ROBINSON SALATA

Programa de incentivo à destinação correta do vidro

Tese apresentada à FAUUSP para obtenção do título de doutor

Área de concentração: Design e Arquitetura

Orientador: Prof. Dr. Carlos Alberto Inácio Alexandre

SÃO PAULO

2008

AUTORIZO A REPRODUÇÃO E DIVULGAÇÃO TOTAL OU PARCIAL DESTE TRABALHO, POR QUALQUER MEIO CONVENCIONAL OU ELETRÔNICO, PARA FINS DE ESTUDO E PESQUISA, DESDE QUE CITADA A FONTE.

E-MAIL: rsalata1@uol.com.br

Salata, Robinson
S161p Programa de incentivo à destinação correta do vidro /
Robinson Salata. - - São Paulo, 2008.
344 p. : il.

Tese (Doutorado - Área de Concentração: Design e
Arquitetura) – FAUUSP.

Orientador: Carlos Alberto Inácio Alexandre

1.Embalagens 2.Vidro 3.Vidro – Reciclagem 4.Vidro -
Reuso 5.Agregados 6.Mobiliário urbano I.Título

CDU 659.154

Agradecimentos

Agradeço, primeiramente, a todos aqueles que acreditaram no meu trabalho e me estimularam a concluí-lo.

E foram muitos... a começar pelos professores que tiveram a paciência de me aturar, pela terceira vez, nos bancos da pós graduação. A primeira vez foi durante o mestrado. A segunda foi quando ingressei no doutorado e não consegui concluí-lo no prazo regulamentar.

Mas o que aparentemente se apresentava como uma perda em minha vida acadêmica, quase 20 anos depois se transformou em acúmulo.

Todas as opções que tive que tomar durante esse período, quase todas elas desembocando no adiamento da construção da minha tese de doutorado, não foram em vão.

Acumulei, como pessoa e como profissional, experiências que me permitem hoje atuar de maneira mais segura e conseqüente.

Não seria justo esquecer que minha família não aguentava mais me ver sofrendo com essa história do doutorado. Eles realmente pegaram no meu pé nestes últimos anos e me ajudaram a alcançar o resultado que ora apresento.

A minha lista de agradecimentos é infindável, até porque o tempo foi muito longo. Não poderia deixar de agradecer aos meus colegas da FAUUSP, assim como aos professores que militam em outras instituições de ensino superior e com os quais tive a oportunidade de conviver e de aprender.

Eles foram os primeiros a impedir que eu jogasse a toalha, particularmente o meu grande amigo e orientador o Professor Carlos Alberto Inácio Alexandre. Todos, sem excessão, acreditaram no tema do meu trabalho e me ajudaram das mais diversas maneiras a concluir esta tese. Alguns com sugestões de textos, sites e autores, outros indicando massagista, pai de santo e outras coisas mais. Tudo para que eu não desistisse e me mantivesse alerta e produzindo.

Um agradecimento especial ao meu orientador, o prof. Carlos Alexandre, que me acolheu quando precisei de apoio dentro da universidade, e que não me deixou baixar a guarda em momento algum. A ele, ainda, pelo exemplo de perseverança e de alegria que sempre demonstrou perante a vida.

A não ser para o meu orientador, não irei agradecer nominalmente sob risco de esquecer muitos daqueles que contribuíram decisivamente para que eu concluísse este trabalho.

Resumo

Muitas das ações e das preocupações orientadas para a destinação mais correta dos resíduos sólidos urbanos, particularmente do vidro de embalagens, acabam por não se concretizarem pela falta de informações básicas, geralmente muito simples e que podem ser disponibilizadas com facilidade.

Neste trabalho propomos o desenvolvimento de um programa que incentive os usuários de embalagens de vidro a não descartarem, de maneira indiscriminada e inconsciente, este material.

Trata-se, portanto, de um programa de incentivo que busca apoiar, técnica e informacionalmente, todos aqueles que hoje são consumidores de embalagens de vidro, embora não tenham como garantir o retorno deste material às recicladoras ou à indústria vidreira.

Este trabalho pretende se constituir em um instrumento de apoio a uma atuação mais correta das municipalidades e/ou instituições, na busca de uma destinação mais eficiente das embalagens de vidro consumidas em suas áreas de atuação.

Apesar da indústria vidreira afirmar que tem capacidade instalada para reciclar todo o vidro produzido no Brasil, é sabido que mais da metade da produção anual de embalagens de vidro não retorna às fábricas de vidro.

A razão principal é que não há comprador de caco de vidro para as cidades localizadas a mais de 500 km dos centros de produção.

A proposta desenvolvida neste trabalho, para aquelas cidades e regiões mais distantes dos centros de produção de vidro e das recicladoras, prevê o reaproveitamento do vidro de embalagens na produção de artefatos de concreto.

O vidro, adequadamente preparado, será utilizado como agregado na composição do concreto em substituição à areia e ao pedrisco.

Para tanto desenvolvemos, em conjunto com a Escola Politécnica da USP, um estudo de composição de traços especialmente elaborados para esta finalidade. Este novo material será utilizado na produção local de peças de mobiliário urbano e de componentes de infra-estrutura.

Além disso, para quem tiver interesse em produzir com este novo concreto, disponibilizamos um conjunto de desenhos que incluem as peças de mobiliário urbano e de infra-estrutura, bem como as respectivas formas, armaduras e demais especificações técnicas.

Abstract

Many actions and concerns that aim the proper destination of urban solid waste, guided to most correct glass packing management, do not get success due to the lack of adequate and very simple basic informations, which can be easily afforded .

Trying to minimize the effect of the indiscriminate or unconscious discharge that conduct to an inadequate glass packing management, we developed and suggest a program which main purpose is to incentive the consumer consider other possibilities for it use.

This program incentive and give support to all glass packing consumers estabilishing a technical and knowledge system analysis, although we do not have the guarantee that this kind of waste will return to the glass industry or to the recycling one.

Our intention with the present work is to estabilish a feasible support instrument to its aplication, by municipal or others institutions, in effective actions for the glass packages managements.

The representants of the brazilian glass industry declares that their recycle capacity is for the entire production, but we know that more than fifty percent of the anual glass packing production do not return to the glass industry.

We believe that the main reason for this effect is the inexistence of glass fragment buyers placed more than 500 km away from the production centres.

In the present work we suggest to these municipalities and others institutions placed far away from the glass production centres or from the recycles industries units, the inclusion of the glass packing reutilization by the concrete industries in its artifacts production.

For this purpose we established, in association with the Escola Politécnica da USP, Brazil, an experimental work analysing the mixing concrete composition using the glass fragments in substitution of sand and gravel.

This new mixing will be used in a local production of urban furnitures.

For this purpose we added, in the present work, the drawings, shapes and its frameworks for who wants to produce urban furnitures with this new mixture.

Lista de Figuras

<i>Figura 1. Fluxograma de gerenciamento dos resíduos sólidos urbanos - RSU</i>	<i>65</i>
<i>Figura 2. Distribuição granulométrica do vidro analisado.....</i>	<i>218</i>
<i>Figura 3. Variação dimensional em corpos-de-prova expostos à solução 1N de NaOH a 75 °C.....</i>	<i>223</i>
<i>Figura 4. Variação dimensional em corpos-de-prova de traço 1:4 com agregado de areia, vidro e misto areia-vidro, expostos à água a 75 °C</i>	<i>224</i>
<i>Figura 5. Imagem por elétrons retro-espalhados mostrando fissura na superfície sobre corpo-de-prova de agregado de vidro exposto à solução NaOH</i>	<i>227</i>
<i>Figura 6. Imagem de elétrons secundários da interface agregado de vidro e pasta de cimento, mostrando fissura (solução NaOH)</i>	<i>228</i>
<i>Figura 7. Imagem de elétrons secundários de corpo-de-prova de agregado de vidro submetido à água aquecida, mostrando grão de vidro em cavidade na pasta de cimento</i>	<i>228</i>
<i>Figura 8. Mapeamento por Raios X da imagem anterior</i>	<i>229</i>
<i>Figura 9. Mapeamento por Raios X da superfície do corpo-de-prova de argamassa de vidro submetido à água aquecida</i>	<i>229</i>

Lista de Tabelas

<i>Tabela 1. Municípios com serviços de limpeza urbana e/ou coleta de resíduos</i>	<i>49</i>
<i>Tabela 2. Composição percentual média ponderada, em peso, dos RSDV coletados na cidade de São Paulo - 2003</i>	<i>55</i>
<i>Tabela 3. Geração de resíduos sólidos industriais no Brasil por classe de periculosidade</i>	<i>68</i>
<i>Tabela 4. Quantidades e porcentagens de RSU dispostos em aterros</i>	<i>69</i>
<i>Tabela 5. Municípios do Estado de São Paulo com mais de 200 mil habitantes</i>	<i>71</i>
<i>Tabela 6. Geração de RSD nos municípios da PMSP em 2003</i>	<i>74</i>
<i>Tabela 7. Quantidades de RSDV, RSSS e RSIE coletados no município de São Paulo em 2003</i>	<i>78</i>
<i>Tabela 8. Tratamento, transbordo e disposição final dos RSDV, RSSS e RSIE coletados no município de São Paulo em 2003</i>	<i>79</i>
<i>Tabela 9. Composições químicas da crosta terrestre e do vidro comum</i>	<i>172</i>
<i>Tabela 10. Reciclagem de vidro de mebalagem em 2005/2006</i>	<i>174</i>
<i>Tabela 11. Índice de reciclagem de embalagem em vários países</i>	<i>175</i>
<i>Tabela 12. Perfil do segmento de embalagem de vidro</i>	<i>181</i>
<i>Tabela 13. Produção e reciclagem do vidro de embalagem</i>	<i>181</i>

<i>Tabela 14. Consumo de vidro no Brasil - volume e unidades</i>	<i>185</i>
<i>Tabela 15. Preço do material reciclável</i>	<i>189</i>
<i>Tabela 16. Projeção do consumo de embalagens de vidro por regiões do Brasil</i>	<i>190</i>
<i>Tabela 17. Consumo aparente per cápita de alguns produtos da transformação de não-metálicos</i>	<i>192</i>
<i>Tabela 18. Estimativa de consumo de embalagens de vidro para bebidas e alimentos em 2006</i>	<i>193</i>
<i>Tabela 19. Situação em 2006 da reciclagem e/ou reutilização de vidro de embalagem no Brasil</i>	<i>199</i>
<i>Tabela 20. Composição química típica de vidro E</i>	<i>213</i>
<i>Tabela 21. Esquema de estudo experimental realizado</i>	<i>216</i>
<i>Tabela 22. Resumo da composição química da amostra de vidro (% em massa)</i>	<i>217</i>
<i>Tabela 23. Resistência à flexão (média de 4 corpos-de-prova)</i>	<i>219</i>
<i>Tabela 24. Análise da variância dos resultados de resistência à flexão (exceto para misto)</i>	<i>220</i>
<i>Tabela 25. Resistência à compressão (média de 8 corpos-de-prova)</i>	<i>221</i>
<i>Tabela 26. Análise da variância dos resultados de resistência à compressão (exceto para o misto)</i>	<i>222</i>

Lista de Gráficos

<i>Gráficos 1 a 6. Percentual de sistemas de disposição final de RSU por grandes regiões do Brasil</i>	<i>70</i>
<i>Gráfico 7. Situação dos aterros na RMSP</i>	<i>73</i>
<i>Gráfico 8. Produção global de barrilha</i>	<i>161</i>

Lista de Mapas

<i>Mapa 1. Rodovias brasileiras - faixa de 500 km</i>	<i>188</i>
<i>Mapa 2. Raios de ação da indústria vidreira - faixa de 500 km</i>	<i>188</i>

Lista de Fotos

<i>.Foto 1. Aterro sanitários no município de Osasco (RMSP)</i>	<i>60</i>
<i>Foto 2. Aterro sanitário para resíduos domiciliares no Estado de Santa Catarina - região sul - Brasil</i>	<i>61</i>
<i>Foto 3. Aterro sanitário da rodovia dos Bandeirantes no município de São Paulo</i>	<i>61</i>
<i>Foto 4. Lixão no município de Itapetininga (SP)</i>	<i>63</i>
<i>Fotos 5, 6 e 7. Estação e transbordo de Santo Amaro</i>	<i>77</i>
<i>Foto 8. Aterro sanitário da rodovia dos Bandeirantes (SP)</i>	<i>80</i>
<i>Foto 9. Equipamento de secagem do biogás através do resfriamento</i>	<i>81</i>
<i>Foto 10. Transporte de cacos de vidro em caminhão aberto.....</i>	<i>240</i>
<i>Foto 11. Caco misturado no pátio de indústria vidreira</i>	<i>240</i>
<i>Fotos 12, 13 e 14. Tambores de estocagem, caçamba de coleta e moagem do vidro</i>	<i>241</i>
<i>Fotos 15, 16 e 17. Embalagens de vidro misturadas, limpas e vidro moído</i>	<i>243</i>
<i>Fotos 18, 19 e 20. Componentes de infra-estrutura produzidos com concreto à base de vidro para a Abividro</i>	<i>245</i>
<i>Fotos 21, 22 e 23. Peças de mobiliário urbano produzidas com concreto à base de vidro para a Abividro</i>	<i>259</i>

Lista de Desenhos

<i>Projeto de componente de infra-estrutura - guia</i>	<i>254</i>
<i>Projeto de componente de infra-estrutura - orla de árvore</i>	<i>255</i>
<i>Projeto de componente de infra-estrutura - separador de piso</i>	<i>256</i>
<i>Projeto de componente de infra-estrutura - placa de piso</i>	<i>257</i>
<i>Projeto de pré-moldados para mobiliário urbano - banco.....</i>	<i>268</i>
<i>Projeto de pré-moldados para mobiliário urbano - jardineira</i>	<i>275</i>
<i>Projeto de pré-moldados para mobiliário urbano - lixeira</i>	<i>283</i>
<i>Projeto de pré-moldados para mobiliário urbano - mesa e banco.....</i>	<i>288</i>
<i>Projeto de pré-moldados para mobiliário urbano - obstáculo</i>	<i>294</i>
<i>Projeto de pré-moldados para mobiliário urbano - totem</i>	<i>303</i>
<i>Projeto de máquina para moagem de vidr de embalagens</i>	<i>311</i>

Lista de Símbolos, Abreviaturas e Siglas

ABETRE - Associação Brasileira de Empresas de Tratamento de Resíduos
ABIVIDRO - Associação Técnica Brasileira das Indústrias Automáticas de Vidro
ABNT - Normas da Associação Brasileira de Normas Técnicas
ABRE - Associação Brasileira de Embalagens
a.C – antes de Cristo
APM - Áreas de Proteção dos Mananciais
Art. n.º - Artigo número
ASTM - American Society for the Testing of Materials
BSI - British Standard Institution
BNDES – Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social
CADRI - Certificado de Aprovação de Destinação de Resíduos Industriais
CATRI - Certificado de Aprovação de Transporte de Resíduos Industriais.
°C – Graus Célsius
CEMPRE - Compromisso Empresarial para a Reciclagem
CERES - Coalization for Environmental Responsible Economies
CETESB – Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental
CISPER - Companhia Industrial São Paulo e Rio
CIV - Companhia Industrial de Vidros
COHIDRO – Companhia de Recursos Hídricos

Programa de incentivo à destinação correta do vidro

CONAMA- Conselho Nacional de Meio Ambiente
CONDEMA - Conselho Municipal de Defesa do Meio Ambiente
CONESAN - Conselho Estadual de Saneamento
CONSEMA – Conselho Estadual do Meio Ambiente
d.C – depois de Cristo
EUA – Estados Unidos da América
FSC - Forest Stewardship Council
GEMI - Global Environmental Management Initiative
IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
ICC - International Chamber of Commerce
INEM - International Network for Environmental Management
ISO - International Organization for Standardization
Kg - quilograma
Kgf – quilograma força
MINTER - Ministério do Interior
mm – milímetro
MME – Ministério das Minas e Energia
BR - Normas Técnicas elaboradas pela ABNT
OCDE - Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Econômico
ONG – Organização Não Governamental

§ - Parágrafo

% - porcentagem

PEVs - Postos de Entrega Voluntária

P.N. – Projeto de Norma da ABNT

RC - Responsible Care

RIVI - Relatório de Impacto de Vizinhaça

RMSP – Região Metropolitana de São Paulo

RSU - Resíduos Sólidos Urbanos

RSD - Resíduos Sólidos Domiciliares

RSDV - Resíduos Sólidos Domiciliares e de Varrição

RSSS - Resíduos Sólidos dos Serviços de Saúde

RSC - Resíduos Sólidos Comerciais

RSI - Resíduos Sólidos Industriais

RSIE - Resíduos Sólidos Inertes e Entulhos

RSPA - Resíduos Sólidos de Podas de Árvores

SER - Resíduos Sólidos Especiais

RSDR - Resíduos Sólidos Domiciliares Recicláveis

SEDIVER - Société Européenne d'Isolateurs en Ventre et Composite

SMA – Secretaria do Meio Ambiente t – tonelada

t p.a – tonelada por ano

Sumário

Introdução	22
1. Resíduos Sólidos Urbanos: a situação brasileira	29
1.1. Tipos de resíduos sólidos	32
1.2. Classificação dos resíduos sólidos	34
1.2.1 Classificação dos resíduos sólidos- periculosidade	35
1.2.2. Classificação dos resíduos sólidos - serviços de saúde	38
1.2.3. Inventário dos resíduos sólidos	41
2. Coleta de Resíduos Sólidos no Brasil: organização e infraestrutura operacional	43
2.1. Limpeza urbana no Brasil	45
2.2. Sistema de coleta de resíduos sólidos no Brasil	50
2.2.1. Coleta	51
2.2.2. Varrição	52
2.2.3. Transporte	53
2.2.4. Tratamento	54
2.2.5. Disposição final	59
2.2.6. Serviços complementares	64
2.3. Resíduos sólidos industriais.....	66
2.4. Disposição final dos resíduos sólidos	69
2.4.1. Situação da disposição final dos resíduos sólidos urbanos coletados	69
2.4.2. Situação da disposição final dos resíduos sólidos domésticos no Estado de São Paulo.....	71

2.4.3. Situação da disposição final dos resíduos sólidos domésticos coletados na RMSP.....	72
2.4.4. Situação da disposição final dos resíduos sólidos domésticos e de varrição coletados no município de SP.....	76
3. Sistema Legal: gerenciamento dos resíduos sólidos urbanos e os aspectos ambientais.....	82
3.1. Legislação federal	82
3.1.1. Normas técnicas	82
3.1.2. Leis e decretos - constituição federal	84
3.2. Legislação do estado de São Paulo - constituição estadual	92
3.3. Legislação do município de São Paulo	98
3.4. Comentários a respeito das legislações	104
3.4.1. Legislação federal	104
3.4.2. Legislação do estado de São Paulo.....	108
3.4.3. Legislação do município de São Paulo	111
3.4.4. Aplicação das leis	113
4. Redução dos Resíduos: uma questão de sobrevivência	114
4.1. Medidas para aumentar a eficiência do sistema industrial - Factor 10 Club	119
4.2. Ecologia industrial: o sistema produtivo como subsistema da biosfera	121
4.3. Metabolismo industrial: instrumentos para avaliar fluxos de matéria e energia	125
4.4. Desmaterialização da produção: aumentar a produtividade dos recursos	128
4.5. Reciclagem dos resíduos: benefícios e impactos	139
4.6. Resgate de culturas, novos valores e responsabilidades	144

5. As Embalagens de Vidro: reciclar ou reutilizar	145
5.1. História do vidro	145
5.1.1 Origem	145
5.1.2. O domínio da tecnologia do vidro	149
5.2. O vidro no Brasil	154
5.3. Razões para utilizar embalagens de vidro	163
6. Reciclagem do vidro no Brasil	165
7. Viabilidade Técnica e Econômica: reciclagem e reutilização do vidro de embalagem	179
8. Proposta de Reutilização do Vidro de Embalagem	203
8.1. Estudos de viabilidade técnica	203
8.2. Proposta de aplicação	208
9. Procedimentos Técnicos para Suporte a Instituições e Municipalidades	240
9.1. Reutilização do vidro na fabricação de artefatos de concreto.....	240
9.2. A fabricação de peças pré-moldadas com cimento e vidro.....	243
9.3. O uso do vidro em concreto e suas possibilidades técnicas.....	245
9.4. Projeto dos componentes de infra-estrutura.....	246
9.5. Projeto dos pré-moldados para mobiliário urbano.....	259
10. Considerações finais e Conclusão	326
11. Referências Bibliográficas	332

Introdução

Os últimos trinta anos têm reservado surpresas às sociedades modernas, na forma de um sem número de significativas alterações em muitos aspectos que compõem seu dia-a-dia: das estruturas econômicas às novas tecnologias e ao elevado volume de informações rapidamente tornadas disponíveis. Porém, estas alterações não deixam de vir acompanhadas dos problemas correlatos, principalmente no tocante aos impactos no meio ambiente natural.

Nos últimos anos, dois fatores têm exercido um papel preponderante para o surgimento de significativos problemas ambientais com os resíduos sólidos gerados no meio urbano: de um lado a ampliação dos níveis de produção e consumo e, de outro, a intensificação do processo de urbanização.

Com efeito, a intensa geração de resíduos inertes e não inertes e o esgotamento de áreas propícias ao uso para aterro sanitário têm causado problemas freqüentes nas cidades de médio e grande portes, nos países de todos os continentes.

As embalagens de vidro pós-uso constituem parte daquilo que se convencionou denominar de resíduo sólido urbano, devendo os problemas por elas causados serem observados conjuntamente com os dos demais resíduos produzidos pelas atividades sócio-econômicas.

Recentemente vem se verificando, em diversos países, um esforço bastante profundo para dotar as sociedades de diretrizes, normas e legislação adequadas ao controle do conjunto destes resíduos. É possível verificar, porém, que as diretrizes e instrumentos legais são mais eficazes quando enraizados em uma “cultura prévia” estabelecida com os agentes sociais que manipulam cada um dos resíduos.

Neste sentido, é possível identificar a existência de todo um espaço “virgem” para a proposição de iniciativas inovadoras, geradoras de “cultura de destinação correta” e que sejam sustentáculos para o desenvolvimento, no médio prazo, de instrumentos legais eficazes.

Não é objetivo final deste trabalho, embora importante e necessária, a formulação de diretrizes, normas e legislação concernentes à captação e destinação de embalagens de vidro usadas, mesmo porque essas formulações devem, necessariamente, estar articuladas com políticas construídas para o atendimento das necessidades oriundas do conjunto dos resíduos sólidos. Esse objetivo, para que seja coroado de sucesso, só pode ser atingido a partir do estabelecimento prévio de condições, objetivas e subjetivas, que consolidem novas sistemáticas de gestão das embalagens de vidro ou de seus resíduos, na etapa de pós-uso.

Apesar de inúmeras campanhas que têm estimulado a reciclagem, seja como medida de preservação ambiental ou como alternativa de geração de renda e de economia de recursos naturais, no caso específico dos vidros planos e de embalagens os resultados têm se mostrado bastante tímidos.

Dados disponibilizados pela Associação Técnica Brasileira das Indústrias Automáticas de Vidro – ABIVIDRO indicam que o índice de reciclagem de vidro de embalagem no Brasil caiu de 47% para 45% em 2005. O Brasil produziu, em 2006, 1.297 mil toneladas de embalagens das quais somente 400 mil toneladas puderam ser recicladas.

As razões que impedem o aumento do volume da reciclagem de vidro de embalagem podem ser atribuídas a inúmeros fatores, entre os quais a indisponibilidade de sistemas adequados de coleta e limpeza, desorganização entre compradores e fornecedores, o mercado ilegal de bebidas, entre outros.

Mas a razão mais forte que inibe (e também impede) a chegada do vidro descartado nas indústrias produtoras de embalagens está relacionada ao preço do caco em função do custo de transporte.

Segundo dados da ABIVIDRO, as economias geradas na produção de novas embalagens com vidro reciclado começam a ser economicamente vantajosas se os cacos estiverem localizados a menos de 500 Km das indústrias automáticas produtoras de embalagens de vidro. A partir dessa distância o custo do frete inviabiliza a reciclagem do vidro.

Ao olharmos para o Brasil em suas dimensões continentais e observarmos que as 24 indústrias automáticas de vidro estão implantadas ao longo da costa brasileira, de imediato podemos inferir que uma parte significativa dos produtos embalados em vidro distribuídos no país não retornará às unidades de produção.

Basta traçar uma linha imaginária, distante 500 km do oceano Atlântico, percorrendo o país de norte a sul para entender que muitas das embalagens de vidro produzidas e distribuídas no centro-oeste, oeste e norte do país estão ficando por lá mesmo.

Evidenciadas estas condicionantes, cabe dizer que neste trabalho procuramos estruturar uma iniciativa inovadora orientada para a divulgação e enraizamento dessa nova cultura de reciclagem e de reutilização do vidro.

Trata-se de um “Programa de Incentivo à Destinação Correta do Vidro” destinado ao apoio técnico e informacional a quem pretende investir ou incentivar a reciclagem e reutilização de vidro, bem como se constituir em instrumento de apoio a uma atuação mais correta das municipalidades e/ou instituições situadas distantes dos centros produtores, sempre na busca de uma destinação mais eficiente das embalagens de vidro pós-uso geradas em suas áreas de atuação.

Considerando esse quadro, demonstraremos que é possível e necessário, com o excedente de vidro descartado nas regiões mais distantes dos centros produtores de embalagens, reutilizar esse material atribuindo-lhe um outro uso que não o de novamente ser transformado em matéria-prima para embalagens. Nesta nova proposta o vidro será reutilizado como agregado na composição de concretos destinados à fabricação de peças de mobiliário e de infraestrutura urbana, a partir de desenhos simples e que envolvem, também, um processo de produção de baixo custo e acessível às pequenas prefeituras e comunidades espalhadas pelo interior do país.

A pesquisa foi alimentada por dados coletados junto aos órgãos de governo, tanto municipais, como estaduais e federais responsáveis pela elaboração de diretrizes, normas e legislação adequadas ao controle dos resíduos sólidos urbanos.

A associação brasileira que congrega os fabricantes de vidro de embalagens em regime de produção automatizada, a ABIVIDRO, constituiu-se em uma fonte privilegiada de informações, bem como algumas empresas fabricantes de embalagens de vidro.

Certamente muitas das ações intencionadas para uma destinação mais correta dos resíduos acabam não se corporificando por falta de informações básicas, algumas de características muito simples e que, facilmente, poderiam ser disponibilizadas aos interessados. O primeiro apoio informacional a ser suprido pelo Programa é o repasse de informações detalhadas sobre sistemáticas de captação eficiente dos resíduos de vidro, posicionando os resultados alcançados em outras localidades, as estratégias utilizadas, os custos básicos a considerar e os elementos definidores do espaço urbano que podem ser tomados como incentivadores da solução descrita.

No nível técnico, também, o Programa fornece informações precisas sobre os procedimentos de preparação das embalagens ou dos resíduos de vidro descartados, de forma a que os organizadores da coleta que está sendo apoiada possam disponibilizar o material para o próximo uso com as melhores características possíveis. Este apoio inclui o fornecimento de especificações técnicas de equipamentos, exemplos de layout para organização das atividades, descrição da capacitação da mão-de-obra a ser envolvida e os custos inerentes ao processo em foco.

Em regiões distantes dos núcleos produtores de embalagens de vidro, o reaproveitamento do material será difundido através do fornecimento de informações sistematizadas sobre técnicas simples de uso do material reciclado na produção de artefatos para construção civil.

1. Resíduos sólidos urbanos: a situação brasileira

Neste primeiro capítulo pretendemos dar início à investigação sobre a situação do lixo produzido nas cidades brasileiras. Embora o vidro doméstico constitua a preocupação central desta tese de doutorado, entendemos ser necessário compreendê-lo como mais um resíduo sólido que compõe o conjunto do lixo e quais as reais possibilidades de reutilização ou de reciclagem.

Identificamos e registramos as classificações dos resíduos sólidos, a partir da legislação e normatização pertinentes, indicando a sua origem e grau de periculosidade, bem como ordenamos algumas informações que dão conta dos aspectos ambientais e de gerenciamento dos resíduos urbanos.

Do ponto de vista operacional e técnico, procuramos traçar um panorama da situação dos vários sistemas de limpeza urbana encontrados no Brasil. Trata-se, portanto, de uma abordagem metodológica que busca conhecer a situação atual dos resíduos sólidos no meio urbano brasileiro sem, no entanto, deixar de considerar que as embalagens de vidro doméstico constituem parte importante desse mesmo lixo.

1.1. Tipos de resíduos sólidos

Para que possamos compreender melhor e utilizar adequadamente a terminologia Resíduos Sólidos Urbanos – RSU, relacionaremos a seguir os diversos tipos, suas definições e respectivas siglas indicadas na NBR 10.004.

- RSU - Resíduos Sólidos Urbanos compreendem todos os tipos de resíduos sólidos gerados nas atividades urbanas.

- RSD - Resíduos Sólidos Domiciliares são os resíduos originados apenas nas atividades domiciliares.

- RSDV - Resíduos Sólidos Domiciliares e de Varrição incluem os resíduos coletados nas portas dos domicílios e nas operações de varrição e limpeza de ruas, praças, logradouros, incluindo-se aquelas onde se realizam feiras-livres.

- RSSS - Resíduos Sólidos dos Serviços de Saúde são os resíduos provenientes de hospitais, farmácias, ambulatórios, clínicas médicas, odontológicas e veterinárias, laboratórios e consultórios médicos.

- RSC - Resíduos Sólidos Comerciais são aqueles gerados em casas comerciais,

“shopping centers” e restaurantes, em quantidade superior a 100 litros de resíduos por dia.

- RSI - Resíduos Sólidos Industriais são os resíduos gerados nas atividades industriais.

- RSIE - Resíduos Sólidos Inertes e Entulhos são os resíduos classificados na Classe III – Inertes, conforme a Norma NBR 10.004, ou seja, areias, pedras e tijolos, bem como os entulhos originados de obras civis, demolições e escavações de terrenos.

- RSPA - Resíduos Sólidos de Podas de Árvores são resíduos originados na atividade de poda de árvores e capinação de parques e jardins.

- SER - Resíduos Sólidos Especiais encontram-se as lamas produzidas em estações de tratamento de efluentes, bem como animais mortos, alimentos vencidos e drogas.

- RSDR - Resíduos Sólidos Domiciliares Recicláveis são aqueles gerados nas atividades domiciliares e que apresentam possibilidades de serem reciclados.

1.2. Classificação dos resíduos sólidos

Os resíduos sólidos são classificados no Brasil de acordo com as normas e diplomas legais a seguir apresentados:

- Normas da Associação Brasileira de Normas Técnicas – ABNT
 - o NBR 10.004 – Classificação
 - o NBR 12.807 - Resíduos de Serviços de Saúde - Terminologia
 - o NBR 12.808 - Resíduos de Serviços de Saúde – Classificação
- Conselho Nacional de Meio Ambiente – CONAMA
 - o Resolução CONAMA 005 de 05/08/1993, que dispõe sobre a destinação final de resíduos sólidos de serviços de saúde e sua classificação.

o Resolução CONAMA 313 de 23/10/2002, que estabelece a obrigatoriedade das indústrias apresentarem o inventário de resíduos sólidos, no período máximo de um ano após a sua publicação. Esse inventário sobre os resíduos sólidos gerados nas indústrias do país deve incluir informações sobre a geração dos resíduos, suas características, modos de armazenamento e transporte, soluções de tratamento, reutilização, reciclagem e recuperação e disposição final.

1.2.1. Classificação dos resíduos sólidos - periculosidade

A norma NBR 10.004 classifica os resíduos sólidos de acordo com a sua periculosidade. Segundo a norma “A periculosidade de um resíduo é definida como a característica apresentada por um resíduo que, em função de suas propriedades físicas, químicas ou infectocontagiosas, pode apresentar:

- a) risco à saúde pública, provocando ou acentuando, de forma significativa, um aumento de mortalidade ou incidência de doenças, e/ou;
- b) riscos ao meio ambiente, quando o resíduo é manuseado ou destinado de forma inadequada.”

Essa mesma norma estabelece três classes de periculosidade para os resíduos sólidos, conforme indicado a seguir:

- Classe I - Resíduos Perigosos
- Classe II - Resíduos Não Inertes
- Classe III - Resíduos Inertes

Pertencem à Classe I (perigosos), os resíduos que apresentam pelo menos uma das seguintes características:

- inflamabilidade
- reatividade
- toxicidade, ou
- patogenicidade.

Segundo a norma NBR 10.004, os Resíduos Não Inertes - Classe II podem ter propriedades, tais como:

- combustibilidade
- biodegradabilidade, ou
- solubilidade em água.

No segmento que trata da amostragem de resíduos, ainda segundo a mesma norma, são classificados como Resíduos Não Inertes - Classe II “quaisquer resíduos que, quando amostrados de forma representativa, e submetidos a um contato estático ou dinâmico com água destilada ou deionizada, à temperatura ambiente, conforme teste

de solubilidade estabelecido na Norma NBR 10.006 – Solubilização de Resíduos, não tiveram nenhum de seus constituintes solubilizados a concentrações superiores aos padrões de potabilidade de água, excetuando-se os padrões de aspectos: cor, turbidez e sabor”. Como exemplo desta classe de resíduos podemos mencionar rochas, tijolos, vidros e alguns tipos de plásticos e borrachas que se decompõem lentamente.

1.2.2. Classificação dos Resíduos Sólidos - Serviços de Saúde

A Resolução CONAMA nº 5 de 1993, em seu artigo 1º, apresenta a seguinte definição de resíduos sólidos, conforme a NBR 10.004 da Associação Brasileira de Normas Técnicas – ABNT: "Resíduos no estado sólido e semi-sólido, que resultam de atividades da comunidade de origem: industrial, doméstica, hospitalar, comercial, agrícola, de serviços e de varrição. Ficam incluídos nesta definição os lodos provenientes de sistemas de tratamento de água, aqueles gerados em equipamentos e instalações de controle de poluição, bem como determinados líquidos cujas particularidades tornem inviável seu lançamento na rede pública de esgotos ou corpos d'água, ou exijam para isso soluções técnica e economicamente inviáveis, em face à melhor tecnologia disponível".

No Anexo I desta mesma Resolução, os resíduos sólidos são classificados segundo os grupos A, B, C e D a seguir explicitados:

Grupo A – pertencem a este grupo os resíduos que apresentam algum risco à saúde pública e ao meio ambiente, principalmente devido à presença de agentes biológicos.

Enquadram-se neste grupo:

- sangue e hemoderivados,
 - animais usados em experimentação, bem como os materiais que tenham entrado em contato com os mesmos,
 - excreções, secreções e líquidos orgânicos,
 - meios de cultura, tecidos, órgãos, fetos e peças anatômicas,
 - filtros de gases aspirados de área contaminada,
 - resíduos advindos de área de isolamento,
 - resíduos de laboratórios de análises clínicas,
 - resíduos de unidades de atendimento ambulatorial,
 - resíduos de sanitários de unidade de internação e de enfermaria, e
 - animais mortos a bordo dos meios de transporte.
- objetos perfurantes ou cortantes (lâminas de barbear, bisturi, agulhas, escalpes, vidros quebrados, etc.), provenientes de estabelecimentos prestadores de serviços de saúde.

Grupo B - neste grupo estão os resíduos que, devido às suas características químicas, apresentam risco potencial à saúde pública e ao meio ambiente.

Enquadram-se neste grupo, principalmente:

- drogas quimioterápicas e produtos por elas contaminados
- resíduos farmacêuticos (medicamentos vencidos, contaminados, interditados ou não-utilizados), e
- demais produtos considerados perigosos, conforme classificação da NBR 10004 da ABNT (tóxicos, corrosivos, inflamáveis e reativos).

Grupo C - enquadram-se neste grupo os rejeitos radioativos (segundo Resolução CNEN 6.05) ou seja, materiais radioativos ou contaminados com radionuclídeos, provenientes de laboratórios de análises clínicas, serviços de medicina nuclear e radioterapia.

Grupo D - resíduos comuns são todos os demais que não se enquadram nos grupos anteriormente descritos.

1.2.3. Inventário dos Resíduos Sólidos

A partir de 2002 tornou-se obrigatória a apresentação pelas indústrias brasileiras de um inventário que registra a produção anual de resíduos sólidos por parte deste setor. A Resolução CONAMA nº 313-2002, que estabeleceu essa obrigatoriedade, indica em seu texto que as indústrias devem apresentar o inventário de resíduos sólidos no período máximo de 1 (um) ano após a sua publicação.

Esta resolução estabelece, ainda, que “resíduos industriais são todos os resíduos que resultem de atividades industriais e que se encontrem nos estados sólido, semi-sólido, gasoso – quando contido - e líquido, cujas particularidades tornem inviável o seu lançamento na rede pública de esgotos ou em corpos d’água, ou exijam para isso soluções técnicas ou economicamente inviáveis em face da melhor tecnologia disponível e, ainda, os lodos provenientes de sistemas de tratamento de águas e aqueles gerados em equipamentos e instalações de controle da poluição”.

A indústria ao preparar seu inventário deve contemplar um conjunto de informações relacionadas à geração do resíduo, suas características, formas de armazenamento, transporte e tratamento, além de dados sobre reutilização, reciclagem, recuperação e disposição final dos resíduos sólidos gerados por esta mesma indústria.

2. Coleta de resíduos sólidos no Brasil: organização e infraestrutura operacional

Estima-se, atualmente, que aproximadamente 10% do orçamento de cada município brasileiro está comprometido com os serviços de limpeza urbana. Apesar desse montante significativo de recursos financeiros, nem sempre as municipalidades adotam as melhores soluções de tratamento e disposição final dos resíduos sólidos sob sua responsabilidade.

É raro encontrar nas cidades brasileiras soluções adequadas de tratamento e disposição final do resíduo sólido urbano que considerem o equilíbrio do ecossistema urbano e o tratamento sanitário do lixo.

É mais freqüente verificar que todos esses resíduos urbanos são descartados em vazadouros a céu aberto, também conhecidos como lixões ou, quando muito, em aterros minimamente controlados.

Segundo dados do IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, Censo de 2000, foram no país naquele ano coletadas 228.413 toneladas de resíduos sólidos urbanos, sendo que 48.321 toneladas foram dispostas a céu aberto em lixões e 232 toneladas em áreas alagadas.

A disposição de resíduos sólidos diretamente sobre o solo, além de se configurar em uma maneira irregular e não controlada sanitariamente de dispor os resíduos sólidos urbanos, carrega consigo sérios problemas ambientais de poluição do ar, da água e do solo.

Considerando que os ecossistemas urbanos das cidades brasileiras estão longe de serem qualificados como minimamente equilibrados, e que aproximadamente 78% da população brasileira vive nas cidades (IBGE, Censo de 2000), então podemos afirmar com pouca possibilidade de equívoco que nos encontramos diante de um problema de grandes dimensões que afeta, no curto prazo as relações econômicas, sociais, ambientais e de saúde da população e, no longo prazo, a própria vida das pessoas nas cidades brasileiras.

2.1. Limpeza Urbana no Brasil

A seguir apresentamos um panorama da limpeza urbana no Brasil, estratificando as informações a partir das cinco grandes regiões geográficas.

Para cada região são indicados os estados que a compõe, as áreas que ocupam em relação ao território nacional, população, taxa de crescimento demográfico e taxa de crescimento urbano.

Além disso, na tabela 1 são registradas as informações sobre o número de municípios, para cada região, que são atendidos por serviços de limpeza urbana.

Todos os dados apresentados a seguir foram extraídos do Censo 2000 – IBGE.

Região Norte

A Região Norte é constituída pelos Estados do Amazonas, Pará, Acre, Rondônia, Tocantins, Amapá e Roraima. Apesar da grande extensão territorial (área de 3.851.560 km², correspondendo a 45,25% do território nacional) a região Norte tem uma população de 12.900.000 habitantes correspondendo a 7,6% da população brasileira.

A taxa anual de crescimento demográfico é de 2,20% e a taxa de urbanização é de 69,87%.

Região Nordeste

A Região Nordeste é formada pelos Estados do Maranhão, Piauí, Ceará, Rio Grande do Norte, Paraíba, Pernambuco, Alagoas, Sergipe e Bahia. Possui uma área de 1.556.001 km² (ou o equivalente a 18,28% do território nacional), e uma população de 47.742.000 habitantes (ou 28,10% do total do país). A taxa anual de crescimento demográfico é de 1,08% e a taxa de urbanização de 69,07%.

Região Centro Oeste

A Região Centro Oeste é constituída pelos Estados de Goiás, Mato Grosso, Mato Grosso do Sul e o Distrito Federal. Ocupa uma área de 1.604.852 km², ou 18,86% do território nacional, onde habitam 11.637.000 pessoas ou 6,80% da população brasileira. A taxa anual de crescimento demográfico é de 1,87% e a taxa de urbanização é de 86,73%.

Região Sudeste

São Paulo, Rio de Janeiro, Minas Gerais e Espírito Santo constituem a Região Sudeste. Com uma área de 924.266 km² (que corresponde a 10,85% do território brasileiro), a Região tem uma população de 72.412.000 habitantes que representa 90,52% do total nacional. A população do sudeste cresce a uma taxa anual de 1,31% e a urbanização a uma taxa de 80,30%.

Região Sul

A Região Sul é formada pelos Estados do Paraná, Santa Catarina e Rio Grande do Sul. Ocupa uma área de 575.316 km² ou 6,76% do território brasileiro. Sua população é de 25.108.000 habitantes, que corresponde a 14,8% do total nacional. A taxa de crescimento demográfico é de 1,16% ao ano e a taxa de urbanização de 80,93%.

Na tabela 1 a seguir denominada “Municípios com Serviços de Limpeza Urbana e/ou Coleta de Resíduos e Situação das Entidades Prestadoras de Serviços, segundo as Grandes Regiões - 2000” mostra, para as cinco regiões do Brasil, o total de seus municípios, os percentuais de municípios atendidos pelos serviços de limpeza urbana e a situação das entidades que prestam tais serviços.

Tabela 1. Municípios com serviços de limpeza urbana e/ou coleta de resíduos

	Municípios com Serviço de Limpeza Urbana e/ou Coleta de Resíduos			Situação das Entidades Prestadoras de Serviços		
	Total de Municípios	Municípios com Serviços	%	Prefeitura	Terceiros	Prefeitura e Terceiros
Grandes Regiões						
Brasil	5.507	5.475	99,4	4.822	73	580
Norte	449	445	99,1	409	2	34
Nordeste	1.787	1.769	99,0	1.632	28	109
Sudeste	1.666	1.666	100,0	1.482	36	148
Sul	1.159	1.146	99,1	881	4	264
Centro Oeste	446	446	100,0	418	3	25

Fonte: Pesquisa Nacional de Saneamento Básico - IBGE 2000

2.2. Sistema de Coleta de Resíduos Sólidos no Brasil

Podemos começar afirmando que as equipes responsáveis pela elaboração das políticas e dos modelos de coleta em geral são pouco qualificadas.

Esta situação fica ainda mais agravada frente à constante falta de recursos, ao anacronismo das legislações (desatualizadas ou mesmo incompletas) e à aplicação de tecnologias inadequadas.

Estes são os principais ingredientes que compõem o quadro da ineficiência das autoridades públicas responsáveis pelos serviços de limpeza urbana.

Talvez possamos nos arriscar a dizer que, este nível insatisfatório de atuação das instituições públicas responsáveis pelos serviços de coleta deva-se, primordialmente, à carência de planejamento.

Apresentamos, a seguir, os principais serviços realizados nas operações de limpeza urbana.

2.2.1. Coleta

A coleta, que corresponde à remoção dos resíduos sólidos produzidos, é a principal atividade da limpeza urbana. O objetivo da coleta é impedir que insetos e roedores (vetores transmissores de doenças), encontrem alimento e abrigo nos resíduos descartados. A coleta e o transporte dos resíduos sólidos para a área de tratamento ou de disposição final, constituem ações de grande impacto sobre a saúde da população.

Existem basicamente três tipos de coleta que se diferenciam entre si a partir da origem do resíduo:

- Coleta regular: este tipo de coleta de resíduos sólidos, limitado ao volume de 100 litros/dia por unidade, é feito em residências, estabelecimentos comerciais e indústrias.

- Coleta especial: utilizada em feiras-livres, praias, comércio, indústria e residências com volume superior ao estabelecido para a coleta regular. Este tipo de coleta também recebe animais mortos em ambiente doméstico e outros resíduos.

- Coleta privada: destinada à coleta de resíduos de serviços de saúde em hospitais e clínicas veterinárias, de resíduos industriais e entulhos de construções, as quais são realizadas por empresas privadas contratadas pelos geradores destes resíduos.

2.2.2. Varrição

A varrição, segunda atividade da limpeza urbana em importância para a população, é responsável pela remoção dos resíduos e demais detritos que são lançados nos espaços públicos. Desta forma são mantidos limpos os logradouros municipais, prevenidos os assoreamentos de rios e córregos e as enchentes.

Podemos identificar, segundo as tecnologias utilizadas na limpeza dos logradouros, os seguintes tipos de varrição:

- Varrição manual: operação efetuada manualmente, com pás e vassouras, por trabalhadores contratados.
- Varrição mecânica: feita através de máquinas varredeiras motorizadas, geralmente este tipo de varrição é empregado em situações onde a superfície a ser limpa é muito grande ou mesmo quando a condição de rapidez é imposta. Normalmente a varrição mecanizada nas cidades é feita em avenidas muito longas e grandes espaços públicos (praças, parques, entre outros).
- Lavagem: esta operação de limpeza é realizada em avenidas importantes das grandes cidades e nas ruas onde são realizadas feiras-livres.

2.2.3. Transporte

Embora com características operacionais distintas, a atividade de transporte dos resíduos é complementar à coleta. Remove os resíduos de seu ponto de geração até os sistemas de tratamento ou de disposição final em aterro sanitário.

Existem diferentes formas de transporte, que variam segundo o equipamento utilizado, a saber:

- Rodoviário direto: realizado por via rodoviária pelos próprios veículos que executam a coleta dos RSDV.
- Rodoviário com transbordo: quando as distâncias de remoção dos locais de coleta até os pontos de destinação final são superiores a 20 km, normalmente os resíduos são transferidos para carretas que, por sua vez levam os resíduos até a sua destinação final.

No município de São Paulo o sistema é operado através de estações de transbordo. Para cada tipo de transporte os resíduos podem, ainda, estar acondicionados a granel, compactados, triturados ou enfardados.

2.2.4. Tratamento

Entende-se por tratamento dos resíduos sólidos urbanos as operações de triagem e compostagem (produção de composto), incineração e desinfecção dos RSSS (Resíduos Sólidos dos Sistemas de Saúde).

•**Triagem:** o processo de triagem está diretamente relacionado à remoção dos materiais inorgânicos existentes nos Resíduos Sólidos Domiciliares e de Varrição - RSDV. Muitos materiais são encontrados no conjunto dos resíduos sólidos urbanos. Vários deles apresentam, em graus diferentes, interesse econômico em função da possibilidade de reaproveitamento para a fabricação de novos objetos como é o caso dos vidros, metais, papéis e papelões, trapos e os plásticos.

Entretanto, como pode ser observado na Tabela 2 “Composição Percentual (%) Média, em Peso, dos RSDV Coletados na Cidade de São Paulo”, a maior parcela dos resíduos é representada pelos materiais orgânicos, o que sugere o aproveitamento desse material para a produção de adubos para uso agrícola.

Tabela 2. Composição percentual média ponderada, em peso, dos RSDV coletados na cidade de São Paulo - 2003

Componentes	Percentual em relação ao total (%)
Matéria Orgânica	57,54
Plástico Mole	12,27
Papel, Papelão, Jornal	11,08
Trapos e Panos	3,87
Plástico Duro	3,53
Vidros	1,79
Madeiras	1,62
Metais Ferrosos	1,51
Embalagem Longa Vida	1,32
Terra e Pedra	0,72
Embalagem PET	0,69
Alumínio	0,67
Isopor	0,28
Borracha	0,26
Pilhas e Baterias	0,13
Diversos	1,00
Sub Total	98,27
Perdas no Processo de Seleção	1,73
Total	100,00

Fonte: LIMPURB - Prefeitura de São Paulo - 2003

• **Compostagem:** é o processo de produção de composto orgânico. No Brasil, tal como em São Paulo (ver tabela 2), o lixo domiciliar é uma excelente fonte de matéria-prima para a compostagem uma vez que há, em sua composição um percentual de matéria orgânica superior a 50%.

Conforme pesquisa realizada por Grossi (1993), nas usinas de compostagem em operação os métodos utilizados para a produção do composto orgânico são o natural (leiras a céu aberto) ou o acelerado a partir da utilização de higienizadores.

Entretanto, segundo essa mesma, a quantidade de resíduos compostados no país é menor que 1%, enquanto que na Alemanha este percentual chega a 16% e na França a 4%.

•**Incineração:** uma das opções disponíveis para as prefeituras municipais para eliminarem os resíduos que são coletados nas cidades é a queima ou combustão. O processo de queima dos resíduos é facilitado pela grande quantidade de papéis e materiais plásticos que são descartados no lixo urbano domiciliar.

Exatamente pelo fato desses materiais estarem presentes no lixo é que a queima é facilitada sem a necessidade de adição de combustível para manter a temperatura.

Essa solução apresenta grandes vantagens do ponto de vista da operação da limpeza urbana, uma vez que a combustão reduz o volume dos resíduos que necessitam ser dispostos em aterros e as cinzas representam menos que 30% dos resíduos incinerados.

No Brasil não operam incineradores de resíduos domiciliares e a tecnologia de incineração é empregada para eliminar resíduos coletados em estabelecimentos de prestação de serviços de saúde.

•**Desinfecção dos RSSS:** a parcela infectada dos Resíduos Sólidos dos Serviços de Saúde, segundo legislação vigente no Brasil (Resolução CONAMA n.º 5, de 5 de agosto de 1993), não pode ser disposta em aterros sanitários sem que sejam eliminadas as suas características infectantes.

Este tratamento é realizado por autoclavagem ou pelo uso de microondas.

2.2.5. Disposição Final

Esta é a atividade mais importante do sistema de limpeza urbana para a proteção do meio ambiente e das populações que habitam as cidades. Mesmo que a coleta e a varrição sejam realizadas de maneira eficiente, se os resíduos coletados não forem adequadamente dispostos todo o sistema de proteção ao meio ambiente e ao ser humano estará comprometido.

No Brasil os sistemas de disposição final dos resíduos urbanos mais comumente empregados são os seguintes:

- **Aterros sanitários:** no caso dos aterros controlados sanitariamente, os resíduos sólidos são dispostos diretamente sobre o solo. O terreno é preparado para a recepção dos resíduos, os quais são sucessivamente compactados e cobertos com materiais inertes como terra ou argila. A área do aterro sanitário é cercada e vigiada continuamente de modo a evitar a presença de catadores de materiais recicláveis. O chorume gerado pela percolação das águas das chuvas é coletado e tratado. Os gases combustíveis, produzidos a partir da degradação da matéria orgânica existente nos resíduos, são drenados e queimados.

As fotos 1, 2 e 3 ilustram aterros sanitários nos municípios de Osasco (RMSP), Itajaí (Santa Catarina) e o aterro da rodovia dos Bandeirantes no município de São Paulo.

FOTO 1. Aterro Sanitário no Município de Osasco (RMSP): células, drenos de gases e tanque de acumulação de chorume

FOTO 2. Aterro sanitário para resíduos domiciliares no Estado de Santa Catarina - Região Sul - Brasil

FOTO 3. Aterro sanitário da Rodovia dos BAndeirantes no Município de São Paulo: células e operação do aterro

•**Aterros controlados:** trata-se de um outro sistema de destinação final do lixo no qual os resíduos são lançados diretamente sobre o solo e cobertos com material inerte. Neste caso o aterro não é dotado de sistemas de drenagem de chorume nem, tampouco, de dispositivos para a queima de gases combustíveis. Nestes locais é tolerada a presença de catadores de materiais recicláveis.

•**Lixões:** constituem uma das formas mais primitivas para destinação final do lixo. Desde os primeiros núcleos urbanos algumas áreas próximas às cidades são destinadas à recepção do lixo nelas produzido e muitas cidades em todo o Brasil ainda dão o mesmo destino para o seu lixo.

As inconveniências e os riscos dos lixões são muitos. Imensas áreas, a céu aberto, recebem diariamente toneladas de lixo de toda espécie, sem qualquer tratamento ou seleção prévia, tornando-se com isto verdadeiros focos de problemas de toda ordem. Famílias de baixa renda, que vivem da catação do lixo, passam a conviver com animais transmissores de doenças e com o ambiente infectado dos lixões.

Algumas aves também encontram nestes locais sua fonte de sustento, como no caso dos urubus. Uma vez localizados perto de aeroportos os lixões, ao atraírem aquelas aves, podem representar um grande risco para a segurança dos aviões, chegando mesmo a provocar graves acidentes. Outra importante questão associada aos lixões é a degradação do solo onde estes são instalados e o risco de contaminação dos lençóis freáticos pelos efluentes produzidos na degradação do lixo quando estes são absorvidos pelo solo. Além disso, em condições inadequadas, os lixões podem permitir a contaminação de riachos, rios e lagos. Por estas razões os lixões representam uma forma extremamente inadequada de destinação do lixo urbano.

FOTO 4. Lixão no Município de Itapetininga - catadores convivendo com todo tipo de resíduo sólido urbano

2.2.6. Serviços Complementares

São os serviços que compõem as demais atividades da limpeza urbana, a saber:

- Limpeza das bocas de lobo, galerias e valas: desobstrução das bocas de lobo, galerias e valas que compõem o sistema de captação de águas pluviais.
- Limpeza do mobiliário urbano: estão incluídos os monumentos, túneis, escadarias, abrigos e outros, bem como capina manual ou mecanizada, limpeza de terrenos baldios, raspagem de sarjetas e de materiais provenientes de inundação.
- Desinfestações e desinfecções: aplicação controlada de inseticidas e raticidas tendo em vista a eliminação de roedores e mosquitos.

Na figura 1 apresentamos um fluxograma que busca explicitar as atividades que ocorrem em um processo de gerenciamento dos resíduos sólidos urbanos, desde a sua geração até a disposição final.

Figura 1. Fluxograma de gerenciamento dos resíduos sólidos urbanos - RSU

2.3. Resíduos Sólidos Industriais

Não existem informações sobre as quantidades de resíduos industriais geradas na maioria dos estados brasileiros.

O Conselho Nacional de Meio Ambiente – CONAMA, órgão vinculado ao Ministério de Meio Ambiente, publicou em 2002 a Resolução 313/02 que estabelece a obrigatoriedade de que as indústrias sediadas no Brasil forneçam dados sobre os seus resíduos sólidos. Esta medida tem por finalidade permitir que o Governo Federal e os Órgãos Estaduais de Controle Ambiental tenham um inventário de resíduos sólidos. Embora esta resolução tenha sido publicada há quatro anos, ainda hoje existem alguns estados brasileiros como Minas Gerais, Rio Grande do Sul, Santa Catarina e Bahia onde o inventário encontra-se em processo de elaboração.

A coleta, o tratamento e disposição final dos resíduos gerados nas unidades industriais não são atividades de responsabilidade das municipalidades. Estes resíduos devem ser gerenciados pelos próprios geradores. Desta forma, as indústrias contratam empresas privadas que realizam as tarefas de coleta e transporte dos resíduos industriais até a destinação final.

Entretanto, conforme poderá ser observado no capítulo 4 deste trabalho, encontra-se definido na legislação brasileira o preceito da co-responsabilidade. Assim o gerador continua responsável pela destinação dada aos seus resíduos, mesmo que a empresa contratada para o gerenciamento dos mesmos esteja devidamente autorizada pelos órgãos ambientais.

A Associação Brasileira de Empresas de Tratamento de Resíduos – ABETRE realizou, em maio de 2003, o levantamento da geração de resíduos industriais em 5 (cinco) estados brasileiros. Para tanto selecionou aqueles estados onde há maior concentração de indústrias.

As quantidades de resíduos por unidade da federação e por classe de periculosidade estão apresentadas na Tabela 3. “Geração de Resíduos Sólidos Industriais no Brasil por Classe de Periculosidade”. Conforme evidencia a ABETRE, as quantidades apresentadas não representam todas as fábricas do parque industrial das unidades da federação, porém, uma amostra das maiores indústrias localizadas no Brasil.

Conforme se infere dos dados constantes na Tabela 3, as indústrias localizadas em São Paulo, Paraná e Rio de Janeiro (Região Sudeste) são as responsáveis pela geração das maiores quantidades de resíduos industriais. Somente as indústrias sediadas em São Paulo e no Paraná são responsáveis por 80% do total de resíduos industriais gerados nas indústrias localizadas nas 5 (cinco) unidades da Federação.

Tabela 3. Geração de resíduos sólidos industriais no Brasil por classe de periculosidade

Unidades da Federação	Grandes Regiões	Nº Indústrias avaliadas	Geração de Resíduos (toneladas / ano)			
			Classe 1	Classe 2	Classe 3	Total
São Paulo	Sudeste	1.432	535.615	25.036.167	1.045.895	26.619.677
Paraná	Sudeste	683	634.543	15.106.393	(2)	15.740.936
Rio de Janeiro	Sudeste	(1)	293.953	5.768.562	(2)	6.062.315
Rio Grande do Sul	Sul	9.341	205.236	1.404.732	25.632	1.635.690
Pernambuco	Nordeste	100	12.622	1.325.791	4.071	1.342.483
Goiás	Centro Oeste	75	4.405	1.486.969	(2)	1.491.374

Obs. (1) Não foi informado o número de indústrias amostradas

(2) as quantidades de resíduos de classe 3 estão incluídas nas quantidades de resíduos classe 2

Fonte: ABETRE - Associação Brasileira de Empresas de Tratamento de Resíduos

2.4. Disposição Final dos Resíduos Sólidos

2.4.1. Situação da Disposição Final dos RSU Coletados

Tabela 4. Quantidades e porcentagens de RSU dispostas em aterros

Grandes Regiões	Unid	Disposição não sanitária				Aterros Sanitários
		Aterros Controlados	Lixões	Lixões em Alagados	Total	
Brasil	t/dia	84.575	48.321	232	133.128	82.640
	%	63,53	36,3	0,17	61,7	38,3
Norte	t/dia	3.193	6.279	56	9.468	1.468
	%	33,09	66,32	0,59	86,58	13,42
Nordeste	t/dia	6.071	20.043	45	26.159	1.503
	%	23,21	76,62	0,17	94,57	5,43
Sudeste	t/dia	65.851	13.755	86	79.692	52.542
	%	82,63	17,26	0,11	60,27	39,73
Sul	t/dia	4.833	5.112	36	9.981	8.046
	%	48,42	51,22	0,36	55,37	44,63
Centro Oeste	t/dia	4.684	3.131	8	7.823	5.553
	%	59,87	40,02	0,1	58,49	41,51

Neste capítulo apresentaremos a situação da disposição final dos resíduos sólidos nas Unidades da Federação, no Estado de São Paulo, com ênfase na Região Metropolitana de São Paulo - RMSP e no município de São Paulo.

A Tabela 4. “Quantidades e Porcentagem de RSU Dispostas em Aterros” apresenta, para as grandes regiões brasileiras, a porcentagem de aterros existentes em cada área, segundo os seus diferentes tipos: sanitários, controlados, a céu aberto e em áreas alagadas, isto é, em lixões. Os aterros sanitários são identificados por suas características operacionais e cuidados com a proteção do meio ambiente, conforme explicitados anteriormente.

Gráficos 1 a 6. Percentual do sistema de disposição final de RSU por grandes regiões do Brasil

Fonte: Pesquisa Nacional de Saneamento Básico – IBGE 2000.

2.4.2. Situação da Disposição Final dos RSD no Estado de São Paulo

Tabela 5. Municípios do Estado de São Paulo com mais de 200 mil habitantes

MUNICIPALIDADES	POPULAÇÃO (habitantes)
1. Barueri	208.281
2. Bauru	316.064
3. Campinas	969.396
4. Carapicuíba	344.596
5. Diadema	357.064
6. Embú	207.663
7. Franca	287.737
8. Guanujá	264.812
9. Guarulhos	1.072.717
10. Itaquaquecetuba	272.942
11. Jundiaí	323.397
12. Limeira	249.046
13. Mauá	363.392
14. Mogi das Cruzes	330.241
15. Osasco	652.593
16. Piracicaba	329.158
17. Ribeirão Preto	504.923
18. Santo André	649.331
19. Santos	417.983
20. São Bernardo do Campo	703.177
21. São José dos Campos	358.523
22. São José do Rio Preto	358.313
23. São Paulo	10.434.252
24. São Vicente	303.551
25. Sorocaba	493.468
26. Suzano	228.690
27. Taubaté	244.165

Os municípios do Estado de São Paulo e RMSP contam com 37.000.000 habitantes. Conforme o Censo 2000 - IBGE, mais de 50 % destes habitantes vivem em 27 destas municipalidades, conforme pode ser observado na Tabela 5.

Segundo a CETESB – Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental, em seu Inventário Estadual de Resíduos Sólidos Domiciliares - Relatório 2002, Versão 2 de janeiro de 2003, observa-se que em 645 das municipalidades do Estado de São Paulo, onde em 2002 foi coletada a média de 20.464 t/dia de RSD, 29,3 % de tais resíduos foram dispostos em aterros controlados e lixões.

Contudo, graças às ações e inspeções desenvolvidas pela CETESB, o número de lixões foi reduzido nos últimos anos e as municipalidades passaram a dispor seus resíduos em aterros sanitários.

2.4.3. Situação da Disposição Final dos RSD coletados na R. M. S. P

A Região Metropolitana de São Paulo – RMSP é composta por 39 municípios, ocupa uma área 8.000 km² e abriga 18 milhões de habitantes. Na RMSP operam cerca de 30.000 indústrias, 49% do parque industrial brasileiro.

Na RMSP estão localizadas diferentes áreas que apresentam restrições ambientais, tais como: área de proteção ambiental, áreas de proteção de mananciais, áreas onde não podem ser instalados equipamentos de tratamento ou de disposição final de resíduos. Entre elas, destacam-se as Áreas de Proteção dos Mananciais – APM das represas Guarapiranga e Billings.

Das 16.500 t/dia de resíduos domiciliares coletados nos municípios da RMSP, 12.000 t/dia são coletadas somente no município de São Paulo. Os resíduos sólidos domiciliares coletados nos municípios da RMSP são dispostos em aterros dos quais tem-se que: 56% são integralmente dispostos em aterros localizados no próprio município e 44% em aterros localizados em outros municípios.

Segundo os critérios de qualificação de aterros sanitários avaliados pela CETESB em 2002 e apresentados no “Inventário Estadual de Resíduos Sólidos Domiciliares”, dos locais de disposição de resíduos existentes na RMSP, 54% são considerados adequados, 36% são controlados e 10% são inadequados.

No Gráfico 7 - Situação dos Aterros na RMSP mostra-se a distribuição percentual dos aterros na RMSP em adequados, controlados e inadequados e na Tabela 6 – “Geração de RSDV nos Municípios da RMSP no ano de 2003” estão relacionadas, por município, as quantidades de resíduos domiciliares coletadas, os locais de disposição final e a existência de operações de coleta seletiva ou de compostagem.

Gráfico 7. Situação dos aterros na RMSP

Fonte: CETESB - Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental, Inventário Estadual de Resíduos Sólidos Domiciliares - relatório 2002

Tabela 6. Geração de RSD nos municípios da RMSP no ano de 2003

MUNICÍPIO	GERAÇÃO DE RSD (t/dia)	DISPOSIÇÃO FINAL		RECICLAGEM	
		ATERRO	IQA (1)	SELETIVA	COMPOSTAGEM
ARUJÁ	24	Itaquaquecetuba	A		sim
BARUERI	130	próprio	I		não
BIRITIBA MIRIM	9	CIPAS Biritiba	C		não
CAIEIRAS	29	ESSENCIS	A		não
CAJAMAR	20	ESSENCIS	A		não
CARAPICUÍBA	209	Itaquaquecetuba	A		não
COTIA	75	próprio	I		não
DIADEMA	219	Sertãozinho	A		não
EMBU	126	próprio	I	sim	não
EMBU GUAÇU	24	próprio	I	sim	não
FERRAZ DE VASCONCELOS	73	Itaquaquecetuba	A		não
FRANCISCO MORATO	70	próprio	I		não
FRANCO DA ROCHA	51	próprio	I		não
GUARAREMA	7	próprio	I		não
GUARULHOS	752	próprio	A		não
ITAPECERICA DA SERRA	67	próprio	C	sim	não
ITAPEM	85	próprio	I		não
ITAQUAQUECETUBA	171	próprio	A		não
JANDIRA	39	próprio	I		não
JUQUITIBA	7	próprio	I		não
MAIRIPORÁ	20	próprio	A		não
MAUÁ	221	Sertãozinho	A		não
MOGI DAS CRUZES	183	próprio	I		não
OSASCO	461	próprio	A		não
PIRAPORA DO BOM JESUS	5	próprio	I		não
POÁ	39	Itaquaquecetuba	A		não
RIBEIRÃO PIRES	53	Sertãozinho	A		não
RIO GRANDE DA SERRA	15	Sertãozinho	A		não
SALESÓPOLIS	4	CIPAS Biritiba	C		sim

Alguns aterros localizados na RMSP recebem resíduos de diferentes municípios, principalmente em função da carência de áreas adequadas e de porte adequado para esse tipo de tratamento do lixo.

É por esta razão que o Aterro Sanitário de Sertãozinho, localizado no município de Mauá, recebe resíduos coletados nos municípios de Diadema, Mauá, Ribeirão Pires, Rio Grande da Serra, São Bernardo do Campo e São Caetano do Sul.

A mesma coisa ocorre no Aterro Sanitário de Itaquaquecetuba no qual são dispostos os resíduos coletados em Arujá, Carapicuíba, Ferraz de Vasconcelos, Poá e Suzano.

Fonte: LIMPURB
São Paulo 2004

Para o Aterro Sanitário Bandeirantes, localizado no Km 23 da Rodovia dos Bandeirantes, vão os resíduos coletados no município de Taboão da Serra e 50% dos coletados no município de São Paulo.

Os resíduos coletados nos municípios de Itapeceira da Serra e São Lourenço da Serra são dispostos no Aterro Sanitário de Itapeceira.

As municipalidades de Salesópolis e Biritiba Mirim dispõem seus resíduos no Aterro Sanitário de Biritiba Mirim.

O Aterro Sanitário Essencis, localizado no município de Caieiras, recebe os resíduos coletados nos municípios de Caieiras e Cajamar.

2.4.4. Situação da Disposição Final dos RSDV Coletados no Município de São Paulo

Como já mencionado anteriormente, a coleta dos resíduos domiciliares e as operações de limpeza urbana, são de responsabilidade da Prefeitura Municipal. Os RSDV coletados são transportados para os Aterros Sanitários da Rodovia dos Bandeirantes e do Sítio São João. Os resíduos inertes (entulhos e similares), coletados e transportados por empresas privadas, são dispostos no Aterro Sanitário de Itaberaba.

Em função das grandes distâncias entre as áreas de coleta e os aterros sanitários, uma parcela dos resíduos coletados passa por estações de transbordo nas quais os resíduos são transferidos para carretas que transportam maiores quantidades de resíduos por viagem. São Paulo tem 3 (três) estações de transbordo: Ponte Pequena, Vergueiro e Santo Amaro.

No município de São Paulo está em operação uma usina de triagem e compostagem localizada em Vila Leopoldina. Esta usina, administrada por empresa contratada pela prefeitura de São Paulo, processa 260.000 toneladas de resíduos domiciliares por ano.

Os RSSS provenientes de estabelecimentos de prestação de serviços de saúde são coletados e enviados para tratamento na Usina de Desinfecção de Jaguaré e depois transportados para o Aterro Sanitário da Rodovia dos Bandeirantes.

Nas Fotos 5, 6 e 7 apresentam-se detalhes da operação da Estação de Transbordo de Santo Amaro, localizada no município de São Paulo.

Foto 5. Estação de transbordo de Santo Amaro: operação de carregamento de resíduos diretamente dos caminhões coletores para as carretas

Foto 6. Estação de transbordo de Santo Amaro: remoção dos resíduos do fosso para as carretas

Foto 7. Estação de transbordo de Santo Amaro: carregamento da carreta

Tabela 7. Quantidades de RSDV, RSSS e RSIE coletadas no município de São Paulo em 2003

TIPOS DE RESÍDUOS	QUANTIDADES	
	1.000 t/ano	t/dia
COLETA DOS RSDV		
Convencional com veículos coletores/compactadores	2.867	7.854
Mecanizada com uso de contêineres estacionários (*)	156	427
Feira Limpa - contêineres estacionados no local da feira livre	33	90
Favelas e áreas de difícil acesso com veículos de menor porte	86	236
PEV's – Postos de Entrega Voluntária e coleta seletiva do Programa Recicla São Paulo	21	58
TOTAL DOS RSDV	3.163	8.665
COLETA E TRANSPORTE POR TERCEIROS		
RSC e RSI coletados por terceiros	89	244
TOTAIS	89	244
COLETA DOS RSSS		
Hospitais, ambulatórios, etc.	29	80
Farmácias, clínicas veterinárias, etc	4	9
TOTAL DOS RSSS	33	89
COLETA DE ANIMAIS MORTOS		
Animais mortos no departamento de Zoonoses e clínicas veterinárias	0,2	0,4
TOTAIS	0,2	0,4
COLETA DOS RSIE		
Entulhos, pedras, resíduos de demolição, etc.	748	2.049
TOTAIS RSDV + RSSS + RSIE	4.035,2	11.047,4

Fonte: LIMPURB São Paulo - 2004

Na Tabela 7 - Quantidades de RSDV, RSSS e RSIE Coletadas no Município de São Paulo em 2003, estão relacionadas as quantidades de resíduos que foram coletadas na cidade de São Paulo naquele ano. Vale destacar que a coleta dos RSDV é realizada pela Prefeitura de São Paulo, segundo 5 (cinco) formas diferentes, a saber:

1. convencional: realizada diretamente pelos caminhões coletores/ compactadores.
2. mecanizada: efetuada por caminhões coletores/ compactadores a partir de contêineres estacionários.
3. feira limpa: realizada em contêineres onde os feirantes depositam seus resíduos.
4. favelas: realizada nas favelas a partir de contêineres nos quais os moradores depositam os RSDV.
- 5.: PEVs (Postos de Entrega Voluntária para materiais recicláveis) e coleta seletiva realizada por veículos especiais do “Programa Recicla São Paulo”.

Tabela 8. Tratamento, transbordo e disposição final dos RSDV, RSSS e RSIE coletados no município de São Paulo em 2003

OPERAÇÕES	QUANTIDADES DE RSDV	
	1000 t / ano	t / dia
ESTACOES DE TRANSBORDO		
Ponte Pequena	1.061	2.906,8
Vergueiro	376	1.030,1
Itatinga (triagem de RSIE)	748	2.049,0
Santo Amaro	619	1.695,9
TOTAL TRANSBORDO		
COLETA E TRANSPORTE POR TERCEIROS		
RSC e RSI coletados por terceiros	90,1	246,8
TOTAL COLETADO	90,1	246,8
COMPOSTAGEM		
Vila Leopoldina	260	712,3
Rejeitos da compostagem	135,2	370,4
DESINFECÇÃO DOS RSSS		
Resíduos sólidos dos serviços de saúde	32,6	89,0
RESÍDUOS INERTES – RSIE		
Entulhos, pedras, etc.	90	247,0
DISPOSIÇÃO FINAL		
Aterro da Rodovia dos Bandeirantes	1.993	5.460,27
Aterro do Sítio São João	2.133	5.843,83
Aterro de Inertes em Itaberaba	645	1.769,00
TOTAIS DISPOSTOS	4.771,00	13.073,10
COLETA E TRANSPORTE DE CHORUME		
	1000 t / ano	m3 / dia
Aterros em Operação		
Rodovia dos Bandeirantes	521	1.427,4
Sítio São João	643	1.761,4
Aterros em Manutenção		
Santo Amaro	35	95,9
Vila Albertina	44	120,5
TOTAL	1.243	3.405,4

Fonte: LIMPURB São Paulo - 2004

Na Tabela 8 são apresentadas as quantidades de Resíduos Sólidos Domésticos e de Varrição - RSDV que foram coletadas, passaram pelas estações de transbordo e posteriormente dispostas nos aterros sanitários que operam no município de São Paulo.

Os Resíduos Sólidos de Serviço de Saúde - RSSS, após serem submetidos aos processos de desinfecção por aplicação de microondas na Usina de Desinfecção de RSSS do Jaguaré, são dispostos no Aterro Sanitário da Rodovia dos Bandeirantes.

Foto 8. Aterro Sanitário da Rodovia dos Bandeirantes (SP): tubulação de gás metano

Desde 2003 encontra-se em operação no Aterro Sanitário da Rodovia dos Bandeirantes o projeto de recuperação do gás combustível gerado no processo de degradação da matéria orgânica existente nos RSDV. Neste mesmo ano de implantação do sistema de recuperação do metano foram depositadas, nesse aterro, 1.993.000 toneladas de resíduos o que permitiu o início da primeira etapa da geração de energia elétrica.

O projeto previa a geração de 20 MW de energia elétrica até dezembro de 2004 e, nesta primeira etapa, foram gerados 5 MW. A energia elétrica gerada foi transferida à empresa local de suprimento a qual, por sua vez, a distribuiu para as residências localizadas nas vizinhanças do aterro sanitário.

Foto 9. Equipamentos de secagem do biogás através do resfriamento

Os investimentos em equipamentos de recuperação dos gases combustíveis e de geração de energia elétrica foram realizados por um banco comercial brasileiro, que é ressarcido de seu investimento, primeiro, pelo não pagamento à empresa distribuidora de energia por igual quantidade de energia consumida em suas agências bancárias e, segundo, pela comercialização internacional dos créditos de carbono correspondentes à eliminação do gás metano.

3. Sistema Legal: gerenciamento dos resíduos urbanos e os aspectos ambientais

3.1. Legislação Federal

3.1.1. Normas Técnicas

A seguir apresentamos o sistema legal brasileiro que dá suporte às ações de coleta, tratamento e destinação final dos resíduos sólidos, bem como à proteção ambiental dos ecossistemas envolvidos. Relacionamos os principais diplomas legais vigentes no Brasil, no Estado de São Paulo, na RMSP e no município de São Paulo que, direta ou indiretamente, têm interesse para a questão dos resíduos sólidos.

Os principais instrumentos legais elaborados em nível federal são as normas técnicas e as leis e decretos.

As Normas Técnicas elaboradas pela Associação Brasileira de Normas Técnicas – ABNT e que tratam da questão dos resíduos sólidos urbanos são as seguintes:

- NBR 98 - Armazenamento e manuseio de líquidos inflamáveis e combustíveis.
- NBR 8.849 - Apresentação de projetos de aterros controlados de resíduos sólidos urbanos.

- NBR 1.183 - Armazenamento de resíduos sólidos perigosos.
- NBR 8.418 - Apresentação de projetos de aterros de resíduos industriais perigosos.
- NBR 8.419 - Apresentação de projetos de aterros sanitários de resíduos sólidos urbanos.
- NBR 9.190 - Sacos plásticos para acondicionamento de lixo – Classificação.
- NBR 10.004 - Resíduos Sólidos – Classificação.
- NBR 10.005 - Lixiviação – Procedimento.
- NBR 10.006 - Solubilidade – Procedimento.
- NBR 10.007 - Amostragem dos Resíduos.
- NBR 10.157 - Aterro de Resíduos Sólidos Perigosos – Critérios para Projeto, Construção e Operação.
- NBR 12.807 – Define os termos empregados em relação aos resíduos sólidos de serviços de saúde coletados.

- NBR 12.808 – Classifica os resíduos de serviços de saúde quanto aos riscos potenciais ao meio ambiente e à saúde pública, para que tenham gerenciamento adequado.
- NBR 12.810 – Fixa os procedimentos exigíveis para coleta interna e externa dos resíduos de serviços de saúde, sob condições de higiene e segurança.
- NBR 12.235 - Armazenamento de Resíduos Perigosos
- P.N. 1:603.06-006 - Projeto de Normas para aterros de resíduos não perigosos – Critérios para projetos, implantação e operação.
- P.N. 1:603.06-002 - Projeto de Norma de Tratamento do Solo (“Landfarming”) Revisão n.º 05.
- P.N. 2:09.60 – Projeto de Norma de Aterro de Resíduos Perigosos – critérios para projeto, construção e operação.

3.1.2. Leis e Decretos - Constituição Federal

A Constituição Federal, promulgada em 1998, aborda a questão de meio ambiente, o controle da poluição e a disposição final de resíduos sólidos, de maneira abrangente, ao definir que :

Art. n.º 225 – Todos têm direito ao meio ambiente ecologicamente equilibrado, bem de uso comum do povo e essencial à sadia qualidade de vida, impondo-se ao Poder Público e à coletividade o dever de defendê-lo e preservá-lo para as presentes e futuras gerações.

§ 1º - Para assegurar a efetividade desse direito, incumbe ao Poder Público :

V – controlar a produção, a comercialização e o emprego de técnicas, métodos e substâncias que comportem risco para a vida, a qualidade de vida e o meio ambiente.

Decreto-Lei n.º 76.389, de 03 de outubro de 1975 - Dispõe sobre as medidas de prevenção e controle da poluição que trata o Decreto-Lei n.º 1.413, de 14 de agosto de 1975 e dá outras providências (alterado pelo Decreto n.º 85 206, de 25 de setembro de 1980).

Lei n.º 6.938, de 31 de agosto de 1981, regulamentada pelo Decreto n.º 99.274 de 06 de junho de 1990, que dispõe sobre a Política Nacional do Meio Ambiente. Esta lei, regulamentada pelo Decreto n.º 99.274, de 06 de junho de 1990, embora não apresente uma correlação direta com o empreendimento, constitui material de consulta em qualquer estudo que envolva questões ambientais.

Decreto n.º 99.274, de 06 de junho de 1990 - Regulamenta a Lei n.º 6.902 de 27 de abril de 1981 e a Lei n.º 6.938 de 31 de agosto de 1981, que dispõem, respectivamente, sobre a criação de Estações Ecológicas e Áreas de Proteção Ambiental e sobre a Política Nacional de Meio Ambiente.

Lei n.º 9.605, de 12 de fevereiro de 1998 – Dispõe sobre as sanções penais e administrativas derivadas de condutas e atividades lesivas ao meio ambiente e dá outras providências.

Portaria do Ministério do Interior - MINTER n.º 231, de 27 de abril de 1976, que estabelece os padrões da qualidade do ar. A Portaria MINTER estabelece os padrões de qualidade do ar, ou sejam, as concentrações de poluentes atmosféricos, as quais se forem ultrapassadas, poderão afetar a saúde, a segurança e o bem-estar da população, bem como ocasionar danos à flora e à fauna, aos materiais e ao meio ambiente em geral.

Portaria do Ministério do Interior - MINTER n.º53, de 01 de maio de 1979, que estabelece normas aos projetos específicos de tratamento e disposição de resíduos sólidos. Trata-se de um dispositivo legal de exame obrigatório na elaboração de projetos de tratamento e disposição final de resíduos sólidos.

Portaria do Ministério do Interior - MINTER n.º 124, de 20 de agosto de 1980, que baixa normas no tocante à prevenção da contaminação ambiental. Este dispositivo legal estabelece a obrigatoriedade da manutenção de distanciamento entre as atividades poluidoras e as coleções hídricas. As atividades que porventura possam causar poluição

poluição hídrica deverão localizar-se a uma distância mínima de 200 metros das coleções hídricas ou cursos d'água existentes nas circunvizinhanças.

Resolução do Conselho Nacional de Meio Ambiente CONAMA n.º 001, de 23 de janeiro de 1986, que estabelece as exigências para a apresentação de estudos de impacto ambiental. Esta Resolução veio tornar obrigatória a aplicação de um dos mais importantes instrumentos da Política Nacional do Meio Ambiente, que é a avaliação prévia dos impactos que poderão ser causados ao meio ambiente por atividades ou empreendimentos que se implantarem no território nacional.

Resolução do Conselho Nacional de Meio Ambiente CONAMA n.º 20, de 18 de junho de 1986, que dispõe sobre a classificação das águas doces, salobras e salinas do Território Nacional. Esta Resolução estabelece os padrões de qualidade das águas a serem observados nas coleções hídricas susceptíveis de serem atingidas por qualquer atividade ou obra potencialmente poluidora.

Resolução do Conselho Nacional de Meio Ambiente CONAMA n.º 005, de 15 de junho de 1989, que institui o Programa Nacional de Controle da Poluição do Ar - PRONAR. Esta Resolução institui o Programa Nacional de Controle da Poluição do Ar - PRONAR, como um dos instrumentos básicos da gestão ambiental para a proteção da saúde, do bem-estar da população e melhoria da qualidade de vida, com o objetivo de permitir o desenvolvimento econômico e social do país, de forma ambientalmente segura, pelas limitações dos níveis de emissão de poluentes das fontes de poluição atmosférica.

Resolução do Conselho Nacional de Meio Ambiente CONAMA n.º 003, de 28 de junho de 1990, que estabelece os padrões de qualidade do ar. Os padrões de qualidade do ar estabelecem as concentrações de poluentes atmosféricos que, se ultrapassadas, poderão afetar a saúde, a segurança e o bem estar da população, bem como ocasionar danos à flora e à fauna, aos materiais e ao meio ambiente em geral. O empreendimento deve obedecer, no tocante às emissões atmosféricas, aos padrões estabelecidos nessa Resolução.

Resolução do Conselho Nacional de Meio Ambiente CONAMA n.º 005, de 05 de agosto de 1993. Esta Resolução do CONAMA dispõe sobre a destinação final de resíduos sólidos.

Resolução do Conselho Nacional de Meio Ambiente CONAMA n.º 264, de 26 de agosto de 1999. Esta Resolução do CONAMA dispõe sobre o licenciamento de fornos rotativos de produção de clínquer para atividades de co-processamento de resíduos.

Resolução do Conselho Nacional de Meio Ambiente CONAMA n.º 283, de 12 de julho de 2001. Esta Resolução do CONAMA dispõe sobre o tratamento e a destinação final dos resíduos dos serviços de saúde.

Resolução do Conselho Nacional de Meio Ambiente CONAMA n.º 307, de 5 de julho de 2002. Estabelece diretrizes, critérios e procedimentos para a gestão dos resíduos da construção civil.

Resolução do Conselho Nacional de Meio Ambiente CONAMA n.º 313, de 29 de outubro de 2002. Dispõe sobre o Inventário Nacional de Resíduos Sólidos Industriais.

Resolução do Conselho Nacional de Meio Ambiente CONAMA n.º 316, de 29 de outubro de 2002. Esta Resolução do CONAMA dispõe sobre procedimentos e critérios para o funcionamento de sistemas de tratamento térmico de resíduos.

3.2. Legislação do Estado de São Paulo - Constituição Estadual

A Constituição Estadual assegura a preservação, proteção e recuperação do meio ambiente urbano e rural, cria e mantém áreas de interesse histórico, urbanístico, ambiental, turístico e de utilização pública e restringe a utilização de áreas de riscos geológicos.

Lei n.º 898, de 18 de Dezembro de 1975, que disciplina o uso do solo para a proteção dos mananciais e Lei n.º 1.172, de 17 de novembro de 1976, que delimita as áreas relativas aos mananciais, cursos e reservatórios de água.

Os diplomas legais supra mencionados disciplinam o uso do solo para a proteção dos mananciais, cursos e reservatórios de água e demais recursos hídricos de interesse da Região Metropolitana da Grande São Paulo delimitando, como áreas de proteção, aquelas contidas entre os divisores de água do escoamento superficial contribuinte dos mananciais, cursos e reservatórios de água.

Lei n.º 997, de 31 de maio de 1976. Dispõe sobre a prevenção e o controle da poluição do meio ambiente no Estado de São Paulo.

Decreto n.º 8.468, de 08 de setembro de 1976. Regulamenta a Lei n.º 997, de 31 de maio de 1976. Estabelece padrões de qualidade e emissão para as águas e o ar, normas sobre resíduos sólidos, disciplina licenças ambientais e registros dos estabelecimentos potencialmente geradores de material poluente, disciplina os procedimentos administrativos e a imposição de penalidades aos infratores.

Lei n.º 1.172, de 17 de novembro de 1976. Delimita as áreas relativas aos mananciais, cursos e reservatórios de água a que se refere à Lei n.º 898, de 18 de dezembro de 1975.

Lei n.º 1817, de 18 de outubro de 1978. Estabelece as diretrizes para o desenvolvimento industrial metropolitano, disciplina o zoneamento industrial e o licenciamento de estabelecimentos industriais na Região Metropolitana de São Paulo - RMSP

Lei n.º 4.435, de 5 de dezembro de 1984. Veda a instalação de depósito de resíduos, usinas de beneficiamento de resíduos e aterros sanitários no Município do Embú.

Lei n.º 7.750, de 31 de março de 1992. Este diploma legal dispõe sobre a Política Estadual de Saneamento.

Decreto n.º 39.173, de 08 de Setembro de 1994. Este decreto altera o Decreto n.º 10.755, de 22 de novembro de 1977, que dispõe sobre o enquadramento dos corpos d'água.

Resolução SMA n. 34, de 03 de junho de 1996. Dispõe sobre a utilização de áreas mineradas, pelos municípios da Região Metropolitana de São Paulo, para disposição de resíduos sólidos inertes, da Classe III.

Resolução SMA n.º 51, de 25 de julho de 1997. Dispõe sobre a exigência ou dispensa de Relatório Ambiental Preliminar - RAP para os aterros sanitários e usinas de reciclagem e compostagem de resíduos sólidos domésticos operados por municípios.

Resolução SMA n.º 42, de 29 de dezembro de 1997. Estabelece o Relatório Ambiental Preliminar – RAP para o processo de licenciamento e apresentação de estudo de impacto ambiental de atividades efetiva ou potencialmente poluidoras ou degradadoras do meio ambiente.

Resolução SMA n.º 13, de 27 de fevereiro de 1998. Dispõe sobre a obrigatoriedade da atualização anual do Inventário Estadual de Resíduos Sólidos Urbanos.

Resolução SS-SMA-SJDC n.º 1, de 29 de junho de 1998. Aprova as Diretrizes Básicas e o Regulamento Técnico para apresentação e aprovação do Plano de Gerenciamento de Resíduos Sólidos de Serviços de Saúde. Revoga a Resolução SS-SMA n.º 1/96.

Resolução SMA n.º 9, de 27 de março de 1998. Dispõe sobre o Anteprojeto de Lei que institui a Política Estadual de Resíduos Sólidos para amplo debate junto aos municípios, as entidades públicas e privadas, as organizações não governamentais e as sociedades civis. Este anteprojeto está em discussão nos Conselhos Estaduais – COHIDRO, CONSEMA, CONESAN.

Resolução CETESB n.º 7, de 06 de fevereiro de 1997. Dispõe sobre padrões de emissão para unidades de incineração de resíduos de serviços de saúde.

A Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental – CETESB, órgão de controle ambiental do Estado de São Paulo, estabelece normas específicas para o sistema de resíduos sólidos, a saber:

P 4.240 - Apresentação de projetos de Aterros Industriais.

P 4.241 - Apresentação de projetos de Aterros Sanitários de Resíduos Sólidos Urbanos.

N.T. 1.012 - Aterro de resíduos sólidos perigosos - Critérios para projeto, construção e operação.

3.3. Legislação do Município de São Paulo

Conforme mencionado, anteriormente, a Constituição Federal permite um exame conjunto dos municípios e preceitos por ela estabelecida que fornecem o entendimento que, o Município, mesmo em tema de vigilância sanitária, pode instituir o regulamento necessário, desde que inserido no seu âmbito de atuação (interesses local) e interligado às diretrizes gerais fixadas pela legislação federal e estadual, praticando a atividade legislativa complementar, no que couber.

Em termos de legislação vigente, o Município de São Paulo apresenta uma farta produção normativa na questão dos resíduos sólidos. Com efeito, desde a década de 70 várias leis e decretos, regrando condutas para os munícipes e/ou organizando o sistema de limpeza urbana municipal vêm sendo editados, valendo citar como principais instrumentos:

Decreto n.º 10.227, de 13 de novembro de 1972. Dispõe sobre o uso de sacos plásticos para o acondicionamento de resíduos em zonas de coleta noturna e dá outras providências.

Decreto n.º 16.447, de 22 de fevereiro de 1980. Dispõe sobre a venda, mediante financiamento, de produtos resultantes do processo de tratamento de resíduos.

Lei n.º 9.893, de 24 de maio de 1985. Cria e regula o Conselho Municipal de Defesa do Meio Ambiente – CONDEMA.

Lei n.º 10.315, de 30 de abril de 1987. Dispõe sobre a limpeza pública no Município de São Paulo.

Lei n.º 10.447, de 22 de abril de 1988. Dispõe sobre a disciplina e fiscalização dos serviços de limpeza de fossas sépticas e poços de absorção (fossas negras).

Lei n.º 10.508, de 12 de setembro de 1988. Dispõe sobre a limpeza nos imóveis, o fechamento de terrenos não edificadas e a construção de passeios.

Lei n.º 10.678, de 11 de novembro de 1988. Altera a Lei n.º 9.893 de 24 de maio de 1985.

Lei n.º 10.746, de 12 de setembro de 1989. Altera alguns dispositivos da Lei n.º 10.315 de 10 de novembro de 1987.

Decreto n.º 28.649, de 05 de abril de 1990. Reconhece o trabalho organizado dos catadores de papel, papelão e assemelhados.

Decreto n.º 28.970, de 21 de agosto de 1990. Dispõe sobre a comercialização dos produtos resultantes do tratamento dos resíduos, revogando o Decreto n.º 28.286 de 17 de novembro de 1989.

Lei n.º 10.939, de 18 de janeiro de 1991. Dispõe sobre proibição de implantação de sistemas de tratamento de resíduos em áreas de proteção de mananciais.

Lei n.º 10.954, de 28 de janeiro de 1991. Dispõe sobre a coleta seletiva dos resíduos industriais comerciais e residenciais.

Decreto n.º 29.693, de 29 de abril de 1991. Regulamenta a Lei n.º 10.939 de 18 de janeiro de 1991. Trata sobre a implantação de sistemas de tratamento de resíduos em áreas de proteção de mananciais.

Lei n.º 11.260, de 08 de outubro de 1992. Dispõe sobre o serviço de coleta de entulho no âmbito do município.

Lei n.º 11.435, de 12 de novembro de 1993. Inclui no âmbito dos serviços de coleta de resíduos o recolhimento de restos de móveis e outros materiais domésticos.

Decreto n.º 34.7163, de 30 de novembro de 1994. Estabelece a necessidade do Relatório de Impacto de Vizinhança – RIVI e dá outras providências.

Decreto n.º 35.657, de 09 de novembro de 1995. Dispõe sobre a coleta, transporte e destino final de resíduos sólidos e aterros sanitários e incineradores municipais não abrangidos pela coleta regular e dá outras providências.

Decreto n.º 36.957, de 10 de julho de 1997. Regulamenta a Lei n.º 11.368 de 17 de maio de 1993, que dispõe sobre o transporte de produtos perigosos de qualquer natureza sobre os veículos privados que transportam cargas perigosas no município de São Paulo. Apresenta a classificação de produtos perigosos. Define as licenças para transportadores e cria plano de emergência para acidentes de transporte de resíduos perigosos. Define os pátios de retenção dos resíduos sólidos.

Decreto n.º 37.066, de 15 de novembro de 1997. Redefine os resíduos sólidos provenientes do serviço de saúde, alterando a Lei n.º 10.315/87 e dá outras providências para estabelecimentos geradores de resíduos provenientes de atividades do serviço de saúde.

Decreto n.º 37.2413, de 17 de dezembro de 1997. Classifica os tipos de resíduos sólidos dos serviços de saúde e dá outras disposições.

Decreto n.º 37.633, de 18 de setembro de 1998. Regulamenta a coleta, o transporte e a destinação final de entulho, terras e sobras de materiais de construção, de que trata a Lei n.º 10.315, de 30 de abril de 1987.

3.4. Comentários a Respeito das Legislações

3.4.1. Legislação Federal

A seguir apresentaremos alguns comentários a respeito das legislações vigentes no Brasil referentes ao meio ambiente e, em especial, aos resíduos sólidos urbanos.

Para este trabalho nós tivemos o cuidado de selecionar somente as normas que têm alguma relação com a questão dos resíduos sólidos. Embora muito extensa, esta lista só vem confirmar que todo esse aparato legal que trata das questões ambientais não é suficiente para configurar uma política brasileira para o setor.

Se olharmos mais atentamente, é possível verificar que grande parte dos diplomas legais que disciplinam a questão dos resíduos sequer estabelecem normas, padrões ou definição de responsabilidades. Existem, evidentemente, alguns poucos casos específicos onde padrões, normas ou responsabilidades são definidas, porém sempre limitadas a alguma exigência ou proibição genéricas.

Esses têm em comum duas condições que permeiam permanentemente toda a legislação:

a) os resíduos sólidos não podem ser coletados, acondicionados, transportados, tratados ou dispostos de modo a provocar a poluição do meio ambiente;

b) os projetos de tratamento e disposição final de resíduos devem ser sempre licenciados ou, pelo menos, aprovados pelo órgão ambiental competente.

O tratamento legal da matéria envolve dois aspectos:

a) a disciplina da prestação desses serviços pelas prefeituras, abrangendo suas competências e responsabilidades, as obrigações dos munícipes e demais usuários desses serviços, a forma de sua remuneração, etc.

b) normas versando sobre a proteção da saúde pública e sobre o controle da poluição ambiental causada pelo acondicionamento, coleta, transporte, tratamento e disposição dos resíduos.

A Constituição Federal de 1988 estabeleceu no seu Artigo 30, que a organização e prestação de serviços públicos de interesse local (que inclui as tarefas de limpeza pública, coleta, transporte e disposição dos resíduos sólidos) é de competência exclusiva dos municípios. Mas essa mesma Constituição em seu Artigo 21, XX, estabelece que cabe à União instituir diretrizes para o desenvolvimento urbano

incluindo-se, aqui, habitação, saneamento básico (com os serviços de limpeza pública) e transportes urbanos.

Quanto à poluição causada pelos resíduos sólidos e seus reflexos sobre a saúde da população, coube à União Federal a competência para traçar normas gerais destinadas a garantir o controle da poluição e impedir a degradação do meio ambiente (Constituição Federal, 1988, Artigo 24, VI), cabendo aos Estados a legislação concorrente. Os Municípios, com fundamento no Art. 30, II da mesma Carta, também podem estabelecer normas sobre a matéria.

Esta legislação vem tratando, desde a geração até a disposição final dos resíduos sólidos, do controle da poluição ambiental ou do licenciamento de atividades poluidoras. Nos últimos anos algumas modificações têm sido incluídas na legislação ambiental de modo a penalizar os infratores. A Lei n.º 9605, de 12 de fevereiro de 1998, que dispõe sobre as sanções penais e administrativas derivadas de condutas lesivas ao meio ambiente, conhecida como Lei dos Crimes Ambientais veio regulamentar o Artigo 225, Parágrafo 3º, da Constituição Federal, disciplinando os crimes ecológicos, fixando

as responsabilidades penal e administrativa das pessoas jurídicas e contemplando normas gerais relativas às sanções a serem impostas aos infratores da legislação ambiental.

A Lei de Crimes Ambientais (e seu Regulamento), possibilitam a imposição de penalidades bastante severas aos poluidores, bem como aos agentes públicos que se omitirem na aplicação da legislação. Da maneira como foi elaborado, esse instrumento legal tem se mostrado forte o bastante para induzir ao cumprimento das normas ambientais. Entretanto sabemos, também, que somente o texto da lei não garante o cumprimento e o sucesso da Lei de Crimes Ambientais. É necessário que a sociedade organizada participe identificando e denunciando os crimes ambientais.

Para que a ação de controle seja mais efetiva é necessário, também, que os Ministérios Públicos Federal e Estadual continuem fiscalizando e exigindo o cumprimento destas normas agindo, muitas vezes, em paralelo a partir de suas próprias agências ambientais, seja notificando os infratores, seja propondo ações judiciais contra eles.

É importante que os Ministérios continuem, cada vez mais, a propor Ações Cíveis Públicas que obriguem o poluidor a corrigir as irregularidades, a reparar ou indenizar por danos causados ou mesmo a cancelar as licenças ambientais.

3.4.2. Legislação do Estado de São Paulo

Ao nos debruçarmos sobre a legislação estadual perceberemos o número reduzido de textos legais que tratam especificamente da questão dos resíduos. Para não dizer que é inexistente, o mais corriqueiro são normas legais específicas (ou como parte de diplomas legais) que tratam da proteção dos recursos hídricos (especialmente os subterrâneos), da poluição ambiental ou do licenciamento de fontes poluidoras.

No Estado de São Paulo verifica-se, ainda hoje, um distanciamento na aplicação da legislação estadual entre os órgãos de controle estadual e as atividades de coleta e transporte dos RSC e RSI. A fiscalização mais efetiva ocorre exclusivamente nas atividades de destinação final desses resíduos.

A CETESB - Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental, ligada à Secretaria do Meio Ambiente do governo de São Paulo exigia, até pouco tempo atrás, que os geradores de resíduos sólidos industriais tivessem o CATRI - Certificado de Aprovação de Transporte de Resíduos Industriais.

Era esse documento que autorizava o transporte dos RSI, indicando a quantidade, origem dos resíduos e o local de destinação final. Alguns anos atrás a CETESB aboliu este documento sob a alegação de que não era atribuição dos órgãos estaduais fiscalizar o transporte dos RSI.

A partir daquele momento cessou a fiscalização sobre as atividades de transporte dos RSI. A CETESB manteve o CADRI - Certificado de Aprovação de Destinação de Resíduos Industriais, que se presta somente ao controle das ações de destinação final dos resíduos.

O mercado atualmente só possui normatização nas ações de destinação final dos resíduos, através do CADRI. A inexistência de um documento legal que regulamente e permita o controle e fiscalização sobre o transporte dos RSI, tem criado condições favoráveis para que geradores e transportadores inescrupulosos realizem uma série de ações lesivas ao meio ambiente visando, unicamente, o lucro financeiro.

A CETESB possui, hoje, um documento denominado “Manifesto de Carga”, que permite o monitoramento dos resíduos desde o gerador até o destino final. O Manifesto de Carga, modelo 25, está contido na Lei 6.374/89, art. 67, § 1º, e Convênio SINIEF-6/89, art. 17, §§ 4º e 5º, na redação do Ajuste SINIEF-14/89, cláusula primeira, VII, e do Ajuste SINIEF-15/89, cláusula primeira, III, respectivamente. Trata-se de um documento que poderá ser emitido por transportador, no caso de transporte de carga fracionada, antes do início da prestação do serviço e em relação a cada veículo.

3.4.3. Legislação do Município de São Paulo

No que se refere à questão dos resíduos sólidos, ao controle do uso do solo e à prestação de serviços de interesse metropolitano, é possível observar uma série de sobreposições e vazios institucionais quanto aos instrumentos normativos e legais incidentes no âmbito de regiões metropolitanas.

São Paulo é um dos poucos municípios que possui uma legislação que caracteriza os grandes geradores, muito embora persista uma grande deficiência nas atividades de fiscalização motivada, principalmente, pela inexistência de um número adequado de fiscais. Essa deficiência de fiscalização junto aos grandes geradores tem permitido ações irregulares nas quais este tipo de resíduo é recolhido e transportado junto com o lixo domiciliar.

Hoje existe um grande número de diplomas legais, produzidos por instituições governamentais setoriais e em diferentes épocas. Este quadro sugere, de imediato, a necessidade de uma revisão e da compilação de todos estes documentos legais.

Talvez seja a única forma de garantir uma rápida identificação das diretrizes e restrições legais, , bem como, garantir uma maior eficácia em sua aplicação para controle e fiscalização das ações relacionadas à limpeza urbana e ao saneamento básico.

Como já mencionamos anteriormente, tanto a legislação federal como a estadual abordam a questão dos resíduos de forma genérica, diferentemente do tratamento dado aos assuntos relacionados à poluição do ar e das águas. Isto nos permite inferir que ambas as legislações necessitam de complementações normativas que lhes permitam abranger todos os aspectos importantes do problema.

3.4.4. Aplicação das Leis

A aplicação das leis está condicionada a existência de um estatuto, de mecanismos institucionais, administrativos e políticos, bem como à ação coordenada da sociedade civil organizada.

De forma bastante resumida podemos dizer que as leis somente serão aplicadas quando houver uma efetiva implantação e operacionalização da Lei de Crimes Ambientais. Somente a partir daí será possível imprimir uma ação saneadora no mercado. De nada adianta uma legislação adequada e abrangente se a mesma não for devidamente implantada e seu cumprimento eficazmente fiscalizado.

4. Redução de resíduos: uma questão de sobrevivência

A coleta e destinação de resíduos sólidos nas cidades brasileiras, como já discutido no capítulo anterior, apresenta-se como um dos principais problemas enfrentados pelo poder público municipal. Além de consumir praticamente metade do orçamento dos municípios, a maneira como se coleta e se destina o resíduo sólido urbano afeta diretamente a saúde pública e compromete o ambiente.

Atualmente estima-se que algo em torno de 60% dos domicílios brasileiros contam com coleta regular de lixo. Nas cidades de portes médio e grande esse serviço atinge 80% do total de moradias. Além disso, de todo o lixo coletado no país, três quartos são dispostos a céu aberto. Somente algo próximo a 25% é destinado a aterros (controlados ou sanitários), usinas de compostagem e a centrais de triagem/beneficiamento para reciclagem.

Tendo em vista a gravidade do problema, entendemos ser necessário refletir também sobre o atual padrão de produção e consumo como uma das maneiras de buscar alternativas para a minimização dos impactos causados pela produção excessiva de lixo nas cidades.

O atual padrão de desenvolvimento caracteriza-se centralmente pela exploração excessiva e constante dos recursos naturais da Terra, pela geração maciça de resíduos, pela crescente exclusão social. Constata-se, na verdade, a existência de uma crise na relação entre meio ambiente e desenvolvimento, ao não se estabelecerem patamares sustentáveis de produção e consumo e ao não enfrentar-se o dilema da desigualdade de acesso a condições básicas de vida.

Às constatações de permanentes e variadas agressões ao ambiente soma-se o desperdício de energia e de recursos naturais. Os trabalhos de prospecção científica apresentados principalmente depois da década de 90 têm sido bastante enfáticos quanto às dificuldades que estão a caminho, a manter-se o padrão vigente de produção e consumo, especialmente em países de alta industrialização.

Entre os desperdícios mais apontados encontra-se o não aproveitamento dos resíduos sólidos e o pequeno número de iniciativas de redução de resíduos na sua origem, ou seja na indústria. Este descaso com as evidências de esgotamento das fontes de vida revela a falta de compromisso, tanto dos governos, quanto do empresariado em garantir as condições básicas de reprodução das gerações futuras.

A Agenda 21, documento elaborado por 170 países na Conferência Rio 92 aponta uma série de medidas e estratégias de manejo dos resíduos, o princípio dos “3Rs” - reduzir, reutilizar, reciclar - mas até o momento não foi amplamente debatida na sociedade, nem tampouco implementada sob forma de políticas públicas pelo governos. O modo de vida urbano é um fator determinante da degradação ambiental e comprometimento crescente da qualidade de vida, principalmente nos países de economia periférica chamados de Terceiro Mundo. A complexidade do estilo de vida das cidades, combinado a um pesado marketing, gera nas pessoas uma necessidade de consumo intensivo. Uma parcela significativa de novos objetos e produtos lançados no mercado não são efetivamente indispensáveis para assegurar uma boa qualidade de vida ao conjunto da população - eletrodomésticos, automóveis, computadores etc são constantemente acrescidos de novos acessórios ou sofisticações tecnológicas de maneira a tornarem os modelos anteriores obsoletos. O excesso de embalagens descartáveis é outro fator gerador de resíduos.

Evidentemente o processo de degradação ambiental inicia-se na produção: da extração da matéria-prima ao descarte detectam-se procedimentos de alto impacto não só na natureza, mas na saúde humana.

Na visão econômica corrente, os recursos naturais são considerados infinitos ou facilmente substituíveis. Como consequência do pensamento economicista os problemas ambientais são resolvidos segundo as regras do mercado, regulações de preços que levem ao racionamento de energia, à redução da poluição, etc. Apesar dessa visão corrente, hoje já são observadas algumas iniciativas no meio empresarial voltadas para mudanças no perfil da produção, principalmente buscando reduzir os danos ao ambiente e promover um desenvolvimento socialmente responsável.

A partir da década de 70 várias instituições internacionais foram criadas pelo empresariado, visando definir programas de gestão e/ou certificação ambiental na perspectiva de promover mudanças na estrutura industrial: International Chamber of Commerce (ICC), The Coalization for Environmental Responsible Economies (CERES),

Forest Stewardship Council, International Network for Environmental Management (INEM), Global Environmental Management Initiative (GEMI), Responsible Care, British Standard Institution (BSI), International Organization for Standardization (ISO) etc. Estas instituições vêm cumprindo com o papel de divulgar e favorecer o intercâmbio de informações entre o próprio empresariado, a sociedade e governos (Gutberlet, 1996).

Porém, a definição de normas, padrões e regras, visando maior harmonização entre desenvolvimento econômico e preservação do ambiente, tem servido mais para garantir a credibilidade das empresas perante o consumidor do que para mudar significativamente os patamares de desperdício e degradação do ambiente provocado pelas atividades industriais.

4.1. Medidas para aumentar a eficiência do sistema industrial - Factor 10 Club

Contudo, uma visão mais conseqüente do processo industrial, em que se reconhece que os efeitos sociais, ambientais e econômicos do uso de energia e de grande parcela dos recursos naturais ultrapassaram níveis sustentáveis, exigindo mudanças na estrutura produtiva, ganhou expressão nas declarações do Factor 10 Club. Esta entidade, formada por lideranças de governos, indústrias, autoridades locais, universidades, sindicatos, entre outras, lançou em 1994 um apelo para que o empresariado e a sociedade buscassem maior eficiência no uso dos recursos naturais e energéticos. As declarações desta entidade afirmam que os países industrializados estão aptos a aumentar sua produtividade em até dez vezes (origem do termo “Fator 10”) nos próximos 30 a 50 anos. Tratar-se-ia, portanto, de acrescentar às transformações tecnológicas uma significativa transição para níveis mais altos de eficiência no consumo de energia e de matérias-primas. A proposta é de cortar pela metade o presente consumo global dos recursos não-renováveis, incluindo minerais, água e energia.

A razão para o apelo e urgência em se tomarem medidas a curto e médio prazos advém da constatação generalizada de que o impacto sobre a natureza, provocado pela extração intensiva de materiais, bem como as emissões de substâncias tóxicas, estão excedendo a capacidade de absorção da biosfera e alterando o equilíbrio ecológico do planeta. Além disso, segundo os termos da “Declaração Inglesa”, o impacto da ruptura deste equilíbrio também estaria se refletindo na economia. O Factor 10 Club refere-se ao aumento no número e na diversidade de catástrofes, tais como tempestades, inundações e secas, o que certamente afeta não só a sociedade, mas a esfera dos negócios. O documento afirma, ainda, que várias companhias no mundo estão adotando programas para reduzir o consumo de matérias-primas e energia, obtendo ganhos na ordem de 20% a 30%. Ainda assim, aponta que as oportunidades econômicas e as vantagens competitivas associadas ao Fator 10 só recentemente estão sendo percebidas (Declaration English, 1995).

4.2. Ecologia Industrial: o sistema produtivo como sub-sistema da biosfera

No meio científico também avançam os estudos e propostas para redução dos fluxos de matéria e energia. Em recente publicação, “Em direção a uma Ecologia Industrial”, Suren Erkman (1998), pesquisador do Instituto para a Comunicação e Análises das Ciências e das Tecnologias (ICAST), com sede em Genebra, apresenta um conjunto de reflexões e proposições que remetem a um questionamento global da atual estrutura produtiva e dos sistemas de organização social do consumo. Do ponto de vista da ecologia industrial, o sistema industrial é considerado um sub-sistema da biosfera, isto é, uma organização particular de fluxos de matéria, energia e informação. A evolução do sistema industrial é concebida como uma dinâmica mais compatível com o funcionamento de outros ecossistemas. Parte do princípio de que é possível organizar todo o fluxo de matéria e, portanto, de energia, que circula no sistema industrial, de maneira a torná-lo um circuito quase inteiramente fechado.

Desta perspectiva, pode-se alcançar o fechamento dos ciclos de matéria e a desmaterialização - “da mesma forma que as plantas sintetizam as substâncias que alimentam os animais herbívoros, os quais são comidos por animais carnívoros, cujos rejeitos servem para alimentar outros organismos” (Erkman, 1998), as empresas poderiam utilizar seus resíduos como matéria-prima e reutilizar os produtos depois de usados, criando um novo ciclo de vida para os materiais descartados.

A desmaterialização visa reduzir a rapidez e a amplitude dos fluxos de matéria nos sistemas industriais, diminuindo a quantidade de matéria consumida para obter-se um determinado produto. A maneira mais eficaz de desmaterializar consiste em otimizar a utilização dos produtos, centralmente em prolongar sua durabilidade, em aumentar sua vida útil. Ademais, a otimização da utilização permite criar empregos estáveis e qualificados, principalmente ligados à reparação e à manutenção dos produtos. Erkman critica, com propriedade, que tanto empresas, quanto administradores públicos, ao se depararem com a questão da geração dos resíduos e dos impactos dela decorrentes, voltam-se fundamentalmente para o tratamento da poluição em curso, o que conceitua

como filosofia “end of pipe”, ou seja, “fim de linha”, ao invés de voltarem-se para sua prevenção no início do processo.

Desta ótica, os resíduos são tratados fragmentadamente, ou seja, cada tipo de emissão requer uma tecnologia específica de tratamento que, por sua vez, também gera um resíduo, o que implica em custos crescentes. Aponta também para as soluções tecnológicas graduais, que leva a um ciclo incessante de produção de novas tecnologias de despoluição, já que se investe em soluções a posteriori, ou seja, após cada etapa da produção industrial.

O estudo acentua que o mercado de despoluição e tratamento de resíduos tornar-se o maior beneficiário desta estratégia - 300 bilhões de dólares são movimentados neste setor, atualmente, nos países que integram a Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Econômico (OCDE). Estimativas indicam que este valor duplicará no ano 2000. As normas, padrões e regras cada vez mais rígidas, associadas à crescente poluição em países periféricos são fonte de negócios garantidos, mas também de insustentabilidade dos ecossistemas. Visão imediatista e pressão para adequar-se às

normas faz com que o empresariado adquira dispositivos anti-poluentes, os mais baratos, ao invés de investir em pesquisas para redefinir seus métodos de produção.

A ecologia industrial propõe uma visão global do sistema industrial, o que levaria a uma relação mais integrada com o ambiente, favorecendo o rompimento das barreiras da especialização e facilitando o diálogo interdisciplinar. Neste sentido, o sistema industrial é concebido por analogia aos ecossistemas biológicos, de onde surge, então, a noção de ecossistema industrial. As indústrias passariam a operar em uma dinâmica integrada, em termos de um parque eco-industrial. Ou seja, seriam criadas zonas industriais, cujo princípio seria a cooperação entre as empresas na busca da otimização do uso dos recursos e a valorização sistemática dos recursos de uma determinada região. Considerando o estilo predominante de gerenciamento empresarial, que tem na competitividade seu pilar mais forte, esta nova dinâmica, ao priorizar a otimização no uso de recursos, aponta para um novo paradigma de gestão - a colaboração e a preservação ambiental passam a ocupar um lugar central. O autor salienta que uma dinâmica cooperativa deste ponto de vista não excluiria a prática da competitividade, tão importante para o mundo dos negócios.

4.3. Metabolismo industrial: instrumentos para avaliar fluxos de matéria e energia

Metabolismo industrial é um conceito-chave desenvolvido pela ecologia industrial e fundamenta-se na conservação da matéria. Parte da constatação de que a quantidade de matéria que transita na biosfera, devido às atividades humanas, mantém-se constante. O fato de deixar de ter valor econômico após descarte não faz com que desapareça. Pelo metabolismo industrial pode-se avaliar qualitativa e quantitativamente os fluxos e estoques de matéria e de energia das atividades industriais como um todo.

Desta forma, tem-se uma aproximação da dimensão propriamente física das atividades econômicas, em que estimam-se fluxos e estoques de matéria, podendo-se redefinir sua dinâmica e também tornar mais preciso seu estado físico e químico. Esta metodologia tem em vista não apenas os poluentes, mas todos os fluxos de matéria do sistema industrial.

Na visão econômica tradicional considera-se a tecnologia e o mercado sempre capazes de encontrar um substituto para recursos naturais esgotados e soluções para a degradação ambiental.

A ecologia industrial, bem como entidades sócio-ambientalistas, instituições internacionais, cientistas etc. defendem tese exatamente oposta. Este é um tema central que ganhará cada vez mais espaço no debate público. No imaginário social, ao esgotarem-se os combustíveis fósseis, como o petróleo, outra forma de energia surgirá, a biodiversidade será substituída pelos bancos genéticos e assim por diante.

O metabolismo industrial enfatiza que certos “serviços ambientais” essenciais, aqueles que garantem a vida sobre a Terra, não são substituíveis - o clima global, grandes ciclos biogeoquímicos, o ciclo hidrológico, os solos, a biodiversidade. “O principal perigo, em longo prazo, reside na perturbação dos grandes ciclos da biosfera, e não somente no esgotamento dos recursos naturais ou nos dissabores da poluição.

Esta perturbação poderia terminar por conduzir a Terra a outra etapa termodinâmica, sempre distante de seu equilíbrio, o que não permitiria a existência de organismos superiores.

Pode-se mesmo imaginar que a Terra venha a atingir um estado de equilíbrio termodinâmico (mais estável), o que implicaria no desaparecimento da vida” (Erkman, 1998).

Esta abordagem remete à raiz dos problemas relacionados ao desenvolvimento e meio ambiente, devido à visão global do sistema industrial. Permite também a definição de prioridades, a elaboração de estratégias e políticas de controle e prevenção de poluições difusas, um avanço em relação ao que ocorre comumente – a detecção de falsas despoluições (aquelas que transferem a poluição de um meio para outro, da água para o solo, do solo para o ar etc).

Por fim, pelo metabolismo industrial pode-se reconstituir a história e prever a evolução da poluição.

4.4. Desmaterialização da produção: aumentar a produtividade dos recursos

Outro conceito chave para compreender a ecologia industrial é o da desmaterialização da produção, significa dizer, obterem-se mais serviços e bens a partir de uma quantidade menor de matéria. Isso implica em aumentar a produtividade dos recursos naturais. Erkmann chama a atenção para a aparente redução no fluxo de matérias e energia ao longo da evolução industrial, fruto do progresso tecnológico. Toma como exemplo a área eletrônica, onde a miniaturização não pode ser confundida com a diminuição do consumo de matérias e energia - veja-se o tamanho das plantas industriais, as gigantescas instalações de ventilação e de purificação de ar.

Aspecto fundamental a ser considerado são as implicações da redução de matéria, pelo simples uso de materiais mais leves em vários produtos (máquinas de lavar roupas, torradeiras, automóveis, entre outros): os produtos tornam-se mais frágeis e passam a ter um tempo de vida mais curto. Soma-se a isso o fato de muitos produtos não serem reparáveis ou recondicionáveis, o que aumenta o consumo, fator materializador da economia.

O estudo aponta para um aumento dos fluxos de matéria e de energia (números absolutos) ocorrido nas últimas décadas, por força das estratégias de marketing e publicidade que estimularam enormemente o consumo de novos produtos de curta vida. O automóvel aparece como elemento poderoso de materialização, pois o estilo de vida a ele associado é um grande dinamizador do consumo. Mas não só o consumo intensivo de produtos é fator de aumento dos fluxos de matéria e energia; também as infra-estruturas de transporte e os bens imobiliários são fortes materializadores.

Concorrem para isso serviços ligados ao turismo, saúde, lazer, ensino, telecomunicações. Conclusão: mudanças na perspectiva de se reduzirem os impactos ambientais envolvem não só redefinições da estrutura industrial, mas também transformações significativas do sistema urbano e, portanto, da organização social e territorial das cidades.

A ecologia industrial salienta a importância de dissociar-se o aumento da riqueza e do crescimento da produção, noção central no sistema econômico produtivista, através de uma estratégia em que a utilização dos bens passa a ser otimizada - os produtos ganham maior durabilidade. Dito de outra maneira, investe-se no aumento da vida útil dos bens, ao invés de maximizar a produção e a venda de produtos não duráveis. Substitui-se, portanto, a noção de valor de troca pela noção de valor de utilização. Além disso, outra variável é introduzida, a venda de serviços ao invés de produtos, pressupondo-se a utilização intensiva dos produtos. Compra-se o serviço, e não mais o produto - a lavagem de roupas, ao invés da máquina de lavar, refeições prontas ao invés de toda a infra-estrutura de equipamentos domésticos, deslocamento de um local para outro, ao invés do automóvel.

Este ponto, fortemente enfatizado pela ecologia industrial, precisa ser melhor analisado, para que se possa ter uma real dimensão dos produtos que poderiam efetivamente ser substituídos por serviços. A sociedade está estruturada de forma atomizada, a partir da unidade familiar, o que demanda uma série de bens que dificilmente poderiam ser substituídos por serviços. Afora isso, tem-se também que avaliar a relação custo-benefício nesta dinâmica. Da perspectiva dos consumidores esta alternativa poderá ser bem aceita se os gastos com serviços de lavanderia, de refeições prontas e atendimento de outras necessidades não ultrapassar significativamente os valores dispendidos numa estrutura tradicional. Evidentemente estas mudanças interfeririam nos valores socialmente aceitos e arraigados, como o de liberdade individual. Além disso, esta proposta de reorganização social, com vistas à redução do consumo de bens, requereria uma modificação de hábitos e comportamentos associados à diversidade de modos de vida existentes. A sociedade está disposta a redefinir suas formas nucleares de organização do cotidiano e passar a uma dinâmica mais coletiva?

Quanto ao consumo de energia, a ecologia industrial destaca a importância do sistema industrial investir numa “dieta energética” menos rica em carbono fóssil. O gás natural deverá assumir uma presença maior na matriz energética e, segundo estimativas, seu consumo deverá aumentar em dez vezes em cinquenta anos. Mais a longo prazo, a expectativa é de se usar o hidrogênio como fonte energética ideal.

Por fim, temos nesta abordagem o questionamento dos conceitos de tecnologias “poluentes” e tecnologias “limpas” ou “verdes”, que argumenta não fazer sentido esta diferenciação, visto que todas as tecnologias devem tornar-se “limpas”. Dito de outra forma, o conceito de produção “limpa” pressupõe que algumas tecnologias permaneceriam mais ou menos sujas, o que não é ambientalmente aceitável.

Sobre as escolhas tecnológicas, a perspectiva mais adequada não seria a adoção de técnicas ótimas por cada empresa, ainda que sejam apropriadas, mas sim uma mudança na estrutura do sistema industrial - modalidades de transporte, rede de distribuição de energia, urbanismo, rede rodoviária, gestão do território.

As trajetórias tecnológicas apresentam uma forte inércia, exigindo um um longo tempo, na ordem de um século, para transformar grandes sistemas tecnológicos que envolvem a extração de minérios, carvão e aço, química pesada etc. Daí a necessidade de otimizar o funcionamento e utilização das infra-estruturas existentes, paralelamente à implementação de estratégias de conversão de plantas industriais, viáveis economicamente.

A ecologia industrial prevê a implementação das mudanças por etapas, como a definição de objetivos, acordados coletivamente através de uma consulta envolvendo especialistas, meio político, Estado, associações civis - por exemplo, consumir 25% menos petróleo ou proteínas animais no ano 2020. Na etapa seguinte, faz-se o exercício de imaginar a sociedade tendo atingido estes objetivos e desenham-se, então, os passos para atingir-se tal meta. Esta abordagem é um avanço metodológico para a ciência e a tecnologia, ao tomar como referência as demandas formuladas e acordadas por diversos atores sociais. Distinta da abordagem tradicional, esta metodologia pressupõe uma participação da sociedade nas dinâmicas de produção e difusão dos conhecimentos científicos e tecnológicos.

A ecologia industrial aponta para um novo caminho, envolvendo mudanças radicais na estrutura produtiva, na dinâmica do consumo e na própria organização do espaço urbano (onde vive, hoje, quase 50% da população mundial). Contudo, alguns pontos merecem maior aprofundamento. Primeiramente, a proposta de fechamento do ciclo produtivo em si mesmo, na busca de “desperdício zero” (exceto a solar) - resíduos produzidos em um setor seriam absorvidos em outro, o que dispensaria a extração de novas matérias-primas - apresenta-se ainda como uma meta ideal. Numa economia de mercado, altamente competitiva e imediatista, como seria negociada junto ao empresariado esta transição para um sistema eco-industrial? Com a globalização da economia, os centros de pesquisas tecnológicas e científicas estão sob controle quase que exclusivo das grandes corporações. Até que ponto isso não dificulta o surgimento de iniciativas compatíveis com os estágios de evolução industrial de cada país, no sentido da formação de sistemas industriais mais cooperativos e integrados? A cooperação e a lógica sistêmica, pressupostos para a criação de parques eco-industriais, estão muito distantes da realidade empresarial.

A competitividade é a base do atual sistema econômico, salvo poucas exceções. A passagem para uma outra lógica envolveria mudanças de tal ordem, num setor da sociedade que move-se por interesses exclusivamente econômicos, a bem dizer, quase inimagináveis, mas certamente desejáveis.

Mudanças que parecem igualmente difíceis de serem operadas não estão apenas no campo técnico, mas sim na transformação de valores. O maior desafio é cultural. O método de consultas à população, tal como referido acima, é uma estratégia importante e certamente viável em alguns casos. Porém, o que está sendo proposto incide diretamente nas chamadas liberdades individuais - deixar de comprar um determinado equipamento para optar pelo serviço que seria realizado pelo produto exige uma profunda mudança de atitude. Para tal é preciso aprofundar a compreensão das formas de ampliação da consciência coletiva no sentido da sustentabilidade planetária.

Um outro aspecto que parece relevante e não abordado pela ecologia industrial refere-se ao acesso a condições dignas de vida pelas comunidades pobres e excluídas, cerca de três quintos da população da Terra.

A ecologia industrial não estabelece nexos entre um desenvolvimento ambientalmente sadio e o atendimento das necessidades básicas do conjunto das populações. Não está na pauta das propostas apresentadas por esta abordagem associar as mudanças de padrão de desenvolvimento com a garantia de qualidade de vida a todas as populações dos países periféricos. Isso certamente atingirá o nível de vida material presenciado nos países centrais, de Primeiro Mundo - um norte-americano consome dez vezes mais do que o um indivíduo do Hemisfério Sul.

Como pensar em mudanças científicas e tecnológicas na estrutura produtiva sem questionar o padrão de consumo destes países - um quarto dos habitantes do mundo consomem, por ano, 85% das riquezas produzidas planetariamente? A insustentabilidade do atual padrão de consumo e produção de lixo dos países centrais também se evidencia nas projeções de crescimento populacional: 8,5 milhões até 2025 (a cada ano somam-se noventa milhões de pessoas à população mundial). É, portanto, inimaginável estender o padrão de vida de países do Norte para toda a população do planeta.

Para atingir-se um patamar de produção e consumo sustentável teremos que nos perguntar-se quais produtos ou serviços são socialmente necessários. Produtos como brinquedos eletrônicos não cumprem uma função educativa, e os robôs domésticos e industriais, por exemplo, são socialmente perversos à medida em que dispensam mão-de-obra, contribuindo para agravar o quadro de desemprego. Neste sentido, o mercado teria que ser fortemente questionado a redefinir não só seus métodos e tecnologias de produção, mas também sua pauta de produtos. Mas é preciso estar ciente de que, ainda que a sociedade adquira uma ampla consciência de que terá que mudar hábitos e atitudes, não só de consumo, mas de organização social (por exemplo, mudar a estrutura celular de família), um certo grau de consumo de produtos em nível “individual” ainda ocorrerá por muito tempo (geladeira, fogão, computadores, televisão, móveis etc). Parece estarmos ainda distantes de mudanças no modo de vida das sociedades (tendo em conta também suas particularidades culturais) a ponto de satisfazerem todas as suas necessidades em “estruturas coletivas de serviços”.

Um certo nível de satisfação de necessidades cotidianas é perfeitamente transformável. Abrir-se um amplo debate na sociedade que estimule a reflexão e a compreensão da necessidade de produzirem-se mudanças no perfil de consumo desde já, estimulando o consumo de uma série de produtos sustentáveis, já disponíveis no mercado, é caminho indispensável. A socialização do conhecimento dos impactos do atual estilo de desenvolvimento sobre o ambiente, e a sensibilização da sociedade para fazer frente às iniquidades sociais e garantia de acesso universal a condições dignas de vida poderá efetivamente interferir na dinâmica industrial, no sentido da redução dos fluxos de matéria e energia.

4.5. Reciclagem de resíduos: benefícios e impactos

A reciclagem como solução para a diminuição de resíduos apresenta muitos aspectos a serem melhor elucidados, não só quanto aos seus reais benefícios, mas quanto ao escoamento dos resíduos recicláveis. Se todos os resíduos produzidos mundialmente fossem inteiramente recuperados, não se teria, hoje, um parque industrial reciclador para absorvê-los. A ecologia industrial salienta que, tanto pelo lado econômico, quanto pelo ambiental, faz-se necessário a realização de estudos mais aprofundados dos processos de reciclagem, antes de intensificar-se a separação de resíduos domésticos.

As iniciativas políticas neste sentido, ao introduzirem sistemas de coleta seletiva de lixo, ou mesmo as empresas que fazem o marketing da reciclagem para neutralizar o impacto da produção de resíduos, merecem atenção da sociedade. Sendo mais imediata a visualização dos fluxos de matéria consumidos em curto prazo, tem-se a impressão de que algo está sendo feito para resolver o problema, e as questões realmente estruturais e de fundo ficam à margem.

A ecologia industrial coloca também a possibilidade da reciclagem de resíduos ocorrer de forma integrada - os resíduos de uma empresa passariam a ser matéria-prima para outra - ao invés de uma reciclagem fragmentada. Além disso, tem-se, geralmente, o descarte de materiais após um único uso, fato que confere uma curta vida útil aos produtos. Sendo a reciclagem uma atividade marginal, completa-se o ciclo de desperdício.

Por fim, um ponto que depõe a favor de uma profunda reestruturação do atual padrão de produção são as implicações da reciclagem da forma como ocorre hoje: é uma atividade freqüentemente poluente e dissipativa (pode requerer solventes e alvejantes), que consome e dissipa energia. A conduta mais adequada seria tornar a reciclagem efetivamente um ciclo fechado, ou seja, materialmente estanque. No momento, consome-se energia fóssil para o transporte dos produtos separados para serem reciclados e também água, eletricidade e outros insumos no processo de reciclagem propriamente dita. Correto seria que os produtos fossem concebidos para serem integralmente reciclados. Também a exigência de uma rotulagem que descreva a constituição do(s) material(s) utilizado (s) nos produtos, bem como um desenho do mesmo, contribuiria para seu inteiro aproveitamento e manutenção.

A ecologia industrial propõe um olhar rigoroso sobre a dinâmica econômica que, não obstante todas as pressões, informações e alertas provenientes do meio científico, de setores mobilizados da sociedade e de instituições internacionais, continua a estimular e a impor produtos novos, bem como o uso intensivo de matérias virgens.

A grande maioria das empresas passa ao largo de seus resíduos, que na verdade podem ser considerados “minas de recursos”. Isso porque o empresariado coloca excessiva ênfase no produto, ou seja, na venda do mesmo, tratando os resíduos de uma forma marginal ao processo. São criados departamentos para resolver o problema.

Tanto a ecologia industrial, quanto outros setores que atuam na perspectiva de mudanças no atual padrão de produção e consumo, são taxativos em não atribuir à reciclagem o status de “solução” de todos os problemas relacionados à geração de resíduos. Mesmo contribuindo para amenizar a poluição e recuperar materiais, a reciclagem pode não reduzir os fluxos de matéria - garrafas plásticas podem ser transformadas em carros, por exemplo - mas matéria-prima virgem ainda terá de ser

explorada para a produção de novas garrafas. Este processo pode, inclusive, desencadear um efeito inverso, qual seja o de aumentar a circulação de matérias - as empresas divulgam que seus produtos são recicláveis, o que não significa necessariamente que venham a ser de fato recolocados no circuito produtivo sob forma de matéria-prima.

Campanhas de indústrias automobilísticas, divulgando que veículos são recicláveis em 90%, visam aliviar a culpa dos consumidores de maneira a estimular a substituição de carros usados por novos. A indicação “reciclável” nos rótulos das embalagens (notadamente de alumínio e plástico) de diversos produtos, em especial de refrigerantes, também induz ao consumo “sem culpa”, o que faz aumentar a velocidade e a amplitude dos fluxos de matéria.

Ainda que concordemos com a ecologia industrial quanto à necessidade de conhecer-se melhor os impactos da reciclagem, pode-se, contudo, prosseguir ampliando a coleta e reciclagem de materiais e desenvolverem-se paralelamente estudos que

apontem ajustes a serem feitos. Mais problemático seria continuar desperdiçando verdadeiras “reservas de recursos”, até que se tenha todo o quadro do impacto da reciclagem.

Não podemos deixar de considerar que, em países de Terceiro Mundo, a recuperação de resíduos representa a única fonte de renda de setores totalmente excluídos da sociedade, os catadores de rua. Na Colômbia, por exemplo, 6,5 mil catadores beneficiam-se deste trabalho pelo aspecto econômico e também humano, pois através do mesmo recuperam sua dignidade e identidade social.

Também no Brasil avançam as experiências municipais que estimulam e incorporam associações de catadores ao sistema público de coleta seletiva de lixo, instituições internacionais, comunidade científica, ONGs sócio-ambientalistas, consumidores verdes e alguns setores governamentais têm cumprido importante papel no sentido de impulsionar processos voltados para mudanças no padrão de produção e consumo. Os consumidores verdes, por exemplo, colocam sua atenção não só no preço e desempenho dos produtos, mas na responsabilidade social do produtor.

4.6. Resgate de culturas, novos valores e responsabilidades

Nesta perspectiva, situam-se também os “produtos solidários”, feitos por comunidades locais, sejam indígenas, rurais, urbanas. Como impactam o mínimo possível o ambiente, estes produtos mobilizam o interesse de um público consumidor preocupado com a sustentabilidade ambiental e social. Vale lembrar que muitas comunidades, especialmente os povos da floresta, dispõem de conhecimentos, métodos e práticas milenares de manejo do ambiente, em que o respeito aos ritmos e ciclos da natureza são princípios fundamentais. Evidentemente, esta estrutura produtiva não serve de parâmetro para uma produção em larga escala. Ainda assim, estes métodos merecem ser preservados e mais divulgados. Tais experiências podem servir como referência para mudanças no paradigma de desenvolvimento: simplicidade e integração à natureza são pressupostos para a dinâmica social destas comunidades.

Finalmente, o desafio de mudar valores e atitudes está posto para o conjunto das sociedades. Enfrentá-lo pressupõe crescente responsabilização por parte de governos, no sentido de comprometer o empresariado na busca de soluções ambientalmente sustentáveis e socialmente responsáveis. É tarefa também dos governos estimular um debate que ajude a revisão de hábitos de consumo. A sociedade mostra-se sensível ao problema quando, por exemplo, reage positivamente ao apelo de participar de programas públicos de coleta seletiva de lixo ou quando toma a iniciativa de promover a separação de materiais, no caso de escolas, universidades, condomínios residenciais etc.

Mas, além de revisar seus valores e práticas, aos cidadãos e cidadãs caberá ainda o papel de pressionar governos e empresariado na definição de metas e estratégias para que, num horizonte de no máximo cinquenta anos, garanta-se um padrão de produção e consumo em que as condições de reprodução da vida na Terra estejam asseguradas.

5. As embalagens de vidro: reciclar ou reutilizar

5.1 História do Vidro

5.1.1. Origem

Nenhuma das fontes pesquisadas traz ao certo o período e o povo que descobriu o vidro. Por esta razão não é possível estabelecer uma data precisa para o descobrimento do vidro nem, tampouco, que povo o produziu pela primeira vez. Sabe-se, no entanto, que egípcios, sírios, fenícios, assírios, babilônios, gregos e romanos já realizavam trabalhos com o vidro.

Inúmeras fontes atribuem a descoberta acidental aos navegadores fenícios. Outros autores questionam essa informação indicando que os povos da Mesopotâmia e os egípcios já conheciam as técnicas rudimentares de sua fabricação há quase 5.000 anos. Em escavações arqueológicas realizadas nas proximidades de Bagdá encontrou-se um cilindro de vidro azul, datado de 2.700 a.C.

No Egito, o mais remoto exemplo de vidro é um fragmento também azul escuro, uma espécie de amuleto, onde está escrito o nome de Antef II, faraó da 11ª Dinastia (2133 - 1991 a.C.).

A arte do vidro floresceu no Egito no século 1500 a.C. Os artistas a serviço dos faraós da 18ª Dinastia conheciam a fórmula de uma pasta de vidro maleável, com a qual faziam contas de vidro e adornos pessoais. Algumas destas peças foram encontradas em perfeito estado de conservação no sarcófago de Tutancamon . Os egípcios, primeiros a utilizar o vidro na fabricação de embalagens (vasilhas abertas como jarros e tigelas), também produziam recipientes para cosméticos, bálsamo e frascos para perfumes. Entre estes o mais comum era o alabastron , primeiro na forma de tubo, depois em moldes curvos, com duas pequenas alças, no estilo de ânfora grega.

Na Mesopotâmia, onde foram encontrados vidros com 4 mil anos de existência, a produção de melhor qualidade aparece no século VIII a.C., com peças assírias. Na urna funerária do rei Sargón II foi encontrado um vaso de vidro muito antigo. Nas famosas tabuinhas de Assurbanípal (668-626 a.C.) descobertas em Nínive, há referências às fórmulas de fabricação de vidro, em código só recentemente decifrado.

Na Grécia dos tempos micênicos, foram encontrados vasos de vidro manufaturados com técnicas egípcias.

No Egito, na Mesopotâmia, Síria ou Grécia, a produção de vidro na antiguidade exigia grandes esforços de artistas e operários, em sua maioria escravos.

Os vidros fabricados na antiguidade possuíam os mesmos elementos básicos utilizados atualmente na produção. Embora sua composição (cálcio, cal e a barrilha, potássio) fosse basicamente a mesma, os vidros eram opacos e arenosos. As razões disto é que os fornos e o vasilhame de barro eram pequenos e havia dificuldade para se conseguir altas temperaturas e atingir o grau de fusão necessário. Com a técnica de fole aplicada ao forno, introduzida no Egito, conseguiu-se aumentar o calor e, assim, tornar a massa vítrea mais maleável.

Um grande momento na história do vidro foi a descoberta da técnica do sopro utilizada na fabricação de peças ocas (garrafas, potes, copos, bulbos, etc.). Esta descoberta ocorreu na Síria e em Alexandria, no período em que Roma já estendia seu domínio sobre o Oriente Médio.

5.1.2. O domínio da tecnologia do vidro

No século II d.C. os romanos levaram a invenção do sopro a um refinamento comparável ao da ourivesaria e muitos dos vasos produzidos naquela época encontram-se ainda hoje em museus espalhados pelo mundo.

Os bizantinos usaram-no realmente na ourivesaria, fazendo peças de vidro colorido ou decoradas com folhas douradas. Os merovíngios produziram taças sem pés e vãos funerários. Mais tarde Veneza começou a produzir vidros e tornou-se o centro de vidraria no Ocidente.

Os primeiros registros da moldagem de frascos datam do ano de 1500 a.C., na Babilônia. A invenção da chamada Cana de Assopro, ocorrida na Síria por volta do ano 100 a.C. foi o avanço técnico decisivo na produção de frascos. Esse instrumento possibilitou a fabricação da maioria dos objetos de vidro e ainda encontra utilização nos dias de hoje. Mais ou menos na mesma época (100 a.C) os romanos iniciaram a produção de vidro por sopro dentro de moldes prensados, aumentando em muito a possibilidade de fabricação em série das manufaturas (vasilhas simples e objetos requintados de arte). Eles foram os primeiros a inventar e usar o vidro para janelas.

O desenvolvimento da indústria do vidro foi tamanho que, por volta do ano 200 da era cristã o imperador Severo aplicou uma taxa sobre os produtos de vidro. No século seguinte, porém, Constantino e Constante desobrigaram os vidreiros do pagamento deste imposto.

Entre os anos 500 e 600 d.C foi descoberto um novo método para fazer vidro transparente que apresentava uma leve distorção de imagens, resultantes de processo de fabricação por sopro de uma esfera e sua sucessiva ampliação por rotação em forno. Até o século XIX, a maior parte do vidro plano foi fabricado através desse processo. Alguns historiadores escrevem que este processo foi trazido pelas cruzadas do Oriente para Veneza. Um fato curioso da história do vidro é que, em Veneza naquela época a presença de grande quantidade de fornos era causa de constantes incêndios. Por esta razão, um decreto de 1291 concentrou as fábricas na ilha de Murano (entre o mar Adriático e encostas Alpinas na Itália). Este decreto, além de isolar os fornos, possibilitava uma rígida vigilância para evitar que os segredos da arte do vidro saíssem dessa região. Em função da grande concentração de vidreiros, foi descoberta a

composição de um vidro que, por causa de sua extrema limpidez, foi denominado cristal.

Um importante salto na tecnologia do vidro ocorreu em 1200 com a invenção do processo de fabricação do vidro por sopro de cilindros. Por ação simultânea do sopro e da força centrífuga obtida movimentando-se o cano, formava-se um cilindro côncavo com diâmetro de até 45 cm e comprimento de no máximo 3 m. O cilindro era cortado e depois colocado em um forno de recozimento e deixado para estender de onde se origina o nome de estenderia, dado ainda hoje aos fornos de recozimento.

A França já fabricava o vidro desde a época dos romanos. Com a iniciativa de Colbert de aumentar os impostos sobre produtos importados, incrementaram-se as atividades comerciais e foi criado o privilégio para várias empresas privadas francesas. Em 1665 ele concedeu à Manufacture Royale des Glaces o privilégio para a fabricação do vidro escoado, dando origem a Saint-Gobain. Esta empresa contou com fortíssimos incentivos protecionistas a seu favor, como os pesados impostos sobre os cristais provenientes de Veneza.

Em 1700 a Saint-Gobain introduziu em sua fábrica um processo de laminação de vidro plano desenvolvido por Louis Lucas Nehon. Este processo consistia em correr um rolo sobre o vidro despejado sobre uma mesa. Este sistema permitia a produção de grandes placas de vidro. O cristal escoado, ou vidro plano, foi o produto que por três séculos caracterizou a Saint-Gobain.

A partir de 1900, iniciou-se a produção mecânica dos cilindros de 1 m de diâmetro e 12 m de altura que permitiram a produção de placas de vidro plano de 3 x 12 m. Este processo permitiu a produção de vidro com maior controle de espessura, recozimento e diminuição de defeitos ópticos. Este sistema de produção mecânica foi adotado por várias fábricas americanas até a Segunda Guerra Mundial. Neste processo histórico encontramos também a primeira máquina automática para produção de garrafas construída nos Estados Unidos, em 1903, por Michael Owens. Esta máquina viabilizou a fabricação, em larga escala, de garrafas.

Em 1936, demonstrando avanço no processo de produção de subprodutos do vidro foi desenvolvida a fibra de vidro, ou filamentos finos de vidro utilizados para produzir fios e material têxtil. Esta fibra ainda hoje é utilizada na fabricação de isolantes, plásticos reforçados por fibras e outros materiais compostos.

Em 1952 o Sr. Pilkington, dono de uma fábrica de vidro na Inglaterra, dava início a uma série de pesquisas voltadas à produção de vidros que apresentassem um melhor equilíbrio entre suas faces. Naquele momento, passando pela pia da cozinha de sua casa verificou que a água e o óleo não se misturavam, mantendo cada um suas características próprias. Assim, em 1959, a empresa Pilkington desenvolveu um processo revolucionário para fabricação de vidro plano, o float-glass. Este processo consistia no vidro fundido flutuar, de forma contínua, sobre um banho de estanho, assegurando-lhe perfeita planeidade à face do vidro em contato com o metal. Pelo efeito do seu próprio peso e do calor, a face superior se torna perfeitamente plana, polida e com espessura uniforme. A Pilkington tornou-se a maior produtora de float-glass do mundo.

5.2. O Vidro no Brasil

A história da indústria do vidro no Brasil iniciou-se com as invasões holandesas (1624/35), em Olinda e Recife (PE), onde a primeira oficina de vidro foi montada por quatro artesões que acompanharam o príncipe Maurício de Nassau. A oficina fabricava vidros para janelas, copos e frascos. Com a saída dos holandeses a fábrica fechou.

O Alvará de 1785 de D. Maria I, "A Louca", determinou a extinção de todas as manufaturas "em qualquer parte onde se acharem, nos (seus) domínios do Brasil". Todo o vidro passou a ser importado de Portugal e posteriormente da Europa e das colônias inglesas.

O Alvará de 1º de abril de 1808, do príncipe regente D. João, inspirado por José da Silva Lisboa (o Conde de Cairú) ...desejando promover e adiantar a riqueza nacional, e sendo um dos mananciais a manufatura e a indústria... resolveu abolir e revogar qualquer proibição que houvesse a esse respeito no Estado do Brasil.

O vidro voltou a entrar no mapa econômico do país a partir de 1810 quando, em 12 de janeiro daquele ano, o português Francisco Ignácio da Siqueira Nobre recebeu carta regia autorizando a instalação de uma indústria de vidro no Brasil. A fábrica instalada na Bahia produzia vidros lisos, de cristal branco, frascos, garrafões e garrafas. Ela entrou em operação em 1812 e em 1825 fechou em função das grandes dificuldades financeiras, burocráticas, trabalhistas e, da concorrência de produtos estrangeiros e da ira dos portugueses.

Em 1839 um italiano de nome Folco funda no Rio de Janeiro a fábrica Nacional de Vidros São Roque. Com 43 operários italianos e brasileiros, fornos à candinhos e processo inteiramente manual ele enfrenta as importações (sobras de consumo que são vendidas a qualquer preço) de produtos da Europa.

Já em 1861 a indústria vidreira brasileira apresenta os seus produtos na exposição nacional na Escola Central, situada no Largo São Francisco, no Rio de Janeiro.

Em 1878 Francisco Antônio Esberard funda a fábrica de Vidros e Cristais do Brasil. Instalada na rua General Bruce, em São Cristóvão – Rio de Janeiro - a fábrica operava com quatro fornos grandes, três menores e com máquinas a vapor e elétrica. Fabricava vidros para lampiões, janelas, copos e artigos de mesa. Importou máquinas da Europa para fabricar garrafas, frascos e o seu cristal era comparado ao da tradicional Bacarat. Tinha 600 empregados entre operários e artistas do vidro. A fábrica de Vidro Esberard esteve ativa até 1940.

Outra fábrica de destacada presença foi a Fratelli Vita, da Bahia. Fundada em 1902, produziu garrafas para sodas e refrigerantes, além de cristais de qualidade.

Em 1875 Conrado Sorgenicht, alemão da Renania, estabeleceu-se em São Paulo e fundou uma oficina para fabricação de vitrais. Eram os primeiros vitrais fabricados no Brasil.

Em 1922, o imigrante italiano César Alexandre Formenti, abriu um atelier no Rio de Janeiro para a produção de vitrais para as igrejas da cidade.

Até o século XX a produção brasileira de vidro era essencialmente artesanal. Utilizando os processos de sopro e de prensagem, as peças eram produzidas uma a uma. Foi a partir do início do século XX que a indústria do vidro se desenvolveu, com a introdução de fornos contínuos a recuperação de calor e equipados com máquinas semi ou totalmente automáticas para produção seriada.

Um fato marcante para o setor vidreiro brasileiro foi o surgimento, a partir do final do século passado, de importantes empresas que ainda hoje dominam o mercado.

Em 1895, foi fundada em São Paulo a Vidraria Santa Marina, hoje um dos grandes grupos industriais do país. Em 1900, a fábrica já produzia 20 mil garrafas de vidro verde por dia. Em 1903, a Santa Marina transformou-se em sociedade anônima e cinco anos mais tarde produzia um milhão de garrafas mensalmente, 2 m² de vidro para vidraça em 24 horas e empregava 650 operários. Alta produtividade para uma fábrica que só em 1921 instalaria máquinas automáticas com capacidade diária de 460 mil garrafas.

A partir de então, a Santa Marina procurou diversificar suas atividades, através da associação e expansão. Em 1941 associou-se à Companhia Vidreira Nacional (Covibra) e constituiu a Companhia Paulista de Vidro Plano. Esta nova empresa, com participação da Pittsburg Plate Glass, introduziu no Brasil o processo Pittsburg de fabricação do vidro plano.

Em 1944, a Santa Marina uniu-se à americana Corning Glass Works, cujo laboratório era considerado um dos mais avançados e começou a produzir, em 1951 os vidros Pyrex, patente da empresa americana.

Na segunda metade do século XX a expansão da Santa Marina prosseguia a tal ponto de se transformar no maior conglomerado vidreiro da América do Sul.

O acelerado processo de industrialização do país na década de 50 atraiu investimentos do exterior para o setor vidreiro. Em 1960, o grupo Santa Marina se associou à indústria francesa, e o grupo Saint-Gobain passou a ser seu acionista majoritário.

A origem da Companhia Indústria São Paulo e Rio (Cisper) ocorreu a partir de uma pequena fábrica chamada Carmita, fundada em 1908 no Rio de Janeiro. Com tecnologia americana e máquinas automáticas da empresa Owens, produzia garrafas de cervejas em série. A fábrica Carmita, após pedir falência em 1916, foi adquirida pelos engenheiros Olavo Egydio de Souza Aranha Jr e Alberto Monteiro de Carvalho e Silva que lhe atribuíram a razão social Companhia Industrial São Paulo e Rio - Cisper. Nos anos seguintes, a Cisper seria a única a produzir garrafas no Brasil, com máquinas automáticas. A Cisper tornou-se conhecida, em todo o mercado brasileiro, como a indústria mais avançada na produção de embalagens de vidro. Esta marca inovadora acentua-se em 1960, quando assina um contrato de assistência técnica com a Owens Illinois, com opção de compra, pela empresa americana. A Owens Illinois surgira em 1929 com a fusão da Owens Bottle Company com Illinois Glass Company. Em 1962, a Owens Illinois adquiriu o controle acionário da Cisper, operação que ofereceu à empresa acesso às mais avançadas tecnologias de produção do vidro e permitiu ao Grupo Monteiro Aranha realizar maior diversificação dos seus investimentos.

O empreendedor Nadir Figueiredo passou de importador a produtor de vidro em 1935, ao adquirir duas fábricas em São Paulo e mais tarde, com a montagem de uma terceira. Atento aos progressos da tecnologia na área do vidro, após a Segunda Guerra Mundial foi aos EUA estudar novos processos de produção automática, os quais que adotou em sua nova fábrica. Nesta fábrica consegue produzir 72 mil copos por dia, o que representava um notável avanço para indústria brasileira da época.

A passagem de importador para produtor tornou-se comum entre os empresários do vidro. É o caso da M. Agostini, criada em 1938 no Rio de Janeiro para importar lampiões da marca Aladdin e que, em 1953, passou a produzi-los. Em 1964, a M. Agostini deu início à fabricação de garrafas térmicas no Brasil, com assessoria técnica da Alladin, usando o vidro borossilicato. Desde 1974 as garrafas térmicas da M. Agostini são produzidas em máquinas automáticas.

A Corning do Brasil estabeleceu-se em São Paulo em 1964, inicialmente fabricando bulbos para tubos de televisão em preto e branco e, mais tarde, lentes oftálmicas. Trata-se do único fabricante de lentes oftálmicas do Brasil, área que exige enorme precisão e sofisticação técnica.

Da Grã-Bretanha veio o grupo Pilkington, que em 1978 adquiriu a fábrica de vidro laminado Providro e a Blindex que opera no mercado de vidros para veículos automotores.

Fundada em 1952, a Wheaton do Brasil se caracteriza, como a matriz nos EUA, pela fabricação em alta velocidade de embalagens para a indústria farmacêutica e de cosméticos.

A Vidrofarma do Rio de Janeiro, associada ao grupo alemão Schott, fabrica tubos de vidros neutros para a produção, por outras indústrias, de frascos e aparelhos de laboratórios além de fornecer vidros alcalinos empregados na fabricação de lâmpadas fluorescentes.

Em 1979 o grupo Francês Ceraver instalou em São Gonçalo, no Rio de Janeiro, a Eletro Vidro. Esta fábrica, hoje pertencente ao grupo francês Sediver S.A (Société Européenne d'Isolateurs en Ventre et Composite), é a única produtora de isoladores de corrente de toda a América Latina.

Durante estes anos a indústria do vidro transformou-se, diversificou seus produtos e chegou a uma fase de maturidade. Hoje são mais de 200 empresas produzindo vidro no Brasil. De todas estas indústrias, 24 são totalmente automatizadas, o que lhes permite competir em condições de igualdade com empresas do exterior e atender com qualidade aos mercados interno e externo.

Como em outros setores da indústria, o crescimento das exportações também se faz sentir na área do vidro, com o mesmo efeito de sustentação de atividade em período de dificuldade econômica.

A adoção das embalagens de vidro pela indústria de alimentos exigiu dos produtores um alto teor de qualidade e confiança, só possível através da seleção automática.

5.3. Razões para utilizar embalagens de vidro

O vidro é o único material que possui três importantes qualidades que o diferenciam de outros materiais.

Ele possui os 3 Rs. Ele é:

Reciclável: O vidro é infinitamente reciclável. Uma embalagem de vidro reciclado possui as mesmas qualidades de outra produzida com matérias-primas virgens, independentemente do número de vezes que o material tenha sido utilizado.

Retornável: Embalagens como garrafas de refrigerantes e cervejas podem ser reaproveitadas diversas vezes, sem que haja problemas de deformação ou absorção de sabores. Para tanto devem ser lavadas utilizando-se água sob alta temperatura e detergentes adequados.

Reutilizável: Recipientes de vidro acabam sendo reutilizados de maneira diferente daquela em que foram produzidos. Podem ser utilizados para armazenar alimentos ou até como objetos de decoração.

Fonte: ABIVIDRO

Além das características de retornabilidade, de reutilização e de reciclabilidade, o vidro é um material inerte, impermeável e não transmite odor e gosto ao conteúdo.

O vidro oferece resistência mecânica, resistência química e resistência ao choque térmico, características que permitem vários tratamentos de pré-embalagem.

O vidro oferece grande resistência à tração, entre 4 e 10 kgf/mm², além de ser resistente a quase todos os agentes químicos em temperaturas normais, com exceção do ácido fluorídrico usado para fosqueação.

Além disso, é higiênico, asséptico e proporciona alta inércia química, ou seja, as reações químicas levam muito tempo para acontecer, o que garante maior preservação das características originais do conteúdo embalado.

A grande versatilidade da embalagem de vidro também proporcionou mudanças significativas no campo de marketing, uma vez que ela incorporou inúmeras formas, cores, tamanhos e efeitos como opacidade, metalização, fosqueamento, entre outras.

Trata-se de um material que admite todo o tipo de tonalidades, qualidade muito importante na medida em que há produtos particularmente sensíveis à luz e que necessitam proteção proporcionada por um filtro.

6. Reciclagem do vidro no Brasil

Ao mesmo tempo que o vidro é um dos materiais básicos utilizados nas indústrias e na construção civil, ele também é um material complexo que pode ser transformado em um grande número de produtos com propriedades físicas e químicas bem distintas.

Vidro, conforme definição de G.W. Morey em 1938, é " uma substância inorgânica numa condição contínua e análoga ao estado líquido daquela substância que lhe deu origem; porém, devido ao fato de ter sido resfriada a partir de uma condição fundida, atingiu um grau de viscosidade tão alto que é considerada rígida para todos os fins práticos".

Uma definição menos complexa, elaborada pela American Society for the Testing of Materials - ASTM, diz que o vidro é " um material inorgânico, formado pelo processo de fusão, que foi resfriado a uma condição rígida, sem cristalizar".

O vidro é produzido a partir de uma mistura de sílica (areia), barrilha (sódio), calcário (cálcio), feldspato e aditivos que, submetidos a uma temperatura entre 1.500 °C e 1.600°C, transforma-se em uma massa semi-líquida que dá origem às embalagens ou a outros tipos de aplicações.

Conforme trabalho apresentado no BNDES *Setorial, Rio de Janeiro, n. 26, p. 101-138, set. 2007*, os insumos utilizados na fabricação de vidro são, de modo geral, relativamente abundantes e podem ser obtidos sem maiores problemas. A única exceção é a barrilha (carbonato de sódio), usada para reduzir o ponto de fusão do vidro, e que corresponde a 60% do custo dos materiais, apesar de representar apenas 12% em peso. A barrilha é normalmente fabricada com base no calcário e no sal marinho (cloreto de sódio). Nos Estados Unidos verifica-se, entretanto, a ocorrência, em grandes quantidades, de barrilha em estado natural (trona). No Brasil, o único produtor de barrilha era a Companhia Nacional de Álcalis, em Arraial do Cabo

Gráfico 8. Produção global de barrilha

Fonte: European Chemical News

que produzia 220 mil t/ano e está com suas atividades paralisadas desde abril de 2006. Trata-se, portanto, de um insumo importante e que ainda é importado e chega ao Brasil via marítima.

No gráfico 8 é possível verificar a capacidade global de produção de barrilha, estimada em 32 milhões de toneladas por ano (t p.a.), das quais aproximadamente 14 milhões provém dos EUA, 9 milhões do Leste Europeu, 7,2 da Europa Ocidental e 1,6 milhões t p.a. provenientes da América Latina (sendo 62,5% do Brasil).

Além destas matérias-primas básicas, podem ser adicionados outros componentes de acordo com a qualidade que se queira para o vidro (óxido de ferro, cobalto, cromo e manganês, etc.).

Os diferentes segmentos que constituem a indústria de vidro podem ser identificados, conforme o seu uso final, em função da seguinte classificação:

I – Vidro plano

- Impresso
- Temperado
- Laminado
- Refletivo ou metalizado
- Blindado
- Duplo ou insulado
- Duplo com cristal líquido
- Aramado3

II – Vidro oco

- Vidro para uso doméstico
 - Utilidades domésticas
 - Cristais

- Vidro para embalagem
 - Bebidas
 - Alimentos
 - Higiene e beleza
 - Farmacêutico

III – Vidro técnico ou especial

- Cinescópios
- Monitores de vídeo
- Iluminação
- Garrafas térmicas
- Blocos de vidro
- Blocos oftálmicos
- Fibras de vidro

Elaborado em forma de chapa, o vidro plano é usado basicamente na construção civil e nas indústrias automobilística e moveleira. O vidro oco, utilizado no consumo residencial e institucional, engloba os segmentos de embalagens (garrafas, potes, frascos etc.) e de utensílios domésticos (copos, xícaras e objetos de decoração, entre outros).

O vidro oco ou comum engloba os segmentos de embalagens (garrafas, potes, frascos etc.) e de utensílios domésticos (copos, xícaras e objetos de decoração, entre outros). O vidro técnico ou especial, que se diferencia dos demais pela composição ou por tratamentos específicos, destina-se a grande número de aplicações industriais.

De forma menos usual, os artigos de vidro também são classificados, de acordo com sua composição química, como:

- Sodocálcico: abrange a maior parte dos vidros, tanto planos quanto ocos;
- De borossilicato: usado em utensílios resistentes ao choque térmico;
- de chumbo: empregado na fabricação de copos, taças e ornamentos, entre outros.

Na relação da embalagem de vidro com o meio ambiente pode-se afirmar que, a partir do momento que o vidro é reciclado, há uma situação de equilíbrio, de sustentabilidade econômica e ambiental.

Afirmam os estudiosos que o vidro pode ser reciclado infinitamente, sem perda da qualidade ou de pureza do produto. Uma garrafa de vidro gera outra exatamente igual, independentemente do número de vezes que o caco vai ao forno para ser reciclado.

A temperatura de fusão do vidro varia de acordo com o tipo. Na produção de vidro sodocálcico (utilizado na fabricação de embalagens e de vidro plano) a partir de material reciclado, a temperatura de fusão é menor (entre 1000 °C e 1200 °C) pois o caco, por ser uma matéria-prima já balanceada, substitui o feldspato que tem função fundente.

Como já dito, o vidro como resíduo sólido é 100% reciclável. Com 1.000 kg de vidro triturado são produzidos praticamente 1.000 kg de vidro novo. Uma tonelada de caco de vidro economiza cerca de 290 kg de petróleo e 1.200 kg de matéria-prima virgem que seriam gastos em sua fundição. Além disso, a extração de matéria-prima virgem agride a natureza e o meio ambiente.

Além das economias mencionadas, a produção de vidro a partir de material reciclado significa reduções no consumo de energia e na emissão de resíduos particulados e CO₂ na atmosfera.

Segundo estimativas da Associação Brasileira das Indústrias de Vidro (Abividro), a utilização na fabricação do vidro de 10% de cacos significa ganho energético de 4% (energia necessária para a fusão nos fornos industriais) e redução de 5% nas emissões de CO₂. Ademais, para cada 10% de caco de vidro na mistura

Tabela 9. Composições químicas da crosta terrestre e do vidro comum

Óxido	% na crosta terrestre	% nos vidros comuns
Si O ₂ (sílica)	60	74
Al ₂ O ₃ (alumina)	15	2
Fe ₂ O ₃ (óxido de ferro)	7	0,1
CaO (cálcio)	5	9
MgO (magnésio)	3	2
Na ₂ O (sódio)	4	12
K ₂ O (potássio)	3	1

Fonte: ABIVIDRO

reduz-se em 10% a utilização de água. O consumo médio de água na indústria vidreira é cerca de 1,0 m³ /t. (Anuário Estatístico: Setor de Transformação de Não-Metálicos - 2007, MME, 72 p)

Uma das razões da grande aceitação do vidro e da idéia de perenidade que ele transmite talvez esteja no fato de que os vidros mais comuns, aqueles usados para fazer embalagens (denominados sodocálcicos), têm uma composição química muito parecida com a da camada externa da Terra. Na tabela 9 é possível verificar as semelhanças entre a composição do vidro comum e a da crosta terrestre.

Apesar das semelhanças e do fato de alguns pesquisadores atribuírem ao vidro uma característica de material não contaminante e perfeitamente integrado à natureza, vale destacar que se o vidro for descartado diretamente na natureza, sem qualquer tratamento ou cuidado, certamente se transformará em um material poluente.

É sabido que o vidro necessita de milhares de anos para voltar a sua condição original de minerais não-metálicos. Se descartarmos uma embalagem de vidro sobre o solo estaremos, portanto, poluindo o meio

ambiente uma vez que esta embalagem, além de demorar muito tempo para dissociar os vários óxidos que a compõe se transformará em um material que, além de cortar pode criar um ambiente propício para a proliferação de ratos, baratas e outros vetores importantes para a transmissão de doenças.

Segundo o Anuário Estatístico 2007 do Ministério das Minas e Energia, a capacidade instalada da indústria vidreira nacional, em 2006, situou-se em 3,1 milhões de toneladas, distribuída em embalagens (31,4% = 1,3 Mt), vidros planos (28% = 1,2 Mt), vidros especiais (27% = 0,33 Mt) e domésticos (13,1% = 0,23 Mt).). A produção total de embalagens, vidros especiais e domésticos, no período 2002 a 2006, foi estimada em torno de 75% da capacidade instalada; a dos vidros planos, 95%. Estima-se que o segmento de vidros no país é constituído por cerca de 200 indústrias, sendo 20 empresas grandes, 30 a 40 médias e um grande número de microempresas. Em 2006, o segmento vidreiro registrou 12 mil empregos diretos.

Dados disponibilizados pela Associação Técnica Brasileira das Indústrias Automáticas de Vidro – ABIVIDRO indicam que o índice de reciclagem de vidro de embalagem no Brasil vem subindo como reflexo das vantagens mencionadas. Enquanto em 1991 eram recicladas 15% das embalagens de vidro, em 2006 esse índice atingiu 46%.

Em 2005 o Brasil produziu 1.292 mil toneladas de embalagens das quais somente 390 mil toneladas puderam ser recicladas. Em 2006 foram 1.297 mil toneladas produzidas e 448 mil toneladas recicladas. Do total de vidro reciclado, 40% tem origem na indústria de envase, 40% no mercado difuso, 10% provém do "canal frio" (bares, restaurantes, hotéis, etc.) e 10 % é refugo da própria indústria vidreira.

Embora a indústria automática de vidro no Brasil declare que tem potencial para adquirir todo o volume de embalagens produzido durante um ano garantindo, desta forma, que a totalidade do caco volte aos fornos como matéria-prima, os números mostram que somente 34% do vidro de embalagens (448 mil toneladas contra 1.297 mil toneladas) retorna à indústria.

Se observarmos a tabela 10 verificaremos que o índice de reciclagem apontado pela ABIVIDRO não condiz com o número encontrado. Há uma diferença de cerca de 12%.

Tabela 10. Reciclagem de vidro de embalagens em 2005/2006

	2005	2006
Capacidade instalada de produção de embalagens (mil ton)	1.292	1.297
Empregos na produção de embalagens (mil)	5.1	5.1
Faturamento da produção de embalagens (R\$ milhões)	1.168	1.230
Volume reciclado de embalagens (mil toneladas)	390	448
Índice de reciclagem (%)	45	46
Recursos investidos para reciclagem (R\$ mil)	700	500
Recursos gerados com a reciclagem (R\$ milhões)	65	68
Empregos gerados (mil)- diretos e indiretos	3	3

Fonte: CEMPRE informa nº 96 - Ano XV -novembro/dezembro 2007

Esta diferença pode ser explicada se entendermos que a "capacidade instalada de produção" não representa o que realmente está sendo produzido. Isto significaria dizer que a indústria de embalagens de vidro está produzindo menos do que sua capacidade em função, provavelmente, de demanda e de concorrência do próprio mercado de embalagens.

A reciclagem de embalagens de vidro no Brasil, estimada em 47%, alcançou em 2006 98% da sua meta, correspondendo a 448 mil toneladas recicladas. Nos EUA o índice de reciclagem de embalagens de vidro gira em torno de 40%, correspondendo a 2,5 milhões de toneladas. Os índices de reciclagem de embalagens de vidro em outros países são apresentados na Tabela 11. A reciclagem de vidro de todos os tipos no Brasil não é conhecida. Admitindo-se que o mínimo reciclado é o que provém das embalagens, pode-se calcular a reciclagem de vidros no país em pelo menos 18%.

Tabela 11. Índice de reciclagem de embalagens em vários países

País	Meta	Alcançado
Brasil	47%	45%
Alemanha	75%	99%
França	96%	96%
Rep. Tcheca	50%	57%
Bélgica	15%	99,8%
Noruega	84%	n.d.
Polônia	16%	20,4%
Suécia	70%	92%
Portugal	29%	25%
Luxemburgo	15%	60%

Fontes: Associação das Indústrias Automáticas de Vidro - Abividro/ Pro Europe - ref. ano 2004;
Prêmio CREA- Goiás de Meio MAbiente 2006 - www.chapadaodoceu.go.gov.br

Entre os problemas apontados para a expansão do setor de reciclagem do vidro, podemos destacar os altos custos operacionais formados pela captação do vidro descartado, pelo beneficiamento e pelo transporte do caco. Ademais, antes do caco retornar aos fornos como matéria-prima, são necessárias muitas etapas de limpeza:

- separação da sucata, por cor;
- lavagem e extração manual de impurezas presentes na sucata;
- trituração da sucata em cacos de tamanho uniforme;
- encaminhamento da sucata para peneira vibratória;
- imanização, ou seja a retirada de impurezas metálicas através de eletroímã;
- armazenamento da sucata limpa em tambores;
- pesagem

Somado a isso, vale destacar que o processo de reciclagem do vidro de embalagens apresenta algumas limitações, a saber:

Contaminação - Os cacos encaminhados para reciclagem não podem conter

pedaços de cristais, espelhos, lâmpadas e vidro plano usado nos automóveis e na construção civil. Esses tipos de vidro, por terem composição química diferente daquele utilizado na fabricação de embalagens, podem causar trincas e defeitos nas novas embalagens.

Os cacos não devem estar misturados com terra, pedras, cerâmicas e louças uma vez que esses contaminantes, quando fundidos junto com o vidro, geram micropartículas que deixam a embalagem com menor resistência.

Na reciclagem de vidro, especial atenção deve ser dada à contaminação por metais, como as tampas de cerveja e refrigerante, uma vez que esse material se presente na massa de vidro gerará bolhas e manchas, além de causar sérios danos ao material refratário que reveste as paredes dos fornos.

Rígidas Especificações do Material - O vidro deve ser preferencialmente separado por cor para evitar alterações de padrão visual do produto final e agregar valor. Frascos de remédios só podem ser reciclados se coletados separadamente e se estiverem descontaminados.

Compostagem e lançamento em aterro - as embalagens de vidro não são biodegradáveis e precisam ser separadas por processos manuais.

Incineração - o material não é combustível e se funde a aproximadamente 1.500 graus, transformando-se em cinzas. Seu efeito abrasivo pode causar problemas aos fornos e equipamentos de transporte.

Quanto ao custo do transporte, dependendo da distância percorrida, ultrapassa o preço da própria sucata e dificulta o aumento no percentual de reciclagem (Hiwatashi, 1998).

7. Viabilidade técnica e econômica: reciclagem e reutilização do vidro de embalagem

“O uso de pressupostos ecológicos no desenho dos sistemas de produção tem a capacidade de desvendar não somente incríveis ganhos de produtividade, mas até mesmo gerar novas oportunidades de negócio a partir do que antes era considerado “lixo” ou “perdas”. (Orsato, 2002)

A indústria vidreira se desenvolveu rapidamente, mas a coleta seletiva só começou na década de 60 nos EUA, que hoje já conta com 6 mil pontos de coleta de embalagens de vidro.

No Brasil a primeira iniciativa organizada surgiu em 1986, em São José do Rio Preto, interior de São Paulo. Naquele ano, a Associação Técnica Brasileira das Indústrias Automáticas de Vidro, a ABIVIDRO, lançou um programa nacional de coleta que está em operação até hoje e já conta com a participação de mais 7 milhões de pessoas em 25 cidades.

Segundo a Abividro, atualmente encontram-se em operação no Brasil 24 indústrias automáticas de vidro. Todas, sem exceção, localizam-se na faixa litorânea ou em cidades próximas a ela.

A razão para as indústrias de vidro terem se instalado próximas ao oceano Atlântico explica-se, principalmente, pela logística de importação e transporte de insumos necessários à produção do vidro.

Componentes como a barrilha (sódio) e alguns aditivos chegam ao país através de navios. Daí a necessidade das fábricas estarem próximas ao litoral tendo em vista o fácil acesso às matérias-primas importadas sem encarecimento do produto final a partir de gastos adicionais com frete.

As indústrias automáticas produzem vidros planos, para embalagens, especiais e domésticos. para embalagens e vidros domésticos.

No segmento de vidro para embalagem (potes para alimentos, garrafas para bebidas, produtos farmacêuticos e de higiene pessoal), ainda que a maior parcela da oferta mundial seja assegurada por um número restrito de fabricantes, há a dependência da dinâmica apresentada pelos setores clientes (particularmente das indústrias de alimentos, bebidas, farmacêutica e de cosméticos) que ditam o comportamento da demanda e os fluxos comerciais dos produtos.

O segmento de vidro para uso doméstico (pratos, copos, xícaras, entre outros) é marcado pela coexistência de vários grandes produtores e um grande número de pequenas e médias empresas. A demanda é determinada basicamente pelo quadro de evolução da renda das famílias e da atividade econômica que, por sua vez, é condicionado pela conjuntura macroeconômica.

Por ordem de consumo, a maior utilização é a do setor de bebidas, principalmente com cervejas e destilados, seguida pela indústria de alimento e de produtos não alimentícios, sobretudo farmacêuticos e cosméticos.

Tabela 12. Perfil do segmento de embalagem de vidro

Ano	Faturamento	Capacidade de produção	Investimento	Exportações
2001	829	1.335	33	10
2002	967	1.358	40	18
2003	1.034	1.293	28	31
2004	1.109	1.277	57	11
2005	1.168	1.292	59	13
2006	1.230	1.297	42	26
	milhões R\$	mil toneladas	milhões US\$	milhões US\$

Fonte: ABIVIDRO

Tabela 13. Produção e reciclagem do vidro de embalagem

ANO	Capacidade Instalada (mil toneladas)	Volume Produzido (mil toneladas)	Origem do Vidro Reciclado	Vol. Recic (mil ton)	Total Recic (mil ton)	Índice Recic (do %)	Índice e Recic real (%)
2005	1.292	910	40% envase	156			
			40% mercado difuso	156			
			10% canal frio	39			
			10% refugo industrial	39	390	45	43
2006	1.297	966	40% envase	179,2			
			40% mercado difuso	179,2			
			10% canal frio	44,8			
			10% refugo industrial	44,8	448	46	46

Fonte: própria

Utilizando os dados das tabelas 10, 12 e 13 podemos resumir a situação do setor produtor de embalagens de vidro no Brasil da seguinte forma:

- com uma **capacidade instalada de produção** anual de embalagens de 1.297 mil toneladas, em 2006 o índice de reciclagem foi de 46%, o que representa 448 mil toneladas de embalagens de vidro que retornaram à indústria vidreira, para cerca de 970 mil toneladas de embalagens de vidro efetivamente produzidas;
- os investimentos na produção de embalagens foram de 42 milhões de US\$ e permitiram um faturamento de R\$ 1.230 milhões;
- na reciclagem de embalagens de vidro foram investidos aproximadamente R\$ 500 mil, que possibilitaram a geração de recursos da ordem de R\$ 68 milhões; e
- foram gerados 5.100 empregos no setor de produção de embalagens e 3.000 empregos entre diretos e indiretos.

A oferta de vidro comum ou oco no país é quase totalmente suprida pela Santa Marina/Saint-Gobain, de controle francês, pela Owens-Illinois do Brasil (antiga Cisper), de controle norte-americano, e por mais três empresas de capital nacional: Nadir Figueiredo, Wheaton Brasil e Companhia Industrial de Vidros (CIV) (BNDES Setorial, Rio de Janeiro, n. 26, p. 124, set. 2007).

Em geral, esses cinco fabricantes podem atuar nos dois segmentos que compõem o mercado de vidro comum, ou seja vidro para embalagem e vidro para uso doméstico.

Excetuando-se a CIV, que tem sua planta industrial no Estado de Pernambuco, as demais empresas têm suas unidades produtivas localizadas nos Estados de São Paulo e Rio de Janeiro.

No segmento de vidro para embalagem as três empresas líderes, que juntas respondem por cerca de 87% da oferta de produtos para o mercado de embalagem de vidro (glass container), são Owens Illinois, Saint-Gobain Vidros (através da Santa Marina) e CIV. Essas empresas produzem e comercializam, em sua maioria, garrafas de cervejas, refrigerantes e bebidas em geral.

O segmento de vidro para uso doméstico tem como empresa líder a Nadir Figueiredo, tanto em termos de capacidade de produção como de market share, seguida da Santa Marina (Saint-Gobain Vidros) e da Owens Illinois (que comercializa com a marca Cisper). Essas três empresas respondem conjuntamente por cerca de 78% do faturamento do mercado de vidro para uso doméstico (tableware).

De acordo com a Abividro, os investimentos previstos para 2007 foram de aproximadamente R\$ 48 milhões, dos quais estimava-se utilizar R\$ 22 milhões para aumento da capacidade produtiva tendo em vista atender à demanda por embalagem de vidro, em especial bebidas, alimentos e cosméticos.

Em 2006, o segmento de vidro para embalagem foi o que apresentou a maior participação, com 31% do faturamento total do setor, representando um crescimento de 5% em relação ao ano anterior.

O segmento de vidro para uso doméstico, um dos mercados cujo faturamento vem evoluindo desde o ano 2000, é o que apresenta a menor participação, tendo representado somente 13% do faturamento global do setor.

Apesar de ter obtido uma importante participação no mercado de embalagem (31,4%) e de ter sido responsável pela maior parte do faturamento da indústria vidreira no Brasil, o consumo de embalagem de vidro perdeu muito espaço para produtos substitutos como PET, alumínio, cartonados, entre outros.

Houve um declínio do consumo de embalagens de vidro, em toneladas, a uma taxa de 0,7% ao ano entre 1990 e 1998, conforme pode ser observado na Tabela 13.

De acordo com a Lafis – Consultoria, Análises Setoriais e de Empresas, a migração dos fabricantes de cerveja e refrigerantes envasados em garrafas retornáveis para outros tipos de embalagens, entre 1999 e 2000, acarretou uma queda de 80% nos refrigerantes. No caso da cerveja, a proporção de queda foi menor (21%), em parte porque o setor vidreiro buscou novos nichos, como embalagens long neck, seguindo uma tendência de embalagens de tamanhos menores e descartáveis.

Tabela 14. Consumo de Vidro no Brasil – Volume e Unidades

TONELADAS MIL	1990	1998	1999	2005	1990-1998* (%)	1999-2005 (%)
Bebidas	658	583	577	687	-1,5	3,4
Alimentos	140	196	184	246	4,3	5,4
Não-Alimentos	93	62	61	72	-4,9	2,1
Total	891	841	822	1.005	-0,7	3,4
UNIDADES MILHÕES	1990	1998	1999	2005	1990-1998* (%)	1999-2005 (%)
Bebidas	1.561	1.705	1.678	2.061	1,1	3,4
Alimentos	808	1.066	996	1.322	3,5	4,4
Não-Alimentos	2.087	1.728	1.693	1.781	-2,3	0,4
Total	4.456	4.499	4.367	5.164	0,1	2,1

Fonte: Datamark, Brasil Pack Trends 2005.

*Taxa composta anual entre 1990-1998 e 1999-2005.

Analisando os dados da Datamark de 2005 (tabela 14), é possível verificar ainda que o consumo de vidro para embalagem na indústria de alimentos cresceu a uma taxa de 4,3% a.a., no período 1990-1998. Em contraste, o mercado de embalagem para não-alimentos (frascos) foi o que mais declinou, com uma taxa anual negativa de 5% principalmente em função do grande avanço do plástico.

No documento Considerações sobre a Indústria do Vidro no Brasil - BNDES 2007 há uma afirmação de que *a indústria de vidro vem enfrentando uma forte concorrência de produtos substitutos, derivados principalmente da utilização de novas embalagens cartonadas flexíveis (em especial o tetrapack), plásticas (particularmente o polietileno tereftalato) e de alumínio (basicamente latas).*

Frente a esta informação, vale destacar que embora não sejam insumos de natureza muito próxima à do vidro, podem diminuir a necessidade de utilização dessa matéria-prima nos produtos finais, como é o caso das embalagens na indústria de alimentos e bebidas. Por outro lado é possível transformar o vidro em um produto substituto, uma vez que o mesmo já apresenta uma elevada capacidade de utilização em outros tipos de aplicações, bastando para isso maior difusão sobre a utilidade e as vantagens do seu uso. A Coca-Cola iniciou um trabalho de reversão do consumo de embalagens plásticas em seus refrigerantes e está começando 2008 com uma grande campanha de marketing visando conquistar essas novas oportunidades e reverter o

processo de substituição por outras embalagens. Está lançando toda a linha da coca-cola em garrafas de vidro em função de um apelo ecológico e de marketing.

Considerando todos os aspectos apresentados até o momento, indicativos de um franco crescimento do mercado brasileiro de embalagens de vidro, é necessário neste momento levantar uma outra questão que certamente se transformará em um problema futuro caso os índices de reciclagem de embalagens permaneçam nos patamares atuais.

O que fazer com 54% de embalagens de vidro que não estão sendo recicladas por falta de uma infraestrutura adequada de comercialização do caco e, também, porque uma parte expressiva das embalagens de vidro produzidas não consegue voltar às indústrias vidreiras em função das distâncias e do elevado custo do frete ?

O Brasil é um país de dimensões continentais que tem o seu sistema de transporte de mercadorias baseado nas rodovias. Este é um modelo inibidor de novas propostas de recuperação e reciclagem das embalagens de vidro. O custo do frete, dependendo das condições das rodovias das distâncias a serem percorridas, muitas vezes supera o preço de aquisição do caco de vidro ou mesmo da recuperação da embalagem.

AABIVIDRO aponta que o transporte de cacos, para ser economicamente viável, deverá ser feito através de carretas com capacidade de carga entre 25 e 30 toneladas e a uma distância não superior a 500 km.

Se considerarmos que a maior parte da indústria vidreira produtora de embalagens está concentrada nos estados do Rio de Janeiro e de São Paulo e que todas, sem exceção, localizam-se próximas à costa, é possível inferir que grande parte dos consumidores de embalagens de vidro que se encontram fora dos raios de abrangência das indústrias fabricantes não têm condições de garantir a recuperação da embalagem ou a reciclagem do vidro.

Mapa 1. Rodovias brasileiras - faixa de 500km

Mapa 2. Raios de ação da indústria vidreira - faixa de 500km

Se considerarmos, ainda, os preços (Tabela 15) com os quais o mercado de reciclagem de vidro opera, principalmente para os estados situados longe do raio de ação das indústrias vidreiras ou das recicladoras, é possível compreender um pouco melhor o desinteresse em recuperar ou reciclar o vidro nestas regiões.

Não se trata de uma ação deliberada, por parte da população, de trabalhar contrariamente às iniciativas

Tabela 15. Preço do material reciclável

Preço do material reciclável*										
	Papelão	Papel branco	Latas aço	Alumínio	Vidro incolor	Vidro colorido	Plástico rígido	PET	Plástico filme	Longa vida
Bahia										
Salvador	150PL	350PL	200PL	3.600PL	80	40L	700PL	630PL	700PL	-
Pernambuco										
Recife	180PL	220PL	180PL	3000PI	-	-	400L	130PL	-	-
Sergipe										
Aracaju	120L	400PL	250PL	2.500PL	30L	30L	500L	300L	300L	-
Rio de Janeiro										
Rio de Janeiro	200PL	400PL	170PL	2.800PL	80L	50L	-	500P	300PL	220PL
Rio Grande do Sul										
Farroupilha	180PL	300PL	170PL	2.100PL	200L	50L	250PL	450PL	150PL	50PL
Porto Alegre	200PL	400PL	130PL	2.800PL	40	40	500PL	650PL	300PL	50PL
São Paulo										
S. B. do Campo	250PL	400PL	300PL	3.200PL	130	80	700P	750P	450P	160P
Paulínia	180PL	350PL	260	3.700PL	150L	-	850PL	920PL	490P	260P
Campinas	180L	350L	280	3.500PL	100	100	800PL	800PL	250PL	250PL

P = prensado L = limpo I = inteiro Un = unidade * preço da tonelada em real

Fonte: CEMPRES nº 91 - Ano 2007 Janeiro/ Fevereiro 2007

ecologicamente corretas que buscam reduzir o descarte de lixo e aumentar a reutilização e reciclagem de produtos. Trata-se, na realidade, de uma dificuldade econômica imposta pelas grandes dimensões do país, pelo sistema de transporte adotado, pelas condições de trafegabilidade das estradas brasileiras, pelos riscos de roubo de carga, pelo preço dos combustíveis e pela falta de políticas regionais que dêem conta desta questão.

A Tabela 16, preparada a partir de dados do Censo 2000 e de informações da ABIVIDRO, tem por objetivo indicar com um pouco mais de precisão a quantidade de embalagens de vidro disponível por região do país. Para a elaboração deste quadro adotamos a divisão geopolítica vigente no país. A população, identificada por região, é resultado do Censo 2000 do IBGE. O consumo médio de embalagem por habitante estimado pela ABIVIDRO é de 0,5 kg/mês (ou 0,0005 t/hab/ mês). O consumo de embalagens de vidro em 2000 foi calculado multiplicando-se o número da população daquele ano pelo consumo

Tabela 16. Projeção do consumo de embalagens de vidro por regiões do Brasil

Região	Estados Componentes	População em 2000(*)	consumo de embalagens (ton/habitante/mês) (**)	Consumo embalagem em 2000 (ton/pop/ano)	Taxa crescimento demográfico (%/ano)	Índice de cresc. 2000 a 2006	Consumo Embalagem 2000 a 2006 (ton)	Projeção População em 2006
Ilorte	Amazonas, Pará,	12.900.000	0,0005	77.400	2,2	1,15	591.635	14.827.944
	Acre, Rondônia,							
	Tocantins, Amapá e Roraima							
Ilordeste	Maranhão, Piauí,	47.742.000	0,0005	286.452	1,08	1,08	2.092.036	51.655.205
	Ceará, Rio Grande do Norte, Paraíba,							
	Pernambuco,							
	Alagoas, Sergipe e Bahia							
Centro Oeste	Goiás, Mato Grosso,	11.637.000	0,0005	69.822	1,87	1,13	526.713	13.102.302
	Mato Grosso do Sul,							
	Distrito Federal							
Sudeste	São Paulo, Rio de Janeiro, Minas Gerais e Espírito Santo	72.412.000	0,0005	434.472	1,31	1,10	3.204.913	79.724.198
Sul	Paraná, Santa Catarina e Rio Grande do Sul	25.108.000	0,0005	150.648	1,16	1,09	1.104.618	27.478.066
TOTAL		169.799.000		1.018.794			7.519.914	186.787.716

Fonte: própria (*) Censo IBGE 2000

(**) Dados Manual de reciclagem de Vidro da ABIVIDRO

de embalagens de vidro por habitante por mês. Tudo isto ainda foi multiplicado por 12 para se obter o consumo anual.

Trabalhando com taxas de crescimento demográfico projetadas pelo IBGE, foi possível estabelecer um índice de crescimento para cada região para o período de 2000 a 2006.

Com estes dados, e exatamente porque há uma carência de informações dos órgãos e instituições ligados ao setor vidreiro e de embalagens de vidro, estimamos a população brasileira em 2006, total e por região, bem como o consumo de embalagens de vidro entre os anos de 2000 a 2006.

Adotamos um caminho conservador ao considerarmos, para efeito de cálculo, o consumo médio de embalagens de vidro por habitante indicado pela ABIVIDRO que gira em torno de 0,5 kg/hab/mês, sem aplicar-lhe qualquer indexador.

Na Tabela 17, elaborada pelo Ministério das Minas e Energia para o Anuário Estatístico 2007 - Setor de Transformação de Não-Metálicos, é possível identificar o consumo aparente, por habitante, de alguns produtos pertencentes ao setor de transformação industrial ao qual o vidro pertence. No caso das embalagens de vidro, o

documento do MME indica que o consumo per capita de embalagens de vidro foi, em 2006, da ordem de 4,3 kg/ hab, número 30% abaixo da estimativa feita pela ABIVIDRO (0,5kg/hab/mês ou 6,0 kg/hab/ano). Vale destacar, ainda, que neste Anuário do MME a população brasileira indicada para 2006 era de 186.800.000 habitantes, número este bastante próximo daquele que obtivemos considerando as projeções de crescimento do IBGE (ver Tabela 16).

Tabela 17. Consumo aparente *per capita* de alguns produtos da transformação de não-metálicos

	2000	2003	2004	2005	2006
Cimento (kg/hab)	232	195	197	205	219
Cerâmica Vermelha (peças/hab)	176	167	154	345	352 ¹
Cerâmica Revestimento (m ² /hab)	2,31	2,35	2,47	2,40	2,60 ²
Vidro (kg/hab)	11,4	12,4	14,0	13,2	13,8 ³
Cal (kg/hab)	37	37	36	38	38
Gesso (kg/hab)	9,0	8,5	8,1	8,5	9,3
Louça Sanitária (peça/hab)	0,07	0,09	0,09	0,06	0,10
Louça de Mesa (peças/hab)	n.d	0,75	0,91	0,93	1,19

Fontes: SNIC, ANCER, ANFACER, ABIVIDRO, ABCp, Sumário Mineral DNPM

Notas:

- Mundo/ Consumo per capita: cimento = 380 kg/hab; cerâmica de revestimento = 1,2 m² /HAB; VIDRO = 20 KG/HAB; CAL = 20 KG/HAB; GESSO = 9,8 KG/HAB.

POPULAÇÃO MUNDIAL EM 2006 6.528 x 10⁴

- PESO MÉDIO: CERÂMICA VERMELHA: 1 PEÇA = 2 KG; CERÂMICA DE REVESTIMENTO: 1 m² = 15 KG; LOUÇA SANITÁRIA: 1 PEÇA = 15 KG; LOUÇA DE MESA: 1 PEÇA = 0,6 KG

(1) BLOCOS/ TIJOLOS = 75%; TELHAS = 25%

(2) PISO = 67%; PAREDE = 26%; PORCELANATO = 5%; FACHADA= 2%

(3) EMBALAGENS = 31%; DOMÉSTICOS = 13%; TÉCNICOS = 29%; PLANOS = 27%

Em 2006 o consumo aparente de embalagem de vidro no Brasil foi de aproximadamente 4,3 kg/hab (embalagem = 31% de 13,8Kg/hab). Estes dados são importantes para a comparação e verificação de algumas projeções de consumo de embalagens de vidro para bebidas e alimentos, feitas por nós.

Para a construção da **Tabela 18 - Estimativa de consumo de embalagens de vidro para bebidas e alimentos em 2006**, consideramos a população projetada para 2006 (conforme tabela 16), o consumo per capita de embalagens de vidro e o peso médio estimado por embalagem.

Tabela 18. Estimativa de consumo de embalagens de vidro para bebidas e alimentos em 2006

Região	População	Consumo embalagem de vidro per capita (kg/hab/ano)	Consumo total embalagens de vidro (toneladas)	Peso médio de embalagens de vidro (kg/un)	Número de embalagens consumidas (milhões unidades)
Norte	14.827.944	4,3	63.760	0,275	232
Nordeste	51.655.205	4,3	222.117	0,275	807
Centro Oeste	13.102.302	4,3	56.340	0,275	205
Sudeste	79.724.198	4,3	342.814	0,275	1.246
Sul	27.478.066	4,3	118.155	0,275	429
Total	186.787.715	4,3	803.187	0,275	2.920

Fontes: MME, Abividro, IBGE

Em 2006 o brasileiro consumiu algo próximo a 3 bilhões de embalagens de vidro para bebidas e alimentos. Neste número não estão incluídos os valores relativos ao consumo de objetos de vidro de uso doméstico.

Utilizando as informações constantes da Tabela 18, os mapas 1 e 2 (p.168), bem como dados da ABIVIDRO sobre localização dos fabricantes e dos recicladores de vidro no território brasileiro, é possível afirmar que um número expressivo das embalagens de vidro consumidas nas regiões Norte e Centro Oeste, assim como parte daquelas distribuídas na região Nordeste, não têm como retornar aos centros processadores de vidro para reutilização ou reciclagem. Como já mencionado, talvez o fator mais importante que impede o retorno das embalagens ou a compra do vidro seja a distância entre os centros consumidores e a indústria.

Na **Região Norte**, composta pelos estados do Amazonas, Pará, Acre, Rondônia, Tocantins, Amapá e Roraima, sabe-se que somente o estado do Tocantins tem condições de retornar embalagens de vidro ou cacos para recicladoras situadas em Goiás. Segundo dados do IBGE/DPE/COPIS, em 2006 o estado de Tocantins estava com uma população de 1.332.441 habitantes.

Devido à falta de dados precisos sobre reciclagem na região norte adotaremos, com base nos dados da existência de recicladora em Goiás e da proximidade geográfica com o estado, que metade do vidro de embalagens consumido em Tocantins seja reutilizado ou reciclado. Sendo assim, temos 2.890 toneladas de embalagens ou 11 milhões de embalagens de vidro com possibilidade de retorno. As demais embalagens de vidro distribuídas nos outros estados da região não têm condições de recuperação ou retornabilidade. Em 2006, portanto, ficaram na região norte aproximadamente 57.700 toneladas, equivalente a 210 milhões de embalagens de vidro ou aproximadamente R\$ 2.600.000,00 (R\$ 45,00 a tonelada caco de vidro).

No **Nordeste** a situação é um pouco diferente pois o estado de Pernambuco tem uma unidade produtora de vidro de grande porte e lá estão implantadas algumas recicladoras. No Estado da Bahia pelo menos metade do seu território apresenta situação semelhante a Pernambuco. Sergipe também tem algumas unidades recicladoras. Outra característica importante é que os grandes centros urbanos da região nordeste não são muito distanciados entre si, o que facilita, desta forma, o transporte dos cacos ou das embalagens para reciclagem ou reutilização.

Os estados do Maranhão e Piauí encontram-se em situação de desvantagem em relação à reciclagem. Além de distantes dos centros recuperadores de vidro, não possuem estradas adequadas ao transporte de cargas pesadas (30 a 40 toneladas de caco de vidro). Considerando essas informações, além dos dados do IBGE e da ABIVIDRO, é possível estimar que aproximadamente 135.800 toneladas (494 milhões de embalagens) foram reutilizadas ou recicladas, contra cerca de 284 milhões de embalagens (ou 78.300 toneladas de vidro) que não foram recuperadas para reciclagem ou reutilização. Este volume de embalagens de vidro equivale no mercado da reciclagem a aproximadamente R\$ 3.500.000,00.

Dos estados que compõem a região **Centro-Oeste**, somente Goiás e Distrito Federal têm condições de vender o seu vidro para recicladoras. Mato Grosso do Sul e Mato Grosso não conseguem descartar as embalagens de vidro lá consumidas principalmente em função das distâncias de transporte. Baseado nas informações sobre localização das recicladoras, distância e condições das estradas, estimamos que cerca de 30% do vidro de embalagem de Goiás e 50% do existente no Distrito Federal sejam comprados.

Confirmada esta hipótese, temos os seguintes números: 12.517 toneladas de embalagens de vidro (ou 46 milhões de embalagens) foram adquiridas para reciclagem e/ou recuperação. Ficaram na região 41.407 toneladas ou o equivalente a 150 milhões de embalagens. Isto significou um desperdício de aproximadamente R\$ 1.900.000,00 .

A região **Sudeste** concentra a maior parte das indústrias produtoras de vidro, bem como o maior número de empresas recicladoras do país. Somente Minas Gerais se ressentia de um número menor de recicladoras, particularmente nas cidades situadas à oeste do estado. Para a região sudeste é possível inferir que cerca de 70% do vidro de embalagens comercializado volta na forma de caco ou de embalagens para reutilização. Sendo assim podemos dizer que aproximadamente 98.440 toneladas de vidro, ou 358 milhões de embalagens, não são recuperadas. Voltam, portanto, para a indústria de vidro ou de envase 835,2 milhões de embalagens de vidro ou 229.600 toneladas de material reciclável ou reutilizável.

Deixaram de ser comercializados aproximadamente R\$ 4.500.000,00.

Para completar o quadro brasileiro da reciclagem e recuperação de embalagens de vidro, é possível afirmar que a região Sul apresenta uma boa infraestrutura de recuperação de embalagens de vidro e um índice de reciclagem semelhante ao do sudeste. Dados da ABIVIDRO e do CEMPRESUL indicam que aproximadamente 60% das embalagens de vidro retornam na forma de caco ou de frasco reutilizável. Se este dado se confirma temos, portanto, 45.237 toneladas (ou 170 milhões de embalagens) que não foram recuperadas, contra 67.854 toneladas, ou 247 milhões de embalagens que retornaram à indústria vidreira. Na região sul o desperdício pela não reutilização ou reciclagem é da ordem de R\$ 2.000.000,00.

Este é, portanto, um quadro aproximado da situação da recuperação e/ou da reciclagem de embalagens de vidro no Brasil em 2006. Conforme apresentaremos na Tabela 19, a seguir, os números são bastante significativos para ilustrar uma situação de desperdício de recursos materiais e financeiros, bem como da impossibilidade de enfrentamento do problema do baixo volume de reciclagem e de reutilização das embalagens de vidro a partir das políticas públicas em uso, das soluções técnicas

adotadas e das relações de mercado (fabricantes de embalagens, indústrias, fornecedores de matéria-prima, etc). Vale destacar que não foram computados os volumes de vidro relativos aos produtos de uso doméstico (pratos, copos, etc.) que representam, no conjunto da produção de vidros, 13%. Embora não tenhamos dados sobre o retorno do vidro doméstico, é possível inferir que a retornabilidade é menor do que a encontrada em relação às embalagens de bebidas e alimentos.

Normalmente um copo ou um prato quebrados são descartados no lixo doméstico que, por sua vez, é lançado no aterro sanitário (na melhor situação) ou nos inúmeros lixões existentes no país. A recuperação desse material, nessa condição de contaminação, é muito mais difícil de ser implementada.

Tabela 19. Situação em 2006 da reciclagem e/ou reutilização de vidro de embalagem no Brasil

Região	Volume de embalagens de vidro recicladas		Nº de embalagens de vidro (milhões de unidades)	Volume de embalagens de vidro NÃO recicladas		Nº de embalagens de vidro NÃO recicladas (milhões de unidades)	Desperdício pelo descarte inadequado (R\$)
	(toneladas)	(%)		(toneladas)	(%)		
Norte	2.890	5	11	57.700	95	210	2.600.000,00
Nordeste	135.800	63	494	78.300	37	284	3.500.000,00
Centro Oeste	12.517	23	46	41.407	77	150	1.900.000,00
Sudeste	229.600	70	835	98.440	30	358	4.500.000,00
Sul	67.854	60	247	45.237	40	165	2.000.000,00
Total	448.661	58	1.633	321.084	42	1.167	14.500.000,00

Fonte: própria

Segundo dados da DTTM/SGM/MME, o vidro de embalagens representa 31% e o segmento de vidros domésticos responde por 13% do total de vidro produzido no Brasil . Consciente das dificuldades de recuperação do vidro doméstico, apesar de não dispormos de dados precisos para avaliar tal situação, foi possível estimar que cerca de 20% do vidro doméstico retorna às indústrias ou recicladoras. Este percentual foi obtido a partir da comparação entre o índice oficial de reciclagem de vidro de embalagem e doméstico de 2006 da ABIVIDRO (46%) e aquele apurado pela nossa pesquisa que indica 58% para reciclagem somente de vidro de embalagem.

Como não dispomos de informações precisas sobre reciclagem de vidro doméstico, adotamos os dados do MME que indicam que foram produzidas 354 mil toneladas de vidro doméstico. Segundo o MME, esta quantidade de vidro é equivalente a 13,8% da produção total de vidro em 2006 que foi de 2.566 toneladas. A título de checagem, aplicamos o índice de 31% sobre a produção total e obtivemos 796 mil toneladas de embalagens de vidro. Por ser um número muito próximo ao que encontramos em nossa pesquisa (770 contra 796), podemos afirmar com segurança que a nossa proposta tem fundamento.

Utilizando os dados obtidos por nós, conjuntamente com aqueles disponibilizados pelo MME (Anuário 2007), temos o seguinte quadro para a situação da reciclagem de vidro de embalagens e de objetos de uso doméstico.

Vidro de Embalagem

Volume total produzido (31%):	770 mil toneladas (100%)
Volume retornado ou reciclado:	448 mil toneladas (57%)
Volume NÃO retornado ou reciclado:	321 mil toneladas (43%)

Vidro Doméstico

Volume total produzido (13%):	354 mil toneladas (100%)
Volume retornado ou reciclado:	71mil toneladas (20 %)
Volume NÃO retornado ou reciclado:	283 mil toneladas (80%)

Combinando os dados do MME com os obtidos em outras fontes é possível apresentar um quadro que congrega os dois segmentos da produção de vidro temos o seguinte:

Vidro de Embalagem e Vidro Doméstico

Volume total produzido: 1.124 mil toneladas (100%)

Volume retornado ou reciclado: 519 mil toneladas (46%)

Volume NÃO retornado ou reciclado: 604 mil toneladas (53%)

É importante observar que o índice de reciclagem encontrado é exatamente igual ao apresentado pela ABIVIDRO para o ano de 2006. Embora o índice seja o mesmo, as quantidades de material variam um pouco. De qualquer forma, esses dados nos permitem afirmar que nossa hipótese é correta. Há, no Brasil, uma quantidade significativa de embalagens de vidro que não tem como retornar, seja na forma de caco ou mesmo de embalagem, para a indústria vidreira, recicladora ou envasadora. Como já dito anteriormente, estamos diante de uma situação de desperdício de recursos materiais e financeiros, sem contar nos enormes prejuízos que o vidro pode causar se descartado de maneira não controlada..

8. Proposta de reutilização do vidro de embalagem

8.1 Estudos de viabilidade técnica

A preocupação em buscar alternativas para a reutilização do vidro de embalagens, a partir do momento que não há possibilidade de reciclá-lo, se faz presente na cabeça de alguns pesquisadores e profissionais que já tiveram algum contato com o problema. No meu caso específico esta preocupação começou há quase 10 anos atrás, quando tive a oportunidade de desenvolver um trabalho de consultoria para a ABIVIDRO. Foi naquele momento que tomei contato, pela primeira vez, com as dificuldades colocadas para a questão da reciclagem de vidro no Brasil.

No âmbito urbano, e em particular no das grandes cidades, a Abividro já vinha implementando desde 1986 uma série de iniciativas na direção de incentivar e de aumentar a capacidade de coleta e de reciclagem de vidro. Projetos muito interessantes e sempre desenvolvidos com bastante envolvimento por parte da instituição e de seus associados e parceiros.

Mas algumas questões chamaram a minha atenção, principalmente ao me deparar com as enormes cifras e os grandes números utilizados para mostrar a pujança do setor vidreiro.

Será que o Brasil possui uma infraestrutura de coleta e de tratamento desse resíduo sólido urbano capaz de garantir a reciclagem e/ou reutilização de 100% das embalagens de vidro produzidas? Quais e quantas cidades brasileiras estão preparadas para tal desafio? Quem está legislando sobre o assunto? Onde estão localizadas as recicladoras de vidro? Qual a capacidade de reciclagem da indústria vidreira? Onde estão localizadas as grandes indústrias desse setor produtivo?

Essas são apenas algumas perguntas que busquei responder ao longo desses anos, estimuladas e organizadas evidentemente pela minha pesquisa de doutorado. Em meio a todas essas questões e às respostas que foram surgindo, outros questionamentos acabaram por determinar o caminho do meu trabalho. Apesar da indústria vidreira afirmar que está preparada para reciclar todo o vidro produzido em um ano, descobri ao longo de minha pesquisa que isto é impossível. Não porque a indústria não possua capacidade instalada suficiente para tal empreitada. O problema, no caso brasileiro, é que os fabricantes de embalagens de vidro estão localizados principalmente na faixa litorânea e os consumidores distribuídos por toda a extensão territorial que avança para oeste em muitos milhares de quilômetros. A equação econômica que viabiliza a compra do caco ou a recuperação das embalagens de vidro, conforme a

própria Abividro, estabele que as distâncias a serem percorridas entre o fornecedor do caco e a indústria não devam ser superiores a 500 Km. O Brasil tem dimensões continentais e populações distribuídas por todo o seu território. São milhares de municípios pequenos, médios e grandes que consomem alimentos, bebidas, cosméticos e remédios embalados em vidro.

Todas essas embalagens chegam, mesmo que enfrentando enormes dificuldades de transporte, ao seu destino. Para o retorno desse vidro, na forma de caco ou mesmo de embalagem, o cálculo dos fabricantes dos produtos embalados em vidro é diferente, O que a embalagem continha já foi consumido. Restou somente a embalagem vazia. Para o fabricante do cosmético, do alimento, da bebida ou do remédio, os investimentos já foram feitos no processo de distribuição. A recuperação da embalagem, portanto, não é mais um problema seu.

Por outro lado, a indústria vidreira que produziu e vendeu as embalagens para os fabricantes e envazadores de alimentos e remédios, somente terá interesse em comprar o caco ou as embalagens se a equação financeira lhe for favorável. Caso contrário optará por produzir a partir de matéria-prima virgem.

Trata-se de um problema de difícil solução, particularmente se enfrentado a partir dos modelos atualmente em operação.

No caso do Brasil entendemos ser necessário repensar o modelo de reciclagem e de recuperação de embalagens de vidro em função de características, geográficas e de ocupação do território, muito particulares. Os modelos utilizados na Europa não nos servem por completo. As distâncias são menores e os sistemas de transporte de carga, baseados no trem, são mais econômicos.

Se não é possível recuperar todas as embalagens de vidro para reutilizá-las ou para reciclar o vidro, então é necessário repensar o uso desse material nobre que está sendo descartado, principalmente nas pequenas e mais longínquas cidades desse país, sem nenhuma preocupação com o desperdício e com o comprometimento ambiental.

No capítulo 6, trabalhando os aspectos técnicos e econômicos da reutilização do vidro, foi possível verificar a situação de cidades, estados e regiões localizadas longe da faixa litorânea. Particularmente os dados apresentados na Tabela 19 confirmam as nossas suspeitas de que há uma grande quantidade de vidro, descartada nas regiões Norte e Centro Oeste, sem condições de retorno às indústrias vidreiras ou recicladoras.

Os dados mostram que, em 2006, aproximadamente 95% das embalagens de vidro encaminhadas para a região Norte, lá permaneceram. Na região Centro Oeste a situação de não retorno das embalagens de vidro está por volta de 77% . Nas demais regiões, até por conta da proximidade física com os fabricantes de embalagem de vidro e da existência de um número maior de recicladoras, os índices de recuperação giram em torno de 65%. Os desperdícios acumulados nestas regiões são muito grandes. Para se ter uma idéia, somente em 2006, o vidro que não retornou representou um desperdício de recursos financeiros da ordem de R\$ 14,5 milhões. Em volume de vidro esse desperdício é de aproximadamente 321 mil toneladas ou 1 bilhão e 200 milhões de embalagens. Este é o quadro de somente um ano de acúmulo. Imagine esta situação se repetindo por 10, 15 ou 50 anos.

8.2. Proposta de Aplicação

Considerando a enorme quantidade de vidro de embalagem que não retorna aos centros de produção na forma de material reciclável ou reutilizável, bem como o impacto ambiental que o descarte descontrolado desse material pode provocar, desenvolvemos uma proposta de um tipo de concreto que utiliza o vidro moído em substituição aos agregados convencionais que são areia e o pedrisco.

Existem no mundo poucos pesquisadores trabalhando com este tipo de composição para concreto. Descobrimos muito recentemente, que existem dois engenheiros ligados a universidades, um na Austrália e outro nos EUA (*), que estão trabalhando com um tipo de concreto que leva em sua composição vidro comum.

Quando iniciamos nossa pesquisa, em conjunto com os professores Dr. Vandeley M. John e Dr. Vahan Agopyan do Departamento de Engenharia e Construção Civil da Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, não tínhamos conhecimento da existência dos trabalhos desenvolvido por estes dois pesquisadores estrangeiros. Começamos do zero, investigando a viabilidade técnica do emprego do vidro de embalagens como agregado para concreto.

(*) Ahmad SHAYAN - Chief Research Scientist ARRB Transport Research Vermont South Vic Aust

SHAYAN, A. and XU, A. Utilisation of Glass as a Pozzolonic Material in Concrete.
ARRB TR Internal Report RC91132, November 1999, 11 pp

Tratava-se de um estudo experimental que incluía as atividades de envelhecimento acelerado de corpos de prova em laboratório e a revisão bibliográfica sobre o tema. Os resultados obtidos são bastante animadores embora indiquem cuidados que devam ser tomados na produção deste tipo de concreto, bem como restrições de uso que o mesmo impõe.

A seguir apresentaremos a pesquisa e os resultados alcançados.

• Reação química entre vidros e o cimento Portland

Os vidros, entendidos como substâncias amorfas compostas predominantemente de sílica e por cátions como Ca, Na, Al, Mg, são sensíveis a meios alcalinos. De maneira geral, vidros silicosos são dissolvidos por soluções alcalinas, como a propiciadas por matrizes de cimento Portland. A velocidade de dissolução depende de inúmeros fatores como a superfície específica e a composição dos vidros. Teores elevados de Ca, Na, Mg e Al aumentam a velocidade de reação. Esta característica dos vidros faz com que muitos deles sejam utilizados como aglomerantes, como por exemplo, as cinzas volantes produzidas pela queima do carvão mineral e as escórias granuladas de alto forno.

Neste caso as reações de dissolução são benéficas.

Por outro lado, quando empregados como agregados ou reforços estruturais (caso da fibra de vidro), estas reações não devem ocorrer, são indesejáveis.

São conhecidos dois problemas decorrentes da possível reação entre vidro e cimento Portland:

- a) reação expansiva álcalis-silica;
- b) corrosão de fibras de vidro pelo cimento.

• **Reação álcalis-sílica**

Fundamentos

A reação álcalis-sílica é uma reação expansiva entre os íons alcalinos (Na^+ e K^+) presentes na água dos poros do cimento hidratado e certos tipos de sílica na forma microcristalina, e vítrea. Em peças de concreto convencional confeccionadas com agregados reativos expostas à umidade ela provoca a médio prazo – entre 5 e 10 anos – fissuras generalizadas nas peças de concreto e argamassas. A expansão decorre da incorporação de elevados volumes de água nos produtos de reação. As fissuras ocorrem

normalmente para expansões maiores que $0,05 \cdot 10^{-2}$ e $0,1 \cdot 10^{-2}$ (TAYLOR, 1992).

Esta reação ainda não é completamente compreendida. Resultados experimentais indicam que, tanto a granulometria, quanto o teor de sílica reativa presente nos agregados influenciam no risco de expansão.

Sabe-se que quando o material reativo é muito fino (diâmetro abaixo de $10 \mu\text{m}$) a expansão é nula ou desprezível (HILL, 1996). Evidências experimentais também mostram que quando elevados volumes de material reativo natural como opala, calcedônia, etc. estão presentes a expansão diminui e, para volumes acima de 20% pode ser até mesmo nula.

Não existe justificativa científica inquestionável para este comportamento. Uma das hipóteses formuladas é que somente produtos de reação com elevada relação Na/Si são capazes de incorporar elevados teores de águas e, portanto, provocarem expansões significativas.

Em resumo, existem três formas possíveis de controle da expansão dos produtos da reação álcalis-sílica:

- a) proteção contra a exposição à água;
- b) adição de grandes volumes de pozolanas aumentando, assim, o teor de vidro

reativo presente (solução clássica);

c) adição de grandes volumes de agregado reativo.

Para agregados convencionais reativos observa-se que as alternativas (b) e (c) são de mesma natureza uma vez que elevados teores de agregado convencional contendo sílica reativa induzem a relação Na/Si. No entanto no caso dos vidros de embalagem, a presença de Na em sua composição química lança dúvidas sobre a eficácia desta estratégia. Os ensaios acelerados estão todos voltados a seleção de agregados não reativos ou seleção de pozolanas para controle da expansibilidade. Eles envolvem a exposição de amostras a meio úmido a elevadas temperaturas.

• Corrosão de fibras de vidro

Apesar das diferenças em termos de função, geometria e, até, de composição química entre fibras de vidro e vidro de embalagem, a seguir é apresentado um resumo dos problemas que ocorrem quando estas fibras são empregadas conjuntamente com o cimento.

Tabela 20 – Composição química típica de fibra de vidro E

SiO ₂	52,4	B ₂ O ₃	10,4
Ca O	16,6	K ₂ O + Na ₂ O	0,8
Al ₂ O ₃	14,4	Mg O	5,2

Fibras de vidro tipo E, com composição química conforme apresentada na Tabela 20, são atacadas pelos álcalis presentes no cimento Portland. A corrosão provoca a redução do diâmetro das fibras reduzindo, conseqüentemente a eficiência mecânica deste tipo de reforço estrutural.

Para viabilizar o emprego de peças de cimento Portland reforçadas com fibras de vidro foi desenvolvida uma nova formulação de vidro, mais resistente a álcalis, onde o B₂ O₃, Ca O e Mg O são totalmente substituídos por 15% de Zr O₂ e pela elevação do teor de K₂ O + Na₂ O para cerca de 10%. Outra alternativa é o desenvolvimento de cimentos com baixos teores de álcalis, como os cimentos aluminosos.

Este processo de degradação já está perfeitamente caracterizado e, para o vidro resistente a álcalis, já foi demonstrado que a aceleração das reações por elevação da temperatura, em meio aquosos, possui boa correlação com o envelhecimento natural.

Com base em dados da bibliografia (BENTUR e MINDESS, 1994 e LITHERLAND et al., 1981) é possível estimar que a exposição de amostras em

um banho térmico a 75°C acelera mais de 150 vezes a velocidade de degradação de fibras resistentes à álcalis.

Os ensaios de envelhecimento acelerado utilizados envolvem a exposição de amostras a temperaturas de até 90°C. A variação da resistência mecânica, especialmente à tração na flexão, é utilizada como indicador de degradação.

• O vidro de embalagem como agregado

Dada a sua composição e microestrutura, o vidro de embalagem é potencialmente reativo. Esta reação poder ser tanto prejudicial como benéfica.

Ao contrário da maioria dos agregados naturais, o vidro é potencialmente 100% reativo. Assim, quando se emprega elevados teores de vidro como agregado, acima de 20% por exemplo, é possível supor que o risco de expansão é baixo.

Por outro lado, diferentemente dos agregados naturais, o vidro possui elevado teor de álcalis em sua composição, marcadamente sódio. Assim, a relação Na/Si do gel formado não vai depender apenas do volume de Na fornecido pelo cimento, ma também pelo vidro. Desta maneira pode-se supor que um aumento no teor de vidro reativo provoca também um aumento proporcional no teor de álcalis

reativo, pouco afetando a relação Na/Si do produto de reação.

Quando comparado com fibra de vidro, o vidro de embalagem é significativamente diferente, especialmente pela presença de B_2O_3 e ausência de CaO. Existem, também, marcantes diferenças em geometria – as fibras possuem diâmetro na ordem de 10 a 13 μm . Devido a este diâmetro, as fibras encontram-se na faixa geométrica em que os agregados naturais expansivos não provocam expansão (HILL, 1996).

As fibras são também empregadas em teores de no máximo 6% da massa total, enquanto que os teores de agregado estão sempre acima de 50% e, freqüentemente próximos a 80% da massa sendo, portanto, a relação Na/Si dos dois tipos de material radicalmente diferentes.

No entanto, dada a natureza microestrutural e a ausência de maiores informações, pode-se admitir que os vidros de embalagem vão:

- a) reagir com os álcalis do cimento;
- b) a natureza da reação vai ser similar as expostas anteriormente, benéfica ou prejudicial, havendo portanto o risco de expansão e risco de corrosão.

Planejamento experimental

Para verificar a durabilidade de sistemas cimento Portland e agregado de vidro de embalagem, foram realizados ensaios de envelhecimento acelerado.

A aceleração das reações foi realizada por aquecimento a 75°C em água pura ou em solução de 1N de NaOH (método NBRI). A Tabela 21 apresenta um resumo dos ensaios realizados.

Tabela 21 – Esquema do estudo experimental realizado (RC – resistência à compressão; RF – resistência à flexão; Exp. - medida da variação dimensional, ME – microestrutura).

Traço	Consistência (mm)		Solução Na CH	Água pura
	vidro	areia		
1 : 25 : 0,385	245	224	Exp. ME	Exp.
1 : 4 : 0,675	340	227	Exp. ME	Exp. ; RC; RF; ME
1 : 4 : 0,675	300		--	Exp. ; RC; RF; ME

*** Agregado 50% vidro e 50% areia**

• **Caracterização do vidro**

O anexo A apresenta os resultados da composição química da amostra de vidro empregada neste estudo, determinada por Fluorescência de Raio-X no Laboratório de Caracterização Tecnológica do Depto. de Engenharia de Minas da Escola Politécnica da USP.

Tabela 22 – Resumo da composição química da amostra de vidro (% em massa)

Na ₂ O	11,4	Be ₂ O ₃	1,20
Si O ₂	72,3	Fe ₂ O ₃	0,66
Ca O	10,1	Mg O	0,76
Al ₂ O ₃	1,94		

A composição mineralógica do material foi analisada por difratometria de Raios -X e o resultado encontra-se no Anexo A. Além da banda característica de material silicoso amorfo entre 20 e 35° 2 θ foi constatada a ocorrência de quartzo sintético, perfeitamente compatível com o processo de produção do vidro.

A Figura 2 apresenta a distribuição granulométrica do vidro analisado. Observou-se também a presença de matéria orgânica, principalmente resíduos de papel.

Figura 2. Distribuição granulométrica do vidro analisado

• **Resultados experimentais**

Resistência à flexão

Os ensaios foram realizados em corpos-de-prova 4 x 4 x 16 cm de acordo com a norma AFNOR, expostos a água a 75°C após 1 dia na câmara úmida a 21,5°C.

Conforme pode ser observado na Tabela 23, a utilização do vidro como agregado aumenta significativamente a resistência de tração na flexão.

Tabela 23 – Resistência à flexão (média de 4 corpos-de-prova)

Idade (dias)	Agregado	Resistência à flexão (MPa)	Desvio padrão (MPa)	Coefficiente de Variação (%)
22	areia	3,9	0,19	5,0
22	vidro	5,4	0,46	8,5
79	areia	2,9	0,30	10,4
79	vidro	5,4	0,26	4,7
54	misto	3,7	0,57	15,5

Estes dados são considerados estatisticamente significativos em nível de confiança superior a 95%, conforme pode ser observado na Tabela 24.

Os resultados da série com agregado misto apresenta resultados intermediários.

Adicionalmente não foi observada qualquer redução na resistência à flexão dos corpos-de-prova com agregado de vidro entre os 22 e 79 dias, enquanto que os corpos com areia sofreram uma redução estatisticamente não significativa.

Tabela 24 – Análise de variância dos resultados de resistência à flexão (exceto para misto)

Effe ct	MS Effe ct	DF Effe ct	DF Error	MS Error	F	p-le ve l
idade	1*	213501. *	15 *	17157.33 *	12.4437 *	.003046 *
agregado	1*	3424042. *	15 *	17157.33 *	199.5673 *	.000000 *
agregado x RF	1*	186358. *	15 *	17157.33 *	10.8617 *	.004902 *

• **Resistência à compressão**

Os ensaios foram realizados em corpos-de-prova 4 x 4 x 16 cm, de acordo com a norma AFNOR, expostos a água a 75°C após 1 dia na câmara úmida a 21,5°C.

Os resultados, resumidos na Tabela 25, não permitem observar qualquer diferença significativa (Tabela 26) entre os corpos-de-prova confeccionados com vidro e areia bem como do tempo de permanência no banho térmico.

Tabela 25 – Resistência à compressão (média de 8 corpos-de-prova)

Idade (dias)	Agregado	Resistência à flexão (MPa)	Desvio padrão (MPa)	Coefficiente de Variação (%)
22	areia	19,3	0,99	5,1
22	vidro	19,3	0,78	3,9
79	areia	19,3	0,96	4,9
79	vidro	19,1	1,45	7,6
54	misto	18,9	0,4	2,34

Deve ser observado que estes valores são significativamente inferiores aos que seriam obtidos pela argamassa exposta a cura normal. Este fato deve ser atribuído à conhecida influência negativa da cura acelerada no desempenho mecânico de produtos de cimento.

Tabela 26 – Análise de variância dos resultados de resistência à compressão (exceto para misto)

Effe ct	MS Effe ct	DF Effe ct	DF Error	MS Error	F	p-le ve l
idade	1*	416160.	36	17157.33 *	4003118.	.748995
agregado	1*	4225000.	36	17157.33 *	4003118.	.311114
idade x agregado	1*	9409000.	36	17157.33 *	4003118.	.133991

- **Variação dimensional**

A Figura 3 resume os dados obtidos pela exposição de corpos-de-prova à solução de 1 N a 75°C. Observar a diferença de escalas (notação 1.OE-0,5 significa 1 10-5).

Figura 3 – Variação dimensional em corpos-de-prova expostos a solução 1N de NaOH a 75°C.

Figura 4 – Variação dimensional de corpos-de-prova de traço 1:4 com agregado de areia, vidro e misto areia-vidro, expostos à água 75°C

(*) Apesar de intensas investigações não foi possível detectar as causas destas variações. Procedimentos adicionais de controle ambiental e de tomada de medida não foram eficientes.

Observa-se que ambos os lotes confeccionados utilizando vidro como agregado apresentam expansão linear contínua, enquanto que os com areia estabilizaram em valores baixos. É também evidente que o traço 1:4 apresenta expansão muito inferior à observada com o traço 1:2,25. Os corpos-de-prova confeccionados com agregado de vidro apresentaram intensa fissuração e, muitos deles, foram destruídos (fotos 1 a 4 do Anexo B).

A Figura 4 apresenta os resultados iniciais do ensaio de corpos-de-prova no traço 1:4, com agregado 100% areia, 100% vidro ou mistura de 50% vidro e 50% areia. Apesar da acentuada variação de medidas (*), pode-se observar uma expansão cerca de 10 vezes inferior à medida no ensaio utilizando a solução 1N de NaOH quando se analisa as argamassas de traço 1:4.

Por outro lado as expansões foram maiores que as observadas no traço 1:2,25. Isto vale também para traço contendo areia. Nenhuma fissura ou empenamento pode ser observado, revelando comportamento neste aspecto diverso dos anteriores.

Significativamente as medidas de expansão dos compostos contendo vidro e mistura de vidro e areia apresentaram expansões inferiores a das argamassas contendo somente areia.

• **Análise da microestrutura**

Amostras removidas dos corpos-de-prova submetidos ao ensaio de expansão acelerada foram analisadas em microsonda eletrônica, empregando-se imagens de elétrons secundários, elétrons retroespalhados, mistas. Também foram realizados mapeamentos por Raios-X da intensidade da presença dos principais elementos químicos (Si, Ca, Na, Al, Fe, Mg), permitindo uma identificação mais clara das diferentes fases. As figuras a seguir mostram alguma destas imagens.

A ocorrência de grãos de vidro de pequenas dimensões (por volta de 0,5mm), muitas vezes destacado de blocos maiores como nas imagens mostradas nas figuras 7 e 8, são freqüentes nas amostras que contém vidro como agregado e que foram submetidas à água quente e não foram freqüentes nas demais amostras – areia em água quente, areia ou vidro em solução de NaOH.

Figura 5 – Imagem por elétrons retro-espalhados mostrando fissura na superfície sobre corpo-de-prova de agregado de vidro exposto a solução de NaOH

Estas imagens são compatíveis com a hipótese de lixiviação do produto do ataque ao vidro pela solução alcalina. Na Figura 9, a baixa definição dos contornos dos agregados expressa pela difusão de Na e Si em torno dos agregados sugere o mesmo mecanismo.

Figura 6 – Imagem de elétrons secundários da interface agregado de vidro e pasta de cimento, mostrando fissura (solução NaOH)

Figura 7 – Imagem de elétrons secundários de corpo-de-prova de agregado de vidro submetido à água aquecida, mostrando grão de vidro em cavidade na pasta de cimento.

Figura 8 - Mapeamento por Raios X da imagem anterior. As zonas com maior intensidade de amarelo são as correspondentes ao vidro (Ca: magenta; Na: vermelho; Si: amarelo; Fe: ciano)

Figura 9 – Mapeamento por Raios X de superfície de corpo-de-prova de argamassa de vidro submetido à água aquecida. Observar a baixa definição dos contornos dos agregados de vidro.

• Análise dos Resultados

Os resultados obtidos até o momento indicam que:

- Os vidros reagem com os álcalis presentes no cimento, conforme indicado no ensaio de resistência à flexão e nos ensaios de variação dimensional especialmente em solução de NaOH;
- A reação entre o vidro é fortemente expansiva quando na presença de fonte de álcalis, conforme observado no ensaio acelerado em solução de 1N de NaOH;
- Traços mais ricos em cimento (1:2,25) apresentam menor expansão que os traços mais pobres (1:4);
- As reações entre o vidro e o cimento não provocaram expansão significativa em corpos-de-prova submetidos à água aquecida a 75°C na ausência de álcalis, embora tenha provocado um significativo aumento na resistência à flexão comparativamente aos corpos-de-prova com areia. Nos ensaios realizados esta resistência permaneceu constante entre os 22 e 79 dias;

- Ao menos, em um primeiro momento, peças de cimento Portland e agregado de vidro expostas à água possuem uma resistência à tração na flexão superior aos corpos confeccionados com areia;
- A substituição de 50% do vidro por areia normal parece não afetar o resultado.

O fato das argamassas contendo vidro expandirem-se significativamente quando em solução de NaOH e não apresentarem qualquer expansão quando em água aquecida pode apresentar as seguintes explicações. Uma delas envolve a influência da relação Na/Si na expansividade do gel formado pela reação. No entanto não pode ser afastada a hipótese de que no ensaio em água aquecida os produtos expansivos e os álcalis são lixiviados. Esta lixiviação somente seria possível nas condições do ensaio – elevadas temperatura e exposição permanente à água – e poderia não ocorrer nas condições normais de uso. Por outro lado, não foi observado qualquer efeito desta lixiviação no desempenho mecânico como seria de se esperar.

Em condições normais de temperatura e umidade estas manifestações podem levar mais de dez anos para ocorrer.

• Ensaios Experimentais - Conclusão

Os resultados experimentais não apresentaram indícios que concretos e argamassas confeccionados utilizando-se cimento Portland e agregado de vidro possam sofrer deterioração a curto prazo, exceto quando expostos a águas alcalinas, que podem estar presentes em resíduos industriais.

No entanto, com os dados disponíveis até o momento não é possível afastar completamente o risco de ocorrência de fissuras devidas à expansão de peças expostas à água de maneira contínua ou intermitente.

Conclusões mais definitivas dependem de ensaios adicionais de médio prazo.

• Recomendações para o projeto das peças de mobiliário e artefatos de concreto

Algumas recomendações já podem ser apresentadas de maneira a viabilizar o uso seguro do vidro como agregado.

Em primeiro lugar, dado o estágio de conhecimento, não é recomendável o emprego do vidro como agregado em peças de responsabilidade estrutural ou em situações sem responsabilidade estrutural, mas localizadas em alturas tais que a aceleração durante a eventual queda de pequenas partes, destacadas por ocorrência de fissuras, possa causar danos a pessoas ou outros bens.

Em segundo lugar, na seleção das aplicações desta tecnologia, recomenda-se considerar o fato de que o risco de reação de expansão ou corrosão cresce com o tempo, especialmente para idades superiores a 5 anos.

Em terceiro lugar, como a água é condição essencial para a formação do gel expansivo, peças protegidas da ação da água de maneira permanente não apresentam risco de expansão ou corrosão e podem ser utilizadas sem qualquer restrição em peças não estruturais.

Sempre que as peças produzidas forem expostas de maneira esporádica ou permanente a ação da água, recomenda-se que:

- Sejam confeccionadas peças com baixa exposição à água e adotadas formas geométricas que facilitem o escoamento e drenagem das águas. As peças devem ser utilizadas preferencialmente em interiores, e nunca em lugares que acumulem água, embutidas ou em contato direto com o solo;
- Sejam adotadas formulações de argamassa de baixa permeabilidade, limitando o fator água/aglomerante a 0,5, a proporção aglomerante/agregado a 1:3 e utilizando aditivos impermeabilizantes de massa disponíveis no mercado;
- Quando utilizar agregado misto, sejam adotados teores de vidro maiores que 50% do agregado total;
- Seja evitado o uso de peças de argamassa ou concreto sem armadura, uma vez que os reforços estruturais retardam o surgimento de eventuais fissuras decorrentes da expansão.

Ressalta-se que o controle do fator água/cimento e da proporção de aglomerante/agregado é importante também para proteção das armaduras de aço.

Dada a complexidade do tema, recomenda-se o prosseguimento dos estudos, com base em um programa experimental de médio prazo, que envolva o envelhecimento natural de peças.

ANEXO A - Relatórios de Ensaio

LCT Laboratório de Caracterização Tecnológica - Departamento de Engenharia de Minas
Escola Politécnica da Universidade de São Paulo
Av. Prof. Mello Moraes, 2373 - 05508-900 São Paulo - SP TEL: (011) 818-5787 e 818-5551. FAX (011) 818-5787

RESULTADOS DE ANÁLISE QUÍMICA POR FLUORESCÊNCIA DE RAIOS-X

SOLICITAÇÃO DE SERVIÇOS: LCT/FUSP/059- DATA: 08/10/96
CLIENTE: Abavidros
AMOSTRA: Vidro PCC

Z	%	Z	%	Z	%
SumBe..F	0	29+CuO	0.002	51 Sb2O3	<2e
11+Na2O	11.4	30+ZnO	0.0094	52 TeO2	<
12+MgO	0.76	31 Ga2O3	<	53 I	<
13+Al2O3	1.94	32 GeO2	<	55 Cs2O	<2e
14+SiO2	72.3	33+As2O3	<2e	56+BaO	0.14
15+P2O5	0.23	34 SeO2	<	SumLa..Lu	0.012
16+S	0.054	35 Br	<	72 HfO2	<
16+SO3	<	37+Rb2O	0.0066	73 Ta2O5	<
17+Cl	0.036	38+SrO	0.046	74+WO3	0.073
18 Ar	<	39+Y2O3	<	75 Re2O7	<
19+K2O	0.79	40+ZrO2	0.023	76 OsO4	<
20+CaO	10.1	41 Nb2O5	<	77 IrO2	<2e
21 Sc2O3	<2e	42 MoO3	<	78 PtO2	<2e
22+TiO2	0.083	44 RuO4	<	79 Au	<
23 V2O5	<	45 Rh	<	80 Hg	<
24+Cr2O3	0.020	46+PdO	<	81 Ti2O3	<
25+MnO	0.025	47 Ag2O	<	82+PbO	0.054
26+Fe2O3	0.66	48 CdO	<2e	83 Bi2O3	<
27+Co3O4	0.015	49 In2O3	<	90 ThO2	<
28 NiO	<	50 SnO2	<	92 U3O8	<
Light Elements		Noble Elements		Lanthanides	
4 BeO		44 RuO4	<	57+La2O3	0.008
5 B2O3	1.20	45 Rh	<	58 CeO2	<
6 CO2		46+PdO	<	59 Pr6O11	<
7 N		47 Ag2O	<	60 Nd2O3	<
8 O		75 Re2O7	<	62 Sm2O3	<
9 F	<	76 OsO4	<	63 Eu2O3	<2e
		77 IrO2	<2e	64 Gd2O3	<
		78 PtO2	<2e	65 Tb4O7	<
		79 Au	<	66 Dy2O3	<
				67 Ho2O3	<
				68+Er2O3	<2e
				69 Tm2O3	<
				70 Yb2O3	<
				71 Lu2O3	<

DADOS OPERACIONAIS:
Tipo de Análise Semiquantitativa, sem padrões
Job 648 of 8-Oct-96 PW 2400
KnownConc = 1.20 % B2O3 % The Dil/Sample = 0.100 WAX REST= 0 %
+ in Z+El means involved in Sum=100%
< means conc. <10 ppm <2e means wt% < 2 StdErr
Sum Conc's before normalisation to 100% : 79.3 %

Gabriela Fronzaglia
Dra. Gabriella Ratti
Pesquisadora do LCT - EPUSP
Química - C.R.Q. 0-105009-4, R.

Henrique Kahn
Prof. Dr. Henrique Kahn
Coordenador do LCT - EPUSP

LCT Laboratório de Caracterização Tecnológica - Departamento de Engenharia de Minas
Escola Politécnica da Universidade de São Paulo
Av. Prof. Mello Moraes, 2373 - 05508-900 São Paulo - SP TEL: (011) 818-5787 e 818-5551. FAX (011) 818-5787

RESULTADO DE ANÁLISE POR DIFRATOMETRIA DE RAIOS-X

SOLICITAÇÃO DE SERVIÇOS: LCT/FUSP/059-250/96

CLIENTE: DEPTO ENG. CIVIL / ABIVIDROS DATA: 8-Out-1996

AMOSTRA: VIDRO MOÍDO IDENT. LCT: ABI-VDMDI

A análise foi efetuada através do método do pó, mediante o emprego de difratômetro de raios-X, marca Philips, modelo MPD 1880.

A identificação das fases, abaixo discriminadas, foi obtida por comparação do difratograma da amostra com o banco de dados do ICDD - International Centre for Diffraction Data (Sets 1-45).

Nº Ficha ICDD	Nome	Composto	Ordem de grandeza
33-1161	Quartzo, sint.	SiO2	Maior

Em anexo é apresentado o difratograma obtido (cor vermelha), onde são assinaladas as linhas de difração correspondentes às várias fases identificadas (cada fase em uma cor distinta).

A banda observada entre 20 e 35° de 2θ é característica de material amorfo.

Gabriela Fronzaglia
Geol. Gabriela C. Fronzaglia
Pesquisadora do LCT - EPUSP

Henrique Kahn
Prof. Dr. Henrique Kahn
Coordenador do LCT - EPUSP

L Laboratório de Caracterização Tecnológica - Departamento de Engenharia de Minas
C Escola Politécnica da Universidade de São Paulo 818-5787 ou 818-5551
T Av. Prof. Mello Moraes, 2373 - 05508-900 São Paulo-SP TEL:(011) [REDACTED] FAX (011) 211-4308

ANEXO B - Fotografias dos corpos-de-prova

UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
ESCOLA POLITÉCNICA
Departamento de Engenharia de Construção Civil

Ed. Engenharia Civil - Cidade Universitária - São Paulo - SP 05508 900 - tel. 011 8185794 fax 011 8185544

Foto 1 - Imagem mostrando corpos-de-prova com agregado de vidro, empenados após serem expostos à solução de NaOH

Foto 2 - Corpo-de-prova de vidro como agregado destruído pela intensa fissuração após ser exposto à solução de NaOH

UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
ESCOLA POLITÉCNICA
Departamento de Engenharia de Construção Civil

Ed. Engenharia Civil - Cidade Universitária - São Paulo - SP 05508 900 - tel. 011 8185794 fax 011 8185544

Foto 3 - Superfície de corpo-de-prova intensamente fraturada após a exposição à solução de NaOH (aumento aproximado de 60 vezes)

Foto 4 - Imagem de interface entre pasta de cimento e agregado de vidro (aumento aproximado 50 x)

9. Procedimentos Técnicos para Suporte a Instituições e Municipalidades

9.1. Reutilização do Vidro na Fabricação de Artefatos de Concreto

Foto 10. Transporte de caco em caminhão aberto

Foto 11. Caco misturado no pátio da vidraria

Já é de conhecimento do setor vidreiro que, da quantidade total de embalagens de vidro produzidas e distribuídas no País, somente uma parte volta para a indústria vidreira para, a partir da reciclagem dos cacos, novamente transformar-se em novas embalagens. Estima-se que algo em torno de 60% das embalagens produzidas tenham condições de retornar à indústria, em função dos volumes coletados e das distâncias consideradas econômicas e que justificam a compra do vidro descartado. Os 40% restantes dessas embalagens de vidro encontram-se, ou em cidades pequenas (com um volume de material descartado reduzido), ou em localidades com distâncias que inviabilizam economicamente o transporte do caco para a indústria vidreira.

Como já mencionado, a questão principal no caso da compra de cacos está diretamente ligada à viabilidade econômica do transporte. Para cidades pequenas, mesmo que próximas à indústria, ocorre que se o volume coletado mensalmente for inferior a 10 toneladas, raramente algum comprador se disporá a buscar esse caco. Para cidades com estas características, entretanto, é possível criar condições que atraiam o comprador de cacos. Pode-se acumular cacos por um tempo mais longo e oferecer o material em lotes compatíveis com a viabilidade

Fotos 12, 13 e 14. Estocagem de vidro em tambores, coleta em caçamba e trituração em moído de bolas

econômica que o transporte impõe ou, através de consórcios ou associações com municípios próximos, promover a acumulação de uma maior quantidade de vidro descartado em um tempo menor.

De qualquer forma estas iniciativas envolvem, necessariamente, disponibilidade de recursos financeiros para a montagem de um programa de coleta e construção de instalações destinadas à seleção, estocagem e, eventualmente, trituração do vidro coletado.

Mas é preciso lembrar, também, que existem no Brasil outros tantos milhares de municípios os quais, independentemente do porte, encontram-se muito distantes do principal consumidor de cacos que é a indústria vidreira.

O que fazer, então, com todo esse vidro descartado ?

Atualmente o que se verifica nas cidades menores é o lançamento de todo o lixo diretamente nos lixões. E o vidro, juntamente com os demais resíduos sólidos, vai literalmente para o lixo. Essa sistemática de descarte, além de ser prejudicial ao meio ambiente, traz consigo deseconomias que poderiam ser transformadas em ganhos, não somente ambientais mas, também, sociais e culturais.

Como já afirmamos, o vidro não é lixo e nem deve ser encarado como tal.

Foi a partir deste enfoque, e da constatação de que muito vidro de embalagens está sendo desperdiçado, que elaboramos alternativas tecnológicas que viabilizem a utilização do

vidro de embalagens descartadas, exatamente para aquelas cidades que não têm condições de fazer retornar o vidro para a indústria.

Buscando uma destinação mais correta para o vidro descartado nestas localidades mais distantes realizamos, com o apoio da Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, o desenvolvimento de produtos e processos destinados à reutilização do vidro, agora como material substitutivo à areia e pedra utilizadas na composição de concretos. Além do desenvolvimento de projetos de artefatos de concreto, tais como lixeiras, floreiras, bancos, guias, elementos de piso, entre outros, executamos um conjunto de protótipos dessas peças de modo a verificar, através de ensaios de laboratório, o comportamento desse “novo concreto”. Os resultados, por serem positivos, nos permitiram ousar um pouco mais recomendando sua utilização em peças pré-moldadas, conforme apresentaremos a seguir.

As propostas incluem o desenho de cada uma das peças de mobiliário, bem como os projetos das respectivas formas e a especificação das armaduras de reforço estrutural quando necessárias. São disponibilizadas, ainda, recomendações destinadas à seleção do vidro, limpeza, moagem e cuidados na preparação do concreto e na cura das peças.

9.2. A fabricação de peças pré-moldadas com cimento e vidro

Embora não seja um fato muito conhecido pela maioria das pessoas, os resíduos de vidro vêm sendo utilizados na fabricação de outros produtos de consumo, que não aqueles que utilizam exclusivamente o vidro. É o caso das tintas utilizadas para pintura de faixas de sinalização em ruas, onde o vidro em pó confere-lhe um aspecto refletivo, ou em acabamentos vitrificados para cerâmica, entre outras aplicações.

A partir deste trabalho de pesquisa e de desenvolvimento, podemos afirmar com segurança que estamos em condições de oferecer mais uma alternativa de utilização dos resíduos de vidro de embalagens. O vidro, nessa nova possibilidade de utilização participa, juntamente com o cimento, na composição de concretos. O vidro triturado entra na composição substituindo, parcial ou totalmente, a areia e o pedrisco tradicionalmente utilizados no concreto.

Fotos 15,16 e 17. Embalagens de vidro sujas, limpas e moídas

Este novo material é recomendado para produzir peças de mobiliário urbano e de infraestrutura tais como floreiras, lixeiras, totens informativos, mesas e banquetas para praças, brinquetes para pavimentação, entre outros.

Busca-se com este novo material permitir que, naquelas cidades que hoje não conseguem vender esse resíduo para a indústria de embalagens, seja pela distância que se

encontram dos centros produtores, ou pela quantidade de vidro disponível, possam ser fabricados artefatos de concreto evitando-se, assim, que o vidro seja lançado nos lixões.

Repetindo, podemos afirmar que, além da reciclagem mais comum do vidro que é a sua reutilização pela indústria vidreira na fabricação de novas embalagens e produtos, existe outra possibilidade de reaproveitamento: o uso em concreto.

Apesar de parecer incomum à primeira vista, pode-se perfeitamente utilizar o vidro na preparação de concretos, desde que triturado no tamanho correto e tomados os cuidados adequados.

9.3. O uso do vidro em concreto e suas possibilidades técnicas

Ao se utilizar os cacos vidro em peças pré-moldadas de concreto, deve-se levar em conta alguns fatores para maior aceitação do produto e qualidade do serviço.

Deve-se considerar:

- a segurança das pessoas: caso ocorra quebra em uma peça pré-moldada, as rebarbas não podem causar acidentes, o que poderia ocorrer nos casos em que há contato do corpo das pessoas com a superfície das peças ou cantos vivos;
- características do material: deve-se respeitar as possibilidades do material, não o utilizando para fabricar peças estruturais como pilares, vigas ou lajes, e sim para peças simples que inspirem confiança nas pessoas.

Fotos 18,19 e 20. Componentes de infraestrutura, produzidos com concreto à base de vidro, para a Abividro

9.4. Projeto dos componentes de infra-estrutura

Os componentes de infra-estrutura propostos são peças muito simples tanto em relação à forma quanto à maneira de produzi-las. As características comuns são as seguintes:

- pode-se fabricar com fôrmas simples, algumas encontráveis no mercado;
- não há a necessidade de utilização de ferragens;
- são peças pequenas e fáceis de manusear;
- dispensam acabamentos; e
- podem ser usadas uso em serviços “brutos” e simples

Componentes de infra-estrutura

Peça	Possibilidade de encontrar forma no mercado	Possibilidade de uso de mesa vibratória na fabricação	Possibilidade de uso de máquina de blocos na fabricação	Uso em infra-estrutura urbana
briquetes	●	●	●	intenso
guias	●	●		intenso
orla de árvore				baixo
grelhas		●		médio
placas de piso		●		intenso
separador de piso		●		médio

Materiais utilizados

Para a fabricação das peças, excetuando-se o vidro, os demais materiais são bem conhecidos de todos e fáceis de serem aplicados. Para se obter bons resultados nas moldagens, alguns cuidados na escolha e aplicação dos materiais têm que ser observados.

Vidro

Deve-se observar se a granulometria (tamanho dos grãos) é a adequada para a fabricação das peças. O vidro moído apropriado é aquele que passa pela peneira de 12,5 mm (1/2") e que não está contaminado por gravetos, terra, borras de tinta ou de outros materiais.

Cimento

Pode-se utilizar qualquer tipo de cimento disponível no mercado, desde que não esteja empedrado. Deve-se tomar maiores cuidados na fabricação das peças quando se utilizar cimentos de cura mais lenta como:

- cimento pozolânico
- cimento resistente a sulfatos
- cimento de alto forno

O cimento dura mais se guardado protegido do vento e da umidade e empilhado até 15 sacos. Não deve ser guardado por mais de 30 dias, senão pode começar a empedrar.

Areia

Assim como o vidro moído, a areia não pode ser muito grossa nem muito fina, porém deve estar isenta de contaminações. Ela é vendida no mercado como areia média lavada.

Equipamentos para preparar o concreto

Não é necessário qualquer equipamento especial para a preparação deste novo concreto. Podem ser utilizados:

- Betoneira: com este equipamento, de qualquer capacidade, é possível produzir um concreto de boa qualidade.
- Maseira: na falta de uma betoneira, é melhor usar maseira do que fazer o concreto diretamente no chão. No caso de uso da maseira, deve-se misturar o concreto com bastante cuidado para que as peças não saiam com defeitos.

Equipamentos para moldar os componentes de infra-estrutura

Existem várias opções que podem ser utilizadas e que dependem da disponibilidade de equipamentos ou de recursos. Para a moldagem deste tipo de componente podemos utilizar:

- Máquina de blocos: dependendo do tipo de peça a ser fabricada, pode-se utilizar uma

máquina para produção de blocos de concreto, adaptando-se a fôrma. Obtém-se a vantagem do aumento da produção e da qualidade das peças.

- Mesa vibratória: se você tem a forma mas não dispõe de uma máquina de blocos, pode utilizar uma mesa vibratória para a fabricação de artefatos de concreto. Basta colocar a forma sobre a mesa vibratória e fundir a peça. Embora a produtividade caia um pouco, é possível obter peças de boa qualidade.

- Vibrador: tendo-se apenas a fôrma, e dependendo do seu tamanho, podem ser utilizados vibradores de obras como equipamentos auxiliares à fabricação. A vibração mecânica oferece melhores resultados do a vibração manual.

- Forma: as peças não podem ser fabricadas sem uma forma, que será diferente se a fabricação for em máquina de blocos, mesa vibratória, com vibração mecânica ou manual.

Preparação do concreto

Pode ser utilizado até 100% de vidro misturado ao cimento. Caso haja a necessidade de preparação de maiores volumes de concreto, e não sendo a quantidade de vidro suficiente, pode-se acrescentar areia média até um total de 50% do volume total de agregado (vidro).

Para a preparação do concreto recomenda-se um traço (mistura) que utilize, para 1 (um) saco de 50 kg de cimento, 9 (nove) latas de 18 litros de vidro moído. Se houver interesse ou necessidade de usar areia, pode-se adicionar até a metade do volume, ou seja, para um saco de cimento, colocar até 4,5 latas de 18 litros de areia e 4,5 latas de vidro.

Este traço é o recomendado para produzir briquetes, guias, orla de árvore, grelhas e placas de piso.

Ao preparar o concreto, deve-se colocar a menor quantidade de água que permita uma boa moldagem. É um engano comum achar que concreto bom é aquele com bastante água, tipo "sopão".

Moldagem dos componentes

As formas devem estar em boas condições , sempre limpas e com superfícies retas e cantos bem definidos. Dependendo do tipo de equipamento utilizado na fabricação (mesa vibratória, máquina de blocos ou somente a forma), devem ser observados os seguintes cuidados gerais:

- travar e regular bem a forma
- passar desmoldante (óleo queimado, desmoldante solúvel em água, cêra, etc.) antes de

lançar o concreto na forma

- nivelar bem a forma

Ao se moldar as peças, lançar o concreto na forma e vibrar com cuidado para que se obtenha uma massa bem uniforme, sem o risco de separar a areia e o vidro do cimento.

Adensar bem o concreto.

Vibrar bem as peças, independentemente da fabricação por forma, mesa vibratória ou máquina de blocos. Em todos os casos a vibração deve produzir peças bem uniformes, sem trincas ou falhas, e o processo de vibração não deve danificar a forma.

Cura inicial

A etapa imediatamente após a moldagem é muito importante para garantir a qualidade das peças. É exatamente nesta etapa que ocorrem as primeiras reações do concreto. Se houver problemas nesta fase, isso refletirá na resistência final da peça.

As peças recém moldadas devem ficar durante as primeiras 24 horas, pelo menos, em local abrigado do sol, sem vento excessivo, limpo e nivelado, onde não sofram impactos e não sejam movimentadas. Durante essas primeiras 24 horas é importante que as peças não percam umidade, pois o cimento precisa de água para adquirir resistência.

No caso do uso de cimento com cura inicial mais lenta, antes de desformar verifique se o concreto endureceu o suficiente. Se houver problemas pode-se aumentar o tempo de cura ou, se for necessário liberar mais rapidamente as formas é possível aumentar a quantidade de cimento na mistura.

Cura complementar

O processo de endurecimento do concreto não termina na cura inicial. É necessário um período complementar de pelo menos mais 6 dias para que se possa obter resistência adequada.

Durante esses 6 dias as peças devem ser molhadas e ficar longe do sol e do vento excessivo, de preferência cobertas com lona plástica.

As peças devem ser retiradas das formas ou dos locais de cura inicial com cuidado (pois ainda são frágeis), e colocadas nos locais de cura complementar. Podem ser empilhadas, conforme o tamanho e a resistência adquirida, sempre com muito cuidado.

Estocagem

As peças já curadas devem ser estocadas diretamente nas pilhas de cura complementar

ou em locais secos, nivelados e limpos.

O tamanho e altura das pilhas de estocagem devem ser definidos conforme a dimensão e resistência das peças.

Expedição

Ao enviar as peças aos locais de aplicação, deve-se tomar cuidado no carregamento, transporte e descarregamento de modo a evitar danos e, eventualmente, perdas.

Aplicação

Durante os serviços de instalação, deve-se evitar batidas e a exposição das peças a esforços exagerados que possam danificá-las.

Projetos dos componentes de infra-estrutura

GUIA

ORLA DE ÁRVORE

FÔRMA
CORTE VERTICAL
ESCALA 1:10

FÔRMA
PLANTA
ESCALA 1:10

SEPARADOR DE PISO

PLACA DE PISO

9.5. Projeto dos pré-moldados para mobiliário urbano

Características comuns

- as formas não são encontráveis no mercado
- as peças devem ser estruturadas com ferragens
- são peças de porte médio
- pelo fato de ficarem expostas e serem referências visuais no espaço urbano, as peças devem ter suas superfícies bem acabadas
- devem ser duráveis, mantendo a integridade e a boa aparência por longo tempo
- a produção das peças exige cuidados especiais, desde a fabricação das formas até o acabamento final

Os pré-moldados para mobiliário urbano que estamos propondo são lixeiras, floreiras, bancos, totens, obstáculos, mesas e banquetas

Fotos 21, 22 e 23. Peças de mobiliário urbano, produzidas com concreto à base de vidro, para a Abividro

Materiais utilizados

Para a fabricação das peças, excetuando-se o vidro, os demais materiais são bem conhecidos de todos e fáceis de serem aplicados. Para se obter bons resultados nas moldagens, alguns cuidados na escolha e aplicação dos materiais têm que ser observados.

Vidro

Deve-se observar se a granulometria (tamanho dos grãos) é a adequada para a fabricação das peças. O vidro moído apropriado é aquele que passa pela peneira de 12,5 mm (1/2") e que não está contaminado por gravetos, terra, borras de tinta ou de outros materiais.

Cimento

Pode-se utilizar qualquer tipo de cimento disponível no mercado, desde que não esteja empedrado. Deve-se tomar maiores cuidados na fabricação das peças quando se utilizar cimentos de cura mais lenta como:

- cimento pozolânico
- cimento resistente a sulfatos
- cimento de alto forno

O cimento dura mais se guardado protegido do vento e da umidade e empilhado até 15 sacos. Não deve ser guardado por mais de 30 dias, senão pode começar a empedrar.

Areia

Assim como o vidro moído, a areia não pode ser muito grossa nem muito fina, porém deve estar isenta de contaminações. Ela é vendida no mercado como areia média lavada.

Equipamentos para preparar o concreto

Não é necessário qualquer equipamento especial para a preparação deste novo concreto. Podem ser utilizados:

- Betoneira: com este equipamento, de qualquer capacidade, é possível produzir um concreto de boa qualidade.
- Maseira: na falta de uma betoneira, é melhor usar maseira do que fazer o concreto diretamente no chão. No caso de uso da maseira, deve-se misturar o concreto com bastante cuidado para que as peças não saiam com defeitos.

Equipamentos para moldar as peças

De maneira geral, o equipamento mais importante é a forma sendo que os demais, indicados a seguir, são utilizados para vibração do concreto o que, no caso desse tipo de peça, é fundamental.

Mesa vibratória: é muito bom, se possível, utilizar uma mesa vibratória no momento da moldagem. Isso auxilia no nivelamento e nas condições de vibração.

Forma: a qualidade das peças a serem produzidas depende da qualidade da fôrma, a qual deve ser fabricada com muito cuidado.

Vibrador: tendo-se apenas a fôrma e dependendo do seu tamanho, podem ser utilizados vibradores de obras para auxílio na fabricação. A vibração mecânica é mais eficiente que a manual.

Preparação do concreto

Pode ser utilizado até 100% de vidro misturado ao cimento. Caso haja a necessidade de preparação de maiores volumes de concreto, e não sendo a quantidade de vidro suficiente, pode-se acrescentar areia média até um total de 50% do volume total de agregado (vidro).

Para a preparação do concreto recomenda-se um traço (mistura) que utilize, para 1 (um) saco de 50 kg de cimento, 9 (nove) latas de 18 litros de vidro moído. Se houver interesse ou necessidade de usar areia, pode-se adicionar até a metade do volume, ou seja, para um saco de cimento, colocar até 4,5 latas de 18 litros de areia e 4,5 latas de vidro.

Este traço é o recomendado para produzir lixeiras, floreiras, totens, bancos, obstáculos, mesas e banquetas.

Ao preparar o concreto, deve-se colocar a menor quantidade de água que permita uma boa moldagem. É um engano comum achar que concreto bom é aquele com bastante água, tipo "sopão".

Moldagem dos componentes

Preparação da forma: a forma deve estar em boas condições, sempre limpa e com superfícies retas e cantos bem definidos.

Devem ser observados cuidados gerais como:

- travar, nivelar e regular bem a fôrma;
- passar desmoldante (óleo queimado, óleo solúvel em água, cêra, etc.) antes e depois de usar;

- ao se colocar a armadura, deve ser verificado se ela está separada da superfície da peça, para não ficar aparecendo quando a peça estiver pronta.

Ao se moldar as peças, lançar o concreto na forma e vibrar com cuidado para que se obtenha uma massa bem uniforme, sem o risco de separar a areia e o vidro do cimento. Adensar bem o concreto.

Vibrar bem as peças, independente de fabricação por forma, mesa vibratória ou máquina de blocos. Em todos os casos a vibração deve produzir peças bem uniformes, sem trincas ou falhas., e o processo de vibração não deve danificar a forma.

Cura Inicial

A etapa imediatamente após a moldagem é muito importante para garantir a qualidade das peças. É exatamente neste período (cura inicial) que ocorrem as primeiras reações do concreto. Se houver problemas nesta fase, isso se refletirá na resistência final da peça.

As peças recém moldadas devem ficar, durante pelo menos 24 horas, em local abrigado do sol, sem vento excessivo, limpo e nivelado, onde não sofram impactos e nem sejam movimentadas.

Durante essas primeiras 24 horas é importante que as peças não percam a umidade, pois o cimento precisa de água para adquirir resistência.

No caso do uso de cimento com cura inicial mais lenta, antes de desformar verifique se o concreto endureceu o suficiente. Se houver problemas, pode-se aumentar o tempo de cura ou, se for necessário liberar mais rapidamente as formas é possível conseguir isso aumentando-se a quantidade de cimento na mistura.

Desforma

A desforma é uma etapa importante neste tipo de pré-moldado. Esforços exagerados ou manuseio inadequado de peças, considerando a baixa resistência em função do pouco tempo de cura, podem levar à perda da peça ou a danos consideráveis.

Por isso devem ser observados cuidados especiais durante as fases de retirada da forma e de movimentação da peça para o local de cura complementar.

Cura Complementar

O processo de endurecimento das peças não termina na cura inicial, sendo necessário um período complementar de pelo menos mais 6 dias para que se possa obter resistência adequada.

Durante esses 6 dias as peças devem ser molhadas e ficar longe do sol e do vento excessivo, de preferência cobertas por lona plástica.

As peças devem ser retiradas das formas ou dos locais de cura inicial com cuidado (pois ainda são frágeis), e colocadas nos locais de cura complementar. Aí, podem ser empilhadas (conforme o tamanho e a resistência já adquirida), sempre com muito cuidado.

Acabamento

As peças, após terminada a cura complementar, poderão receber tratamento superficial à base de tintas e vernizes. Antes de receber a aplicação de tintas, as peças devem ser lixadas, de modo a garantir uma superfície isenta de irregularidades e melhor acabada. Após lixadas, deve-se retirar o pó antes de aplicar a tinta ou verniz.

Estocagem

As peças já curadas devem ser estocadas em locais secos, nivelados e limpos. Deve-se observar que as peças não sejam colocadas em locais onde estejam sujeitas a impactos ou contato com materiais que poderiam prejudicar a sua aparência.

Para a estocagem, as peças não precisam receber acabamento superficial, o qual

deverá ser dado no momento da instalação da peça no local definitivo. Com isso podem ser evitados desgastes prematuros ou danos ao acabamento.

No caso de empilhamento, o tamanho e altura das pilhas de estocagem devem ser definidos conforme a dimensão e resistência das peças.

Expedição

Ao enviar as peças aos locais de aplicação, deve-se tomar cuidado no carregamento, transporte e descarregamento de modo a evitar danos e perdas.

Aplicação

Durante os serviços de instalação das peças, deve-se observar se não ocorrem arestas vivas ou se o serviço não expõe as peças a esforços exagerados que possam danificá-las.

Projetos dos pré-moldados para mobiliário urbano

BANCO

ELEVACÃO FRONTAL

ESCALA 1:20

PLANTA

ESCALA 1:20

FÔRMA SUPERIOR
CORTE
ESCALA 1:10

FÔRMA INFERIOR
CORTE
ESCALA 1:10

FÔRMA
ELEVÇÃO
ESCALA 1:20

FÔRMA
DETALHE 1
ESCALA 1:10

OBS.
CONCRETAR O BANCO COM FORMAS NA VERTICAL

PÉS DO BANCO
VISTA LATERAL
ESCALA 1:5

PÉS DO BANCO
VISTA
ESCALA 1:5

PÉS DO BANCO
ARMADURA
ESCALA 1:5

BANCO
ARMADURA
ESCALA 1:5

JARDINEIRA

JARDINEIRA
CORTE VERTICAL
ESCALA 1:20

JARDINEIRA
ELEVÇÃO
ESCALA 1:20

JARDINEIRA
PLANTA
ESCALA 1:20

MONTAGEM DO FUNDO E DA FÔRMA INTERNA
ESCALA 1:10

MONTAGEM DA FÔRMA EXTERNA
ESCALA 1:10

MONTAGEM
DETALHE E
ESCALA 1:20

— MEIA CHAPA COMPENSADA RESINADA, PINTADA EM TODA EM SUPERFÍCIE,
COM DUAS DEMÃOS DE TINTA À BASE DE EMULSÃO ASFÁLTICA
(DIMENSÕES 1,10 x 1,60m — ESPESSURA DE 15mm).

LIXEIRA

DET. 3
VISTA LATERAL
ESCALA 1:2
medidas em mm

ESCALA 1:2
medidas em mm

DET. 3
ELEV. LATERAL
ESCALA 1:2
medidas em mm

DET. 4
VISTA LATERAL

ESCALA 1:2
medidas em mm

medidas em mm

DET. 4
VISTA FRONTAL

ESCALA 1:2
medidas em mm

MESA E BANCO

MESA
PLANTA
ESCALA 1:10

BANQUETA
PLANTA
ESCALA 1:10

MESA E BANQUETAS
CORTE
ESCALA 1:20

MESA E BANQUETAS
ELEVAÇÃO
ESCALA 1:20

FÔRMA DOS PILARETES DA BANQUETA E/OU DA MESA
SECÇÃO TÍPICA
ESCALA 1:10

FÔRMA DOS PILARETES DA BANQUETA E/OU DA MESA
DESMONTAGEM
ESCALA 1:10

FÔRMA DA BANQUETA E/OU DA MESA
VISTA SUPERIOR
ESCALA 1:10

FÔRMA DA BANQUETA E/OU DA MESA
CORTE
ESCALA 1:10

MESA
ARMADURA
ESCALA 1:5

BANQUETA
ARMADURA
ESCALA 1:5

MESA
ARMAÇÃO DA COLUNA
ESCALA 1:5

BANQUETA
ARMAÇÃO DA COLUNA
ESCALA 1:5

OBSTÁCULO

TOTEM

EM	UN.	QUANT.
LA DE ARAME GALVANIZADO	M2	1.43
ARAME DE LIGAÇÃO - C=15cm	UN.	20

CHAPA DE COMPENSADO
ESQUEMA DE APROVEITAMENTO
ESCALA 1:20

TOTEM
ESQUEMA DE ARMAÇÃO
ESCALA 1:10

TOTEM
ESQUEMA DE ARMAÇÃO
ESCALA 1:10

Máquina de moagem de vidro

Todo o vidro de embalagens, desde que processado corretamente, pode ser misturado ao concreto destinado à produção de artefatos de infra-estrutura e de mobiliário urbano. O vidro, para ser utilizado como agregado em substituição à areia e pedra, deverá passar pelas seguintes operações:

Seleção

O vidro que chega da operação de coleta deverá ser estocado em tambores. Em seguida todo esse vidro deverá passar por uma seleção, feita manualmente, de modo a separar as impurezas como metais, plásticos, papel, pedras, cerâmica, matéria orgânica, etc. Como não se trata de um vidro que será reciclado, não é necessário separá-lo por cor.

Lavagem

O vidro que será usado na composição do concreto tem que ser lavado de modo a retirar restos de alimentos e bebidas, bem como os rótulos de papel e plástico. A água utilizada na lavagem, após um certo tempo deverá ser substituída por água limpa. A água "suja", bem como os resíduos resultantes do processo de lavagem devem ser lançados, primeiramente em fossas sépticas e, posteriormente, em sumidouros ou fossas de infiltração.

Esses rejeitos , por serem muito agressivos, jamais deverão ser lançados na rede de esgotos, diretamente sobre o solo, ou em córregos e rios, pois estarão colocando em risco o meio ambiente e o homem.

Trituração e moagem

Para triturar e moer o vidro de forma que ele possa ser utilizado como agregado na composição do concreto, é necessário montar uma pequena unidade de transformação. Além de um local coberto, é preciso ter um equipamento de trituração e moagem para que o vidro seja reduzido a partículas de tamanho adequado a essa nova utilização. As partículas de vidro deverão ter tamanho inferior a 12,5 mm. Todo o vidro moído com dimensão inferior a essa entra na composição do concreto substituindo a areia e o pedrisco. Para tanto, além dos equipamentos encontrados no mercado que processam o vidro (moinhos de martelo e de bola), foi desenvolvido um equipamento de trituração e moagem de vidro que pode ser operado manual ou mecanicamente, e cujo projeto será apresentado a seguir.

Projeto do equipamento de moagem e trituração

Programa de incentivo à destinação correta do vidro

- ① CORPO PRINCIPAL – VER FL. 04
- ② CALHA – VER FL.05
- ③ BASE DA CALHA – VER FL.06
- ④ CONJUNTO DE TRANSMISSÃO – VER FLS. 07 e 08
- ⑤ EXCÊNTRICO – VER FL. 09
- ⑥ MANIVELA OPCIONAL – VER FL. 10
- ⑦ GUIA/ BITOLADEIRA – VER FL. 11
- ⑧ MARTELO – VER FL. 12
- ⑨ ALAVANCA OPCIONAL – VER FL. 13
- ⑩ BASE DA ALAVANCA – VER FL. 13
- ⑪ PENEIRA – VER FL.14

Programa de incentivo à destinação correta do vidro

DET. APOIO DA CALHA
 ESCALA 1:1

DETALHE GUIA VERTICAL
ESCALA 1:1

DETALHE BITOLA
ESCALA 1:1

- ① "L" 2" x 2" - COMP.= 28cm
- ② "□" 1/2" x 5/8" - COMP.= 44cm
- ③ PROJ. MARTELO
- ④ PROJ. CHAPA FIXA
- ⑤ CHAPA LISA 1/4"
- ⑥ CHAPA LISA 1/4"
- ⑦ "L" 2" x 3/16" - COMP.=20cm

Programa de incentivo à destinação correta do vidro

10. Considerações Finais e Conclusão

Considerações Finais

Algumas situações que nos parecem, à primeira vista, adversas, acabam por nos obrigar a buscar saídas fora dos modelos conhecidos e convencionais. Situações deste tipo têm sido, cada vez mais, freqüentes até porque a velocidade que as inovações tecnológicas surgem e são incorporadas à vida das pessoas, é muito grande. As mudanças ocorrem muito rapidamente e a efemeridade das coisas se mostra cada vez mais preocupante.

É necessário rever os nossos padrões de consumo, não somente em relação ao quanto consumimos mas, e principalmente, ao que consumimos. Além de mais seletivos e ciosos, precisamos repensar o que produzir, para quem, quanto e como. Não é possível mais compartilhar com tanto desperdício.

Cientistas do mundo todo têm alertado para o aquecimento do planeta e as inúmeras consequências adversas que isto poderá causar à vida na Terra. Fala-se, cada vez mais, em sustentabilidade. Realmente é necessário considerar a urgência de

mudanças dos modelos econômicos e sociais, bem como daqueles relacionados à ciência, tecnologia, educação e, porque não dizer, à política.

Cada vez mais é necessário impedir que os governantes tomem decisões que afetam a todos, mas que geralmente são pautadas por interesses exclusivamente econômicos e pressionadas pelo capital financeiro. É necessário, sim, que os detentores do poder econômico comecem a reverter suas expectativas de lucro, sempre e acima de tudo e de todos, e conquistem uma "lucidez intelectual" necessária para repensar o nosso futuro. O desafio é grande e o tempo curto.

Mas existem inúmeras pessoas que começam a se preocupar com questões desta natureza, o que no nosso entender já é uma sinalização positiva. Se estamos atrasados ou não, não cabe neste momento perder tempo sobre esta questão. Precisamos produzir coisas novas, instigados por novas maneiras de pensar e sob novos paradigmas.

Quando começamos a trabalhar sobre o tema da reciclagem do vidro, não

imaginávamos encontrar uma situação tão propícia a repensar o modelo brasileiro que hoje se espelha naqueles utilizados em inúmeros países desenvolvidos da Europa e da América do Norte.

Embora o Brasil esteja entre os países que mais reciclam, em particular na questão do vidro encontra-se no limite do possível e abaixo da capacidade de reciclagem da indústria vidreira.

O modelo brasileiro de transporte de carga, baseado em estradas de rodagem, inviabiliza economicamente o deslocamento do caco e das embalagens de vidro das localidades mais distantes deste país para os centros de produção. Não temos ferrovias como na Europa e mesmo nos EUA, nem tampouco hidrovias adequadas ao transporte de carga. Mantidos os modelos de localização da indústria vidreira e do sistema de transporte de cargas, certamente qualquer programa de reciclagem, por mais sério que seja, não logrará os efeitos desejados.

Diante destas constatações é que propusemos uma outra maneira de utilizar este

recurso material, dando-lhe um outro uso. Utilizar o vidro de embalagens como um componente do concreto que substitua, mesmo que parcialmente a areia e o pedrisco, é uma alternativa que nos parece adequada econômica e ecologicamente para aquelas cidades que não conseguem dar uma destinação de reciclagem a esse resíduo sólido urbano.

Conclusão

Diante do exposto podemos concluir que, a curto prazo é necessário:

- estabelecer mecanismos de pesquisa que permitam o diagnóstico situacional sobre o volume de recolhimento, bem como do destino dado às embalagens de vidro no interior do país;
- fortalecer as ações educativas pró-ativas, em parceria com o setor formal de educação em todos os seus níveis e/ou com o poder público em todas as suas

instâncias (municipal, estadual e federal) para uma maior conscientização do potencial de reciclagem e reuso das embalagens de vidro, salientando o alto grau contaminante do vidro, posto este necessitar de milhares de anos para a sua degradação no meio ambiente, dados esses nem sempre abordados na educação ambiental vigente;

- implementar ações de incentivo à indústria da construção civil para a incorporação do vidro como substituto de parte dos componentes do concreto, principalmente nas obras de infra-estrutura e de implantação de mobiliário urbano realizadas nas cidades do interior do país;

A médio prazo entendemos que seja necessário estabelecer políticas voltadas ao incentivo do retorno das embalagens de vidro, principalmente aquelas comercializadas no interior do país. Estas políticas deverão, necessariamente, incluir benefícios diretos para as indústrias tais como incentivos fiscais, diminuição dos custos de transporte possibilitando, assim, menor ônus para as indústrias vidreiras no tocante a utilização de cacos coletados nas inúmeras cidades distribuídas pelo interior do Brasil.

11. Bibliografia

- ABETRE- Associação Brasileira de Empresas de Tratamento de Resíduos." *Panorama das Estimativas de Geração de Resíduos Industriais*". Fundação Getúlio Vargas - FGV.2003.
- ABRELPE- Associação das Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais. " *Panorama dos resíduos sólidos no Brasil* ", 2003.
- ABIVIDRO. Associação Técnica das Indústrias Automáticas de Vidro. " *Anuário 2002* ". São Paulo.
- ABIVIDRO. Associação Técnica das Indústrias Automáticas de Vidro. " *Manual de Reciclagem de Vidro 2002* ", São Paulo, 2004
- ALONSO, L.R. " *Coleta, tratamento e disposição final: problemas e perspectivas*". In: SÃO PAULO, Secretaria do Meio Ambiente. Coordenadoria de Educação Ambiental. Resíduos sólidos e meio ambiente. São Paulo: Pini, 1993
- ANCONA, Ana Lúcia. " *Direito ambiental, direito de quem? Políticas públicas do meio ambiente na metrópole paulista* ". São Paulo, 2002. 362 p. Tese (Doutorado).
- AGOPYAN, Vahan e PINTO, Tarcísio de Paula. " *Construction Wastes as Raw Materials for Low - Cost Construction Products* " - Proceedings of the First International Conference of CIB - TG 16, USA - 1994.
- ANUÁRIO ESTATÍSTICO: setor de transformação de não-metálicos. Secretaria de Geologia, Mineração e transformação Mineral. -2007 - Brasília:SGM,2007

- BENTUR, A.; MINDESS, S. " *Fibre reinforced cementitious composites* ". London, Elsevier, 1990.
- BRASIL. MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE. SECRETARIA DE POLÍTICAS PARA O DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL. " *Comércio e meio ambiente: uma agenda positiva para o desenvolvimento sustentável* ". Brasília: MMA/SDS, 2002. 310p. 381.1 – B736c
- BONANNI, Maria Cristina. " *Minimização de resíduos da construção civil* ". São Paulo, 2002. 214p. (Dissertação – Mestrado)
- CALDERONI, S. " *Os bilhões perdidos no lixo* ". São Paulo: Humanitas, 1998.
- CÂMARA DOS DEPUTADOS. " *Comissão de Defesa do Consumidor, Meio Ambiente e Minorias* ". Agenda 21. Brasília, 1995. 471p.
- CAMPOS, Paulo Eduardo Fonseca de. " *Da argamassa armada ao microconcreto de alto desempenho: perspectivas de desenvolvimento para a pré-fabricação leve* ". São Paulo, 2002. 208 p. Tese (Doutorado)
- CARNEIRO, Fernando Luiz Lobo Barboza. " *Origens e evolução das normas de concreto armado e protendido no Brasil* " [s.l : s.c.p.], 19-? p. 295-303. (Separata)
- CAVALCANTI, Clóvis. " *Em busca da compatibilidade entre a ciência da economia e a ecologia: bases da economia ecológica* ". Encontro Anual da ANPOCS, 15, out., 1991. Caxambu (MG). 22p.

- CEMPRE – Compromisso Empresaria para Reciclagem. *"Guia de coleta seletiva de lixo"*. São Paulo: Cempre, 1999.
- CEMPRE – Compromisso Empresaria para Reciclagem. *Série "Cadernos de Reciclagem"*. São Paulo: Cempre.
- CEMPRE – Compromisso Empresaria para Reciclagem. *"Manual de Gerenciamento Integrado do Lixo"*. São Paulo: Cempre, 1995.
- CEMPRE INFORMA, São Paulo, *n.37 a n.90*, p.1-4, fev., 1998 a nov./dez., 2006
- CONSUMERS INTERNATIONAL. *"Consumo sustentável/ Consumers International: Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento - PNUD"*. Trad. Admond Bem Meir. São Paulo, Secretaria do Meio Ambiente, 1998. 128p.
- CERVONE, B. *"Recuperação de Resíduos Sólidos Urbanos"*. In: SÃO PAULO. Prefeitura Municipal. Secretaria do Verde e do Meio Ambiente. *A gestão ambiental urbana: cidade de São Paulo*. São Paulo: IMES, 1993.
- CLÄUDIO, J.R. *"Coleta, tratamento e disposição final: problemas e perspectivas"*. In SÃO PAULO, Secretaria do Meio Ambiente. Coordenadoria de Educação Ambiental. *Resíduos sólidos e meio ambiente*. São Paulo: Pini, 1993.

- COELHO, P.E., CHAVES, ^aP., DJANIKIAN, J.G. " *Reciclagem – Aproveitamento de entulho em concreto*". Revista Saneamento Ambiental, nº 54, nov/dez.1998. Companhia de Tecnologia em Saneamento Ambiental - CETESB. Inventário estadual de resíduos sólidos domiciliares, 2002.
- Consórcio CH2MHILL-PROEMA. Plano de gerenciamento de resíduos sólidos industriais perigosos da RMSP, 1998.
- Consórcio HICSAN- ETEP. Plano diretor de limpeza urbana para os municípios da RMSP, 1994.
- Consórcio UMAH-PROEMA. Plano diretor de resíduos sólidos da RMSP, 1999.
- Consórcio VEGA-CLIBA, CAVO e ENTERPA. Diretrizes de limpeza urbana para o município de São Paulo, 1998.
- DIEGUES, Antonio Carlos Sant'Ana; ARRUDA, Rinaldo S. V. (Org.). " *Saberes tradicionais e biodiversidade no Brasil* ". Brasília: Ministério do Meio Ambiente, 2001. 176p. 574.5 – Sa13
- DEBATES SÓCIO AMBIENTAIS, Rio de Janeiro, ano2, n.5, p.1-32, out./dez., 1996/jan., 1997.
- ERKMAN, Suren. " *Vers une écologie industrielle: comment mettre en pratique le développement durable dans une société hyper-industrielle*". Paris, Fondation Charles Léopold Mayer pour le progrès de l'Homme, 1998. 147p.
- EUREC Agency. " *The future for renewable energy 2 :prospects and directions*". Future for renewable energy two [2nd rev. ed.]. London : James & James, c2002. xvii, 250 p.

- FERREIRA, José Bento. *"O desenho ambiental aplicado a sistemas viários: a utilização de zonas ambientais de uso compartilhado (ZAUCs) para a solução de conflitos viário-ambientais"*. São Paulo, 2002. 215 p. Tese (Doutorado)
- FIGUEIREDO, Paulo J. M. *"Os resíduos sólidos e sua significação frente ao impasse ambiental e energético da atualidade"*. Campinas, 1992. 227p.
- FIPE-CESP. *"Relatório de pesquisa de descontaminação de resíduos sólidos industriais perigosos com aproveitamento energético"*, São Paulo, 1992.
- FOINA, Paulo Rogério. *"Tecnologia da informação: planejamento e gestão"*. São Paulo : Atlas, 2001. 190p.
- Fundação Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – FIBGE. Sistema de informações estatísticas e geográficas – SIEG, 2001.
- Fundação Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – FIBGE. Plano Nacional de Saneamento Básico - PNSB, 2000.
- GORE, Albert. *"A terra em balanço: ecologia e o espírito humano"*. São Paulo, Augustus, 1993. 447p.
- GORE, Albert. *"Uma verdade inconveniente"*. Manole, 2006, 328 p.
- GREENPEACE. *"Producción limpia: eliminación de residuos, tecnologías y productos tóxicos"*. Amsterdam, 1992. Prospecto

- GUTBERLET, Jutta. *"Produção industrial e política ambiental: experiências de São Paulo e Minas Gerais"*. São Paulo, Fundação Konrad-Adenauer-Stiftung, 1996. 153p
- HILL, E.D. *"Alkali limits for prevention of alkali-silica: a brief review of their development. Cement, concrete and Aggregates"*. ASTM, vol.18, n.1 June 1996 p.3-7
- HIWATASHI, Erica. *"O Estudo de Cadeias no processo de Reciclagem dos Resíduos Domiciliares Inorgânicos"*. Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Administração da Universidade Federal do Rio Grande do Sul.1998
- INTERNACIONAL FACTOR 10 CLUB, Carnoules Declaration 1994/1995. Carnoules
- JARDIM, Niza Silva et al. *"Lixo municipal: manual de gerenciamento integrado"*. São Paulo, IPT/CEMPRE, 1995. 278p.
- KAZAZIAN, Thierry. *"Haverá a Idade das Coisas Leves: design e desenvolvimento sustentável"*; tradução de Eric Roland René Heneault.-São Paulo: Editora Senac São Paulo, 2005. 194p.
- JONG, T. M ; VOORDT, D.J.M. van der, (Ed). *" Ways to study and research: urban, architectural and technical design"*. Delft : DUP Science, 2002. 554 p.

- LIMA, José Antonio Ribeiro e PINTO, Tarcísio de Paula." *Industrialização de Componentes a partir da Definição de uma Política de Reciclagem de Resíduos de Construção Urbana*"- Anais do III Simpósio Ibero Americano sobre Técnicas Construtivas Industrializadas para Habitação de Interesse Social e I Fórum Brasileiro da Construção Industrializada - Habitação – 1993.
- LITHERLAND, K.L. et al. "The use of accelerated ageing procedures to predict the long term strength of GRC composites". *Cement and Concrete Res.*, v. 11. 1981. P.455-466.
- LIVRO VERDE: desafios para gestão da Região Metropolitana de Campinas. Campinas: UNICAMP, 2002. 498 p. [711.43 / L767]
- MATOS, C.; org. "Ciência e inclusão social". São Paulo : Terceira Margem / Estação Ciência, 2002. 214 p.[501 / C487]
- MARCUSE, P & KEMPEN, R. van., eds. "Of States and cities : the partitioning of urban space". New York : Oxford University, 2002. 291 p.[301.36 / St29]
- OLIVEIRA, Ricardo Ribeiro de. "A ocupação urbana e a qualidade ambiental das cidades do médio norte mato-grossense". São Paulo, 2002. 94 p. Dissertação (Mestrado)
- PHILIPPI JR., Arlindo...et al. (Ed.). "Interdisciplinaridade em ciências ambientais". São Paulo: Signus, 2000. 318p. 574.5 – In8p.

- PHILIPPI JR., Arlindo...et al. (Ed.). "*Municípios e meio ambiente: perspectivas para a municipalização da gestão ambiental no Brasil*". São Paulo: Associação Nacional de Municípios e Meio Ambiente, 1999. 201p. 363.7 – M925
- PINTO, Tarcísio de Paula. "*Utilização de Resíduos de Construção: Estudo do Uso em Argamassas*"- Dissertação de Mestrado apresentada em 1986, EESC/USP.
- PINTO, Tarcísio de Paula. "*Reaproveitamento de Resíduos de Construção*"- Artigo publicado na Revista Projeto nº 98/1987, Ed. Projeto.
- PINTO, Tarcísio de Paula. "*Utilização de Resíduos de Construção- Possibilidades de Uso em Argamassas*" - Trabalho apresentado e publicado nos Anais do 1º Simpósio Internacional sobre Transferência de Tecnologia em Habitação- HABITEC / 1987.
- PINTO, Tarcísio de Paula. "*Utilização de Resíduos de Construção*" - Artigo publicado no Jornal Construnews, nº 18/1987.
- PINTO, Tarcísio de Paula. "*Desempenho em Xequê*" - Artigo publicado no Suplemento Pini de Revestimentos 1990.
- PINTO, Tarcísio de Paula. "*Entulho de Construção: Problema Urbano que pode gerar Soluções*"- Artigo publicado na Revista Construção, nº 2325/1992.

- PINTO, Tarcísio de Paula. "*Desperdício de Materiais na Construção Civil*". Artigo publicado no JORNAL DA SICAL nº 07- fev/93.
- PINTO, Tarcísio de Paula. "*Perda de Materiais em Processos Construtivos Convencionais*". Artigo publicado na Revista Engenharia- Revista do Instituto de Engenharia nº 496/93- mai/jul/93.
- PINTO, Tarcísio de Paula. "*Qualidade com Pequenas Soluções*"- Artigo em co-autoria com César Augusto de Paula Pinto- Revista Construção nº 2453/1995.
- PINTO, Tarcísio de Paula. "*Qualidade: Bons Resultados com Pequenas Soluções*"- Artigo em co-autoria com César Augusto de Paula Pinto- Informativo ABESC nº 4- 1995.
- PINTO, Tarcísio de Paula. "*Melhorando a Qualidade das Obras*"- Artigo em co-autoria com César Augusto de Paula Pinto- Informativo DICAS, Instituto POLIS-ILDESFES- 1995.
- PINTO, Tarcísio de Paula. "*De volta à questão do Desperdício*" - Artigo Publicado na nº 2491/1995.
- PÓLIS. "*A coleta seletiva do lixo*". São Paulo, 1990. 36p.
- PÓLIS. "*A coleta seletiva do lixo: reciclando materiais, reciclando valores*". São Paulo, 1998. 100p.

- PROEMA Engenharia e Serviços S/C Ltda. Plano de resíduos sólidos dos municípios pertencentes à Bacia do Alto Tamanduateí- Billings: Santo André, São Bernardo do Campo, São Caetano, Mauá, Diadema, Rio Grande da Serra e Ribeirão Pires, 1992.
- PROEMA Engenharia e Serviços S/C Ltda. Inventário de resíduos sólidos industriais para as indústrias localizadas na RMSP, 1999.
- PROEMA Engenharia e Serviços S/C Ltda, Secretaria de Meio Ambiente – SMA. Recadastramento, caracterização e informatização de fontes de poluição industrial e cadastramento de fontes especiais de poluição da Bacia do Guarapiranga (São Paulo), 1998.
- RHYNER, C. R. and GREEN, B. D.. "*The predictive accuracy of published solid waste generation factors*". Waste Management & Research, V. 6, Number 4, December 1988.
- SÃO PAULO (ESTADO). SECRETARIA DE ESTADO DO MEIO AMBIENTE. "*Conceitos para se fazer educação ambiental*". São Paulo: 1994. 84p. F574.507 – Sa63c
- SÃO PAULO (ESTADO). SECRETARIA DO ESTADO DO MEIO AMBIENTE. "*A arte educar a vida*". São Paulo: 1994. 75p. (Série Educação ambiental). F574.507 – Sa63a
- SÃO PAULO (ESTADO). SECRETARIA DO MEIO AMBIENTE – COORDENADORIA DE EDUCAÇÃO AMBIENTAL. "*Encontros sobre educação ambiental*". São Paulo: Secretaria do Meio Ambiente, 1993. 52p. F574.507 – Sa63e

SÃO PAULO (ESTADO). SECRETARIA DO MEIO AMBIENTE. " *APAs – Áreas de proteção ambiental estaduais: proteção e desenvolvimento em São Paulo*". São Paulo: Secretaria do Meio Ambiente, 2001. 92p. 363.7 – Sa63a

SÃO PAULO (ESTADO). SECRETARIA DO MEIO AMBIENTE. " *Normas básicas sobre licenciamento ambiental e estudo de impacto ambiental*". São Paulo: SMA, 1998. 92p. (Documentos ambientais). F574.5 – Sa63n

Secretaria Especial de Desenvolvimento Urbano – SEDU. Avaliação de serviços de limpeza urbana no Brasil, 2002.

SUMNER, Anne Marie. " *Arquitetura e infra estrutura :um percurso de projeto*". São Paulo, 2001. 136 p. Tese (Doutorado)

TAYLOR, H.F.W. " *Chemestry of Cement*" . London, Academic Press, 1990.

WIEDMAN, Guilherme Alexandre. " *Fibra de coco e resinas de origem vegetal para produção de componentes de mobiliário e da construção civil*" . São Paulo, 2002. 118 p. Tese (Doutorado)

Sites Consultados

Associação Brasileira da Indústria do Vidro. ABIVIDRO

<http://www.abividro.org.br>

Companhia Industrial de Vidro.

<http://www.civnet.com.br>

Compromisso Empresarial para a Reciclagem.

<http://www.cempre.org.br>

Portal de Gestão Ambiental da Universidade Federal do Rio Grande do Sul

<http://www.portalga.ea.ufrgs.br>

Pilkington

<http://www.pilkington.com>

Saint-Gobain Vetrotex.

<http://www.saint-saint-gobain-vetrotex.com.br>

Ministério das Minas e Energia

<http://www.mme.gov.br>

Martech Consultoria

<http://www.martech-reports.com>

Empresas e Instituições Consultadas

Associação Brasileira das Indústrias de Vidro (Abividro).

Companhia Brasileira de Cristais (Cebrace).

Guardian do Brasil.

Nadir Figueiredo Indústria e Comércio S.A.

Owens-Illinois do Brasil S.A.