas públicas para o manuseio dos resíduos e ainda tecnologias para a reciclagem. Diversos municípios brasileiros já operam com sucesso centrais de reciclagem do resíduo de construção e demolição, produzindo agregados utilizados predominantemente como sub-base de pavimentação. Adicionalmente, a Câmara Ambiental da Construção Civil do Estado de São Paulo, criada pela Secretaria de Meio Ambiente e pela CETESB, instituiu recentemente um grupo para discutir o tema.

QUANTIDADE DE RESÍDUO GERADO

De maneira geral a massa de resíduos de construção gerada nas cidades é igual ou maior que a massa de resíduo domiciliar. PINTO (1999) estimou que em cidades brasileiras de médio e

¹ Pode ser traduzida como *Lei de Conservação e Reciclagem de Recursos*.

grande porte a massa de resíduos gerados varia entre 41% (Salvador, BA) a 70% da massa total de resíduos sólidos urbanos.

As estimativas internacionais variam entre 130 e 3000 kg/hab.ano. Para o Brasil as estimativas de PINTO (1999) e de outros autores para cidades de Jundiaí, Santo André, São José dos Campos, Belo Horizonte, Ribeirão Preto, Campinas, Salvador e Vitória da Conquista, variam entre 230 kg/hab.ano para esta última até 760 kg/hab.ano para a primeira. Nesta amostra a mediana foi 510 kg/hab.ano, valor coerente com as estimativas estrangeiras (Tabela 1). Já a estimativa da Prefeitura Municipal de São Paulo a partir dos dados de BRITO (1999) é de aproximadamente 280 kg/hab.ano. A metodologia desta estimativa, no entanto, é desconhecida e parte de um pressuposto que a prefeitura municipal gerencia 40% do RCD gerado. Na Tabela 1 pode-se observar a grande variabilidade das estimativas apresentadas por diferentes fontes para um mesmo país. Uma das razões da grande variabilidade é a classificação do que é considerado resíduo de construção. Alguns autores incluem a remoção de solos, enquanto outros excluem este valor. Outras razões decorrem da importância relativa da atividade de construção, da tecnologia empregada, da idade dos edifícios, entre outros. Certamente os dados nacionais necessitam ser validados a partir de uma metodologia única.

Tabela 1 – Estimativas de geração de resíduos de construção civil (a partir de JOHN, 2000)

País	Quantidade Anual		Fonte
	Mton/ano	Kg/hab.	
Suécia	1,2 – 6	136 – 680	TOLSTOY, BÖRKLUND & CARLSON (1998); EU (1999)
Holanda	12,8 – 20,2	820 – 1300	LAURITZEN (1998); BROSSINK; BROUWERS & VAN KESSEL (1996); EU (1999)
EUA	136 – 171	463 – 584	EPA (1998); PENG, GROSSKOPF, KIBERT (1994)
UK	50 – 70	880 a 1120	DETR (1998); LAURITZEN (1998)
Bélgica	7,5 – 34,7	735 – 3359	LAURITZEN (1998), EU (1999)
Dinamarca	2,3 – 10,7	440 – 2010	
Itália	35-40	600-690	
Alemanha	79-300	963-3658	
Japão	99	785	KASAI (1998)
Portugal	3,2	325	EU (1999)
Brasil	Na	230-660	PINTO (1999)

CONTAMINAÇÃO DOS RCD

Os resíduos de construção e demolição são classificados por exceção na NBR 10004 como inertes. Embora em sua grande maioria se submetidos à análise, os RCD típicos provavelmente seriam classificados como não inertes, especialmente devido ao seu pH e dureza da água absorvida, em alguns casos eles podem conter contaminações importantes. Estas contaminações podem tanto ser oriundas da fase de uso da construção a partir dos quais foram gerados quanto do seu manuseio posterior. Estes contaminantes podem afetar tanto a qualidade técnica do produto contendo o reciclado quanto significar riscos ambientais.

RCD retirados de obras expostas à atmosfera marinha podem estar contaminados por sais que, dependendo da situação, podem levar a corrosão de metais. Seu uso em concreto armado, por exemplo, deve ser limitado.

Outra fonte significativa de risco são os RCD oriundos de construções industriais.

Do ponto de vista ambiental, o problema principal com este tipo de resíduo está relacionado a sua deposição irregular e aos grandes volumes produzidos. A deposição irregular do resíduo é muito comum em todo mundo. No Brasil, os números estimados por PINTO (1999) para cinco cidades médias variaram entre 10 e 47% do total gerado. Estes resíduos depositados irregularmente causam enchentes, proliferação de vetores nocivos à saúde, interdição parcial de vias e degradação do ambiente urbano. Às vezes estes resíduos são aceitos por proprietários de imóveis que os empregam como aterro, normalmente sem maiores preocupações com o controle técnico do processo. Esta prática pode levar a problemas futuros nas construções erigidas nestas áreas quando não a acidentes piores, como o da Favela Nova República em São Paulo, onde o desabamento de um aterro com resíduo de construção causou a morte de várias pessoas.

Além destas conseqüências, a remoção destes resíduos acumulados irregularmente onera os cofres públicos municipais. As estimativas de PINTO (1999) variaram entre US\$5,4/ton e US\$14,8/ton de RCD recolhido para diferentes cidades e técnicas de recolhimento. A Prefeitura Municipal de São Paulo recolhe diariamente 4 mil toneladas de entulho, a um custo mensal de R\$ 4,5 milhões (BRITO FILHO, 1999), o que permite estimar um custo de US\$30/ton.

A Tabela 2 apresenta uma estimativa realizada a partir de dados da população urbana dos municípios brasileiros medida pelo IBGE em 1996, admitindo-se uma geração de RCD de 0,51 ton/hab.ano, que corresponde a mediana dos valores medidos por PINTO (1999), com ano típico com 300 dias úteis. Das 4974 áreas urbanas, 152 apresentam geração estimada de resíduo acima de 200 toneladas por dias úteis. É nestes municípios com mais de 120 mil habitantes que residem 56% da população urbana brasileira. Como regra geral, quanto maior a cidade, mais grave é a questão dos resíduos de construção. *(Vanderley acho que a tabela merece uma explicação melhor – de onde saíram os valores de RCD, do Tarcísio – acho que não; como obteve o RCD médio?, etc)*

Tabela 2 – Classificação dos municípios brasileiros de acordo com a geração de RCD pela população urbana (a partir de IBGE, 1996 e PINTO, 2000).

População (mil)	RCD (ton/dia útil)	Nº mun	População		RCD médio (ton/dia)
			%	Média	
< 120	< 200	4.822	44,2	11.281	18
120 a 300	200 a 500	103	16,0	190.873	318
300 a 600	500 a 1000	25	8,3	410.865	684
600 a 3000	1000 a 5000	22	19,3	1.082.086	1803
> 3000	> 5000	2	12,1	7.471.325	12452

A COLETA DE RCD ENQUANTO NEGÓCIO

Não se pode esquecer que os RCD já são hoje um negócio estabelecido em quase todas as grandes cidades brasileiras, envolvendo as empresas contratadas pela prefeitura para recolher o entulho depositado irregularmente, as empresas contratadas pela prefeitura que operam os aterros de resíduos, empresas de tamanho variado que trabalham com o transporte de entulho

utilizando caminhões poliguindaste e caçambas, e também um grupo de transportadores autônomos, que utilizam carros e até carrinhos de mão.

As empresas de coleta de resíduo estão se associando e já existe pelo menos um sindicato: o Sindicato das Empresas Removedoras de Entulho do Estado de São Paulo, que conta, segundo informações da entidade, com aproximadamente 250 associados. Em São José do Rio Preto e Jundiaí também existem associações. Não existem estatísticas mais precisas sobre o tamanho do setor de coleta de entulho, mas é certo que em grandes cidades o valor pode ser significativo.

O Sindicato paulista estima que existam na cidade de São Paulo cerca de 400 empresas de coleta de resíduos de construção ativas. As estimativas de PINTO (1999) também fornecem números significativos, com 43 empresas em Santo André, 18 em Ribeirão Preto e 14 em São José do Rio Preto. Os dados deste autor mostram que as empresas de coleta recolhem tipicamente de 80 a 90% do RCD gerado nos municípios citados. O único município que destoa desta faixa é São José dos Campos, onde apenas 52% são coletados por empresas. Com exceção de Vitória da Conquista (BA), a menor cidade estudada, é São José dos Campos a cidade que possui a menor infraestrutura de caçambas para transporte de entulho, com um índice de 649 toneladas/ano.caçamba. Para as demais cidades, Santo André, São José do Rio Preto, Ribeirão Preto e Jundiaí, este índice oscilou entre 166 e 230 ton/ano.caçamba. Conclui-se que um setor privado de coleta de entulho mais consolidado permite uma redução da deposição clandestina e dos custos associados de limpeza.

Segundo os dados de BRITO (1999) a prefeitura de São Paulo recolhe mensalmente 4000 ton de RCD, ou seja $1,06.10^6$ ton/ano a um custo anual de R\$54 milhões por ano. Para a estimativa do faturamento,

se for admitida a estimativa oficial apresentada por este autor que este total de RCD representa 40% do gerado no município, percentagem que parece super-estimado, o setor privado seria responsável por $1,7.10^6$ ton/ano. Considerando que o custo de transporte de uma caçamba de $4m^3$ é de R\$60 geraria um faturamento potencial anual de R\$20 milhões. Este valor corresponderia a apenas 400 mil viagens, ou a 7,3 mil caçambas, considerando uma viagem por semana, valores muito abaixo das estimativas existentes.

No entanto, admitindo que a geração de entulho no município de São Paulo é igual a mediana da amostra estudada por PINTO (1999) de 510kg/hab.ano, que corresponde a cidade de Santo André, a prefeitura passaria a recolher cerca de 20% do entulho gerado, o que pode ser uma estimativa mais adequada à realidade da cidade. Nesta nova estimativa, a parcela não transportada pela prefeitura seria de $3,7.10^6$ ton/ano, o que equivale a um faturamento anual potencial de R\$47 milhões. Assim, o *negócio potencial* de coleta de resíduos na cidade de São Paulo está entre R\$74 milhões e R\$101 milhões anuais. Ou seja, o custo anual *per capita* para a retirada do entulho estimado estaria entre R\$8 a R\$11. Este mesmo índice, estimado a partir dos dados de PINTO (1999)² para cidades entre 300 e 600 mil habitantes, variou de R\$9,9 a R\$11,9/hab.ano. Embora fosse de se esperar que o custo do RCD em uma cidade grande como São Paulo fosse relativamente mais caro, os resultados podem ser considerados adequados.

Assim, admitindo-se o valor de R\$10/hab.ano, pode-se estimar grosseiramente que o negócio de coleta do entulho para cidades maiores que 600 mil habitantes no Brasil pode atingir mais

² Admitindo uma taxa de câmbio US\$ 1 = R\$1,7 e a população urbana do censo de 1996. Admitiu-se o custo de coleta particular por caçamba de $3m^3$ de R\$20 em São José do Rio Preto, R\$45 em Santo André, R\$40 em Ribeirão Preto, conforme contato com Tarcísio de Paula Pinto em 19/04/2000.

que R\$400 milhões por ano. Parte deste faturamento é repassado como pagamento para os controladores de área de deposição, conhecidos como *bota-fora*.

MEDIDAS PARA REDUÇÃO DA GERAÇÃO DE RCD

O resíduo da construção é gerado em vários momentos do ciclo de vida das construções:

- a) fase de construção (canteiro);
- b) fase de manutenção e reformas;
- c) demolição de edifícios

Não existem estudos sistemáticos sobre a origem dos resíduos no Brasil. PINTO (1999) estimou que o RCD gerado em atividades de manutenção e reformas e, provavelmente demolição, varia 42 a 80% do total gerado. Naturalmente esta proporção vai depender das características de cada cidade.

FASE DE CONSTRUÇÃO

A geração do resíduo durante a fase de construção é decorrência das perdas dos processos construtivos. Parte das perdas do processo permanece incorporada nas construções, na forma componentes cujas dimensões finais são superiores àquelas projetadas. Este é o caso de argamassas de revestimento, concretos, etc. Outra parcela vai se converter em resíduo de construção. A proporção entre as duas não é conhecida em detalhes, mas PINTO (1999) estipulou que 50% das perdas são convertidas em RCD.

Talvez a mais importante pesquisa sobre perdas na construção *formal*³ foi realizada no Brasil, financiada pelo Programa HABITARE⁴, que contou com a participação de 18 Universidades e 52 empresas (AGOPYAN *et al.*, 1998). A Tabela 3 resume alguns dos resultados obtidos pela pesquisa. A principal revelação talvez seja a grande variação nas perdas entre as diferentes empresas e canteiros de uma mesma empresa que usam uma mesma tecnologia. Esta variabilidade demonstra ser possível combater as perdas - e também a geração de resíduos - sem mudança das tecnologias, através do aperfeiçoamento de projetos, seleção adequada de materiais, treinamento de recursos humanos, utilização de ferramentas adequadas, melhoria das condições de estoque e transporte e melhor gestão de processos.

Mudanças tecnológicas também podem reduzir as perdas e o entulho da construção. Processos como a incorporação de instalações em paredes de alvenaria que exigem a quebra parcial da parede recém construída e sua reconstrução com argamassa, por exemplo, devem ser abandonados. No entanto, nem todas as novas tecnologias adotadas recentemente colaboram com a redução das perdas. Este é o caso dos revestimentos internos à base de gesso, de adoção recente, com perdas de até 120% no serviço.

³ Não existem dados disponíveis para a construção informal, cujo o volume de produção pode ser igual ou superior ao da construção formal.

⁴ Programa de fomento à pesquisa na área de habitação coordenado pela FINEP e que conta com recursos do CNPq (Bolsas RHAE), Caixa, SEBRAE, entre outros.

Tabela 3 Perdas de alguns materiais de construção civil em canteiros brasileiros (%)

	Cimento	Aço	Blocos e tijolos	Areia	Concreto usinado
Min	6	2	3	7	2
Max	638	23	48	311	23
Mediana	56	9	13	44	9

A redução das perdas geradas na fase de construção, ao provocar a redução da quantidade de material incorporada às obras, reduz também a geração de resíduo nas fases de manutenção e demolição.

O setor de construção encontra-se mobilizado em torno do tema de redução das perdas, pois estas significam uma oportunidade de redução de custos. Medidas de controle de deposição, transporte e até mesmo taxaço da geração de resíduos pela construção são alternativas adicionais à disposição do poder público. Estas alternativas tem sido adotadas em vários países, por exemplo, na Inglaterra (JOHN, 2000). Campanhas educativas poderiam apresentar resultados mais amplos, ao atingir também a construção informal.

FASE DE MANUTENÇÃO

A geração de resíduo na fase de manutenção está associada à vários fatores: (a) correção de defeitos (patologias); (b) reformas ou modernização do edifício ou de partes do mesmo, que normalmente exigem demolições parciais; (c) descarte de componentes que tenham degradado e atingido o final da vida útil e por isso necessitam ser substituídos.

A redução da geração de resíduos nesta fase vai exigir (a) melhoria da qualidade da construção, de forma a reduzir manutenção causadas pela correção de defeitos; (b) projetos flexíveis, que permitam modificações substanciais nos edifícios através da desmontagem que permita a reutilização dos componentes não mais necessários; (c) aumento da vida útil física dos diferentes componentes e da estrutura dos edifícios.

No Brasil, de maneira geral, os projetos não consideram nem mesmo a existência de atividades de manutenção e seus custos. Atualmente o setor concentra muito esforço em programas de gestão da qualidade. As demais medidas para a redução dos resíduos nesta fase dependem de conscientização de integrantes da cadeia produtiva da construção, que somente serão obtidas a longo prazo. Projetos flexíveis dependem de novas tecnologias, que apenas agora chegam ao país. No entanto, mesmo estas novas tecnologias não permitem a desmontagem com reaproveitamento dos componentes.

ETAPA DE DEMOLIÇÃO

A redução dos resíduos causados pela demolição de edifícios depende (a) do prolongamento da vida útil dos edifícios e seus componentes, que depende tanto de tecnologia de projeto quanto de materiais; (b) da existência de incentivos para que os proprietários realizem modernização e não demolições; (c) de tecnologia de projeto e demolição ou desmontagem que permita a reutilização dos componentes.

De forma geral, os profissionais brasileiros da área de construção, mesmo os acadêmicos, não possuem formação que os capacite a avaliar a durabilidade das soluções construtivas, com exceção de alguns profissionais da área de concreto armado. Neste aspecto, a revisão da NBR 6118, agora em curso, vai representar uma melhora significativa na durabilidade das

estruturas de concreto armado. As tecnologias de construção que facilitem a desmontagem ainda estão para ser desenvolvidas.

Portanto, a redução da geração de resíduos nesta fase depende de medidas de prazo muito longo.

COMPOSIÇÃO E RECICLAGEM DOS RESÍDUOS

Os resíduos de construção são constituídos de uma ampla variedade de produtos, que podem ser classificados em:

- **Solos;**
- **Materiais “cerâmicos”:** rochas naturais; concreto; argamassas a base de cimento e cal; resíduos de cerâmica vermelha, como tijolos e telhas; cerâmica branca, especialmente a de revestimento; cimento-amianto; gesso – pasta e placa; vidro
- **Materiais metálicos**, como aço para concreto armado, latão, chapas de aço galvanizado, etc.;
- **Materiais orgânicos:** como madeira natural ou industrializada; plásticos diversos; materiais betuminosos; tintas e adesivos; papel de embalagem; restos de vegetais e outros produtos de limpeza de terrenos.

A proporção entre estas fases é muito variável e depende da origem. Resíduos produzidos por manutenção de obras de pavimentação, naturalmente, vão apresentar composição compatível com os materiais empregados, revelando especialmente asfaltos.

A Figura 1 apresenta a composição típica dos resíduos recebidos no aterro de Itatiba em São Paulo. Estes entulhos são originados predominantemente de atividades de construção de edifícios. A fração predominante é a de natureza cerâmica, seguida pelo solo.

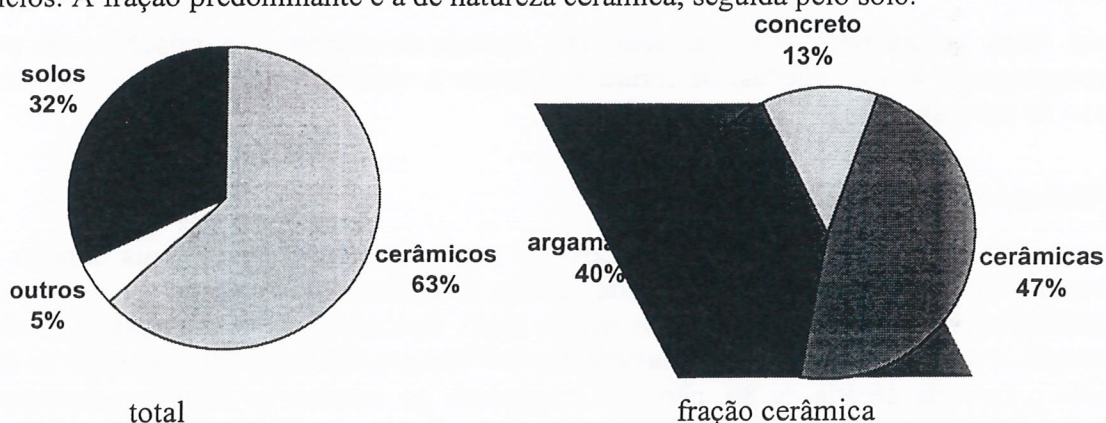


Figura 1– Composição média dos entulhos depositados no aterro de Itatiba, São Paulo (a partir de BRITO FILHO, 1999).

Do ponto de vista técnico as possibilidades de reciclagem dos resíduos variam de acordo com a sua composição. Quase a totalidade da fração cerâmica pode ser beneficiada como agregado com diferentes aplicações conforme sua composição específica. As frações compostas predominantemente de concretos estruturais e de rochas naturais podem ser recicladas como agregados para a produção de concretos estruturais. A presença de fases mais porosas e de menor resistência mecânica, como argamassas e produtos de cerâmica vermelha e de revestimento, provoca uma redução da resistência dos agregados e um aumento da absorção

de água. Assim agregados mistos tem sua aplicação limitada à concretos de menor resistência, como blocos de concreto, contra-pisos, camadas drenantes, etc. Uma aplicação já tradicional no mercado – embora ainda apresente problemas técnicos – é a reciclagem destes resíduos mistos na produção de argamassas em canteiro, através de equipamento específico.

A presença de produtos de gesso – solúveis em água e que apresentam reações expansivas com o cimento Portland é um limitador importante da reciclagem da fração cerâmica. A introdução de painéis de gesso acartonado na construção de divisórias no mercado brasileiro vai significar a médio prazo um sério limitador às atividades de reciclagem. No entanto, a reciclagem do gesso em si, é bastante simples, e certamente está ao alcance das grandes empresas multinacionais que dominam o mercado nacional.

Frações compostas de solo misturado a materiais cerâmicos e teores baixos de gesso, podem ser recicladas na forma de sub-base e base para pavimentação. A fração metálica é facilmente vendida a indústria da sucata. As demais frações, especialmente madeira, embalagens e gesso ainda não dispõe de tecnologia de reciclagem.

RECICLAGEM COMO AGREGADO

O beneficiamento tradicional visando a reciclagem compreende uma ou mais etapas de classificação dos resíduos, separando as fases indesejáveis em agregados; britagem por equipamento de martelo e, via-de-regra, peneiramento.

Além das tecnologias de separação manual e magnética em uso no Brasil, existem tecnologias de classificação que se valem da diferença de densidade das diferentes fases. Estas tecnologias permitem, inclusive, a separação dos agregados cerâmicos em fração concreto e rocha das frações porosas. Evidentemente, estes processos significam acréscimos no custo do processo.

Uma etapa normalmente não incluída nas centrais brasileiras é a criação de pilhas homogeneização dos agregados, de forma a diminuir a variabilidade natural do produto, ao longo do processo.

UTILIZAÇÃO DO AGREGADO RECICLADO

Se o processo de produção de agregados em sua versão tecnológica mais simples está consolidado no Brasil, o mesmo não pode ser dito do emprego do agregado. Embora existam experiências no emprego de agregados mistos (solo, concreto, pedras, argamassas, cerâmica vermelha e branca) na produção de pavimentação e este procedimento esteja em uso no Brasil desde o final da década de 80, não está disponível, no entanto, ao público documentação técnica abrangente e consistente. O mesmo acontece com a produção de argamassa a partir dos agregados em canteiros de obras, que recentemente tem sido objeto de investigação acadêmica.

O grau de conhecimento da tecnologia de emprego dos agregados na produção de componentes como blocos de pavimentação, meio-fios, blocos de alvenaria é ainda mais rudimentar, embora exista alguma experiência prática incipiente e algumas pesquisas sistemáticas em planejamento. A reciclagem de agregados na produção de concreto só agora está sendo objeto de pesquisas, no país.

Um aspecto que complica a utilização de agregados reciclados é a sua variabilidade. No Brasil, não existe tecnologia de controle de qualidade sistemática, uma vez que para o emprego do agregado reciclado em pavimentação este aspecto não é de importância menor. Os estudos estão em fase inicial.

EXPERIÊNCIA DE RECICLAGEM DE RCD NO BRASIL

Como já foi mencionado, existem experiências nacionais de reciclagem de RCD⁵ na forma de agregados. As “centrais” de reciclagem hoje em operação são operadas, predominantemente, pelas Prefeituras Municipais. Os agregados produzidos são empregados em obras de pavimentação e, embora sem desenvolvimento técnico adequado, na produção de pequenos componentes de concreto, como por exemplo, blocos de pavimentação.

Atualmente estão em operação as centrais de reciclagem em Belo Horizonte (com 2 centrais com capacidade total de 300 ton/dia, em processo de ampliação), Ribeirão Preto e Piracicaba. Em São José dos Campos, São Paulo e Londrina as centrais foram atualmente desativadas. Outros municípios como São José do Rio Preto, Tocantins e Santo André estão analisando o problema. Este último município operou durante alguns meses uma pequena central de reciclagem experimental.

Os dados disponíveis demonstram a viabilidade técnica e econômica da operação destes sistemas de gestão dos RCD. Uma das condições do sucesso das centrais é a construção de uma rede de captação de resíduos dentro da malha urbana, capaz de atrair, via redução de distâncias de transporte, as caçambas de coleta bem como os coletores autônomos.

Do ponto de vista financeiro, o sistema é interessante para as Prefeituras porque permite a redução global dos custos, além dos ganhos ambientais associados. Dados de PINTO (1999) mostram que a implantação e operação do sistema de gestão do RCD são compensados pela redução da necessidade de coleta e deposição do resíduo depositado ilegalmente e pela substituição de agregados naturais adquirido de terceiros para consumo nas obras da municipalidade pelo agregado reciclado. Naturalmente, o sistema será tão mais interessante quanto maior o custo do agregado natural e do sistema de coleta da deposição ilegal.

Uma das deficiências das políticas de reciclagem de RCD baseadas no modelo de centrais de reciclagem operadas pelas Prefeituras é o risco de interrupção do funcionamento, dada a descontinuidade que caracterizam as ações das administrações públicas e com isso não existe garantia de continuidade destas políticas. A interrupção total da operação da central de São José dos Campos, a baixa atividade que caracterizou a operação da central de São Paulo até seu recente fechamento, são exemplos do problema.

A principal vantagem deste modelo é que há garantia do mercado para o produto reciclado, já que a única aplicação cuja tecnologia encontra-se razoavelmente consolidada é o uso do agregado em pavimentação, onde os principais clientes nas cidades são as próprias prefeituras.

DESENVOLVIMENTO DE MERCADO PARA RECICLAGEM DE RCD

Até recentemente a reciclagem de RCD realizada pelo setor privado estava limitada à produção de argamassas a partir dos resíduos dentro do próprio canteiro onde os mesmos são gerados.

No entanto, recentemente a oportunidade de negócio na operação de centrais de reciclagem de RCD começa a chamar atenção do setor privado. No momento não existe nenhuma central privada em operação, mas são detectados projetos em andamento em Campinas (SP), Recife,

⁵ Neste item não será tratada a reciclagem de pavimento asfáltico, que é praticada intensivamente em quase todas as regiões do Brasil, inclusive em rodovias de grande volume de tráfego.

Rio Grande do Norte⁶. Cidades como Santo André e São José do Rio Preto estão discutindo sistemas mistos, onde a Prefeitura licita autorizações para a operação de centrais de reciclagem.

Existem várias barreiras a serem vencidas para a introdução de novos produtos contendo resíduos: legais/ regulamentares, educação e informação, tecnológicas, econômicas e geográficas (BCSD-GM, 1999; LAURITZEN, 1998) e de mercado (JOHN, 2000).

Em primeiro lugar, no momento a única tecnologia consagrada capaz de consumir os grandes volumes gerados é a pavimentação, que possui praticamente um cliente, as municipalidades. Além da descontinuidade entre gestões, a incerteza quando a pagamentos torna este negócio menos atrativo. Assim é fundamental o desenvolvimento de mercados alternativos.

Em segundo lugar, a introdução de um novo produto no mercado de construção civil é sempre difícil. O caminho mais fácil para superar esta limitação, envolve o desenvolvimento de aplicações onde os produtos contendo agregado reciclado apresente vantagens competitivas sobre os produtos tradicionais, além de preço compatível. Assim, provavelmente seja mais fácil encontrar mercado para produtos contendo agregado reciclado do que para o agregado isoladamente.

Em terceiro lugar, adicionalmente a dificuldade anterior, no caso dos resíduos existe também o temor de que os clientes considerem um produto contendo resíduos como de menor qualidade. Esta limitação somente pode ser enfrentada por um política consistente e prolongada de educação ambiental. O desenvolvimento de marcas de qualidade ambiental de produto – que são essencialmente diferentes da certificação ambiental de empresas – certamente serão importantes no processo.

Em quarto lugar, existem vários problemas tecnológicos. As aplicações na produção de concretos, componentes de baixa resistência, pavimentação e argamassas necessitam ser aperfeiçoadas e, o resultado das pesquisas, amplamente divulgados. O desenvolvimento de um sistema de controle de qualidade do produto é também tarefa técnica importante. Estas tecnologias, no entanto, ainda necessitam ser desenvolvidas e adequadamente testadas. Em quinto lugar pode-se citar a dificuldade de localização das centrais de reciclagem. A localização de centrais de entrega em pontos que encurtem as distâncias de transporte é aspecto crítico para a captação dos resíduos. Adicionalmente, a distância de transporte vai afetar diretamente a competitividade do produto. Assim é necessário que centrais de reciclagem estejam localizadas em zonas urbanas, o mais próximo possível do local de geração. Esta localização traz consigo problemas de licenciamento ambiental, zoneamento urbano e até oposição dos moradores. Estes problemas são naturalmente mais difíceis de superar em um empreendimento privado.

Em sexto lugar, é desejável melhorar o manejo dos RCD quando da sua geração no canteiro de obra, de forma que eles cheguem nas classificadas conforme a sua natureza. Esta classificação pode reduzir significativamente os custos de operação das centrais de reciclagem e viabilizar a produção de concretos utilizando agregado reciclado.

Finalmente, após o desenvolvimento das tecnologias é necessário estabelecer uma normalização adequada, de forma a abrir o mercado seja aos agregados, seja aos produtos com eles confeccionados.

⁶ Contato com César Pimentel, do Banco do Nordeste do Brasil S.A.

CONCLUSÕES

A massa de RCD gerado nas regiões urbanas pode ser superior à dos resíduos domiciliares. As estimativas brasileiras são raras e os números apontam para uma produção anual entre 220 a 670 kg/hab, com mediana de 510 kg/hab. Devido a grande quantidade gerada e a sua deposição ilegal, que pode ser entre 20 e 50% do gerado nas cidades sem política adequada para este resíduo, eles são um problema sério nas médias e grandes cidades brasileiras.

A coleta do RCD é um negócio estabelecido, com um grande número de empresas privadas, trabalhando tanto para as prefeituras quanto para a iniciativa privada. É possível apontar um dispêndio médio de R\$10/hab.ano com o transporte e deposição destes resíduos. Parcela significativa deste valor onera os cofres municipais.

A redução da geração deste resíduo é complexa, e somente pode ser atingida no médio ou longo prazo.

A reciclagem dos resíduos de construção e demolição é viável do ponto de vista técnico e ambiental. O risco de contaminação ambiental por este tipo de reciclagem pode ser considerado baixo, embora um controle mínimo seja desejável especialmente quando se trata de RCD oriundos de instalações industriais.

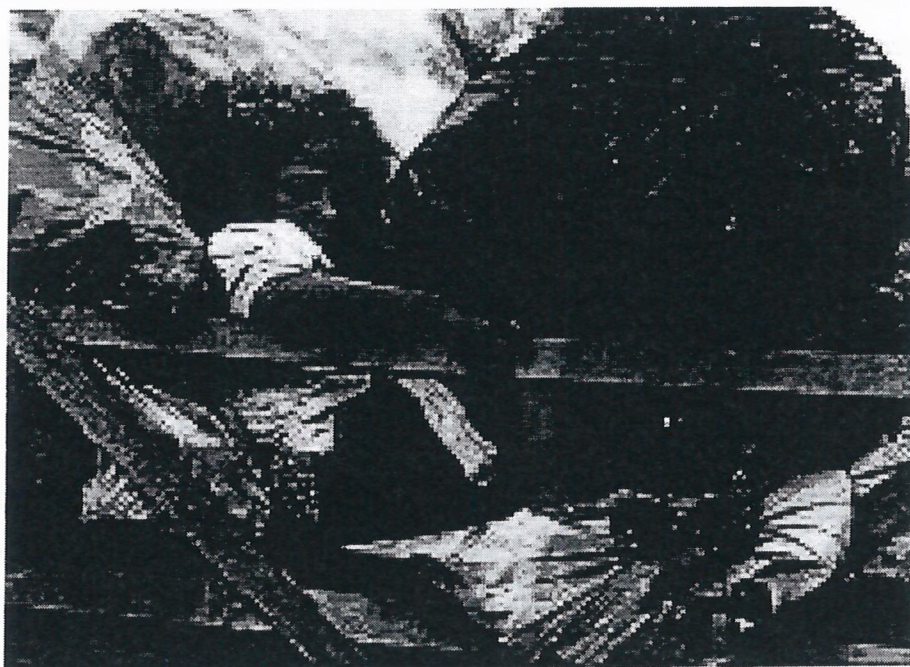
Várias prefeituras brasileiras já operam centrais de reciclagem de RCD, produzindo agregados utilizados basicamente em obras de pavimentação. O desafio do próximo período é generalizar a prática, inclusive através da viabilização da atividade privada. Para que esta meta seja atingida, são necessárias políticas públicas consistentes, abrangendo as áreas de legislação, pesquisa e desenvolvimento, legislação tributária e educação ambiental.

REFERÊNCIAS

- BROSSINK, B. A. G.; BROUWERS, H. J. H.; VAN KESSEL, R. A. Financial Consequences of construction Waste. In: CIB W 89 BEIJING INT. CONF. Beijing, 21-24 Oct. 1996. Disponível na Internet www.bre.polyu.edu.hk/careis/rp/cibBeijing96/papers/120_129/122/p122.htm (acessado em 28 de Janeiro de 2000).
- DETR (DEPARTMENT OF THE ENVIRONMENT, TRANSPORT AND THE REGIONS.) Sustainable Development: opportunities for change (consultation paper on a Revised UK Strategy). Publicado na Internet. www.environment.detr.gov.uk/sustainable/consult1/index.htm. Publicado em 28 de Maio de 1998. Visto em 22 de Janeiro de 2000
- EU (European Union) Construction and demolition waste management practices and their economic impacts. Report to DGXI European Commission. 1999.83p.
- JOHN, V. M. Reciclagem de resíduos na construção civil: Contribuição para metodologia de pesquisa e desenvolvimento. São Paulo, 2000. 113p. Tese (Livre Docência) – Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. Departamento de Engenharia de Construção Civil.

- KASSAI, Y. Barriers to the reuse of construction by-products and the use of recycled aggregate in concrete in Japan. *In: Use of recycled concrete aggregate*. DHIR, HENDERSON & LIMBACHIYA eds. Tomas Telford, 1998 p. 433-444.
- LAURITZEN, E. K. The global challenge of recycled concrete. *In: Use of recycled concrete aggregate*. DHIR, HENDERSON & LIMBACHIYA eds. Tomas Telford, 1998. p. 506-519.
- PENG, C. L.; GROSSKOPF, J. R.; KIBERT, C. J. Construction wastemanagement and recycling strategies in the United States. *CIB TG 16 Sustainable Construction. Proceedings*. Tampa, Florida, November 6-9, 1994. p. 689-696
- PINTO, T. P. *Metodologia para a gestão diferenciada de resíduos sólidos da construção urbana*. São Paulo, 1999. Tese (doutorado) - Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, 189p.
- TOLSTOY, N.; BJÖRKLUND, C.; CARLSON, P. O. Material flow in the construction and heavy engineering sector. *In: CIB WORLD CONGR. CONSTRUCTION AND ENVIRONMENT. Proceedings*. Gävle, June 1998. CIB : Rotterdam, 1998, v.1, p.857-864.

Criança no Lixo, Nunca Mais,
uma Campanha com resultados



Abril 2000



Criança no Lixo, Nunca Mais,

uma Campanha com resultados

AS CRIANÇAS

Apenas em projetos apoiados diretamente pelo Fundo das Nações Unidas para a Infância (UNICEF), 2.236 crianças trocaram o trabalho nos lixões e na catação de lixo nas ruas pela escola. Meninas e meninos são atendidos por programas em Teresina, Olinda, Salvador, região metropolitana de Belo Horizonte, Aracaju, Natal, Ilha de Marajó, Manaus, Belém, Fortaleza, Ceará e São Bernardo do Campo.

São inúmeros os casos de prefeituras que têm enviado correspondência ao Unicef, relatando sua experiência no enfrentamento do problema, retirando as crianças dos lixões.

Os projetos têm pequenas diferenças entre si, mas todos promovem a volta ou a matrícula dessas crianças na escola e oferecem atividades complementares à escola para melhorar o desempenho e a aprendizagem das crianças.

Filhos de catadores, essas meninas e meninos deixaram a situação perigosa e degradante do trabalho no lixo para experimentar o direito à educação, ao respeito e à dignidade. Nas atividades complementares à escola, além do reforço escolar e esporte, muitas vezes as crianças participam de oficinas de material de reciclagem e são convidadas, em suas escolas, a ensinar às outras crianças a importância de se reaproveitar e de se reciclar o que jogamos fora, mas que, na verdade, tem muito valor. A intenção é que as crianças se sintam integradas à escola e importantes por terem um conhecimento que as outras meninas e meninos não têm.

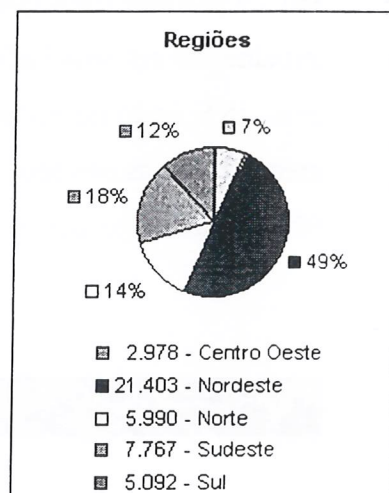
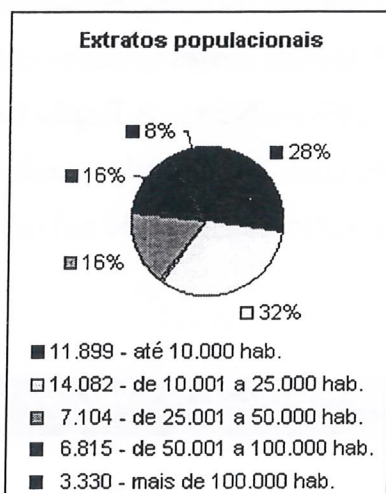
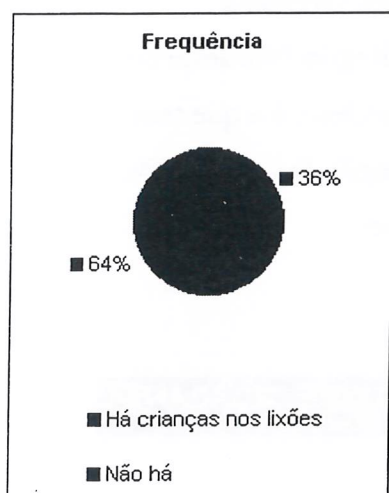
A meta para o ano 2000 é, com a ajuda de estados e municípios, retirar outras 9.000 crianças do trabalho nos lixões e na catação de lixo nas ruas; garantir a elas escola

pública de qualidade, acesso a programas de saúde e nutrição, ao lazer, à informação e à proteção integral.

Não se pode aceitar num país com a 10ª economia mundial que inúmeras crianças e adolescentes vivam no lixo. Elas estão expostas, desde os primeiros dias de vida, aos perigos decorrentes da movimentação de caminhões e máquinas, ao fogo, aos objetos cortantes, alimentos contaminados e ao lixo tóxico. A maioria das crianças não tem acesso à escola, e está sujeita a problemas, como a gravidez precoce, o abuso sexual e o uso de drogas. Muitos desses meninos e meninas estão fora da escola. O lixo é sua sala de aula, seu parque de diversões, sua alimentação e sua fonte de renda.

É importante expor a ferida e, ao mesmo tempo, mostrar que há solução. É preciso atacar o problema pela raiz e mudar de vez a situação sócio ambiental dos lixões brasileiros, somando os esforços de todos.

Dados dos questionários avaliados



O DESAFIO

Apesar do avanço, o desafio de erradicar o trabalho infantil no lixo ainda é grande. Pesquisas apontam que o Brasil conta com um contingente de aproximadamente 45 mil crianças e adolescentes que vivem e trabalham nos lixões espalhados pelo país; muitos desses nasceram no lixão, e seus pais, também, nasceram nos depósitos a céu aberto.

Duas pesquisas foram realizadas nos últimos dois anos. A primeira, encomendada pelo Unicef, foi executada pela ONG Água e Vida e concluída em setembro de 1998. A segunda é composta pelas respostas aos questionários enviados às prefeituras do Brasil, por ocasião do lançamento da campanha “Criança no Lixo Nunca Mais”. Apesar de trabalharem com universo de diferentes proporções nos grupos pesquisados (110 e 1360, respectivamente), os dados das duas pesquisas confirmam o número de crianças e adolescentes que vivem nos lixões.

São 1.956 municípios que reconhecem ter crianças e adolescentes vivendo e trabalhando em seus lixões. A metade desses meninos está na Região Nordeste do país. 18% estão no Sudeste e 14% no Norte. A Região Centro-Oeste é a que tem menos crianças nos seus lixões, com 7% do total, seguida da Região Sul, com 12%. 60% desses casos ocorrem nas cidades com até 50 mil habitantes.

A PARTICIPAÇÃO DO UNICEF BRASIL NO PROGRAMA LIXO E CIDADANIA

O envolvimento mais direto do Unicef com a questão do lixo data de 1992, por ocasião de um fato que comoveu o país. Várias pessoas que trabalhavam no lixão de Aguazinha, em Olinda, foram hospitalizadas por terem se intoxicado, ao ingerir lixo hospitalar. Suspeitava-se que havia carne humana no lixo que era depositado a céu

aberto, com os demais detritos da cidade. Milhares de famílias se alimentam do que colhem nos lixões. Onde há família, há crianças.

A presença de um oficial, profissionalmente ligado à questão do lixo, no Escritório Regional do Unicef em Recife, foi fator fundamental para o envolvimento da instituição nessa área. Cinco projetos foram desenvolvidos em municípios do Nordeste (Olinda, Palmeira dos Índios e Petrolina) e Norte (Manaus e Rio Branco).

A sistematização de lições retiradas de meia década de práticas concretas está na publicação *Criança, Catador e Cidadão*, editada pelo Unicef em 1998. A reflexão sobre essas ricas experiências consolidou a abordagem denominada Gestão Participativa do Lixo Urbano, diferenciada da simples limpeza urbana, um serviço de pura engenharia. Trata-se de um componente de uma intervenção muito mais abrangente, envolvendo as áreas de educação, saúde, meio ambiente, habitação, geração de emprego e renda, promoção de direitos. Sendo assim, o lixo urbano não é problema exclusivo de um órgão de uma prefeitura. Qualquer ação só será bem sucedida se contar com uma verdadeira articulação dos diversos setores interrelacionados nesse contexto: governos federal, estadual e municipal, ONGs, empresas, sindicatos e associações de demais segmentos da sociedade.

OS CATADORES

Há de se reconhecer o inegável trabalho realizado hoje no Brasil pelos catadores de materiais recicláveis. Apesar do pequeno número de prefeituras que declaram que têm programas de coleta seletiva de lixo (menos de 100), eles estão presentes em pelo menos 1900 delas. Isso graças ao trabalho que vem sendo realizado por uma leva de trabalhadores informais dotados de muitos conhecimentos específicos sobre a reciclagem e habilidade para encontrar, coletar, separar e vender os materiais

recicláveis. Eles buscam e encontram no lixo uma fonte de receita para a sua sobrevivência.

A riqueza gerada por essa economia informal mostra que os trabalhadores da coleta não institucionalizada de lixo não aguardam uma solução para o problema do desemprego no país. Pode-se notar que, timidamente, do norte ao sul do país, inicia-se um movimento de articulação e de mobilização na busca de estratégias que possam favorecer e dar a esse trabalho um caráter profissional.

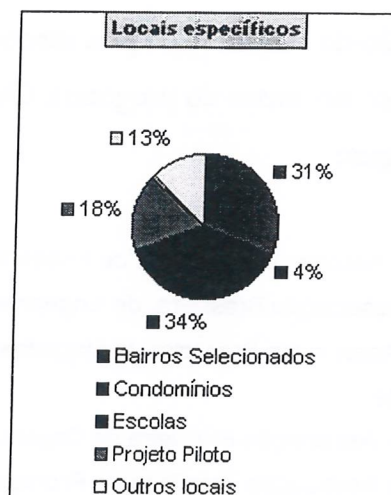
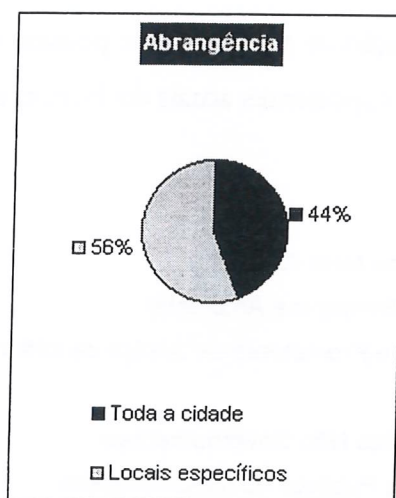
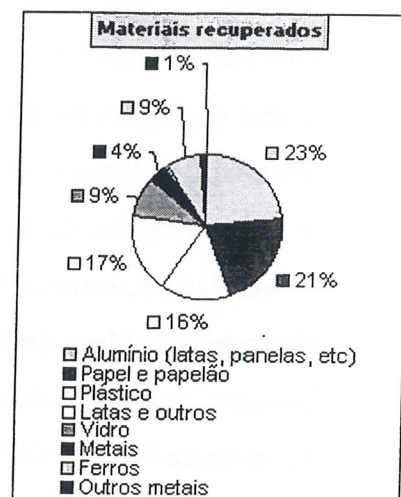
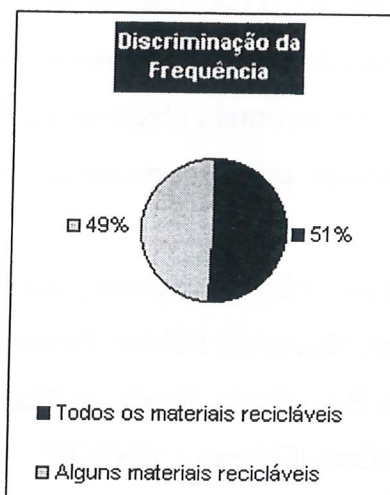
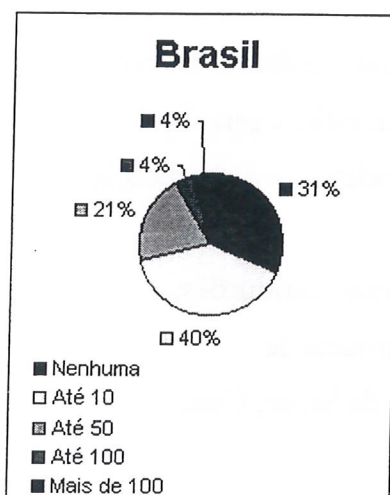
Mão de obra, muitas vezes com pouca qualificação, produz o seu sustento e de sua família com a venda dos produtos coletados do lixo nas ruas das cidades e nos lixões. De forma silenciosa, eles lentamente se organizam em associações, cooperativas e buscam ter seus direitos reconhecidos, impondo um sistema de coleta alternativo aos serviços contratados e/ou executados pelas próprias prefeituras.

Os catadores são hoje os responsáveis pelos significativos índices de coleta seletiva no país, fazendo do Brasil um dos campeões mundiais em reciclagem do alumínio.

Apesar das inúmeras dificuldades, os catadores vêm dando uma resposta dos desempregados à marcha da exclusão para a população não habilitada nas atividades profissionais tradicionais. Usando de muita criatividade, algumas das inúmeras experiências dos catadores possuem uma riqueza no aspecto organizacional que surpreendem ao serem estudadas. Em alguns casos, como em Porto Alegre, Belo Horizonte, Rio de Janeiro, o poder público municipal aliou-se aos catadores na busca de um arranjo institucional que pudesse viabilizar um sistema de coleta, anteriormente informal e mal visto pela sociedade, devido sobretudo ao aspecto de sujeira e à necessidade de utilização de espaços públicos para o acúmulo e a seleção dos materiais.

Cabe aos parceiros do Fórum Nacional unir esforços no sentido de propiciar a capacitação desses trabalhadores e a facilitação de sua organização, visando sua competitividade no mercado.

Dados dos questionários avaliados



O FÓRUM NACIONAL

A iniciativa “Lixo e Cidadania” é coordenada pelo Fórum Nacional Lixo & Cidadania, composto atualmente por 43 instituições governamentais e não governamentais. O Fórum tem como objetivo principal erradicar o trabalho infantil nos lixões até 2002. Entre os outros objetivos do Fórum estão a geração de renda para as famílias de catadores, prioritariamente na coleta seletiva, e a erradicação de todos os lixões do País.

A Secretaria Executiva do Fórum é hoje composta pelas seguintes instituições: Ministério do Meio Ambiente, Ministério Público Federal, Secretaria de Desenvolvimento Urbano da Presidência, Fundação Nacional de Saúde, Caixa Econômica Federal, ONG Missão Criança e UNICEF.

A composição do Fórum se dá pela identificação de parceiros que possam contribuir para o alcance das metas do programa. Os componentes atuais do Fórum estão listados a seguir:

1. ABEMA - Associação Brasileira de Entidades do Meio Ambiente
2. ABES - Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental
3. ABMP - Associação Brasileira de Magistrados e Promotores de Justiça da Infância e da Juventude
4. ABONG - Associação Brasileira de Organizações Não Governamentais
5. ABMPA - Associação Brasileira de Promotores Públicos do Meio Ambiente
6. Água e Vida - Centro de Estudos de Saneamento Ambiental
7. AIDIS - Associação Interamericana de Engenharia Sanitária e Ambiental DIRSA - Divisão de Resíduos Sólidos
8. ANAMMA - Associação Nacional de Municípios do Meio Ambiente
9. ANDI - Agência de Notícias dos Direitos da Infância
10. ASSEMAE - Associação Nacional dos Serviços Autônomos em Saneamento
11. Banco do Nordeste S/A - Programa Gestão Solidária de Resíduos Sólidos
12. BNDES - Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social
13. CEF - Caixa Econômica Federal
14. CEMPRE - Compromisso Empresarial para Reciclagem

15. CENPEC - Centro de Estudos e Pesquisa em Educação, Cultura e Ação Comunitária
16. CNBB - Confederação Nacional dos Bispos do Brasil - Pastoral da Criança
17. CNQA - Comitê Nacional de Qualidade da ABES
18. Comissão de Desenvolvimento Urbano e Interior da Câmara dos Deputados
19. Comitê Resol - Comitê de Resíduos Sólidos da ABES
20. CONAMP - Confederação Nacional do Ministério Público
21. FASE - Federação de Órgãos para Assistência Social e Educacional
22. FENAE - Federação Nacional das Associações de Pessoal dos Economistas
23. FNS - Fundação Nacional de Saúde
24. Fórum Nacional de Prevenção e Erradicação do Trabalho Infantil
25. Fundação Athos Bulcão
26. IBAM - Instituto Brasileiro da Administração Municipal
27. IBAMA - Instituto Brasileiro de Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis
28. IBASE - Instituto Brasileiro de Análises Sociais e Econômicas
29. Instituto Ildes - Fundação Friederich Ebert
30. MEC-Ministério da Educação e da Cultura.
31. MDIC/SPI/PBR - Ministério do Desenvolvimento, Indústria e Comércio / Secretaria de Política Industrial / Programa Brasileiro de Reciclagem
32. Missão Criança
33. MMA/SQAAH - Ministério do Meio Ambiente - Secretaria de Qualidade de Vida nos Assentamentos Humanos
34. MPF/PGR - Ministério Público Federal / Procuradoria Geral da República
35. OPAS - Organização Panamericana de Saúde
36. PÓLIS - Instituto Pólis
37. SEDU/SEPURB - Secretaria de Desenvolvimento Urbano / Secretaria de Política Urbana
38. SEPRE - Secretaria Especial de Políticas Regionais
39. Site RESOL - RESOL Engenharia Ltda
40. UFPE - Universidade Federal de Pernambuco
41. UFV - Universidade Federal de Viçosa
42. UNICEF - Fundo das Nações Unidas para a Infância
43. V&S Lula Vieira - Agência de Publicidade

A CAMPANHA "CRIANÇA NO LIXO, NUNCA MAIS"

Lançada em 16 de junho de 1999, a campanha obteve a adesão de 1.487 dos 5507 prefeitos brasileiros, que responderam ao convite e assinaram o Termo de Compromisso.

O filme, realizado com a presença de crianças que sonham com a profissão de professora, engenheiro, médico e esportista, com duração de 1 minuto e participação do embaixador do Unicef Renato Aragão, busca sensibilizar a todos para o problema e ainda hoje está sendo veiculado em algumas redes de televisão.

A todos os prefeitos que responderam positivamente ao convite em participar do programa, foi enviado gratuitamente um kit contendo manuais que servem como instrumento de trabalho para que cada município possa buscar sua solução para enfrentar o problema.

O Kit é composto pelos seguintes materiais:

- **Material eletrônico**
- **Material impresso**

Folder geral com dados sobre crianças no lixo no Brasil e sobre a campanha;

Folder para prefeitos explicando como é fundamental a participação das prefeituras na campanha "**Criança no Lixo, Nunca Mais**";

- **Kit de publicações para as prefeituras**

- "**Manual do Promotor**" (produzido pelo Ministério Público Federal , está sendo disponibilizado para prefeitos e promotores públicos) - Aborda a questão da reciclagem e explica a importância de parcerias com os catadores. Traz indicações de leis relativas aos temas crianças e meio ambiente. Propõe um termo de compromisso a ser firmado entre o Ministério Público e a Prefeitura.

- "**Manual do Catador**" (produzido pelo Compromisso Empresarial para a Reciclagem) - Curso completo de capacitação de catadores de lixo. Dicas sobre como estimular a formação de cooperativas.
- "**Manual para o Prefeito**" - Criança, Catador & Cidadão"(produzido pelo UNICEF) - É uma reunião de experiências de prefeituras que tiveram o apoio do Unicef para enfrentar o problema. Apresenta os erros e acertos das experiências.
- "**Manual de Financiamento**" (produzido pelo Ministério do Meio Ambiente) - Ensina a obter os recursos e empréstimos para programas de gerenciamento de lixo, capacitação de profissionais, de catadores e formação de cooperativas
- "**Manual da Coleta Seletiva**" (produzido pelo Instituto Pólis) - Relata 22 experiências de coleta seletiva em todo o Brasil que estão tendo continuidade, mesmo após mudança na administração pública municipal.
- "**Manual da Bolsa Escola Cidadã**" (Produzido pela ONG Missão Criança) - Apresenta 100 perguntas e respostas que você gostaria de saber sobre a bolsa escola. Esse é um instrumento fundamental para a substituição da renda cessante da criança.

Está em fase de elaboração uma edição em português do "**Manual de construção e operação de aterros sanitários manuais**", elaborado pela OPAS, que vai estar disponível a todas as prefeituras que aderiram ao programa.

Resultado da campanha e do trabalho da Secretaria Executiva do Fórum, o Fundo Nacional de Meio Ambiente destinou os R\$ 5,2 milhões disponíveis para investimentos em Gestão de Resíduos Sólidos Urbanos para municípios de 20 mil a 50 mil habitantes cuja prefeitura tiver assinado o Termo da campanha. Ao todo, 467 municípios podem ser beneficiados. Todos os critérios de elegibilidade escolhidos pelo Fundo Nacional de Meio Ambiente são inspirados nas diretrizes do Fórum Lixo & Cidadania.

Além disso, a Secretaria de Assistência Social do Ministério da Previdência, reservou 15 mil bolsas-escola do Programa Nacional de Erradicação do Trabalho Infantil (PETI) para as crianças catadoras de lixo. E a ONG Missão Criança, que concede bolsas-escolas em diversos municípios brasileiros, tem separado parte de suas bolsas para meninas e meninos que trabalham nos lixões ou recolhendo lixo nas ruas.

Em algumas cidades, a Câmara dos Vereadores tem promovido audiências públicas e convocado os governos, lideranças e catadores para discutirem e apresentarem soluções para o problema.

E para conhecer melhor a situação de adultos, crianças e adolescentes que trabalham como catadores, o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) incluiu entre os temas do censo nacional que está sendo feito atualmente, perguntas sobre o modo de vida dessas pessoas.

ESTRATÉGIAS

O Programa Lixo e Cidadania tem como pressuposto que as municipalidades deverão resolver seus problemas, com soluções propostas pelos atores que vivenciam a situação local.

A criação do Fórum Nacional “Lixo e Cidadania” tem procurado contribuir e favorecer a discussão sobre o tema, articular as ações em desenvolvimento pelas diversas instituições em nível nacional, no sentido de maximizar os efeitos positivos e criar um espaço favorável para a apresentação de soluções para o problema.

A mobilização social tem sido a principal ferramenta da estratégia a ser utilizada. Sem a pretensão de querer resolver o problema, o projeto tem criado uma reação positiva, propiciando um clima capaz de sensibilizar os tomadores de decisão na priorização da

solução do problema. Nesse sentido, vem articulando uma Rede de Projetos e Programas Específicos – e favorecendo a criação de novos, reforçando-os e adaptando-os às necessidades para atingir os objetivos propostos.

São atividades com a atuação da Promotoria Pública no sentido de induzir e garantir a manutenção das atividades, das ONGs e entidades responsáveis pela capacitação que deverão inserir o enfoque social proposto, capacitando os diversos atores dos organismos de controle ambiental. São as Secretarias de Estado do Meio Ambiente, responsáveis pela implementação de políticas e a fiscalização da operação na coordenação das ações nos estados. São os agentes financeiros, inserindo nos condicionantes de financiamento os aspectos sociais, a capacitação da equipe responsável pela implantação dos projetos, bem como a capacitação profissional com o resgate da cidadania dos principais envolvidos: os catadores de lixo.

FÓRUNS ESTADUAIS

A iniciativa “Lixo & Cidadania” se multiplica nos estados. Ceará, Rio Grande do Norte, Pernambuco, Mato Grosso do Sul, Rio Grande do Sul e Roraima criaram seus fóruns estaduais Lixo e Cidadania.

Os estados de São Paulo, Minas Gerais, Bahia e o Espírito Santo já estão promovendo articulações no sentido de constituírem fóruns. As iniciativas são tomadas pelos mais diferentes segmentos da sociedade, componentes do Fórum Nacional ou não.

Esses fóruns devem orientar a definição de políticas públicas sobre os catadores e os programas de gerenciamento dos resíduos sólidos nessas unidades da federação.

A estratégia adotada tem sido a mobilização da sociedade, das lideranças, dos governos, no sentido de incentivar a adoção de medidas e a formulação de políticas públicas que possam atender aos objetivos do programa.

Para saber mais sobre o Fórum Lixo & Cidadania e a campanha "Criança no Lixo, Nunca Mais", escreva para o UNICEF (SEPN Quadra 510 Bloco A Ed. INAN 1ª andar, aos cuidados de Kátia Campos) ou envie um fax (61 349-0606) ou uma mensagem eletrônica: kcampos@brasil.com.br.

PALESTRA : A experiência do Paraná na Coleta Seletiva e na Reciclagem de Resíduos Sólidos

AUTOR: Marcelo Gomes Ferreira

FORMAÇÃO : Engenharia de Materiais - UFSC

CARGO ATUAL: Gerente da Usina de Reciclagem de Curitiba – IPCC – Instituto Pró-Cidadania de Curitiba

ENDEREÇO: Rua Eduardo Sprada, 4520 Campo Comprido - CEP 81270-010 - Curitiba - Pr

TELEFONE: (41) 373-5565

FAX: (41) 373-5565

E-MAIL: judith@faz.curitiba.pr.gov.br

INTRODUÇÃO :

Uma sociedade ecologicamente correta só é possível quando os indivíduos que a compõem assumem os princípios de igualdade e respeito ao próximo. Como próximo devemos entender, não apenas nossos semelhantes, mas também devemos incluir, o meio ambiente.

A simples existência do Homem na terra têm suas conseqüências , e a mais imediata são os resíduos oriundos de nossas atividades cotidianas, os quais, desde muito tempo, são dispostos de maneira irresponsável no meio ambiente que nos acolhe. Sujar os rios, os mares, a terra e o ar são atitudes humanas, mas pouco sensatas.

Ao considerarmos que o lixo, comumente encontrado em terrenos baldios, nas enconstas de rios e vales, ou em qualquer outro lugar, é capaz de possibilitar a proliferação de diversos vetores, constatamos que a insensatez de uns põe em risco a saúde de todos.

A reciclagem é uma forma muito atrativa de gerenciamento de resíduos, pois transforma o lixo em insumos para a indústria, com diversas vantagens ambientais. Ajuda a poupar valioso espaço do aterro sanitário. Reduz sensivelmente o consumo de energia e contribui para a conservação dos recursos naturais e para o bem-estar da comunidade.

Primeira cidade do País a implantar a coleta seletiva de lixo nos domicílios, Curitiba deve – principalmente – ao envolvimento e participação da população o sucesso do programa. O “Lixo que não é lixo” existe desde 1989 e faz a coleta dos resíduos recicláveis em toda a cidade. O programa rendeu à cidade, em setembro de 1990, o prêmio UNEP, dado pelas Nações Unidas e considerado o “Oscar” do meio ambiente. Nesta primeira etapa de divulgação foi dada especial atenção ao público infantil, incluindo no currículo escolar municipal a abordagem de temas ligados à preservação e conservação do meio ambiente.

A Coleta Seletiva pressupõe a separação dos materiais recicláveis – papéis, vidros, metais e plásticos – do restando do lixo nas suas próprias fontes geradoras, sejam elas residências, escolas ou escritórios. Esses materiais são recolhidos à parte e encaminhados para um centro de triagem.

A Coleta Seletiva e a reciclagem dos resíduos urbanos tornam-se atividades complementares uma da outra. Seria absurdo tentar realizar uma de forma independente da outra.

Um programa de coleta seletiva bem conduzido tende a desenvolver na população uma nova mentalidade sobre questões que envolvem a economia e a preservação ambiental. O cidadão, ao acondicionar o lixo de sua residência, passará a se colocar como peça integrante de todo um sistema de preservação do meio ambiente, bem maior e mais concreto do que um

mero espectador de todas as campanhas comumente veiculadas em favor da preservação de sua própria espécie.

As principais vantagens da implantação de um programa de coleta seletiva e reciclagem de lixo são:

- O aumento da vida útil de aterro e lixões, pois se reduz a quantidade de lixo a eles encaminhada;
- O ponto de partida para a consciência da comunidade sobre a esgotabilidade dos bens, da relação homem/meio ambiente, dos atuais sistemas de produção e consumo;
- A redução do consumo de energia e água para a indústria;
- A diminuição dos custos de produção, por causa do aproveitamento de recicláveis pelas indústrias de transformação;
- A intensificação da economia local, com a criação de empregos e surgimento e a concorrência de empresas recicladoras;
- A economia para o País na importação de matérias-primas e na exploração de recursos naturais não-renováveis;
- Melhora na estética da cidade;
- Incentivo à indústria de reciclagem no País;
- Facilita a triagem dos materiais dentro da Usina e acelera o seu rendimento.

COMPRA DO LIXO:

A Prefeitura Municipal de Curitiba, em 31 de janeiro de 1989, implantou o programa “Compra do Lixo”, em áreas onde havia seríssimos problemas ambientais devido à falta de coleta de lixo.

A principal causa desta deficiência era em função das áreas serem desurbanizadas e de difícil acesso aos caminhões da coleta por tratar-se de encostas de morros, fundos de vale e favelas com ruas muito estreitas.

O programa “Compra do Lixo” constitui-se em uma forma alternativa de coleta domiciliar, destinada a atender as camadas menos favorecidas da população.

A Prefeitura Municipal de Curitiba realizou diagnóstico nas áreas, que demonstrou:

- Excesso de lixo depositado a céu aberto, em valetas, vias públicas, fundos de quintais, terrenos baldios e fundos de vale;
- Alta incidência de doenças veiculadas por moscas, ratos e outros vetores, atingindo principalmente a população infantil;
- O saneamento básico era inexistente

FUNCIONAMENTO:

Uma equipe de educação ambiental da Prefeitura entra em contato com a comunidade, com o objetivo de organizá-la.

Criada a Associação de Moradores, é firmado um convênio entre a Prefeitura e a comunidade, a qual torna-se responsável pela distribuição dos sacos plásticos e pelo controle do número de sacos depositados na caçamba por família participante do programa.

A Prefeitura instala uma caçamba estacionária com capacidade de 7 metros cúbicos em local previamente determinado, e entrega à associação, quinzenalmente, sacos de lixo com capacidade de 60 litros para captação e acondicionamento dos resíduos.

Para cada saco de lixo contendo de 8 a 10 quilos de resíduos depositados na caçamba, o participante recebia um vale-transporte.

A partir de julho de 1991, a Prefeitura, visando auxiliar os pequenos produtores da Região Metropolitana de Curitiba e litoral, passa a adquirir o excedente de suas safras através do convênio firmado com a Fepar (Federação Paranaense das Associações dos Produtores Rurais). Naquele momento, substituímos os vale-transporte por produtos horti-frutigranjeiros da época.

A associação de moradores, pelo trabalho de parceria com a Prefeitura, recebe 10% do valor pago por cada saco de lixo depositado na caçamba. Este dinheiro é depositado em conta corrente bancária em nome da Associação, que utiliza este recurso em obras ou serviços definidos pela própria comunidade.

BENEFÍCIOS DO PROGRAMA:

- Limpeza total das áreas a curto prazo, diminuindo sensivelmente a incidência de doenças causadas por vetores;
- Nos locais onde havia depósitos de lixo a céu aberto, as comunidades utilizaram este espaço para execução de hortas comunitárias;
- Possibilitou o manejo correto dos resíduos e seu devido acondicionamento, evitando a exposição do lixo, mesmo durante os intervalos de coleta;
- Auxílio no escoamento da safra dos hortigranjeiros produzidos na Região Metropolitana de Curitiba e litoral, e
- Enriquecimento da alimentação das famílias mais carentes de nossa comunidade.

LIXO QUE NÃO É LIXO:

Preocupada com a escassez dos recursos naturais renováveis e não-renováveis, com a não-degradação de áreas e com a melhoria da qualidade de vida de seus habitantes, Curitiba implantou em 13 de outubro de 1989 o programa "Lixo que não é lixo".

A coleta seletiva constitui-se de um novo serviço de coleta de resíduos sólidos urbanos. Sua principal característica é a separação do lixo doméstico dentro da fonte geradora, ou seja, o domicílio.

O processo é muito simples, e compreende a separação prévia do material orgânico do inorgânico.

Uma vez separados, o munícipe apresenta os resíduos nos dias e horários pré-determinados para a coleta.

Todo resíduo coletado é pesado e enviado à Unidade de Valorização de Rejeitos, ou para depósitos credenciados pela Prefeitura. Nestes locais, funcionários treinados fazem a separação, pesagem, enfardamento e a estocagem do material, para posteriormente serem vendidos como insumo para indústrias de transformação.

EDUCAÇÃO AMBIENTAL:

A educação ambiental tem início, meio, mas não tem fim, e é fundamental no processo. Sem ela, não há a separação na fonte, o que dificulta ou quase inviabiliza a reciclagem.

O início do programa ocorreu nas escolas municipais, quando os alunos participaram de gincanas para a coleta dos materiais recicláveis.

O município mantém constantemente um programa de educação ambiental nas escolas. Além disso, a Unidade de Valorização de Rejeitos mantém um programa permanente de instrução e visitas ao local. Em 1999 foram recebidos 13 mil alunos da rede pública e privada.

GESTÃO OPERACIONAL:

A gestão operacional da Usina de Reciclagem é feita pelo Instituto Pró-Cidadania de Curitiba, uma organização não-governamental sem fins lucrativos. Isso proporciona maior flexibilidade na comercialização dos materiais recicláveis.

Em parceria com a Fundação de Ação Social (FAS), os recursos obtidos com a venda dos materiais são revertidos em ação social.

CÂMBIO VERDE:

O programa “Câmbio Verde” nasceu de uma derivação do programa “Compra do Lixo” e do programa “Lixo que não é lixo”. E consiste na troca de materiais recicláveis por produtos hortigranjeiros de época.

Em junho de 1991, houve uma supersafra de produtos hortigranjeiros na Região Metropolitana de Curitiba e, face à grande quantidade de produtos, os pequenos produtores encontraram dificuldades para a comercialização de suas safras, e muitos estavam transformando sua produção em adubo orgânico e alimento para as criações.

Diante daquela realidade, o poder público, de maneira criativa e de baixo custo, resolveu auxiliar os pequenos produtores no escoamento de suas safras. Para tanto, firmou convênio com a Fepar e passou a adquirir o excedente da produção e repassar estes produtos às famílias com renda salarial entre 0 e 3,5 salários mínimos.

MODALIDADES DE CÂMBIO VERDE:

1. Câmbio Verde nos pontos de troca:
 - Incentivar os moradores a separar o lixo orgânico do inorgânico;
 - Promover o reforço alimentar das famílias mais carentes.
2. Câmbio Verde nas entidades assistenciais (Câmbio Verde Solidariedade):
 - Promover e incentivar a reciclagem;
 - Incrementar a alimentação das pessoas que residem ou se dirigem a essas entidades, a fim de ter, ao menos, uma alimentação no dia.
3. Câmbio Verde especial nas escolas:

- O Câmbio Verde especial é realizado nas escolas com o objetivo de consolidar nas crianças o espírito de separar o lixo;
- No Câmbio Verde especial troca-se lixo que não é lixo por cadernos, brinquedos e chocolates.
- Para participar do programa cada pessoa leva ao ponto de troca 5 quilos de materiais recicláveis, e recebe em troca uma sacola com produtos hortigranjeiros no valor aproximado de R\$ 0,42.

OBJETIVOS DO PROGRAMA:

- Promover o escoamento da safra de produtos hortigranjeiros dos pequenos produtores de Curitiba e Região Metropolitana;
- Criar na população o hábito de separar o lixo;
- Sensibilizar a comunidade para a correta destinação do lixo;
- Reforçar a alimentação da camada menos favorecida de nossa sociedade.

LIXO TÓXICO:

Em setembro de 1998, o município deu início ao programa de coleta de lixo tóxico.

No lixo existe toda a sorte de materiais produzidos pelo homem. Lixo tóxico é aquele que, devido a sua constituição, pode acarretar sérios problemas aos seres humanos e também ao meio ambiente.

Pilhas, baterias de celulares, lâmpadas fluorescentes, toner, spray, medicamentos vencidos, tintas e solventes devem ser entregues, segundo o calendário especificado pela Prefeitura, ao caminhão coletor que fica estacionado nos terminais de ônibus.

O programa já coletou até o momento mais de 11 toneladas deste tipo de resíduo.

A destinação final destes resíduos é a CTRI (Central de Tratamento de Resíduos Industriais – CAVO).

RECOOPERE:

A Recoopere (Cooperativa dos Trabalhadores na Coleta de Materiais Recicláveis de Curitiba) foi inaugurada em outubro de 1998 e tem como finalidade contribuir para a melhoria da qualidade de vida destes trabalhadores autônomos.

A cooperativa conta com o apoio do Instituto Pró-Cidadania de Curitiba, que proporcionou os equipamentos necessários para o bom andamento das atividades da cooperativa (caminhões, prensas e esteira de triagem).

Ao ingressar na cooperativa, o carrinheiro passa a obter melhores preços pelos seus produtos, pois a venda é realizada diretamente para as indústrias, e não mais aos intermediários, como ocorria anteriormente.

A Recoopere conta hoje com mais de 250 cooperados, e este número aumenta todos os dias.

PROGRAMA TERRA LIMPA:

O Terra Limpa baseia-se na prática da tríplice lavagem das embalagens de agrotóxicos. Com esta prática o agricultor faz o aproveitamento completo do produto, economizando e não gerando resíduos desta lavagem. A tríplice lavagem, aprovada pela ABNT, reduz a contaminação da embalagem a traços ou até ppb (parte por bilhão) conforme indicam estudos realizados, tornando possível a reciclagem controlada.

Esta reciclagem refere-se ao reaproveitamento destes materiais (vidro, plástico e metal) por determinadas indústrias licenciadas para este fim, para a fabricação de condutas das embalagens plásticas (maior volume), que são as únicas de reciclagem restrita, pelas condições do processo.

O programa "Terra Limpa", em sua primeira fase, contemplará 210 municípios do estado, tendo considerado:

- Regiões com maior consumo de agrotóxico;
- Tipos de culturas, áreas de plantio, número de produtores;
- Distância entre sedes para abrangência de todos os municípios do estado em uma fase final.

Todo este programa é acompanhado, monitorado e gerenciado pela SUDERHSA em conjunto com as Prefeituras sedes das unidades regionais e as Prefeituras co-participantes, através de termo de colaboração firmado entre as mesmas.

Para a garantia do sucesso do programa, conta-se com uma grande programação de educação ambiental no campo, divulgação em rádios e televisão, material gráfico e ainda, treinamento dos operadores e supervisores das unidades regionais e demais 196 técnicos municipais. Desta forma, atingiremos a parte vital do programa, os agricultores do estado, com as informações necessárias para que estes possam cumprir com o seu papel, protegendo a saúde e o meio ambiente.

PROGRAMA ESTADUAL DE COLETA SELETIVA E RECICLAGEM:

Este programa prevê, inicialmente, a qualificação técnica dos agentes municipais que efetivamente irão trabalhar com esta questão.

A SUDERHSA tem oferecido e estimulado a parceria entre o estado e os municípios e a interação entre eles.

Os agentes municipais passam por cursos sobre: educação ambiental, planejamento local, que inclui treinamento sobre coleta domiciliar comum, aterro sanitário, coleta seletiva, usinas de reciclagem, comercialização dos materiais recicláveis e a operação desses sistemas.

São mais de 150 municípios que integram essa fase inicial, onde pretende-se atingir os municípios com menos de 10 mil habitantes. O estado, além da capacitação técnica, está oferecendo 75% dos recursos necessários, cabendo ao município completar os 25% restantes.

VERTICALIZAÇÃO:

Acreditando que o caminho para a perpetuação desta atividade seja a auto-sustentabilidade da mesma, o município de Curitiba, o Instituto Pró-Cidadania de Curitiba e a Recoopere estão investindo no beneficiamento industrial dos materiais recicláveis.

Estão sendo viabilizados projetos para a reciclagem dos seguintes materiais:

- Tetra Pak;
- Vidro plano;
- Plásticos;
- Alumínio;
- Isopor.

A EXPERIÊNCIA DE BELO HORIZONTE NA COLETA SELETIVA E NA RECICLAGEM DE RESÍDUOS SÓLIDOS DOMICILIARES

Maria de Fátima Abreu, Eng^a civil, pesquisadora plena e coordenadora do Setor de Técnicas de Análise Ambiental do CETEC - Fundação Centro Tecnológico de Minas Gerais

Mara Luísa Alvim Motta, arquiteta e coordenadora do Projeto de Coleta Seletiva da SLU - Superintendência de Limpeza Urbana de Belo Horizonte

Av. José Cândido da Silveira, 2000 - Cidade Nova - 31170-000 - Belo Horizonte - MG
Tel.: 31 - 489 2388 Fax: 31 - 489 2200 e-mail: abreu@cetec.br

1. INTRODUÇÃO

O mercado da reutilização e da reciclagem é antigo no país e em Belo Horizonte sendo anterior ao 'boom da reciclagem' que a partir da década de 70 passou a fazer parte das ações de recuperação ambiental do planeta. Os catadores de papel que já nos anos 50 são vistos pela capital recolhendo 'lixo de valor' são, portanto, os precursores da coleta seletiva na cidade. Eles sempre estiveram à margem da sociedade, sendo tratados com descaso e preconceito pela população e como caso de polícia pela maioria das administrações municipais. Vítimas do desemprego e dos dramas sociais a que estão relegados os pobres desse país, os catadores de papel, até o fim da década de 80, trabalhavam exclusivamente para os donos dos Depósitos que ainda hoje intermediam a venda do material reciclável às indústrias. Catar papel pelo centro, triar o lixo na calçada, puxar carrinhos cedidos pelos proprietários dos Depósitos... essa lida diária era (é) trocada por dormida, alguns míseros reais ou mesmo uma garrafa de cachaça.

A superexploração desses trabalhadores conhece uma contraposição em fins de 80 quando uma ação pastoral de caráter sócio-pedagógico iniciada pela Pastoral de Rua ligada à Arquidiocese de Belo Horizonte e pela Caritas Brasileira culmina com a fundação da ASMARE – Associação dos Catadores de Papel, Papelão e Material Reaproveitável – no dia primeiro de maio de 1990.

No âmbito da municipalidade, em 1990, a Coleta Seletiva é incluída na nova lei Orgânica Municipal, que estabelece a sua implantação, preferencialmente, por cooperativa de trabalhadores. A administração municipal de Belo Horizonte de 89 a 92 desenvolveu as primeiras iniciativas da Coleta Seletiva, embora de maneira tímida. Uma equipe reduzida da Superintendência de Limpeza Urbana – SLU dava apoio educativo a algumas escolas interessadas no tema e desenvolveu-se uma experiência de coleta porta-a-porta no bairro Santa Inês mas que não apresentou resultados satisfatórios. Em setembro de 1992, após muitas lutas com o poder público, a Associação dos Catadores consegue inaugurar seu galpão-sede, o primeiro galpão de triagem de recicláveis, na área central da cidade. Em dezembro do mesmo ano, um convênio de cooperação entre a Prefeitura de Belo Horizonte, a ASMARE e a Mitra Arquidiocesana é assinado, viabilizando a manutenção do referido galpão.

É a partir de 1993, entretanto, que o poder público dá um salto qualitativo ao reconhecer publicamente a importância do trabalho do catador, tanto na manutenção da limpeza pública, quanto na economia auferida ao deixar de coletar, transportar e dar destinação final ao

material coletado por esse setor informal. Em suma, o trabalho dos catadores contribui para aumentar a vida útil do aterro sanitário. Com a implantação do Programa de Manejo Diferenciado de Resíduos Sólidos da SLU, em 1993, instituiu-se o Projeto de Coleta Seletiva de Materiais Recicláveis Inorgânicos do Lixo Domiciliar, Comercial e de Serviços, incorporando os catadores como parceiros prioritários.

2. OBJETIVOS

O projeto de Coleta Seletiva em Belo Horizonte é um instrumento concreto de incentivo à redução, reutilização e separação do material para reciclagem, buscando uma mudança de comportamento principalmente em relação ao desperdício inerente à sociedade de consumo. Seu objetivo principal é minimizar a produção de rejeitos destinados ao aterro sanitário, diminuindo os impactos ambientais negativos decorrentes da geração de resíduos sólidos e propiciando benefícios sociais para a população carente.

Como objetivos específicos, destacam-se:

- geração de emprego e renda para os catadores de papel;
- valorização humana e profissional dos catadores, segmento tradicionalmente marginalizado, com melhoria das suas condições de trabalho, em especial pela instalação de galpões e pela substituição progressiva da tração humana pela coleta com caminhões;
- incentivo à redução da geração de resíduos na fonte;
- incentivo à ampliação do mercado de reutilizados e reciclados.

3. METODOLOGIA E ESTRUTURA OPERACIONAL

O projeto de coleta seletiva foi implantado em 1993 com as seguintes características:

- coleta ponto-a-ponto por meio da instalação de Locais de Entrega Voluntária – LEVs com contêineres para metal, plástico, vidro e papel para o recebimento dos recicláveis;
- incorporação dos catadores de papel como agentes prioritários da coleta seletiva, fornecendo apoio logístico, operacional e sócio-educativo à ASMARE;
- envolvimento da sociedade, com estratégias de educação ambiental e mobilização social visando colocar a população como agente propulsor da coleta, buscando adesões voluntárias, ações integradas e constituição de parcerias.

3.1 - Coleta Seletiva em parceria com os catadores

O projeto da Coleta Seletiva de recicláveis vem sendo gestado, desde o seu início, de forma participativa, com o envolvimento da ASMARE no planejamento, na execução e na avaliação do processo. A opção do modelo de coleta seletiva para Belo Horizonte, intrinsecamente relacionada ao fortalecimento efetivo de uma organização de base comunitária como a ASMARE, configura uma concepção que associa justiça social com preservação ecológica.

O Convênio firmado entre a ASMARE, a Prefeitura Municipal e a Mitra Arquidiocesana instituiu o repasse à ASMARE pela PBH, de recursos para pagamento de despesas administrativas, fretes, vales-transporte e uniformes para os associados.

Para operacionalizar a Coleta Seletiva em parceria com os catadores, a SLU alugou 2 galpões

para triagem de materiais recicláveis pela ASMARE na área central, viabilizou alguns equipamentos necessários (prensas, balanças, etc.) e construiu o anexo do galpão sede da Associação. Nesses galpões, cada catador possui um box para triagem do material coletado manualmente nas ruas em seus carrinhos. Os materiais recicláveis (papéis, plásticos e metais) coletados pela SLU nos LEVs são também encaminhados ao galpão para triagem, enfardamento e comercialização. A instalação dos galpões possibilitou a retirada de 47 pontos críticos de triagem nas ruas, com um impacto significativo na melhoria da limpeza da área central da cidade.

O gerenciamento dos galpões é realizado de forma integrada pela SLU, ASMARE e Pastoral de Rua. Todas as ações são planejadas e posteriormente avaliadas conjuntamente em reuniões sistemáticas de trabalho. A metodologia assumida pela equipe da Pastoral de Rua para o trabalho com os catadores define-se dentro das linhas da educação popular onde são propiciados espaços de reflexão e discussão dos catadores. Esses espaços variam conforme as necessidades e propostas surgidas no grupo, centrando-se na busca de soluções para problemas apresentados, com momentos de formação específica e para a vivência comunitária.

Os catadores vêm passando por um processo permanente de capacitação técnica, sendo realizados, periodicamente, cursos abordando os temas de relações humanas, limpeza pública, reciclagem, segurança no trânsito, saúde do catador e cooperativismo, na perspectiva da formação profissional do catador para o trabalho. O número de associados da ASMARE evoluiu de 31 em 1993, para 210 atualmente, entre catadores e triadores.

Ao longo desses anos, várias entidades têm-se envolvido com o trabalho, além dos parceiros históricos, Pastoral de Rua e Caritas. Um projeto aprovado junto ao Fundo Nacional do Meio Ambiente – FNMA viabilizou a confecção de 110 coletores de recicláveis no ano de 1996, dos quais 92 foram destinados à coleta de papéis, plásticos e metais. O Programa LIFE (Iniciativas Locais para o Meio Ambiente), do Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento - PNUD, criado após a Eco 92, selecionou a experiência dos catadores como um dos 5 projetos desenvolvidos no Brasil que equaciona a geração de emprego e renda para a população carente com o desenvolvimento sustentável. A realização do carnaval dos catadores, já incorporado ao calendário oficial, dá grande visibilidade ao trabalho e é também fruto de várias parcerias. Finalmente, a parceria com o UNICENTRO-Newton Paiva viabiliza assessoria nas áreas econômica, acompanhamento escolar, informática, comunicação e marketing.

3.2 - Coleta Seletiva em parceria com a Santa Casa

Uma das realizações significativas da SLU no sentido de implantar a coleta seletiva no município foi a celebração de um convênio em julho/94 com a Santa Casa de Misericórdia – o maior hospital filantrópico do Estado –, o BEMGE – o antigo Banco do Estado de Minas Gerais – e a ABIVIDRO – Associação Brasileira das Indústrias Automáticas de Vidro –, que viabilizou a instalação de 40 contêineres (modelo desenvolvido pela ABIVIDRO e confecção patrocinada pelo BEMGE), para coleta seletiva de vidros em locais estratégicos da cidade.

Os vidros depositados pela população nesses equipamentos são coletados pela SLU, sendo a

comercialização feita pela Santa Casa. Essa parceria reforçou o apelo social da coleta seletiva em Belo Horizonte.

3.3 - Locais de entrega voluntária – LEVs

Optou-se inicialmente pela Coleta Seletiva ponto a ponto, utilizando-se contêineres (ou coletores) instalados em Locais de Entrega Voluntária - LEVs, por oferecer as seguintes vantagens:

- os LEVs ficam disponíveis 24 horas para a entrega dos recicláveis;
- os materiais têm que ser separados e levados pela população até os LEVs, promovendo maior conscientização da comunidade;
- o sistema proporciona uma melhor qualidade do material reciclável.

Vários projetos de contêineres foram desenvolvidos até que se chegasse a dois modelos confeccionados em cantoneiras e tela de arame galvanizado que apresentaram custo relativamente baixo e se mostraram apropriados. Os recicláveis são separados e levados voluntariamente pela população aos Locais de Entrega Voluntária – LEVs. Uma dificuldade encontrada foi dimensionar os coletores para os diferentes tipos de materiais (papel, alumínio e plástico), com geração e pesos específicos diferenciados, coletados pelo mesmo veículo, com a mesma frequência.

Os contêineres estão localizados principalmente na região Centro-Sul, priorizada inicialmente pela maior concentração de catadores e de geração de recicláveis, facilitando o transporte do material coletado até o galpão instalado na região central.

A metodologia para implantação de LEVs, guardadas as especificidades de cada local ou situação, consiste em:

- caracterização da demanda;
- reuniões de sensibilização, palestras e treinamentos;
- vistorias nos locais indicados para instalação dos LEVs;
- definição de número de contêineres e tipos de materiais a serem coletados;
- mobilização no entorno dos LEVs com distribuição de informativos;
- formação do grupo de adotantes dos LEVs, ou seja, pessoas da comunidade que se envolvem diretamente no projeto tornando-se referência;
- planejamento da coleta;
- instalação dos contêineres;
- evento de inauguração da coleta seletiva com apresentação do “ECO-SHOW”;
- realização de oficinas de papel e sucata;
- monitoramento sistemático e revitalização do processo com informes dos resultados à comunidade;
- controle da coleta e dados de produção.

3.4 - Mobilização Social

Para viabilizar a sua atuação no âmbito educativo e mobilizatório junto à população, a SLU criou, em maio de 1993, a Assessoria de Mobilização Social – AMS, composta de técnicos de nível superior e estagiários. O trabalho educativo busca envolver os cidadãos em um processo

de cooperação e solidariedade, atuando em especial junto a setores com potencial de formar agentes multiplicadores do processo, como escolas, igrejas e instituições públicas e privadas. A SLU promove treinamentos, palestras, oficinas, visitas ao Aterro Sanitário e aos galpões de triagem e possui também um acervo especializado para consultas no Centro de Memória e Pesquisa “Rosalina Paula Barroso”. Além disso, são disponibilizados materiais educativos como cartilhas, folhetos, vídeos, etc., e recursos lúdicos como peças teatrais e músicas tratando das questões relativas ao lixo, incentivando a implantação da coleta seletiva.

Além da instalação de contêineres externos, são objeto de implantação de coleta seletiva, as instituições públicas e empresas, que naturalmente geram uma quantidade significativa de papel, principalmente na área central, buscando reforçar ainda mais o trabalho dos catadores. Nesses locais, a metodologia de trabalho é mais flexível, cabendo à SLU a formação dos agentes que irão planejar e executar o trabalho, incluindo a destinação dos materiais.

O trabalho educativo em escolas da rede pública municipal, estadual e particular é feito pela SLU desde 1993, atingindo fundamentalmente crianças e jovens. É um trabalho de educação para a limpeza urbana visando a tomada de consciência ambiental a partir dos problemas relacionados ao lixo, estimulando a criação de conselhos ambientais e a implantação da coleta seletiva. As ações se traduzem em pesquisa de trabalhos escolares no CEMP; treinamentos e palestras; apresentações de teatro, dança ou música; oficinas de papel reciclado e de confecção de objetos em sucata e visitas orientadas ao aterro sanitário, galpão de triagem entre outras atividades. Propõe-se uma crítica à lógica perversa do consumismo visando revisar valores, hábitos e comportamentos dos estudantes na perspectiva da ecologia humana.

Outro espaço privilegiado para a mobilização social no projeto de coleta seletiva vem sendo a intervenção nas comunidades religiosas. A esfera religiosa é detentora de significativa capacidade de influência sobre os diversos segmentos sociais, ao mesmo tempo em que apresenta grande receptividade a projetos de interesse social. A parceria tem sido caracterizada seja pela implantação de LEVs nos espaços públicos das igrejas e templos, seja pela sensibilização dos fiéis e pela participação em eventos promovidos pelas comunidades religiosas.

Além dos segmentos citados, é digno de menção a experiência pioneira de envolvimento da corporação militar como agente multiplicador da coleta seletiva desde 1998 e de clubes de serviços como o Lyons Clube, em 1999. Os espaços de lazer, como clubes, praças e parques e o Zoológico são também privilegiados no desenvolvimento do trabalho educativo e mobilizatório.

Em determinados momentos algumas parcerias alternativas foram tentadas com empresas privadas como a Latasa e a Remask (1995) que possibilitaram a troca de latinhas de alumínio por material escolar, e com a GERDAU (1995/96) com a instalação de caçambas para a coleta de metal ferroso que eram revertidas para o projeto Dente de Leite – um trabalho sócio-esportivo com meninos da periferia executado pela Secretaria Municipal de Esportes.

3.5 - Operacionalização da coleta

A estrutura operacional da SLU para o recolhimento dos recicláveis nos LEVs de papel, metal e plástico é composta por 3 caminhões adaptados com grade metálica para o aumento da

capacidade volumétrica e por um caminhão para serviços de instalação e retirada dos contêineres. Cada caminhão conta com um motorista e uma guarnição composta por dois garis contratados pela SLU. Hoje, a coleta seletiva de papel, metal e plástico é realizada regularmente, de acordo com 6 roteiros planejados, sendo a frequência alternada. O material coletado é levado para o galpão central, onde é pesado, depositado em boxes separados e diariamente triado, prensado, enfardado e posteriormente comercializado pela ASMARE.

Para a coleta do vidro, a SLU utiliza três caminhões basculantes adaptados com munck, numa frequência de duas vezes por semana. Os vidros são encaminhados a uma indústria de beneficiamento situada no município. Esse trabalho tem sido acompanhado sistematicamente pelos técnicos da SLU, desde sua implantação em out/94, no sentido de revitalizar a campanha buscando ampliar e aprimorar a participação da população. A quantidade de vidro depositada nos contêineres é registrada mensalmente, identificando-se os pontos de menor produção a serem alvo de campanha específica ou de possível relocação do contêiner. São realizadas, ainda, visitas aos locais onde há solicitação de contêineres e às regiões consideradas estratégicas para definição de novos locais de instalação para expansão da coleta seletiva na cidade. Atualmente, grandes doadores como motéis, restaurantes, distribuidoras de bebidas, têm participado ativamente do programa.

4. RESULTADOS

Como principais resultados da atuação da SLU, destacam-se a implantação da coleta seletiva em 4 sedes sociais de grandes clubes na cidade e em 17 praças e parques, além do Zoológico no qual foram instalados 8 conjuntos de contêineres para papel, plástico e metal e um contêiner para vidro, com realização de atividades educativas sistemáticas uma vez por semana nos finais de semana.

De 1993 a 1999 foram treinadas 321 instituições públicas e privadas, das quais 128 implantaram a coleta seletiva de papel, além de 17 órgãos da Prefeitura. Foram realizados nesse mesmo período 466 treinamento para escolas, dos quais também participaram outras entidades. É importante salientar ainda o convênio estabelecido com o SINEPE – Sindicato dos Estabelecimento de Ensino Particulares de Minas Gerais e com a ASAS Produções que está possibilitando a implantação da Coleta Seletiva em 100 escolas da rede particular de ensino a partir deste ano, em parceria com a ASMARE e a SLU. Finalmente, foram instalados LEVs em 12 igrejas, além da realização de atividades de sensibilização em várias outras.

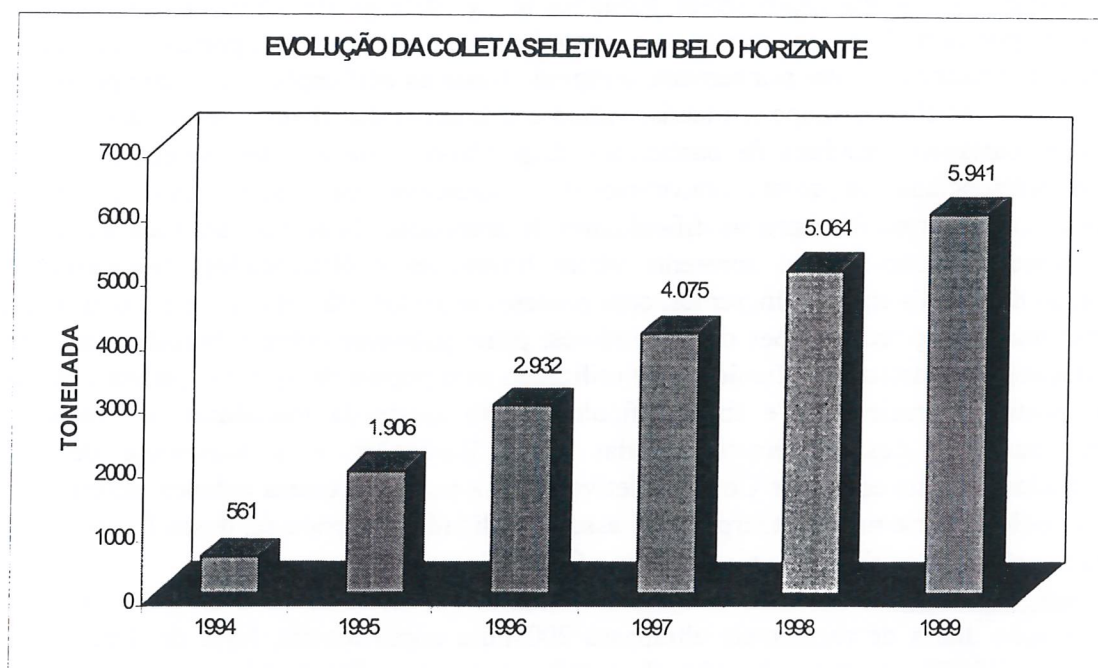
Até hoje, foram instalados um total de 391 contêineres, em 107 Locais de Entrega Voluntária - LEVs, dos quais 99 são para coleta de vidro, 91 para plástico, 91 para metal e 110 para papel.

A partir de 1999, a ASMARE passa a ter uma atuação metropolitana, absorvendo recicláveis de outros municípios; a quantidade de recicláveis torna-se mais significativa também com o aumento da produção e ampliação dos LEVs e abrem-se os horizontes para um mercado de reciclagem mais amplo com a chegada de algumas indústrias beneficiadoras na região.

Dessa forma, a consolidação do programa de coleta seletiva vem se dando sempre considerando a realidade local e num ritmo que possibilite a discussão prévia, a implementação gradual e a assimilação das ações desenvolvidas, permitindo gradativamente a consolidação da sua credibilidade junto à sociedade belorizontina.

A evolução dos materiais coletados seletivamente desde 1994 pode ser visualizada no gráfico apresentado a seguir.

Tabela 1 - Evolução da coleta seletiva de recicláveis em Belo Horizonte de 1994 a 1999



5. METAS E ESTRATÉGIAS PARA AMPLIAÇÃO

A eminência de esgotamento do aterro sanitário do município demandou a elaboração de projeto para a instalação de novo aterro, inserido na Central de Tratamento de Resíduos Sólidos de Capitão Eduardo. O licenciamento ambiental dessa Central foi condicionado à elaboração de um Plano de Gerenciamento de Resíduos Sólidos de Belo Horizonte, com ênfase na coleta seletiva e na minimização de rejeitos. Nesse novo plano de metas que está em fase final de elaboração, abre-se uma fase mais arrojada para a coleta seletiva, destacando-se os seguintes aspectos:

- 1. Incentivo à redução** da geração de resíduos com intensificação de estratégias de combate ao consumismo, à cultura do descartável e ao uso desmesurado de embalagens.
- 2. Sistema misto e integrado de coleta seletiva** que contempla a aplicação combinada das seguintes modalidades:
 - a. catadores: respeito à prática precursora da coleta seletiva onde os catadores de papel circulam com seus carrinhos puxados por eles próprios, recolhendo os recicláveis especialmente no setor comercial e de serviços, ou seja, nos centros comerciais da cidade. Esse material é levado para os galpões de triagem. Pretende-se gradualmente eliminar essa

prática, considerando-se o esforço desumano na tração humana realizada pelos catadores, que se reflete negativamente nas condições de saúde dos mesmos, além de riscos no trânsito. Entretanto, esse é um dos maiores desafios, já que com o desemprego estrutural a atividade de catação vem aumentando significativamente.

b. ponto-a-ponto: manutenção dos LEVs – Locais de Entrega Voluntária, com os contêineres instalados em locais públicos de grande fluxo de pessoas como escolas, comunidades religiosas, postos de gasolina, clubes, parques, praças, Unidades de Recebimento de Pequenos Volumes –URPVs, logradouros públicos, entre outros.

c. porta-a-porta: incorporação dessa modalidade de sistema de coleta e transporte dos recicláveis por caminhões que recolhem os materiais recicláveis porta-a-porta com frequência definida, normalmente 1 vez por semana, atingindo todas as edificações. O município participa separando os recicláveis (papéis, metais, vidros e plásticos) dos demais resíduos (alimentos, fraldas descartáveis, resíduos de banheiros), dispondo-os para a coleta seletiva, em dia e horário diferenciado da coleta convencional, estabelecido pela SLU. Esse sistema foi proposto, como forma de suprir as dificuldades de ampliação da coleta para toda a cidade, já que o sistema ponto-a-ponto apresenta várias limitações e dificuldades, destacando-se a instalação dos LEVs em ruas íngremes, com passeios estreitos, trânsito intenso e poucas áreas de estacionamento; reclamações dos moradores, principalmente sobre o barulho dos vidros; depredações e vandalismo; dificuldade de utilização pela população que não possui carro para o transporte dos recicláveis e ainda dificuldades no ajuste da frequência de coleta e no dimensionamento dos contêineres. Todas essas limitações e a existência de outras experiências bem sucedidas de Coleta Seletiva porta-a-porta em outras cidades, determinaram a opção pelo sistema misto, incorporando essa modalidade. Pretende-se, dessa forma, facilitar a participação da população e universalizar a Coleta Seletiva.

d. grandes geradores: manutenção dessa modalidade de coleta seletiva específica em locais cuja geração diária de recicláveis ultrapassa 200 l/dia como motéis, lojas de departamento, shoppings, URPVs, unidades de saúde (hospitais, postos de saúde, farmácias), entre outros.

3. Descentralização espacial do projeto atualmente concentrado na região central visando a ampliação progressiva até a universalização do sistema.

4. Incremento da Participação Social através de estratégias de mobilização social visando estabelecer ou ampliar vinculações privilegiadas com:

a. segmentos multiplicadores – fortalecimento da atuação junto a instituições que trabalham com a formação de valores como escolas, comunidades religiosas, polícias, clubes de serviços.

b. locais de lazer – atuação priorizada também em locais com grandes concentrações de pessoas em momentos de lazer, que propiciam uma receptividade maior dos frequentadores como em parques, clubes, praças de alimentação.

c. coletivos de moradia ou de trabalho – manutenção da mobilização nesses setores, devido à sua organização interna e espacial, facilitando a implantação da coleta seletiva em locais como escritórios (instituições públicas e privadas), condomínios e conjuntos habitacionais.

d. mutirões comunitários – realização de campanhas de massa em locais específicos para propiciar a coleta de grandes quantidades de recicláveis podendo ser associada às campanhas de coleta de bagulhos volumosos.

5. Massificação da campanha visando atingir a opinião pública e firmar-se em toda a cidade.

6. Geração de trabalho e renda na perspectiva da economia solidária e filantropia mantendo-se a priorização da ASMARE como principal beneficiário do projeto de coleta seletiva sem

desconsiderar as possibilidades de envolvimento de outros agentes filantrópicos ou sociais, na perspectiva da comercialização conjunta dos materiais recicláveis com as indústrias de reciclagem visando a eliminação dos intermediários.

7. Incentivo à reciclagem no que tange a medidas legais, pesquisa e expansão do mercado.

Como metas para o projeto de Coleta Seletiva propõe-se que em 5 anos Belo Horizonte passe dos atuais 3,6% de aproveitamento do lixo potencialmente reciclável para 17,5% e em 10 anos para 25%, o que significa um aumento de 900% da capacidade atual, conforme apresentado no quadro a seguir:

Tabela 2 - Situação Atual e Metas Propostas para a Coleta Seletiva

Ano	Material				Total (t/dia)	% do potencial de recicláveis	% do total dos resíduos domicilia- res e comerciais
	Papel (t/dia)	Plástico (t/dia)	Metal (t/dia)	Vidro (t/dia)			
1999	12,07	0,94	0,31	2,96	16,28	3,6	
2000	17	2	0,60	4	23,60	5,0	1,4
2001	22	4	2	5	33	6,8	1,9
2002	29	6	4	7	46	9,3	2,5
2003	41	10	8	9	68	13,5	3,7
2004	50	14	13	13	90	17,5	4,8
2005	54	18	14	14	100	19,0	5,3
2006	58	22	15	15	110	20,5	5,7
2007	62	26	16	16	120	22,0	6,0
2008	66	30	18	18	132	23,5	6,5
2009	70	33	20	20	143	25,0	6,9

Para a definição das metas foram tomadas, como referência, o programa de coleta seletiva da cidade de Curitiba/PR, que atende 100% da cidade e apresenta um percentual de separação de 18% do total de recicláveis e o de Porto Alegre/RS, que atende a 90% da população que separa cerca de 25% do potencial de recicláveis dos resíduos sólidos urbanos.

Para Belo Horizonte, foi considerada, inicialmente, a adesão de 25% da população à coleta seletiva porta a porta e a separação de 70% dos recicláveis. Espera-se que gradualmente a adesão seja ampliada para que se possam atingir as metas propostas.

O início da implantação da coleta seletiva porta a porta foi previsto para o ano 2001, devendo-se priorizar a região que apresente características mais favoráveis como a organização da comunidade, a aglutinação de grupos formadores de opinião, a proximidade do galpão de catadores e a existência de uma demanda concreta da população pelo projeto e a descentralização se fará gradativamente para as 9 regiões administrativas da cidade. Serão estimulados os pólos de reciclagem com estrutura administrativa, galpões de triagem, áreas de armazenamento e de pré-beneficiamento. Para absorver a produção atual dos recicláveis e a

ampliação prevista para 2000 e 2001, a Prefeitura Municipal já autorizou o aluguel de mais um galpão de triagem na área central com área aproximada de 1700m².

Já existem projetos em andamento para a instalação de galpões de triagem nas regiões de Venda Nova e no Barreiro. O galpão em Venda Nova será viabilizado através do cumprimento de uma das condicionantes do licenciamento ambiental do Shopping Norte, cabendo a esse empreendedor a construção de um galpão de 600m² em terreno a ser disponibilizado pela Prefeitura. Na região do Barreiro o projeto está sendo articulado em parceria com a associação dos Moradores da Vila Corumbiara e Vila Pinho com o auxílio dos padres da Paróquia do Cristo Redentor, que contrataram o projeto arquitetônico do galpão de triagem de 600m², em terreno cedido pela PBH. Serão buscados recursos externos para financiamento da construção.

Várias comunidades, principalmente de vilas e favelas têm considerado a Coleta Seletiva como uma perspectiva de geração de trabalho e renda. Entretanto, a viabilidade do processo está atrelada à infra-estrutura disponível, principalmente para a triagem, prensagem e estocagem dos materiais. Dessa forma o atendimento a essas demandas pressupõe a existência no mínimo de um local para o armazenamento dos recicláveis. Nos dois projetos em andamento as prensas e balanças serão disponibilizadas pela ASMARE que também comercializará os recicláveis. Considera-se que o Orçamento Participativo poderá vir a se consolidar como espaço de discussão e de definição da Coleta Seletiva aliada à perspectiva de geração de renda.

Na ampliação da coleta ponto a ponto com LEVs prevê-se, até 2004, a instalação de 600 coletores em 200 escolas particulares, 510 em 170 escolas municipais, 20 em 5 universidades, 400 em 10 parques municipais, 200 em 50 comunidades religiosas, 400 em 20 clubes, 400 em 100 condomínios residenciais, e 20 em 5 shoppings, totalizando 2730 coletores. O desenvolvimento de novos modelos de contêineres adequados aos vários espaços públicos e privados, de acordo com os tipos de atividades desenvolvidas, é de grande importância para o aprimoramento da Coleta Seletiva. Nesse sentido, uma das propostas é a realização de concursos de projetos de contêineres para recicláveis.

Os grandes geradores que ultrapassam 200 l/dia serão objeto de uma estratégia especial de envolvimento e adesão ao projeto. Para a coleta de vidro em hotéis, restaurantes, motéis, mercados central e distritais prevê-se a articulação para a coleta direta feita pela iniciativa privada como é o caso atual da Cacolimpo, com a possibilidade também de instalação de contêineres. Para a coleta de papel deverão ser articuladas copiadoras, lojas de departamento, shoppings, etc., para que a coleta seja feita pela ASMARE. Para a coleta de alumínio, foi prevista a instalação de contêineres com amassadores acoplados aos mesmos, em praças de alimentação de shoppings.

Para o trabalho educativo de implantação da Coleta Seletiva porta-a-porta, deverá ser criada logomarca específica, programação visual dos caminhões e outros instrumentos de comunicação. A criação de eventos midiáticos, que tem sido uma estratégia de atração espontânea da mídia, continuará sendo um recurso fundamental para manter a campanha presente no imaginário da cidade.

Uma ação importante para condução do projeto na SLU foi a instituição recente do Fórum

Permanente da Coleta Seletiva, com representantes de diferentes setores da autarquia, visando, principalmente, estabelecer as interfaces do trabalho e potencializar as ações.

Como observação final, cabe salientar que as estratégias idealizadas para o desenvolvimento do Plano proposto apoiam-se principalmente na experiência acumulada nesses 7 anos de prática com a cidade, nas elaborações dela tiradas, na familiaridade teórica e no contato com outros experimentos do gênero do Brasil e no exterior. São reiteradas metodologias em curso visando a sua expansão, mas são também incorporados desenhos de outros enfoques buscando alcançar metas em conformidade com cenários esperados ou desejáveis. Isso, sem dúvida, representa um balizamento estratégico que se submete a ajustes e mudanças ligadas à construção histórica do empreendimento: surgimento de oportunidades, possibilidades financeiras, criatividade da equipe, contingências de ordem política, para citar apenas alguns dos aspectos que terão que ser permanentemente monitorados ao longo do processo.

THE UNIVERSITY OF CHICAGO
DEPARTMENT OF THE HISTORY OF ARTS
AND ARCHITECTURE
1100 EAST 58TH STREET
CHICAGO, ILLINOIS 60637
TEL: 773-936-5000
WWW.HA.UCHICAGO.EDU

A EXPERIÊNCIA DE PORTO ALEGRE NA COLETA SELETIVA E RECICLAGEM DE RESÍDUOS SÓLIDOS DOMICILIARES

Bióloga SÂNDHYA ALVES PEREIRA
Assessora Ambiental
PREFEITURA MUNICIPAL DE PORTO ALEGRE
DEPARTAMENTO MUNICIPAL DE LIMPEZA URBANA
Av. Azenha, 631 – CEP 90160-001 – POA/RS
Fone/fax: (51) 217-9111
e-mail: sandhya@dmlu.prefpoa.com.br
ou
sandhya@conex.com.br

1. APRESENTAÇÃO

Porto Alegre é a capital do Rio Grande do Sul – Estado mais ao sul do Brasil - situada no extremo meridional. Tem 1,3 milhão de habitantes. Foi eleita pela ONU como a metrópole de melhor qualidade de vida do país, com rede de água para 99% da população, rede de esgoto para 82%, e coleta de lixo para 100% dos moradores.

O Departamento Municipal de Limpeza Urbana é uma autarquia da Prefeitura Municipal, que administra R\$ 67,7 milhões anuais, equivalentes a 7,4% do orçamento municipal. É o responsável pela limpeza de Porto Alegre, através dos serviços de coleta (domiciliar, hospitalar, empresarial, industrial), manejo e destino final dos resíduos gerados na cidade, capina e varrição das vias públicas, pintura de meios-fios, lavagem de logradouros, limpeza de praias e manutenção dos sanitários públicos.

O Serviço de Coleta Seletiva em Porto Alegre é uma experiência bem sucedida, que completará 10 anos em julho do ano 2000 e que compõe a política de Gerenciamento e Tratamento Integrado de Lixo da cidade, juntamente com os demais projetos: Aterro Sanitário da Extrema, Aterro Sanitário Santa Tecla (consórcio); Aterro de Inertes; Central de Podas com Compostagem Verde; Gerenciamento de Resíduos de Serviços de Saúde; Reaproveitamento de Orgânicos para Suinocultura; Usina de Compostagem e outros.

2. DIAGNÓSTICO

Porto Alegre teve "lixões", durante 40 anos consecutivos, como forma de destino final para os resíduos produzidos pela população. No Brasil, a partir da década de 70, com o agravamento da crise econômica, milhares de pessoas, abalados pelo estado de miséria passaram a buscar no "lixo" a sua forma de sobrevivência.

No final dos anos 80, Porto Alegre possuía 2 lixões que recebiam todo o lixo produzido na cidade. O lixão da zona norte, que recebia 80% do lixo, estava esgotado e tinha o problema da presença permanente de até 600 catadores, que retiravam do ambiente, insalubre pelo lixo descoberto, e perigoso pela circulação dos caminhões e máquinas pesadas, o meio da sua subexistência - comida e comércio de recicláveis. A grande maioria (74%) dos catadores era proveniente do meio rural, desempregados, com pouca qualificação profissional, analfabetos e moradores das vilas da área periférica do ex-lixão.

A competição pelo lixo estimulava a criminalidade e a violência. O lixão da zona sul, que recebia os 20% restantes, estava com o acesso interditado pelos moradores das imediações, que não mais suportavam os transtornos decorrentes deste depósito de lixo.

A capital do Estado estava sem local para dispor seus resíduos e, em abril de 1990, o Prefeito decretou “estado de calamidade pública” na capital gaúcha.

A dimensão dos problemas do lixo inserido no contexto social e ambiental do Município justificavam a elaboração de alguns projetos específicos. Foram, então, simultaneamente, desenvolvidos vários projetos como a recuperação ambiental do lixão da Zona Norte, o resgate social e a organização para o trabalho dos catadores e a implantação da coleta seletiva nos bairros, vilas, condomínios, escolas, hospitais, empresas e órgãos públicos.

O Programa de Coleta Seletiva de Lixo foi um dos projetos mais importantes do Sistema de Gerenciamento e Tratamento Integrado do Lixo de Porto Alegre, pois promoveu o resgate social dos catadores dos antigos lixões.

3. PROJETO

Em 1989, novos conceitos começaram a ser introduzidos no modelo de gestão do DMLU. O lixo começou a ser abordado sob a ótica e princípios da Educação Ambiental, que apontam o cidadão como gerador do problema e como parte da sua solução.

O paradigma da sustentabilidade tem que ser a meta do homem, que consome os bens da natureza sob a forma de produtos e devolve-os sob a forma de lixo. É, portanto, necessário

Em junho de 1990, o Programa de Coleta Seletiva de Lixo foi implantado no primeiro bairro, o Bom Fim, com o objetivo de se estender gradativamente e realizar a coleta porta a porta, além de criar postos de entrega voluntária. Os portoalegrenses adotaram o vocabulário SECO (para os materiais recicláveis) e ORGÂNICO (para os materiais não recicláveis).

Todo o trabalho de sensibilização realizado junto à população, antes da implantação da Coleta Seletiva na cidade, se fez via Educação Ambiental. A Coleta Seletiva foi justificada como uma necessidade fundamental do gerenciamento integrado do lixo da Capital, que minimizava problemas ambientais e sociais.

Em nenhum momento foi discutida alguma forma de incentivo, para que a população separasse o seu lixo. A coleta seletiva não foi “negociada”. As pessoas modificaram sua relação com o lixo, na medida em que começaram a se sentir co-responsáveis pelas soluções. E como não existe o incentivo ou troca, a conscientização acontece em todas as categorias sociais.

Por iniciativa própria e com recursos próprios, o DMLU construiu a primeira Unidade de Reciclagem, a fim de abrigar o grupo dos antigos catadores de lixões, recém organizado, que realizava a separação e classificação de cada fração do lixo seco.

O incentivo à cooperativização ou associação objetivava a humanização das condições de trabalho, pela saída do lixão e a criação de um trabalho coletivo, organizado e disciplinado. Os catadores do antigo lixão passaram a receber as primeiras cargas de coleta seletiva provenientes do início da implantação da Coleta Seletiva. Eles começavam a se familiarizar com o material pré-selecionado pela população e com seu novo valor comercial, em razão de estar contaminado pelo lixo orgânico. Entre 1991 e 1996 foram criadas oito Associações. Nestas associações existe um galpão chamado Unidade de Reciclagem.

A partir de 1990, Porto Alegre foi se tornando referência para as demais capitais brasileiras, pois emergiu do quadro de colapso e calamidade dos lixões, para um Sistema de Gerenciamento e Tratamento Integrado do Lixo e adotou a Coleta Seletiva como um instrumento de Educação Ambiental e Resgate Social.

Em junho de 1993, após o processo de organização social dos catadores , e constituição da sua associação, a prefeitura construiu um galpão , equipado com prensa, balança, cozinha e sanitários, no qual os catadores passaram a desenvolver as suas atividades. A técnica, até hoje adotada, consiste no processo de recepção e triagem manual dos materiais recicláveis , que são separados pela população e coletados pelo DMLU; classificação, prensagem e armazenamento para comercialização junto aos depósitos, ou até mesmo indústrias, dos respectivos materiais.

Em agosto de 1996 a Coleta Seletiva estava a disposição de 100% da cidade e, atualmente, conta com a adesão de 97% da população.

Um projeto de Coleta Seletiva não depende apenas da iniciativa do órgão gerenciador da limpeza urbana e da ação de alguns de seus técnicos. Para ser bem sucedido, é necessária a participação ativa da população. São protagonistas os que geram e segregam, os que triam, os que compram o reciclável como matéria-prima, os que reciclam e os que consomem o produto reciclado.

4. OPERACIONALIZAÇÃO

- **4.1 EQUIPAMENTOS, PESSOAL E CUSTOS**

O serviço de Coleta Seletiva de Porto Alegre atende atualmente 97% da população e está implantada em 100% da cidade (150 bairros e vilas).

É um serviço de coleta domiciliar realizado por equipamentos próprios e pessoal especialmente treinado para interagir e orientar a população.

Tem 110 funcionários, entre os quais 29 motoristas, 34 garis próprios e 45 garis contratados. Esta equipe está envolvida desde o planejamento à execução do serviço, e também são responsáveis pela destinação do lixo e pelas relações cotidianas com as unidades de reciclagem dos galpões dos recicladores.

A CS emprega 27 veículos coletores. São recolhidas pela Coleta Seletiva, cerca de 60 t/dia de lixo seco, além de outras 125 t/dia que, segundo pesquisa desenvolvida pela UFRGS, são retiradas das ruas por grupos de papeleiros, carroceiros ou carrinheiros que atuam nas calçadas, principalmente junto ao comércio.

Porto Alegre apresenta um dos maiores índices de rendimento da coleta seletiva, em termos de quantidade de lixo coletado proporcional à população. As 185 t/dia, disponibilizadas, representam uma adesão em torno de 62%.

O serviço de Coleta Seletiva, em Porto Alegre, foi desenvolvido apenas com recursos próprios da Prefeitura e é operado a um custo de R\$76,67/t de lixo seco recolhido, o que corresponde a 2,3% de custo no orçamento do DMLU. Este baixo custo pode ser justificado pela otimização da frota, ou seja, frota pequena para volume coletado e carrocerias ampliadas, mas o fator principal é não estar inserido neste custo os gastos com a triagem .

A Coleta Seletiva de Porto Alegre é gratuita, para a população.

- **4.2. METODOLOGIA DE IMPLANTAÇÃO, REFORÇO E EXPANSÃO**

A Coleta Seletiva atua sobre 3 eixos: bairros e vilas; unidades isoladas; e containerização (PEVs). A metodologia de implantação do sistema foi específica para cada eixo.

- 4.2.1. bairros e vilas**

Nos bairros, procurou-se atingir todos os moradores individualmente, de porta em porta, e através de suas entidades, associações, escolas e outras organizações.

Nas vilas foram obedecidas as características individuais de cada uma, considerando-se que o nível organizacional é maior do que nos bairros e que as ações são mais comunitárias.

4.2.2. unidades isoladas

As unidades isoladas foram trabalhadas como os grupos anteriores, mas possuem dias específicos, pré-estabelecidos para a coleta que pode ser executada independente, exceto para aqueles casos em que o volume de material é pequeno e, portanto, é comportado na própria coleta seletiva semanal do bairro a que pertence.

4.2.2.1. escolas e rede de ensino

Na medida em que o serviço de coleta seletiva de lixo foi sendo implantado nos bairros e vilas, automaticamente muitas escolas introduziram o projeto. Atualmente a metodologia de reforços é o DMLU ministrar cursos para a formação de multiplicadores, realizar oficinas com os alunos, e promover visitas técnicas às Unidades de Reciclagem e Aterro Sanitário, como etapa complementar do trabalho nas escolas, em ônibus próprio que foi adquirido especificamente para esta finalidade.

4.2.2.2. hospitais

O serviço de coleta seletiva hospitalar faz parte de um projeto de gerenciamento interno de resíduos de serviços de saúde, que orienta para a separação dos resíduos na origem, em três categorias básicas, das quais uma delas é a dos materiais recicláveis (LIXO SECO).

A implantação da coleta seletiva nesses locais ocorre mediante treinamentos realizados por técnicos do DMLU, do qual deve participar todo o efetivo do órgão.

4.2.2.3. condomínios

A coleta seletiva é implantada nos condomínios, através dos síndicos e zeladores dos blocos e, posteriormente, com distribuição de folhetos explicativos em reuniões de condomínio. O DMLU ministra cursos de formação de multiplicadores para síndicos e zeladores.

4.2.2.4. órgãos públicos

A implantação da coleta seletiva nesses locais ocorre mediante treinamentos realizados por técnicos do DMLU, do qual deve participar todo o efetivo do órgão.

4.2.2.5. empresas

A metodologia de implantação é a mesma utilizada nos órgãos públicos.

4.2.3. Sistema de PEV's (Postos de Entrega Voluntária):

O sistema de PEVs consiste na colocação de containeres específicos para o LIXO SECO, em diversos pontos da cidade, nos quais a população o dispõe por meios próprios. Este sistema é adequado para atendimento em locais vigiados, com grande produção de lixo em área concentrada e grande fluxo de pessoas ou para aliviar o armazenamento doméstico semanal.

Atualmente o DMLU está renovando este sistema, com a implantação de 29 postos espalhados pela cidade, através da campanha denominada *Recicle Que Dá Certo*.

• 4.3. CAMPANHAS E DIVULGAÇÃO

O DMLU adota campanhas e métodos de divulgação das mesmas, em cada ação nova referente à Coleta Seletiva. Isto é importante para despertar e envolver a comunidade com o que está acontecendo.

4.3.1. campanhas

Ao longo de dez anos o DMLU nominou suas campanhas para Coleta Seletiva:

- Dê um Bom Fim ao Seu Lixo;
- Lixo Separado – Ambiente Poupado;

- Lixo prá Cá - Lixo prá Lá;
- Lixo – Eu sei o Lugar Certo;
- Tratando o Lixo com Consciência;
- Um Lixo que não é de se Jogar Fora;
- Vale a pena Reciclar;
- Porto Alegre Sabe de Sobra;
- Recicle-se separando seu Lixo;
- Tudo que sobrar tem seu lugar;
- Se dá trabalho Limpar, o melhor é não Sujar;
- Recicle que Dá Certo.

4.3.2. divulgação

- contatar entidades e grupos organizados dos bairros;
- divulgar, através de jornais de bairro, praças, escolas, associações de moradores;
- apresentação de vídeos e outros áudio-visuais sobre o tema para a comunidade;
- divulgação através de carro som;
- colocação de faixas nas ruas do bairro;
- distribuição de cartilhas, de porta em porta dos bairros, indicando o dia e horário da coleta seletiva, inclusive para o comércio, diretores de escolas, síndicos ou zeladores;
- divulgação na imprensa (televisão, rádio e jornais);
- atividades artísticas envolvendo a comunidade e apresentação de peças teatrais, caminhadas pelo bairro, exposição de obras dos artistas sucateiros.
- comemorações públicas, com a comunidade, visando a Educação Ambiental, em datas como: Semana de Porto Alegre, Dia do Planeta Terra, Dia do Gari, Semana do Meio Ambiente, Aniversário da Coleta Seletiva, Festa Junina, Semana Farroupilha, Semana da Primavera, Semana da Criança, Semana Interamericana da Água e Porto-Verão.

• 4.4. SEPARAÇÃO

Na categoria de lixo SECO, incluem-se os papéis, plásticos, vidros e metais. É interessante observar que, de uma maneira crescente, a população vem tendo cuidados com a qualidade do material separado (papéis e papelões limpos, e recipientes rígidos lavados), bem como com o seu acondicionamento (vidros quebrados enrolados em jornal ou em caixas de papelão, e tampas de latas abertas com abridor enfiadas para o interior da mesma).

É, portanto, o gerador, o responsável pela separação e armazenamento dos seus resíduos, na fonte geradora, nas categorias SECO e ORGÂNICO.

• 4.5. COLETA

A coleta dos materiais é feita pelo DMLU, com equipamentos próprios, nos bairros, vilas, escolas, órgãos públicos, empresas e pequenos condomínios é realizada uma vez por semana, em dia e turno pré-estabelecido e de conhecimento da comunidade local. Nos maiores geradores a frequência da coleta é estabelecida pela capacidade física da área para armazenamento dos materiais.

• 4.6. TRIAGEM

As 60 toneladas diárias de materiais recicláveis, que o DMLU recolhe diariamente, são destinadas a 8 (oito) Unidades de Triagem, criadas entre 1990 e 1996, nas quais trabalham 380 pessoas (indiretamente, 1520 descendentes e familiares destas pessoas também se beneficiam) que são responsáveis pela recepção, triagem, enfardamento, pré-beneficiamento e comercialização.

Estas Unidades de Triagem consistem de associações de catadores, formalmente constituídas e autônomas, as quais se formaram, na sua maioria, a partir de papeleiros de rua,

catadores de antigos lixões e adolescentes marginalizados. Contam com uma estrutura física de um galpão, geralmente de madeira, munido de cestos para catação manual e equipamentos, tais como balanças, prensas e picotadores de plástico e papel.

5. COMERCIALIZAÇÃO PARA RECICLAGEM

O DMLU é responsável pela implantação do sistema de coleta seletiva na cidade e as Unidades de Triagem pelo destino final do lixo seco coletado. Todo o rendimento financeiro da comercialização é das Unidades de Triagem, revertendo-se em uma renda mensal de 1 a 2 salários mínimos por catador.

A separação de materiais do lixo, na origem, agrega valor aos materiais recicláveis. Entretanto, se não houver mercado, ou seja, a indústria recicladora e o consumo do produto reciclado, o processo é interrompido.

Antes de uma Prefeitura decidir se vai estimular ou implantar a segregação de materiais, visando à reciclagem, é fundamental verificar se existe na região mercado para que possa haver escoamento desses materiais, por venda ou doação.

Porto Alegre se privilegia pela presença das inúmeras indústrias recicladoras na sua região metropolitana, a maioria nos municípios satélites e não na capital. Existem indústrias recicladoras para quase todos os materiais coletados. A situação do mercado é estável para: papel, papelão, plásticos em geral, metal ferroso, alumínio, cobre e vidro. Flutuante para: PEBD. Irrisório para: isopor, multicamada, louça e tecidos.

Todas as vendas são feitas para a Região Metropolitana, em distâncias que variam de 5 a 30 Km das Unidades e sempre o comprador é o responsável pelo transporte.

A oscilação do mercado reflete na composição do rejeito, que varia entre 25 e 30%.

Os materiais mais difíceis de serem vendidos são as sacolinhas de supermercado, na categoria dos plásticos moles.

Em geral, as Unidades não tem queixas sobre dificuldades de venda. O intermediário ou atravessador leva tudo o que a Unidade tiver produzido dentro daquela periodicidade combinada. O número de trabalhadores em cada Unidade e o seu ritmo de produtividade é que vai se estabelecer a periodicidade e o volume da compra.

Os materiais triados nas Unidades de Reciclagem são comprados diretamente pelas indústrias ou por intermediários, proprietários de depósitos, que os beneficiam e revendem para as indústrias. Os compradores exigem que os materiais estejam livres de impurezas, prensados ou enfardados (exceto no caso dos vidros), com cargas acima de 2 ou 3 toneladas. Eles são os responsáveis pelo recolhimento e transporte, a partir das Unidades de Reciclagem, exceto para alguns casos nos quais os cacos de vidro são acondicionados em containeres do DMLU e, pelo próprio, levados até a indústria.

A dinâmica de trabalho, a comercialização e a forma de distribuição da receita é definida e administrada pelas próprias associações. O DMLU desenvolve um trabalho de assessoria às Unidades de Reciclagem e acompanha e administra os dados de produção, comercialização e outros.

No final de 1998, foi constituída oficialmente uma Federação de Recicladores, que dá aos associados maior poder para negociar a venda do material às indústrias. Atualmente está em obras uma Usina de Reaproveitamento do Plástico, que beneficiará o plástico triado em todas as Unidades. E um projeto de uma Central de Vendas, que é apresentada, por todas as Unidades, como a medida que irá resolver os eventuais problemas em relação a comercialização, pois possibilitará o armazenamento das grandes quantidades exigidas pelas indústrias e eliminará, em todos os casos, o intermediário. Outra vantagem apontada é poder

armazenar o material respeitando sua sazonalidade de valor comercial, por insuflação do mercado para determinado produto.

• 5.1. MATERIAIS COMERCIALIZADOS

A tabela I – Anexo I – apresenta os materiais que são comercializados nas Unidades de Triagem, com os seus respectivos valores mínimos e máximos de comercialização.

6. COMPOSIÇÃO DO LIXO SECO DE PORTO ALEGRE

Porto Alegre gera, diariamente, 1600 t de lixo. Destas, 900 t são de lixo domiciliar e, em média, 300 t são de materiais recicláveis.

O gráfico I – Anexo II – apresenta a composição do lixo seco de Porto Alegre, em abril de 2000.

7. RESULTADOS

- SOCIAL - pessoas com a esperança e a vontade de viver retomadas, com a auto-estima recuperada, com identidade adquirida e em processo de construção profissional.;
- AMBIENTAL - recuperação do antigo lixão da zona norte; adoção o sistema de aterro sanitário, como forma de destino final; implantação da Coleta Seletiva; desencadeamento do Sistema de Gerenciamento Integrado dos Resíduos Sólidos de Porto Alegre.;
- SAÚDE – retirada dos catadores do lixão, local insalubre, com proliferação de vetores e sem água potável; - inserção de atividades com a postura ereta, dentro das Unidades de Triagem;
- COMUNIDADE - participação da população geradora, no processo de separação dos resíduos, em seco e orgânico; constituição de associações de recicladores, formadas por população de baixa renda, ex-catadores de lixões e papaleiros de rua;
- ECONOMIA - geração de emprego e renda para os recicladores, através das associações de recicladores; incentivo às indústrias recicladoras;
- MUNICÍPIO - indicação da cidade de Porto Alegre, pela ONU, como a metrópole brasileira com a melhor qualidade de vida, onde os indicadores do gerenciamento e tratamento adequado dos resíduos sólidos produzidos estão incluídos, através de: coleta de lixo regular em 100% da cidade, incluindo áreas de difícil acesso; coleta seletiva em todos os bairros; destinação final adequada para os resíduos.

8. LEGISLAÇÃO

Em Porto Alegre, a Coleta Seletiva é prevista na Lei Complementar nº 234, de 16 de janeiro de 1990, que institui o Código Municipal de Limpeza Urbana, em seu CAPÍTULO I, Art. 6º, mas é a Lei Complementar nº 274, de 10 de outubro de 1990, que obriga a coleta seletiva em todo o Município.

O DMLU começou, em junho de 1997, a notificar os condomínios nos quais não é feita a separação em lixo SECO e ORGÂNICO, para, posteriormente, se estender aos demais geradores.

Entrada: / /
Indicação:
Aquisição:
Preço:
Tombado em : / /

Anexo I - TABELA I
MATERIAIS COMERCIALIZADOS

MATERIAL	VALOR MÍNIMO/t Em R\$	VALOR MÁXIMO/t Em R\$
PAPEL BRANCO	160,00	250,00
PAPEL JORNAL	60,00	130,00
PAPEL MISTO	20,00	90,00
PAPEL CRAFT	140,00 *	
PAPELÃO	80,00	150,00
MULTICAMADA	40,00	65,00
SUCATA DE FERRO	30,00	40,00
ALUMÍNIO – panelas	650,00	1400,00
ALUMÍNIO – bandejas	200,00	700,00
ALUMÍNIO – latinhas	560,00	1450,00
ALUMÍNIO – perfis	1700,00 *	
METAIS	300,00	700,00
RAIO X	200,00	600,00
COBRE – fio com capa	200,00	800,00
COBRE – fio sem capa	400,00	1900,00
COBRE	1300,00	1900,00
ANTIMÔNIO	200,00	700,00
INOX	400,00 *	
PLÁSTICO MISTO	130,00	180,00
PET BRANCO	220,00	280,00
PET VERDE	220,00	260,00
SACOLAS	50,00	130,00
SAQUINHOS	130,00	170,00
COPINHOS	150,00	170,00
PVC	70,00	500,00
TAMPINHAS	200,00	380,00
ISOPOR	50,12 *	
BAMBONAS – (unidade)	0,10	0,35
CARTUCHO gr (unidade)	1,00	6,00
CARTUCHO pq (unidade)	0,80	3,00
PLÁSTICO MOÍDO	500,00 *	
VIDROS – cacos	20,00	55,00

Fonte: DMLU-Assessoria Ambiental

* preço único