



**ESCOLA SUPERIOR DE CONSERVAÇÃO AMBIENTAL E SUSTENTABILIDADE
ESCAS**

IPÊ – Instituto de Pesquisas Ecológicas

**RESÍDUOS SÓLIDOS E CICLO DE VIDA: UM ESTUDO SOBRE
SUSTENTABILIDADE DA RECICLAGEM DE VIDRO NA COLETA SELETIVA, EM
BELO HORIZONTE - MG.**

Por

NÍCIA BEATRIZ MONTEIRO MAFRA

São Paulo, 2017



**ESCOLA SUPERIOR DE CONSERVAÇÃO AMBIENTAL E
SUSTENTABILIDADE - ESCAS**

**RESÍDUOS SÓLIDOS E CICLO DE VIDA: UM ESTUDO SOBRE
SUSTENTABILIDADE DA RECICLAGEM DE VIDRO NA COLETA SELETIVA,
EM BELO HORIZONTE - MG.**

Por

NÍCIA BEATRIZ MONTEIRO MAFRA

COMITÊ DE ORIENTAÇÃO

Dra. SUZANA MACHADO PADUA

Dra. SONIA SEGER MERCEDES

Dra. IZABEL CRISTINA BRUNO BACELLAR ZANETI

TRABALHO FINAL APRESENTADO AO PROGRAMA DE MESTRADO
PROFISSIONAL EM CONSERVAÇÃO DA BIODIVERSIDADE E
DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL COMO REQUISITO PARCIAL À
OBTENÇÃO DO GRAU DE MESTRE

IPÊ – INSTITUTO DE PESQUISAS ECOLÓGICAS
SÃO PAULO, 2017

Ficha Catalográfica

Mafra, Nícia Beatriz Monteiro

Resíduos Sólidos e Ciclo de Vida: um estudo sobre sustentabilidade da reciclagem de vidro na coleta seletiva, em Belo Horizonte - MG, 2017. 105 pp.

Trabalho Final (mestrado): IPÊ – Instituto de Pesquisas ecológicas

1. Resíduos sólidos urbanos

BANCA EXAMINADORA

LOCAL E DATA

Prof. Dra. Suzana Machado Padua

Prof. Dra. Sonia Seger Mercedes

Prof. Dra. Izabel Cristina Bruno Bacellar Zaneti

Dedico este trabalho às catadoras de materiais recicláveis, por compartilharem a gratidão, o respeito, a luta pela vida na simplicidade, na dignidade e no empenho do aprendizado nesta causa, tão renegada pelas pessoas, que é lidar com os resíduos sólidos. Esse ensinamento vai muito além, pois é na visão holística, na prática sistêmica e na espiritualidade que encontramos o verdadeiro significado do ciclo da vida.

AGRADECIMENTOS

Agradeço, sinceramente, a esta turma maravilhosa do IPÊ, por esse lugar abençoado em meio à natureza, ao silêncio apenas quebrado pelo canto dos pássaros e do vento balançando as folhas, onde pude meditar e adquirir conhecimentos, os quais espero saber usar com sabedoria.

Sou grata pela oportunidade de trabalhar com tantas empresas da Coalizão Embalagens, todas empenhadas em fazer um pouco da sua parte no cumprimento da Política Nacional de Resíduos Sólidos, e pela confiança que me deram em participar do processo de gestão dos resíduos sólidos, um desafio tão grande nesse território brasileiro, com tantas peculiaridades.

Foi um período intenso, cheio de perdas e ganhos, um furacão de emoções, e assim compreendo o fluxo da vida, e sigo cada vez mais entregue ao propósito de encontrar formas para trabalhar por um mundo mais digno e sustentável.

Agradeço especialmente à Professora Suzana, pelo carinho e essa doce maneira de ser e lidar com as questões ambientais, pela forma tão transparente e sincera de compartilhar seus sonhos. Também à Professora Sonia e à Professora Izabel, ambas envolvidas com as questões dos resíduos, com as quais só tenho muito a aprender. À equipe da SLU, que sempre valoriza nossa parceria, pela confiança em compartilhar os dados e informações.

Aos amigos queridos Professor Marcos Ortiz, Professor Evandro Vieira Ouriques, com os quais posso aprender a respirar, a meditar, a manter a mente alerta e conectada sem perder o foco. Com eles aprendo, e sigo aprendendo, a lidar com as energias que iluminam o caminhar.

À minha mãe querida, minha irmã, filhos amados e aos meus antepassados, dos quais certamente herdei o apreço aos estudos e o amor à natureza como mãe primordial.

A todos os Orixás e todas as entidades de luz, àqueles que vêm me indicando como ser uma pessoa melhor a cada dia.

SUMÁRIO

AGRADECIMENTOS	5
LISTA DE TABELAS	7
LISTA DE FIGURAS	8
LISTA DE ABREVIÇÕES	10
RESUMO	13
ABSTRACT	14
1. INTRODUÇÃO	15
2. OBJETIVOS DE ESTUDO	18
2.1. OBJETIVO GERAL	18
2.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS	19
3. PARTE 1 - DESENVOLVIMENTO TEÓRICO	21
3.1. DEFINIÇÕES SOBRE LIXO E RESÍDUOS	21
3.2. ARTEFATOS: FUNÇÃO, FORMA E FUNCIONALIDADE	26
3.3. O CICLO DE VIDA DOS PRODUTOS	28
3.4. EFICIÊNCIA E SUSTENTABILIDADE	33
3.5. AVALIAÇÃO DO CICLO DE VIDA - ACV	42
3.6. A POLÍTICA NACIONAL DE RESÍDUOS SÓLIDOS - PNRS	45
3.7. LOGÍSTICA REVERSA	52
3.8. OS CATADORES DE MATERIAIS RECICLÁVEIS	55
4. PARTE 2 - DESENVOLVIMENTO DA PESQUISA	60
4.1. O VIDRO	60
4.2. RELAÇÃO ENTRE EMBALAGENS RETORNÁVEIS E DESCARTÁVEIS	68
4.3. RECICLAGEM DE EMBALAGENS DE VIDRO	70
4.4. BENEFICIAMENTO - DESTINAÇÃO INTERMEDIÁRIA	74
4.5. ANÁLISE DO CICLO DE VIDA DA EMPRESA OWENS ILLINOIS - OI	79
4.6. SOBRE A ABIVIDRO	81
5. PARTE 3 - REVELAÇÕES DO CAMPO	83
5.1. BELO HORIZONTE E SUA HISTÓRIA NA LIMPEZA URBANA	83
5.2. ESPECIFICIDADES DA COLETA SELETIVA DE VIDRO EM BELO HORIZONTE	90
5.3. REFERÊNCIAS DO CONTROLE DE RESÍDUOS RECEBIDOS E COMERCIALIZADOS NAS COOPERATIVAS COPEMAR E COOPERSOLI	94
5.1. COMERCIALIZAÇÃO	101
6. ANÁLISES CRÍTICAS	103
7. Referências bibliográficas	107

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Composição gravimétrica dos RS oriundos da coleta seletiva.....	49
Tabela 2 - Composição do resíduo - nível de renda.....	51
Tabela 3 - Elementos químicos – agentes de coloração – no vidro.....	63
Tabela 4 - Especificação técnica para Caco de Vidro Empresa Owens-Illinois do Brasil – Sistema de Gestão Integrado da Qualidade - Owen Illinois.....	72
Tabela 5 - Produção de resíduos de cacos de vidro na COOPEMAR	94
Tabela 6 - Quantidades recebidas de materiais recicláveis - PEV entregues na COOPEMAR.....	95
Tabela 7 - Porcentagem estimada de resíduos de vidro provenientes da coleta seletiva (SLU) entregues na COOPEMAR	96
Tabela 8 - Produção de resíduos de caco de vidro na COOPERSOLI Barreiro.....	100
Tabela 9 - Porcentagem estimada de resíduos de vidro provenientes da coleta seletiva (SLU) entregues na COOPERSOLI Barreiro	101
Tabela 10 - Valores para a venda dos resíduos praticados pela indústria em 2016.....	102

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Imagem do Gráfico 12 - Emissões no setor de resíduos por estado em anos selecionados (1970,1990, 2000 e 2014).....	37
Figura 2 - Distinção entre uma descrição técnica de um sistema de produto e procedimentos de alocação para reciclagem	44
Figura 3 - Gravimetria da coleta de resíduos sólidos urbanos.....	49
Figura 4 - Ciclo de produção e consumo - fonte de resíduos/fluxos - alternativas de disposição.....	53
Figura 5 - Subsistemas de recuperação dos bens	53
Figura 6 - Desenho do fluxo do Sistema de Logística Reversa e os principais elos da cadeia do ciclo de vida do produto.....	55
Figura 7 - Produção de garrafas na indústria Vidro Porto, pelo método prensa-sopro.....	65
Figura 8 - Tipos de garrafas de vidro para bebidas	66
Figura 9 - Tipos de potes de vidro para doces e conservas	67
Figura 10 - Copos de vidro para embalagens de produtos cremosos.....	67
Figura 11 - Relação entre energia total associada a um sistema de embalagem e o número de retornos para a unidade funcional de 1.000 kg de produto comercializado/consumido	69
Figura 12 - Número estimado de retornos da embalagem de vidro (a um determinado ponto de equilíbrio) em função da distancia de distribuição e do índice de quebra da embalagem.....	69
Figura 13 - Cacos triturados e resíduos de garrafas a serem utilizados como matéria-prima para reciclagem.....	71
Figura 14 - Calcário a ser utilizado como matéria-prima na composição de embalagens de vidro (garrafas)	71
Figura 15 - Tipo de caminhão roll-on e roll-off.....	73

Figura 16 - Tipo de caçamba estacionária usada para coleta de cacos de vidro.....	73
Figura 17 - Desenho esquemático de uma planta de beneficiamento simples	75
Figura 18 - Desenho esquemático de uma planta de beneficiamento com separação de contaminantes grandes e finos, incluindo os sensores óticos	76
Figura 19 - Cacos e garrafas antes do beneficiamento	77
Figura 20 - Separação manual de contaminantes grandes.	77
Figura 21 - Esteira para separação ótica.....	78
Figura 22 - Separadores óticos	78
Figura 23 - Produção com 60% de caco	Erro! Indicador não definido.
Figura 24 - Produção sem de caco	Erro! Indicador não definido.
Figura 25 - Ciclo Infinito da Reciclagem de vidro	82
Figura 26 - Mapa de Minas Gerais com localização de Belo Horizonte	83
Figura 27 - Mapa de Bairros de Belo Horizonte. Marcação de bairros com coleta seletiva e localização das organizações de catadores.....	87
Figura 28 - Geração de resíduos per capita por faixa populacional.....	88
Figura 29 - Composição gravimétrica dos resíduos sólidos de Belo Horizonte.....	90
Figura 30 - PEV para vidro.....	91
Figura 31 - Caminhão Munck para coleta dos resíduos de vidro em Belo Horizonte	91
Figura 32 - Presença de vidro no recebimento da coleta seletiva	92
Figura 33 - Disposição de cacos na COOPEMAR.....	92
Figura 34 - Descarga da coleta seletiva em caminhão tipo baú	93
Figura 35 - Caminhão compactador	93
Figura 36 - Chão na área de triagem e armazenamento de vidro na COOPEMAR.....	93
Figura 37 - Área de armazenamento de resíduos de vidro na COOPEMAR	97

Figura 38 - Área de recebimento de material	98
Figura 39 - Área da primeira triagem.....	98
Figura 40 - Área das mesas de triagem	99
Figura 41 - Balança rodoviária na entrada	99
Figura 42 - Detalhe do vidro recebido na coleta seletiva	100
Figura 43 - Caçamba estacionada na área externa para armazenar o vidro	100
Figura 44 - Descarte Seletivo.....	Erro! Indicador não definido.

LISTA DE ABREVIações

ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
PNRS	Política Nacional de Resíduos Sólidos

ASMARE	Associação dos Catadores de Papel, Papelão e Material Reaproveitável de Belo Horizonte
COOPERSOLI	Cooperativa Solidária dos Recicladores e Grupos Produtivos do Barreiro e Região LTDA - COOPERSOLI BARREIRO
COOPEMAR	Cooperativa de Catadores de Materiais Recicláveis da Região Oeste de Belo Horizonte, MG.
PEV	Ponto de Entrega Voluntária
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
SLU	Superintendência de Limpeza Urbana
ACV	Avaliação do Ciclo de Vida
SNIS	Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento
ICLEI	Governos Locais pela Sustentabilidade
ECO 92	Conferência sobre o Clima - Cúpula da Terra
GEE	Gases de Efeito Estufa
GWP	Global Warming Potential
PET	Politereftalato de Etileno
LCA	Life Cycle Assessment
ISO	International Organization for Standardization
MRI	Midwest Research Institute
GTT	Grupos de Trabalho Temáticos
CEMPRE	Compromisso Empresarial para Reciclagem
ABRE	Associação Brasileira de Embalagem
ANAP	Associação Nacional dos Aparistas de Papel
INESFA	Instituto Nacional das Empresas de Preparação de Sucata não ferrosa e de ferro e aço

ANCAT	Associação Nacional dos Carroceiros e Catadores de materiais recicláveis
CNC	Confederação Nacional do Comércio de Bens, Serviços e Turismo
IPEA	Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada
ABIVIDRO	Associação Técnica Brasileira das Indústrias Automáticas de Vidro
LCA	LCA Consultores
PGIRS	Plano de Gerenciamento Integrado de Resíduos Sólidos
ONG	Organização não governamental
RSU	Resíduos Sólidos Urbanos
ASTM	American Society for Testing and Materials
FDA	Food and Drug Administration
GRAS	Generally Recognized as Safe
IPCC	Intergovernmental Panel on Climate Change
GHG	Greenhouse Gas Protocol
O-I	Owens Illinois
PBH	Prefeitura de Belo Horizonte
LEV	Local de Entrega Voluntária
UNICEF	Fundo das Nações Unidas para a Infância
PP	Polipropileno
PEAD	Polietileno de Alta Densidade
PS	Poliestireno
PEBD	Polietileno de Baixa Densidade

RESUMO

Resumo do Trabalho Final apresentado ao Programa de Mestrado Profissional em Conservação da Biodiversidade e Desenvolvimento Sustentável como requisito parcial à obtenção do grau de Mestre

RESÍDUOS SÓLIDOS E CICLO DE VIDA: UM ESTUDO SOBRE SUSTENTABILIDADE DA RECICLAGEM DE VIDRO NA COLETA SELETIVA, EM BELO HORIZONTE - MG.

Por:

NÍCIA BEATRIZ MONTEIRO MAFRA

Maio, 2017

Orientador: Profa. Dra. Suzana Machado Padua

Os resíduos sólidos figuram como um dos maiores problemas ambientais, especialmente diante das dificuldades na aplicação de soluções para o incremento da cadeia produtiva da reciclagem e da logística reversa pós-consumo. O conceito de ciclo de vida aplicado à produção industrial depende de atores importantes como elos da cadeia, como os consumidores e a administração municipal, responsável pela coleta seletiva e destinação dos resíduos para o processo de triagem - separação e classificação dos recicláveis - realizada no Brasil, prioritariamente, pelos catadores de materiais recicláveis. O vidro é um material de característica inerte e sua reciclagem considerada, pela indústria, como positiva no ciclo de vida, em relação a economia de matéria-prima virgem e gastos energéticos. Entretanto, na prática, as embalagens dispostas no mercado possuem alto grau de complexidade no retorno às indústrias. Este estudo propõe uma análise crítica em relação aos aspectos práticos e resultados da coleta seletiva em relação a este material, que teve como foco a cidade de Belo Horizonte - MG, em duas cooperativas localizadas no bairro Barreiro. Foram verificadas as discrepâncias em relação aos dados de controles das quantidades e as dificuldades em relação a recuperação dos resíduos vítreos pós-consumo e o baixo valor agregado na venda dos cacos de vidro.

Palavras Chave: resíduos sólidos, ciclo de vida, reciclagem, embalagens de vidro.

ABSTRACT

Abstract do Trabalho Final apresentado ao Programa de Mestrado Profissional em Conservação da Biodiversidade e Desenvolvimento Sustentável como requisito parcial à obtenção do grau de Mestre

SOLID WASTE AND LIFE CYCLE: A STUDY ON SUSTAINABILITY OF GLASS RECYCLING IN THE SELECTIVE COLLECTION, IN BELO HORIZONTE - MG

By

NÍCIA BEATRIZ MONTEIRO MAFRA

May, 2017

Advisor: Profa. Dra. Suzana Machado Pádua

Solid waste is one of the major environmental problems, especially due to the difficulties in the applying of solutions to increase the production chain of recycling and post-consumption reverse logistics. The concept of life cycle applied to industrial production depends on important actors as chain links, such as consumers and the municipal administration, responsible for the selective collection and disposal of waste for the sorting process - separation and classification of recyclables - carried out in Brazil by collectors of recyclable materials. Glass is a material of inert characteristic and its recycling is considered as positive in the life cycle, in relation to raw material economy and energy expenses. However, in practice, the packages disposed in the market have a high degree of complexity in their return to the industries. This study proposes a critical analysis regarding the practical aspects and results of the selective collection in relation to this material, which focused on the city of Belo Horizonte - MG, in two cooperatives located in the Barreiro neighborhood. Discrepancies were verified in relation to the quantity control data and difficulties regarding the recovery of the post-consumer vitreous waste and the low value added in the sale of glass shards.

Key words: Solid waste, life cycle, recycling, glass packaging

1. INTRODUÇÃO

Dentre as questões ambientais, com grande ênfase está a dos resíduos sólidos, ainda denominada “lixo”, conceito com inúmeras definições e significados culturais e comportamentais das sociedades em geral, especialmente de uma sociedade de consumo.

Tecnicamente, o termo “lixo” vem sendo substituído por “resíduos sólidos” que, segundo a Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT,1987), são definidos como aqueles que resultam de atividades da comunidade de origem industrial, doméstica, hospitalar, comercial, de serviços, varrição e agrícola (ZANETI, 2006).

Na Europa, segundo a Comissão Europeia de Meio Ambiente¹, a geração de resíduos é estimada em 16 toneladas de material por pessoa por ano, e destas, seis toneladas são resíduos, tratados como “matérias-primas secundárias”, sendo metais, madeira, vidro, papel e plásticos, presentes no fluxo da geração de resíduos, ou de lixo. Desde 2010, a produção total de resíduos na União Europeia cresceu 2,5 milhões de toneladas. Desse total, apenas uma parcela limitada, embora crescente (36%), foi reciclada, sendo o restante depositado em aterro ou incinerado, dos quais cerca de 600 milhões de toneladas poderiam ser recicladas ou reutilizadas. Em relação à geração de resíduos domésticos, apenas 40% são reutilizados ou reciclados e, em alguns países, mais de 80% ainda são depositados em aterros (Centro de Dados Ambientais sobre Resíduos - Eurostat, 2015).

No Brasil não é diferente. Estima-se que são geradas mais de 64,4 milhões de toneladas de resíduos por ano, sendo destinados para aterros sanitários ou controlados somente 58,5%, pois o restante é disposto em lixões, locais totalmente inadequados, que causam inúmeros impactos ambientais (SNIS, 2014).

Antes de focar em resíduos, a reflexão começa na questão do lixo, nas atitudes de nossa cultura em relação a ele, também as mudanças de comportamento

¹ <http://ec.europa.eu/environment/waste/>

que tais modos de lidar com os restos sofreram ao longo do tempo, tendo como ponto de partida as mentalidades e sensibilidades originadas na Idade Média. A adoção deste referencial teórico do desenvolvimento e evolução humana se refere às culturas capitalista e industrial, como territórios próprios da questão do lixo (RODRIGUES, 1995).

Essa relação conceitual remete a uma reflexão sobre a necessidade de mudanças de hábitos na atual fase da humanidade, quando o consumo é desenfreado e a produção industrial ainda não está compromissada com os verdadeiros princípios da sustentabilidade, o que se depreende como uso consciente dos recursos naturais e com o ciclo de vida dos produtos.

Um conceito importante proposto pela Política Nacional de Resíduos Sólidos - PNRS, Lei 12.305, promulgada ao final de 2010, é a responsabilidade compartilhada pelo ciclo de vida dos produtos, quando todos os atores são elos importantes e imprescindíveis para a gestão integrada dos resíduos sólidos urbanos. Muitas dúvidas ainda não possuem soluções práticas, especialmente em relação à cadeia da reciclagem, ou à logística reversa dos materiais pós-consumo.

As prefeituras, principais responsáveis pela coleta seletiva, em relação direta com os catadores de materiais recicláveis, estes que reconhecidamente ocupam o papel principal na separação e classificação desses materiais, ainda, em sua grande maioria não possuem técnicos capacitados ou tecnologias adequadas para o manejo dos resíduos.

No entanto, é preciso verificar que o país possui diversidade continental e um alto número de municípios. São 5.570, além da enorme extensão territorial e diferenças consideráveis nos níveis de desenvolvimento.

Os últimos anos de pesquisa própria sobre o tema resíduos sólidos foram iniciados durante um trabalho de acompanhamento dos grupos produtivos na Associação dos Catadores de Papel, Papelão e Material Reaproveitável de Belo Horizonte - ASMARE, em 1999. Na primeira dissertação de mestrado

desta mesma autora, no estudo sobre a reciclagem de embalagens longa vida² no Estado de Minas Gerais, verificou-se as dificuldades na gestão integrada e resultados econômicos da atividade de triagem e venda dos materiais, especialmente nos diversos elos da cadeia da reciclagem. Alguns materiais possuem características peculiares e o estudo de cada um destes permite verificar a complexidade do processo e o tamanho do desafio.

A cadeia da reciclagem envolve diversos aspectos e conceitos denominados também pela PNRS como: ciclo de vida, logística reversa, responsabilidade compartilhada, além de reduzir, reutilizar e reciclar (conhecidos como “3Rs”). Por possuírem interpretações variadas e muitas vezes desconectadas, uma análise dos aspectos que os interligam faz parte de um dos objetivos do presente trabalho.

O tema principal é Resíduos Sólidos e o Ciclo de Vida visando investigar, a partir da coleta seletiva na cidade de Belo Horizonte, a sustentabilidade da reciclagem de vidro, os problemas e possíveis soluções na gestão deste material, especialmente no bairro Barreiro onde estão localizadas as cooperativas COOPERSOLI Barreiro e a COPEMAR.

A coleta seletiva em Belo Horizonte tem um histórico de experiências em gestão integrada, com apoio às cooperativas de catadores distribuídas em vários bairros da cidade. Ainda assim, a coleta é incipiente em relação ao potencial existente.

Especialmente em relação à coleta de vidro, a cidade possui um histórico desde o início das atividades da ASMARE, quando havia um convênio com a Santa Casa de Misericórdia e uma empresa que recebia os resíduos de vidro e uma parte do resultado da venda ia como doação à instituição filantrópica de saúde. Este convênio também envolvia um banco estadual, que atuava como entidade parceira. Os catadores de rua não coletavam vidro e nem mesmo faziam sua comercialização. Com a extinção do banco e também da empresa, o processo mudou no final de 2008, quando foram instalados alguns Pontos de

² Mafra, Nícia Beatriz Monteiro. Dissertação de Mestrado. Gestão integrada de resíduos sólidos e a relação entre coleta seletiva e a logística reversa de embalagens longa vida no Estado de Minas Gerais. UNA, Belo Horizonte, MG. 2011.

Entrega Voluntária - PEV, específicos para a coleta de vidro. Desta forma, o vidro possui características peculiares no processo de sua gestão no município.

A escolha do vidro como tema de estudo se dá principalmente pela justificativa da indústria vidreira que o apresenta em um “ciclo infinito” de reciclagem, verificando apenas esse aspecto nos estudos de sustentabilidade e do ciclo de vida do material. Entretanto, não aborda todas as dificuldades e impactos, riscos e benefícios deste processo de coleta seletiva e destinação dos cacos para a reciclagem.

Belo Horizonte é um município com uma população de 2.513.451 habitantes, estimada pelo IBGE em 2016. A coleta seletiva é praticada desde 1993 e faz parte do modelo de gestão de resíduos da Prefeitura, sendo da responsabilidade da Superintendência de Limpeza Urbana - SLU, uma autarquia com gestão independente e vinculada ao município.

A geração de resíduos diária é estimada em 2.500 toneladas de sólidos, se considerada a faixa de geração de 1,0 kg/hab/dia. Destes, aproximadamente 62% são resíduos orgânicos e o grupo de interesse para a coleta seletiva é de aproximadamente 25,33%, sendo o grupo de plástico com 10,88%, papel, papelão e embalagem longa vida com 9,53%, vidro com 2,63% e metais com 2,29%, segundo a última caracterização publicada em 2004.

Além da geração de resíduos domiciliares, o vidro também é encontrado em grandes quantidades em bares e restaurantes. Entretanto, na maioria das vezes é misturado na coleta regular, ou mesmo disposto no PEV, o que dificulta o controle de gravimetria na coleta seletiva.

Desta forma, a pergunta orientadora desta pesquisa é: “quais são os principais impactos ambientais e econômicos no processo da coleta seletiva de vidro em relação ao ciclo de vida deste produto”?

2. OBJETIVOS DE ESTUDO

2.1. OBJETIVO GERAL

Realizar um estudo sobre a coleta seletiva de vidro na cidade de Belo Horizonte, verificando os impactos decorrentes do processo, para elaborar uma

análise crítica em relação ao ciclo de vida do produto apresentado pela indústria vidreira e a realidade do processo na cadeia da reciclagem.

2.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Analisar os aspectos do ciclo de vida das embalagens de vidro pós-consumo para a reciclagem, em relação ao sistema de logística reversa, verificado a partir da coleta seletiva urbana no município de Belo Horizonte.
- Analisar a reciclagem de vidro no ciclo de vida considerando benefícios e riscos no âmbito da cadeia pós-consumo, na dimensão socioeconômica, a partir dos dados coletados.
- Indicar aspectos relevantes da destinação dos cacos em relação ao seu uso como recurso na substituição da matéria-prima.

Trata-se de uma investigação de análise micro, que visa apontar alguns resultados e o posicionamento deste material em relação ao ciclo de vida do produto, especialmente na visão macro de novas configurações institucionais que podem contribuir para o aprendizado contínuo na perspectiva da gestão integrada “não simplesmente de um projeto, mas um processo” (MESQUITA JÚNIOR, 2007).

A Primeira Parte deste trabalho constitui-se do seu desenvolvimento teórico. Segundo Carvalho (2004), “pesquisa ambiental é por natureza interdisciplinar, onde são estabelecidas conexões entre disciplinas, promovendo a troca entre seus conhecimentos específicos para compreensão de realidades complexas”. Dessa forma, o desenvolvimento teórico deste trabalho, se inicia com as definições de “lixo” e resíduos, trazendo referências históricas no desenvolvimento e compreensão desses conceitos. O segundo tópico desta parte traz a significação de artefatos com sua função, forma e funcionalidade, fundamentando a lógica do “design dos produtos”, que influenciou significativamente a evolução da produção dos objetos na temporalidade; em seguida é verificada sua relação com o ciclo de vida dos produtos. Aprofunda-se este tema, com a conexão entre eficiência e sustentabilidade, a composição dos produtos e os desafios da reciclagem. Também é abordada a Avaliação do Ciclo de Vida - ACV, uma metodologia para estudar os impactos associados

aos produtos, tanto na fabricação como no consumo. O tópico seguinte versa sobre a Política Nacional de Resíduos Sólidos - PNRS e como os conceitos apresentados se orientam em relação às ações e metas propostas, especialmente quanto à logística reversa, melhor detalhada no sétimo tópico, por estar diretamente relacionada ao tema e objetivos deste trabalho. Como as cooperativas de catadores de materiais recicláveis são os principais protagonistas no processo de triagem e classificação dos resíduos da coleta urbana, algumas características são levantadas acerca dessas organizações.

A Segunda Parte - Desenvolvimento da Pesquisa -, composta de seis tópicos, traz no primeiro os detalhes técnicos do material objeto desta investigação - o vidro -, contendo os aspectos relativos à fabricação de embalagens, materiais constituintes, e ao processo produtivo. O segundo aborda a relação entre embalagens retornáveis e descartáveis. O terceiro versa sobre reciclagem de embalagens de vidro. O quarto é composto com os detalhes sobre o beneficiamento de vidro, uma etapa importante apesar de intermediária, no processo da cadeia da reciclagem deste material, objeto de visita de campo para coleta de informações desta pesquisa. O quinto tópico apresenta uma análise do ciclo de vida da empresa Owens Illinois, também visitada pela pesquisadora no trabalho de campo realizado, e a forma em que as indústrias apresentam o conceito do ciclo de vida do vidro. Ao final dessa parte, são levantados alguns detalhes sobre o Guia Reciclagem de Vidro.

A Terceira Parte - Revelações do Campo - apresenta informações sobre as características históricas do município de Belo Horizonte em relação à limpeza urbana e os dados sobre a coleta seletiva realizada pela Prefeitura. Primeiro é apresentado um resumo da caracterização dos resíduos sólidos do município que, apesar de antigo, é o único realizado até então, mas que serve como base para a estimativa de geração. A seguir, são apresentadas as especificidades da coleta seletiva de vidro em Belo Horizonte, com dados informados pela SLU e detalhes coletados nas visitas de campo realizadas especialmente em duas cooperativas, a *COOPERSOLI BARREIRO* e a *COPEMAR*. O espaço de triagem dessas cooperativas e os riscos no processo de triagem do vidro são aspectos críticos em relação às condições laborais, assim como o que

representa o retorno econômico desta atividade para as organizações de catadores nesta situação.

O capítulo Análises Críticas constitui-se das considerações finais e das conclusões sobre o processo da cadeia da reciclagem do vidro, com recomendações que possam minimizar os impactos e riscos, além de apontar oportunidades de negócios. Seguem-se as referências bibliográficas.

3. PARTE 1 - DESENVOLVIMENTO TEÓRICO

3.1. DEFINIÇÕES SOBRE LIXO E RESÍDUOS

A definição de resíduos remete a inúmeras combinações de conceitos em diversos níveis de sistemas, que vão do espaço físico aos grupos sociais excluídos pelo poder público e privado. Os resíduos deixados nas ruas vão sendo reorganizados pelos moradores dos espaços residuais, por eles aproveitados em inúmeras combinações e destinos (RENNÓ, 2013).

Antes de falar em resíduos, a reflexão começa na questão do lixo, as atitudes de nossa cultura em relação a ele, também as mudanças de comportamento que tais modos de lidar com os restos sofreram ao longo do tempo, tendo como ponto de partida as mentalidades e sensibilidades originadas na Idade Média. Este ponto da história humana se refere às culturas capitalista e industrial, como territórios próprios da questão do lixo, e é um componente presente na cultura brasileira (RODRIGUES, 1995).

Rodrigues (1995) pontua que o processo civilizatório humano se dá em ciclos. Assim, o cenário do final da Idade Média remete ao de uma sociedade em crise, de um sistema social e econômico que havia atingido seus limites e estava em transformação.

A ideia de ciclo não equivale ao retorno íntegro de algo que já passou e a noção da cultura, à época, considerava espírito e matéria, corpo e alma, como indissociáveis.

[...] A invenção dessa dicotomia é a condição preliminar para a suposição de que algo seja dejetado: algo do corpo ou algo do mundo passa a poder ser considerado resíduo. É muito pouco provável que

para essa visão de mundo houvesse lugar para a ideia de “lixo”, ou que essa pudesse galgar posição de importância na cosmovisão medieval. Compreende-se: de certa forma, o lixo é aquilo que sobra da vida dos objetos, assim como o cadáver é o que sobra da vida do espírito. Dejeito dos objetos e lixo do espírito têm relações de parentesco (RODRIGUES, 1995, p.29).

Algumas definições podem esclarecer os conceitos, como a de “lixo” (*lat. Lixiu ou lixu*): “aquilo que se varre para tornar limpa uma casa, rua, jardim, etc”; varredura; restos de cozinha e refugos de toda espécie, como latas vazias e embalagens de mantimentos; ou ainda (*lat. Lix*) ou lixívia – aquilo que se decompõe, ou derrete. Por “dejeito” (*lat. Detritu*): ação de evacuar excrementos, nome comum a todos os produtos de desassimilação eliminados pelo organismo. E “resíduo” (*lat. residuu*): “o que resta, remanescente. (Socio) elemento cultural que sobreviveu a mudanças com as quais está em contradição” (DICIONÁRIO MICHAELIS, 2005).

O que para muitos pode parecer chocante na relação dos dejetos com a morte, é literalmente como a sociedade atual trata o “lixo”, criando “cemitérios” de resíduos, montanhas construídas com os restos de recursos transformados em produtos, ou seja, matéria-prima que daria “vida” a novos objetos.

Após o mundo medieval, a “modernidade” constitui um processo de fragmentação, de separação entre o mundo natural e um mundo divino, espírito e matéria. O mundo natural se fragmentou em mineral, vegetal e animal, como se cada qual possuísse uma lógica própria. Os mesmos ainda se subfragmentaram em diversas disciplinas e especialidades. Esse processo se deu em todas as esferas: pública, econômica, privada, natural, industrial, nas relações sociais, no campo, na cidade, entre o rural e o urbano.

O lixo do Século XVII era fundamentalmente orgânico e seu “manejo”, ou a falta dele, então, potencializou as ameaças da contaminação e doenças. Com isso, iniciou-se um afastamento, um isolamento dos dejetos e dos mortos. Para a mentalidade e sensibilidade da época, toda a ameaça vinha do subsolo, do ventre da terra, originando a repulsa pelos pântanos, cemitérios, poços, lama, óleo, fendas, dejetos. Mas, foi daí que surgiram as primeiras ideias de como

lidar com o saneamento. A partir daí as coisas começam a acontecer rapidamente.

A figura do lixeiro emerge na França na segunda parte do século XIX, como um personagem importante no imaginário social, herói, aquele que aparece na configuração de um mundo novo (RODRIGUES, 1995).

Ainda em Rodrigues (1995, p.43), a ideia de fazer com que os resíduos pudessem render alguma coisa já aparecia em alguns projetos e objetivavam ser uma tarefa dos presos, loucos, doentes, camponeses, para se encarregarem de recolher o lixo e de removê-lo para fora da cidade. Assim, em 1846, se oficializou que a atividade deveria ser considerada nas políticas públicas, tivesse um orçamento próprio, fosse profissionalizada e merecesse uma sistematização específica.

Objetos, lugares, pessoas, campos desperdiçados, essa noção envolve tudo o que é residual. Lynch e Southworth (2005) descrevem que ocorre o mesmo com o sentido do termo *waste*, que em inglês e em português derivam do latim *vastus*, semelhante a *vanus* (vazio ou inútil), e também à palavra em sânscrito que se referia à falta, algo deteriorado ou deficiente.

Em Douglas (1966), Adams (1994), Lynch e Southworth (2005), e (Rennó, 2013), a primeira reação de um grupo social com relação ao lixo é tentar ignorá-lo. Os sacos de lixo são geralmente pretos para que possam ocultar seu conteúdo, assim o fazem “desaparecer”.

Há que se relacionar também todo o processo de individualização com as noções de higiene corporal e pessoal, com a ideia de limpo e sujo e os desdobramentos com “pobres” e “ricos”, na relação mental do que é compreendido como “lixo”, pois essa é a história das separações e rupturas. Somam-se as utopias da sociedade industrial, quando a produção passa a ser realizada por máquinas potentes e tecnológicas, que vão substituindo os homens, agora, consumidores.

Continuando o caráter epistemológico na significação do *território mental* como o fluxo de pensamentos, afetos e percepções, como nos diz Evandro Vieira Ouriques (2013), é o que deve ser modificado, porque impede a gestão

integrada dos resíduos sólidos. Vive-se uma *delusão* – estado mental em que o sujeito afirma existir o que não existe – baseada na onipresença de um conceito de desenvolvimento que esconde a falta de limites, onde a inovação tecnológica permite, ou garante, que tudo pode ser feito em um padrão de produção e consumo “infindável”.

Bateson (2000) menciona que a Revolução Industrial, a despeito das mudanças importantes que trouxe para a sociedade, impediu a humanidade de perceber que a criatura que domina ou “vence” o meio ambiente, na verdade, está destruindo a si mesma.

Dessa forma, a questão do “lixo” deve ser abordada na visão complexa de seus múltiplos aspectos: econômico, político, sociológico, psicológico, sanitário, afetivo, mitológico e ambiental, com todas as interlocuções, interatividade, conexões sistêmicas (GONÇALVES, 2003).

A pergunta estratégica para o entendimento dos conceitos “lixo” ou “resíduo” não deve partir da lógica funcional e derivada do princípio “para que serve”, raciocínio utilizado na mecânica, na engenharia ou na tecnologia. A pergunta deve ser “o que significa” (RODRIGUES, 1995).

Daí, retornamos ao sentido que é dado ao “lixo”, como em Rodrigues (1995) e Cardoso (2012), para os quais “lixo nada mais é do que a matéria desprovida de sentido ou propósito” (CARDOSO, 2012, p.133).

Por esta mesma razão há a dificuldade de lidar com os “resíduos”, porque eles falam do lugar da *morte*, do lugar do *túmulo*, do lugar renegado por uma cultura divorciada da natureza, de uma cultura que não compreende a lógica do *berço ao berço*, do renascimento, da transformação, mas apenas da contenção e da tentativa de controle dos processos vitais (OURIQUES, 2013).

Quando Rachel Carson publicou, em 1962, o livro *Primavera Silenciosa*, alertava sobre as alterações que o homem já provocava na natureza em um curto período de tempo, alcançando grande magnitude, especialmente com efeitos sobre o ar, terra, rios e mares, causando poluições muitas vezes irremediáveis (CARSON, 1962). Não são poucos os cientistas que vêm alertando sobre os problemas e impactos decorrentes das posturas e práticas

de indivíduos, grupos sociais e instituições sobre o meio ambiente. Intensos debates e controvérsias teóricas e políticas emergem nesse cenário (GONÇALVES-DIAS, 2009).

Foram muito rápidas as transformações ocorridas nos últimos séculos, especialmente em relação ao crescimento populacional, com grande concentração em áreas urbanas. Nos dados históricos apresentados pelo IBGE na publicação “Estatísticas do Século XX”³, entre 1901 e 2000 a população brasileira saltou de 17,4 para 169,6 milhões de pessoas, e 10% desse crescimento se deve aos imigrantes. Ao mesmo tempo, o PIB do país multiplicou-se por 100 e o Produto Interno Bruto - PIB *per capita* por 12 (IBGE, 2003).

Uma das consequências do incremento populacional é a pressão sobre os recursos naturais, destinados à produção e ao consumo de bens necessários e supérfluos, muitas vezes superior à capacidade natural de recomposição dos elementos da natureza utilizados indiscriminadamente, o que vem comprometendo diversas fontes naturais de matérias-primas (ROTH, et al., 1999).

Nesse cenário, as diferenças regionais, sociais e econômicas são significativas, coexistindo aglomerações urbanas sem acesso a serviços básicos como saneamento, fornecimento de água tratada e coleta e tratamento de esgoto, em contraponto com outras regiões que concentram o processo de desenvolvimento.

No contexto urbano brasileiro, os problemas ambientais têm se multiplicado e as soluções são lentas, especialmente em relação ao tema dos resíduos, o qual melhor exemplifica as possibilidades de formulação de políticas públicas na direção de mudanças dos hábitos e atitudes dos cidadãos, com o objetivo de minimizar ou prevenir a degradação ambiental (JACOBI, 2006 *in* GONÇALVES-DIAS, 2009).

³ Disponível em:

<http://www.ibge.gov.br/home/presidencia/noticias/29092003estatisticasecxhtml.shtm>.
Consultado em 30/01/2017.

Segundo os dados do Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento - SNIS (2014), a geração estimada de resíduos sólidos urbanos e domiciliares coletados no ano de 2014 foi de 64,4 milhões de toneladas. Destes, 58,5% tiveram destinação para aterros sanitários ou controlados. Outros 41,5%, equivalentes a 26,73 milhões de toneladas de resíduos domiciliares e públicos, foram destinados para lixões. Da massa destinada aos lixões, a parcela seca dos recicláveis, estimada em 27% do total coletado, significam 7,22 milhões de toneladas.

Segundo estudo do Governos Locais pela Sustentabilidade e Observatório do Clima - ICLEI (2016), entre os principais impactos ambientais relacionados ao aquecimento global, estão as emissões de gases do efeito estufa, e também aos resíduos sólidos, que incluem emissões por tratamento e disposição dos resíduos, em particular aos gases CH_4 , N_2O e CO_2 , gerados nos aterros controlados, aterros sanitários, lixões ou incinerados. A matéria orgânica contida nos resíduos propicia a ação de bactérias metanogênicas, especialmente na presença de ambiente anaeróbico, gerando metano (CH_4). As emissões de metano perduram por vários anos. Os outros gases como o óxido nitroso (N_2O) e o dióxido de carbono (CO_2) são gerados pelo processo de incineração, que ainda não ocorre no Brasil, exceto para resíduos industriais, perigosos e de saúde (ICLEI, 2016).

Dessa forma, como pontua Zaneti (2006, p.66), os resíduos precisam ser entendidos numa dimensão mais ampla. Não apenas na dimensão técnica, mas no aspecto socioeconômico, que envolve os processos produtivos geradores do que se denomina modernidade e a enorme variedade e complexidade de produtos, sem que se saiba o que fazer com as sobras deles.

3.2. ARTEFATOS: FUNÇÃO, FORMA E FUNCIONALIDADE

Entre meados do século XVIII e fins do século XIX, período da Revolução Industrial em que se desenvolveram as maiores fábricas em parte da Europa e nos Estados Unidos, houve um aumento imenso na oferta de bens de consumo, se comparado aos períodos anteriores e à escala do desenvolvimento. Nunca antes na história da humanidade, tantas pessoas

havia tido a oportunidade de comprar tantas coisas de forma mais acessível devido ao aumento da produtividade.

Entre 1850 e 1930, aproximadamente, alguns profissionais já denominados “designers”, dedicaram seus esforços para conformar a estrutura e a aparência dos artefatos de modo a ficarem mais atraentes e eficientes. Mais ou menos nesse período, ao final da década de 1930, passou-se a seguir o conhecido conceito: “a forma segue a função” (CARDOSO, 2012, p.16).

Assim, dissocia-se a lógica significacional da lógica funcional, como pontua Rodrigues (1995, p.90). Perdeu-se o rito mágico onde se permitem as metáforas e metonímias, onde se aplicam os princípios da magia como simbolismo: *fogo produz fumaça (relação de contiguidade, metonímica), fumaça se parece com nuvem (relação de similaridade, metafórica), nuvem produz chuva (relação de contiguidade)*.

Quando o pensamento funcionalista perdura, o propósito recai sobre o uso e não sobre a forma. Perde-se o sentido do “interser”, como nos ensina *Thich Nhat Hanh*, no pequeno e profundo livro “O Coração da Compreensão”. Esta palavra, que não se encontra no dicionário, é uma combinação do prefixo “inter” com o verbo “ser” – “interser”. Diz respeito à conexão de todas as coisas com o todo, quando “sem uma nuvem não podemos ter papel, assim a nuvem e o papel *intersão*” (HANH, 2014, p.15).

Os objetos foram deixando a lógica do sentido para a lógica construtiva, que é a soma das ideias contidas no projeto com os materiais e condições de fabricação. Não se perde a relação entre forma e significado, porém, os tempos mudam e muda com eles o significado das coisas que parecem fixas.

Para Cardoso (2012), na relação de sentido e temporalidade, todo objeto contém informação ou significado ao longo de um ciclo de vida, que pode ser determinado por quatro fatores. O primeiro é a “materialidade”, ou seja, a construção, estrutura, forma, configuração. Este fator é condicionado por processos e técnicas de fabricação, fixado à forma e função do artefato até que o mesmo se desagregue fisicamente. Exemplo: uma garrafa com ou sem rótulo, contendo ou não líquidos, será uma garrafa até que se transforme em

cacos. Mesmo que se transforme com o tempo, a materialidade sugere um potencial de retorno à primeira condição, ainda que apenas em conceito. Por exemplo, um arqueólogo pode reconstruir mentalmente um prato apenas a partir de alguns cacos de louça.

O segundo fator é o “ambiente”, o entorno, a situação, a interseção social, o contexto de uso. Cada vez que o artefato muda de contexto, muda seu sentido ou percepção, quando qualidades são associadas ao ambiente em que estiver presente. Uma cadeira em casa, ou em ambiente de escritório, ou em um consultório médico, terá múltiplas percepções do sentido.

O terceiro fator são os “usuários”, seu repertório, gestos, comportamento, ergonomia, ideais ou intenções. Dessa forma, objetos podem adquirir inúmeros significados, como uma colher torcida em forma de pulseira, ou uma banheira antiga transformada em canteiro de flores.

O quarto fator é o “tempo”, o impacto de sua passagem sobre o objeto, como as relíquias de família. Lynch e Southworth (2005) veem uma diferenciação entre objetos de segunda mão, desvalorizados, considerados “antiguidades”, algumas vezes com valor simbólico e mercadológico, outros descartados e relegados aos “pobres” para reaproveitamento, apontados como modos de construção da escala de valores. A rápida evolução da tecnologia, especialmente da informática, torna cada vez mais comum a experiência de achar insuficiente e ultrapassado aquilo que, há muito pouco tempo, era objeto de desejo e sonho de consumo (CARDOSO, 2012).

Neste ponto é importante verificar que os artefatos mudam com o tempo, pela ação dos usuários, pela ação do ambiente, até os limites de sua materialidade. Há objetos que já passaram por muitas vidas, ou muitos ciclos ao longo do tempo. O tempo dos objetos pode ser muito longo – como as peças de museu – ou muito curto, como um jornal.

3.3. O CICLO DE VIDA DOS PRODUTOS

“Os objetos não morrem; sobrevivem, nem que seja como lixo ou resíduos” (Cardoso, 2012)

Os artefatos podem ser destruídos, no sentido de serem desagregados ao ponto de perderem suas características formais, contudo, nem sempre seus componentes se decompõem retornando à natureza como matéria-prima ou nutrientes.

Nos últimos 50 anos, a humanidade produziu maior quantidade de artefatos do que em toda sua história. Como resultado, estamos em um processo de sermos soterrados pelo acúmulo de coisas que descartamos, prejudicando o meio ambiente e dificultando para as futuras gerações a possibilidade de gozar do mesmo tipo de “abundância” ainda verificada no planeta.

O oposto do descarte é a coleta, ou coleção (que é a coleta organizada e guardada). Há uma diferença entre quem coleciona peças valiosas e quem coleta resíduos nas ruas. Entretanto, trata-se de uma visão conceitual, pois é um resgate de coisas que um outro não quis mais, ou seja, houve uma mudança de valores. Para uns é “lixo”, para outros pode ser um “luxo”.

Ao adquirir novos usos, o objeto tem uma sobrevida algumas vezes maior do que a “vida útil” destinada pelos fabricantes. Essa é uma questão que se relaciona com a concepção do ciclo de vida do produto.

A abordagem do ciclo de produção industrial, cunhada no Século XIX (MACDONOUGH, 2013), prevê da extração da matéria-prima, desenvolvimento e produção, distribuição, consumo e descarte, tendo sido denominada como do “berço ao túmulo”, ou seja, de modo linear.

Contrariando o pensamento ambiental, poucos designers, até muito pouco tempo, tentavam, ou pensavam, na concepção do projeto, no ciclo de vida do produto ou de suas partes componentes.

O pensamento sistêmico é o aspecto mais importante do design do produto e para a compreensão do ciclo de vida, especialmente em relação à função do objeto. Pensar somente na função condiciona ao tempo ou à vida útil do objeto, exemplo: a função da geladeira é manter alimentos resfriados prolongando a conservação. Nesse sentido, se a geladeira parar de funcionar com eficiência viraria lixo, ou resíduo.

Para ampliar o ciclo de vida de um produto, na ótica do pensamento sistêmico, é preciso verificar quais seriam todos os sentidos possíveis de um objeto em toda a sua complexidade, desde as matérias-primas usadas e seus componentes, dos usuários e as diversas situações de uso, incluindo as possibilidades de reutilização, reaproveitamento e reciclagem.

Esta abordagem passa pelo princípio da durabilidade, há tempos superado pela “obsolescência programada”. A introdução do conceito de obsolescência programada surgiu em 1932, pelo investidor imobiliário americano *Bernard London*, em seu folheto *Ending the Depression Through Planned Obsolescence* (Acabar com a depressão através da obsolescência planejada). Este plano consistia em que todos os produtos deveriam ter seu ciclo de vida reduzido e, assim, os consumidores comprariam novamente, com maior frequência, gerando mais procura e emprego, redundando em uma solução para a crise econômica de 1929.

Após a 2ª Guerra Mundial, nos anos 1950, o designer industrial *Brooks Stevens* resgatou o plano e utilizou meios de comunicação para seduzir o consumidor, despertando o desejo de ter o “novo”, o “moderno”, uma obsolescência percebida e parceira da planejada, com um único objetivo: de intensificar o consumo (MAGERA, 2013).

No sistema capitalista, quando o consumidor é cooptado pela emoção e não mais pela razão da compra, origina-se o que pode ser denominado sociedade do hiperconsumo, classificada por Wada (2011), desde a década de 1980, como uma nova ordem da sociedade contemporânea, que consome de forma desenfreada privando-se da racionalidade e valorizando as compras emocionais.

Ainda em Lipovetsky (2007), a sociedade do hiperconsumo se caracteriza não somente pelos novos modos de consumo, mas, também, por novos modos de organização das atividades econômicas, das vendas, das mídias, das relações individuais com as marcas. A mídia universalista está a serviço do capital produtivo e, com ajuda dos meios de comunicação, pautada nos princípios do

marketing – provocar no consumidor o desejo e a necessidade de consumir, modelando novo conceito social, o da cultura das compras (MAGERA, 2013).

Entretanto, ninguém pensa nos resíduos gerados pelo excesso de consumo. Menos ainda, existe a percepção dos impactos ambientais causados pelos descartes de um sem número de produtos, especialmente com o advento da tecnologia e dos eletroeletrônicos.

Bauman (2008, p.207) defende a ideia de que a sociedade se tornou individualizada porque houve uma grande mudança de valores. “O amor trata de valor, enquanto a razão trata do uso. O mundo, visto pelo amor, é uma coleção de valores; visto pela razão, é uma coleção de objetos úteis”. Quando o desejo se refere ao usar, ou consumir, torna-nos possuidores de algo, significa um ganho para a própria pessoa. Ao passo que, se valorizamos algo, o sentido se relaciona com alteridade – valorizar é dar.

Essa individualidade tem graves consequências, com o enfraquecimento dos vínculos humanos e o definhamento da solidariedade, considerada por Bauman (2007) como “globalização negativa”. Em um planeta negativamente globalizado, todos os principais problemas são globais e, sendo assim, não admitem soluções locais. De acordo com Bauman (2007, p.32):

A democracia e a liberdade não podem mais estar plena e verdadeiramente seguras num único país, ou mesmo num grupo de países; sua defesa num mundo saturado de injustiça e habitado por bilhões de pessoas a quem se negou a dignidade humana vai corromper inevitavelmente os próprios valores que os indivíduos deveriam defender. O futuro da democracia e da liberdade só pode se tornar seguro numa escala planetária – ou talvez nem assim.

Macdonought (2013) refere-se ao comportamento dissociado dos problemas éticos e associado ao grande problema da qualidade de vida, dessa forma relacionando a insegurança em que vivemos nas sociedades atuais ao medo, assim como Bauman (2007, p.32): “o medo é reconhecidamente o mais sinistro dos demônios que se aninham nas sociedades abertas de nossa época”. E ainda em Bauman (2007, p. 32):

Essa insegurança e incerteza do futuro alimentam o medo e nascem de um sentimento de impotência: parecemos não estar mais no controle, seja individual, separada ou coletivamente, e, para

piorar ainda nos faltam ferramentas que possibilitariam alçar à política ou ao poder, nos capacitando a recuperar e reaver o controle sobre as forças que dão forma à condição que compartilhamos, enquanto estabelecem o âmbito de nossas possibilidades e os limites à nossa liberdade de escolha: um controle que agora escapou ou foi arrancado de nossas mãos. O demônio do medo não será exorcizado até encontrarmos (ou, mais precisamente, *construirmos*) tais ferramentas.

Ainda que o tema sobre as consequências do lixo industrial e doméstico em relação à capacidade de reprodução do planeta e do equilíbrio ecológico seja matéria de imensas discussões, não estamos perto de perceber e entender os efeitos de longo alcance das massas cada vez maiores de pessoas, representantes do triunfo do capitalismo global, que quase estão “soterradas em seu próprio lixo”, sem condições de reassimilar ou eliminar aquilo que as intoxica cada vez mais.

A prática adotada para disposição de “lixo” ainda é um sistema projetado em um modelo linear, a dos aterros sanitários, pautada no conceito “do berço ao túmulo”, criando montanhas de resíduos, que futuramente serão uma “mina” de diversos materiais. A maioria dos produtos lá enterrados foi produzida a partir de materiais valiosos, que exigiram esforço e dinheiro para serem extraídos e elaborados, sendo bilhões em recursos, ou bens materiais.

A proposta dos arquitetos Michael Braungart e William MacDonough, em “*Cradle to Cradle: criar e reciclar ilimitadamente*” (2013), converte o conceito de “do berço ao túmulo” para “do berço ao berço”. Assim, os produtos seriam concebidos em uma visão sistêmica e interconectada, no respeito à diversidade, indo mais além, pois eles defendem que só respeitar é pouco: “é preciso apoiá-la ativamente, senão desaparecerá” (MACDONOUGH, 2013, p.146).

Segundo esse conceito, é preciso ir além das informações, como no caso de substituições de materiais como o amianto, proibido em várias utilizações. Entretanto, não é questionado o que é usado no lugar deste, pois muitas vezes são materiais mais cancerígenos ou tóxicos. A substituição pode ocorrer em uma “distração”, não uma solução, e apresenta novos problemas.

3.4. EFICIÊNCIA E SUSTENTABILIDADE

Muitos produtos vindos de grandes fabricantes - um mouse de computador, um barbeador elétrico, um secador de cabelo - durante o uso, liberam agentes teratogênicos ou compostos cancerígenos, e, segundo estudos realizados por Braungart desde 1987, são substâncias conhecidas por contribuírem para a causa de deficiências de nascença e de câncer.

Por que acontece? Alguns produtos de alta tecnologia são compostos de materiais de baixa qualidade – plásticos e corantes baratos –, comprados do fornecedor mais barato, que pode estar do outro lado do mundo. Com isso, alguns componentes proibidos em alguns países não são evitados se produzidos com peças advindas de locais onde não existem legislações mais rígidas.

Das substâncias químicas misturadas em técnicas diversificadas, que são produzidas e usadas pelas indústrias, com cinco ou mais subprodutos, em torno de 80 mil, somente 3 mil foram estudadas quanto aos seus efeitos sobre os sistemas vivos.

A questão é que os vários bilhões de pessoas não podem usar calças jeans de fibra natural, tingidas com corantes naturais, pois não há espaço suficiente e nem produção para suprir e satisfazer a demanda. Os milhares de hectares de terra que seriam usados para plantação de algodão e anil são necessários para produzir comida. Também existem questões complexas relativas ao processo de monocultura (MACDONOUGH, 2013).

O problema está na concepção e no design, em um processo que não foi projetado e nem planejado levando em consideração o pensamento sistêmico.

Thomas Malthus, em seu ensaio sobre o princípio da população (*An Essay on the Principle of Population*), publicado em 1798, reflete sobre a perfectibilidade do homem e da sociedade, quando previa o avanço grande e brilhante, mas também escuridão, escassez, pobreza e fome.

Quando Rachel Carson publicou “Primavera Silenciosa” (*Silent Spring*, 1962), os movimentos ambientalistas de então apenas protestavam contra danos

evidentes, desmatamentos, destruição de minas, poluição das fábricas, mas ela apresentou uma abordagem cientificamente embasada, que demonstrava a devastação do mundo natural, especialmente causada por pesticidas como o DDT, acendendo a controvérsia sobre os perigos dos produtos químicos industriais.

Paul Ehrlich, renomado biólogo que trabalhava em *Stanford*, publicou um alerta – *The Population Bomb*, em 1968, onde previa a escassez de recursos e alimentos. Também apontava para o hábito humano de “usar a atmosfera como um depósito de lixo”. Mais tarde, em 1990, ele e sua esposa, Anne, concluíram um livro conjunto, *The Population Explosion*⁴, onde escreveram sobre o crescimento da população humana e seus impactos sobre os ecossistemas e as comunidades humanas.

O mesmo alerta foi repetido em 1972, em “Limites do Crescimento” (*The Limits to Growth*⁵), um relatório do Clube de Roma, organização informal composta por pesquisadores, cientistas, economistas, humanistas, industriais, e pessoas da sociedade civil de diversos países, coordenados pelo Dr. Dennis L. Meadows, em que diziam que os limites do crescimento seriam alcançados dentro dos 100 anos seguintes. Vinte anos depois, uma continuação em *Beyond the Limits*, reforçava a advertência para minimizar o uso dos recursos não renováveis, o esgotamento, a desaceleração e para deter o crescimento exponencial da população e do capital físico.

Em 1998, Robert Lilenfeld e William Rathje, publicaram o livro *Use Less Stuff: Environmental Solutions for Who We Really Are*, com enfoque nos consumidores e a necessidade de redução do impacto negativo sobre o meio ambiente, especialmente relacionado ao consumo exacerbado de bens e serviços, já ressaltando sobre “o melhor caminho para reduzir qualquer impacto ambiental não é reciclar mais, mas produzir e descartar menos” (MACDONOUGH, 2013, p.56).

⁴ Disponível em: <http://www.ditext.com/ehrich/title.html>

⁵ Disponível em: <http://www.donellameadows.org/wp-content/userfiles/Limits-to-Growth-digital-scan-version.pdf>

A Cúpula da Terra de 1992 - ECO-92, no Rio de Janeiro, foi organizada como resposta a essa preocupação. Apesar de não ter havido respostas eficientes para o declínio ambiental, alguns industriais traçaram a estratégia da ecoeficiência. Um sistema que integra as preocupações econômicas, ambientais e éticas. O significado principal do termo é “fazer mais com menos”.

Henry Ford foi um renomado industrial que revolucionou o sistema produtivo com a implantação de políticas operacionais enxutas, economias na redução do desperdício e tempo, gerando maior retorno econômico, de onde vem o conceito de eficiência.

A conexão entre eficiência e sustentabilidade foi articulada mais claramente no documento *Nosso Futuro Comum (Our Common Future)*, relatório publicado pela Comissão Mundial sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento das Nações Unidas, em 1987. O documento traz advertências sobre a necessidade de controle da poluição com redução das emissões de gases causadores do efeito estufa, também sobre os excessos na disposição inadequada dos resíduos. Todos esses aspectos, relacionados aos impactos ambientais, estariam ameaçando a saúde humana e os ecossistemas, de uma forma que poderia tornar insuportável a existência humana em um futuro não muito distante.

O termo ecoeficiência foi cunhado oficialmente cinco anos depois, pelo Conselho Empresarial Mundial para o Desenvolvimento Sustentável, um grupo de 48 patrocinadores industriais que incluía as empresas Dow, DuPont, Conagra e Chevron, ao qual se tinha pedido uma perspectiva de negócios para a ECO-92. O relatório do grupo, *Changing Course*, programado para ser lançado simultaneamente com a Cúpula, enfatizou a importância da ecoeficiência para todas as empresas que visam ser competitivas, sustentáveis e de sucesso no longo prazo (MACDONOUGH, 2013, p.58).

Surge, assim, o movimento dos 3Rs – reduzir, reusar, reciclar – como o exemplo da empresa 3M, que anunciou medidas, em 1997, resultando em economias de mais de 750 milhões de dólares por meio de projetos de prevenção da poluição.

Falou-se muito nos 3Rs e muitos outros “R” como o de Regulamentar. A redução da quantidade de toxinas perigosas e de emissões liberadas pela indústria é uma meta ecoeficiente importante. Entretanto, estudos recentes mostram que, ao longo prazo, até mesmo minúsculas quantidades de emissões perigosas podem ter efeitos desastrosos nos sistemas biológicos.

A estratégia da redução de resíduos pela incineração é, especialmente em países da Europa muito utilizada, entendida como mais saudável que o aterramento, apresentada como solução para geração de energia. Porém, muitos materiais não foram projetados para serem queimados com segurança e podem liberar dioxinas e outras toxinas. Existem altas concentrações de metais pesados liberados por partículas radioativas de incineradores, que causam um efeito de ciclo vicioso, onde materiais valiosos como esses metais, ficam bioacumulados na natureza, causando um possível efeito nocivo, e as indústrias os perdem para sempre (MACDONOUGH, 2013, p.60).

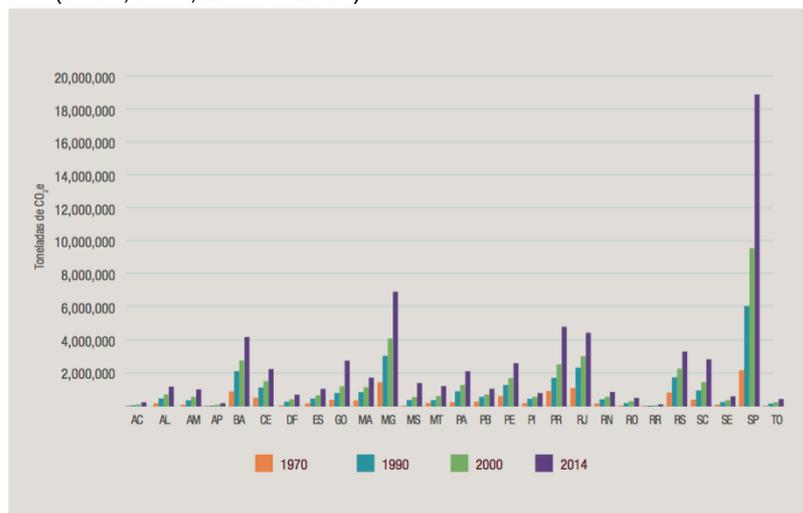
Ar, água e solo não absorvem resíduos com segurança, a menos que sejam completamente saudáveis e biodegradáveis. Temos muito pouco conhecimento acerca dos poluentes industriais e seus efeitos em sistemas naturais.

Os problemas vão além, como relatados no Documento de Análise de Emissões de Gases de Efeito Estufa - GEE do Setor Resíduos, publicado pelo ICLEI em setembro de 2016, sobre as emissões ao longo do tempo no Brasil. Segundo a publicação “em 1970, as emissões totais no setor de resíduos foram de 11.865.631 toneladas de CO₂ e *Global Warming Potential - GWP* ou Fator de Aquecimento Global, sendo que os estados que mais contribuíram para o total das emissões foram os de São Paulo com 2.231.580, Rio de Janeiro com 1.131.867 e Minas Gerais com 1.481.419” (ICLEI, 2016, p.17).

A Figura 1 apresenta a distribuição das emissões de GEE por cada estado. Os valores absolutos de emissões sugerem que os estados mais populosos e com atividade econômica mais dinâmica são os principais responsáveis pela geração dos gases. Também sugerem que há mais confinamento desses resíduos, ou, mais aterros, senão o metano teria maior dificuldade para sua formação e ela se dispersaria mais rapidamente, e que esses são mais antigos,

de outra forma o metano não teria sido percebido pelas medições, pois a quantidade produzida não seria relevante.

Figura 1 - Imagem do Gráfico 12 - Emissões no setor de resíduos por estado em anos selecionados (1970,1990, 2000 e 2014)



Fonte: ICLEI, 2016.

As formas de dispor os resíduos têm influência direta sobre o volume de GEE produzido. Sabemos que apesar dos aterros sanitários se mostrarem como opções mais corretas para evitar contaminações nos solos e nas águas subterrâneas, também propiciam ambientes onde a fermentação da matéria orgânica e produção do CH₄ encontram condições adequadas. Nem sempre os aterros são obras que contêm sistemas de captação de metano para aproveitamento energético, devido aos altos custos de construção e também pelo fato de alguns existirem há mais de 20 anos, tornando impraticável a sua implantação *a posteriori*.

A ideia de reintroduzir os resíduos em novos ciclos como matéria-prima pode dar às indústrias e aos consumidores a sensação de que algo de bom está sendo feito pelo meio ambiente. Entretanto, em muitos casos, os resíduos e quaisquer toxinas e contaminantes que contiverem, estão simplesmente sendo transferidos para outro lugar (MACDONOUGH, 2013).

Produtos só podem tornar-se alimentos saudáveis para a natureza se forem projetados especificamente para, ao fim do ciclo, serem absorvidos sem apresentar problemas. Não basta pensar que papel é biodegradável, se ele

contiver dioxinas ou metais pesados, provenientes de tintas e outros revestimentos.

Segundo Macdonough (2013), a reciclagem, em sua maior parte, é na verdade subciclagem (*downcycling*), um processo que acaba reduzindo a qualidade de um material ao longo do tempo.

Alguns plásticos, exceto os de tipo PET, são reciclados. Misturam-se com diversos outros tipos de plásticos para produzir materiais híbridos de menor qualidade moldados e baratos, como bancos de jardim ou espécie de “pallets”.

Outros materiais, como o aço de alta qualidade usado em automóveis, quando reciclado é derretido com outras partes do carro, incluindo cobre dos cabos e os revestimentos de tinta e de plástico. Isso diminui a resistência e a qualidade do aço reciclado. O mesmo ocorre com o alumínio separado do polietileno das embalagens longa vida, no processo de separação em altas temperaturas ou a plasma. Mesmo adicionando matéria-prima virgem para tornar o híbrido mais forte, ele já não terá as propriedades materiais para produzir exatamente o mesmo produto, como o novo. Outros componentes caros e nobres, como cobre, manganês e cromo, tintas, plásticos e outros componentes de alta qualidade e sem mistura, são perdidos. Dessa forma, é impossível fechar o ciclo destes materiais.

O alumínio é outro material valioso, mas rotineiramente *downcycled*. A lata comum de refrigerante consiste em dois tipos de alumínio: as paredes são compostas de alumínio e liga de manganês com um pouco de magnésio, além de revestimentos e tinta, ao passo que seu topo, mais rígido, é feito de liga de magnésio e alumínio. Na reciclagem convencional, esses materiais são fundidos juntos, resultando em um produto mais fraco e menos útil.

Para suprir as perdas no processo são acrescentados aditivos químicos ou minerais, a fim de melhorar a qualidade e conseguir o desempenho desejado.

Apesar de boas intenções, o uso criativo de materiais *downcycled* para novos produtos pode ser equivocado. Roupas feitas de fibras de garrafas plásticas recicladas podem conter toxinas como o antimônio, resíduos catalíticos,

estabilizadores ultravioleta, plastificantes e antioxidantes, que não foram projetados para estarem próximos da pele humana.

Dessa forma, a simples reciclagem de um material não o torna ecologicamente benigno de modo automático, especialmente se ele não foi projetado para a reciclagem.

Também pode ocorrer outra desvantagem em tentar prolongar o tempo de vida dos materiais mais do que o projetado, despendendo energia e recursos. Materiais feitos de alumínio e polipropileno, como caixas, não foram projetadas para serem recicladas como novas embalagens. São transformadas em produtos de qualidade mais baixa, até acabarem incinerados, ou depositados em aterros, mesmo que isso prolongue o ciclo de vida.

A ecoeficiência é um bom conceito, mas não uma estratégia de sucesso no longo prazo, se não for profunda e conectada ao sistema maior desde o início, ou desde o projeto, do design, e precisa diferenciar-se do sistema antigo que gerou problemas, que foi destrutivo e perigoso.

Do ponto de vista filosófico, a eficiência não tem valor em si mesma: depende do valor do sistema maior do qual faz parte (HILMAN, 2001). Trata-se de um sistema maior aquele que seja eficaz, onde os efeitos positivos são planejados sobre uma vasta gama de questões, não somente econômicas, mas como estratégia transicional onde são verificadas mudanças e o ritmo da mudança.

A relação entre eficiência e eficácia se originam dos conceitos de administração, assinalados por Peter Drucker (2011), como “fazer bem as coisas”, sendo tarefa do executivo certificar-se de que “as coisas certas” foram feitas. Ou seja, como projetar o produto, seja um carro ou um xampu, que podem até serem mal projetados mesmo que os processos envolvidos na fabricação tenham se tornado mais “eficientes”.

Os conceitos se completam, sendo que a eficiência é usada para avaliar as formas de fazer, ou seja, se consumiu menos recursos na obtenção de um resultado, ou produto. A eficácia avalia até que ponto o resultado foi alcançado, independentemente da forma como foi obtido, ou seja, tem uma relação específica com o objetivo pretendido.

Nosso espaço mental está repleto de ideias ancestrais, que se formaram e consolidaram na forma de paradigmas, fórmulas, preceitos, regras, enunciados. Cada uma das fórmulas referentes a progresso, seleção, sobrevivência e luta ascensional está subordinada a uma ideia dominante: crescimento (HILLMAN, 2001). Assim, ideia de crescimento está conectada a uma de igual importância: a eficiência.

Por que discutir eficiência é pertinente ao tema em questão? No mundo dos negócios, a ideia de produzir embalagens eficientes é muito presente. Entretanto, pode não se constituir razão suficiente para a criação de um produto tão eficiente para apenas uma finalidade, que seja proteger e fazer durar por muito tempo um determinado alimento. Muitas vezes a embalagem é desenvolvida levando apenas em consideração a causa final e não respondendo à pergunta: quais são os efeitos materiais de sua eficiência?

A eficiência como princípio independente privilegia muitas vezes o curto prazo, sem olhar para o futuro, ao longo do ciclo, e produz insensibilidade ao não olhar em volta, examinando os valores da vida. Transforma os meios em fins, na justificativa absoluta do fazer (HILLMAN, 2001).

Também é preciso levar em consideração a relação de poder que envolve o principal objetivo dos negócios que é o lucro. Como cita Hillman (2001, p.52), “atualmente a primazia do lucro é chamada pensamento *bottom-line*⁶, a obediência ao deus economia”. Nesta relação da causa final como o lucro e a eficiência, está a exploração indiscriminada de matéria-prima, trabalhadores, considerações estéticas e éticas sendo ignoradas, tanto nos atos de produção quanto nos bens produzidos e vendidos.

Existem empresas que aplicam a máxima “lucro com responsabilidade social”. Tentam unir o objetivo do lucro a outras motivações, como a eficiência à preservação da natureza, aos valores estéticos e aos princípios espirituais. Buscam sim, a eficiência, mas não à custa do bem-estar dos empregados, das comunidades onde se localizam, das consequências para o planeta. Dessa

⁶ Na tradução literal do inglês para o português significa “linha de fundo”, mas tem o sentido de linha de base. Nota da autora.

forma, visando o “lucro com responsabilidade” impedem que a eficiência se instaure como uma causa autônoma e isolada.

Se eficiência pode ser traduzida como crescimento, este deve ter um sentido de evolução e maturidade, decorrente de um aprofundamento das ideias com visão sistêmica, integrada, respeitando as conexões e questionadora, verificando todas as implicações, sem se ater somente ao poder e domínio indiscriminados.

William Macdonough e Michael Braungart (2013) defendem o conceito de ecoefetividade, que significa trabalhar nas coisas certas – nos produtos, serviços e sistemas certos -, em vez de fazer as coisas erradas, ou menos mal.

As embalagens sendo desenvolvidas para terminar como nutrientes poderiam ser descartadas sem culpa. Por exemplo, no lugar de isopor as embalagens podem ser feitas com talos de arroz, ou outros resíduos biodegradáveis, enriquecidas com nitrogênio recuperado de sistemas automotivos. São projetos que podem ser denominados “ecoefetivos” ou “ecoafetivos”, baseados em um conjunto coerente de princípios referenciados nas leis da natureza, indo além da forma e função, mas com possibilidades que seguem a evolução e permanência das espécies vivas.

A ecoefetividade vê o comércio como motor da mudança e respeita sua necessidade de funcionar rápida e produtivamente. Mas também reconhece que se o comércio se esquivar de preocupações ambientais, sociais e culturais, produzirá uma tragédia de grandes proporções em relação aos bens comuns, destruindo recursos naturais e humanos valiosos para as próximas gerações. A ecoefetividade celebra o comércio e o bem comum em que ele se enraíza (MACDONOUGH, 2013, p.150, 151).

Nesse sentido, a ecoeficiência é uma ferramenta valiosa para otimizar a abordagem ecoefetiva mais ampla.

Projetar e desenvolver um produto utilizando a sustentabilidade como uma ferramenta estratégica de projeto é uma excelente oportunidade de agregar valor, verificando além dos critérios convencionais de custo, estética e

desempenho e os benefícios sociais e ecológicos não como um adendo, mas tendo um peso igual desde o início.

O que seria uma produção sustentável neste contexto complexo?

Produção Sustentável pode ser entendida como a incorporação, ao longo de todo o ciclo de vida de bens e serviços, das melhores alternativas possíveis para minimizar custos ambientais e sociais. Acredita-se que esta abordagem preventiva melhore a competitividade das empresas e reduza o risco para saúde humana e meio ambiente.

Vista numa perspectiva planetária, a produção sustentável deve incorporar a noção de limites na oferta de recursos naturais e na capacidade do meio ambiente para absorver os impactos da ação humana.

3.5. AVALIAÇÃO DO CICLO DE VIDA - ACV

A Avaliação do Ciclo de Vida - ACV, ou em inglês *Life Cycle Assessment - LCA*, é uma metodologia decorrente da necessidade de verificar e estudar os impactos associados aos produtos, tanto na fabricação quanto no consumo, sendo uma técnica em desenvolvimento e ainda pouco explorada no Brasil. A Norma ABNT NBR ISO 14044:2009 propõe a avaliação do ciclo de vida como um processo para identificar oportunidades para melhoria do desempenho ambiental de produtos em diversos pontos de seus ciclos de vida, incluindo seleção de indicadores, técnicas de medição e o marketing para uso da rotulagem ambiental (ABNT, 2009).

O estudo é composto por quatro fases, sendo: definição do objetivo e escopo, análise de inventário, avaliação de impactos e fase de interpretação.

Quando associada a um produto, a ACV realiza um inventário sistemático das entradas e saídas, avalia os potenciais impactos ambientais relacionados ao fluxo de massa e energia existente e interpreta os resultados das fases de análise de inventário e de avaliação de impacto em relação aos objetivos do estudo.

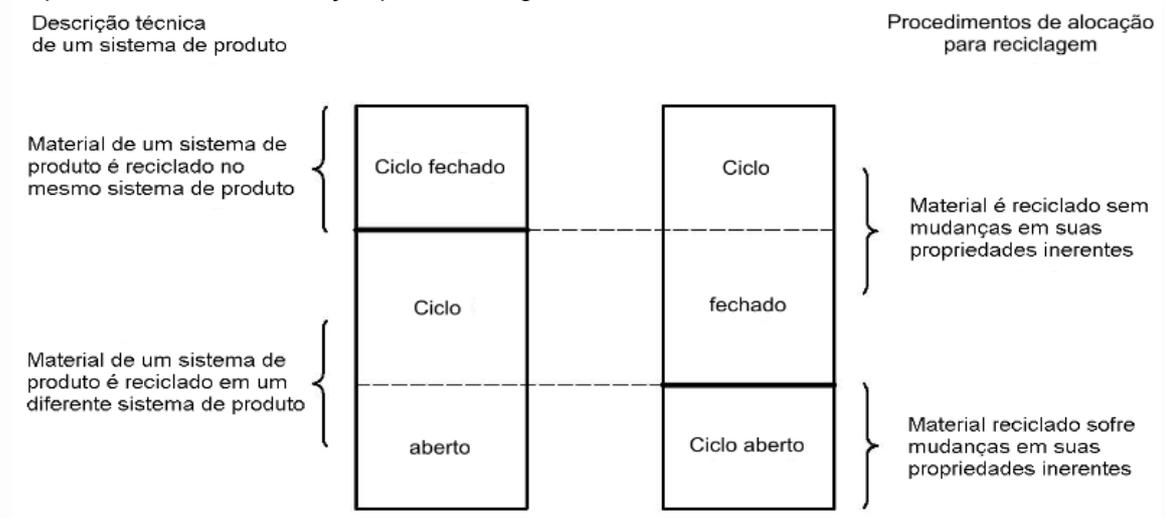
O escopo é importante, pois define a fronteira do sistema a ser estudado e o nível de detalhamento. Alguns estudos podem ficar complexos demais

dependendo da profundidade e abrangência da ACV. A análise do inventário dos dados de entrada e saída associados ao sistema em estudo é uma segunda fase, envolve a coleta de dados para alcance dos objetivos em questão. A avaliação de impacto é uma terceira fase e a interpretação é a etapa final, quando os dados são sumarizados e discutidos para chegar a conclusões, recomendações e tomada de decisão de acordo com os objetivos e o escopo.

Os procedimentos de alocação identificam os processos compartilhados com outros sistemas de produto e incluem a coleta de dados de entrada e saída dos subprocessos, que podem ser coprodutos e, parcialmente, resíduos. Os princípios e procedimentos de alocação também se aplicam às situações de reuso e reciclagem, devendo levar em consideração as propriedades dos materiais e mudanças inerentes. O reuso e a reciclagem podem alterar as propriedades inerentes de materiais no uso subsequente e é preciso tomar cuidado com as fronteiras do sistema.

Segundo a Norma ABNT NBR 14044:2009, é possível realizar um procedimento de alocação a sistemas de produto em ciclo fechado, ou em ciclo aberto, de acordo com a ocorrência, ou não, de mudanças nas propriedades inerentes do material reciclado, especialmente quando o material secundário substitui o uso de materiais primários (virgens) (Figura 2).

Figura 2 - Distinção entre uma descrição técnica de um sistema de produto e procedimentos de alocação para reciclagem



Fonte: ABNT 14044:2009.

Os ciclos fechados se referem aos processos industriais, quando os resíduos ou refugos de produção podem ser reintroduzidos, a exemplo da produção de papel ou papelão, sendo denominados aparas pré-consumo. Os ciclos abertos, ao contrário, ocorrem quando alguns materiais são utilizados como matéria-prima para outros produtos, como por exemplo o plástico e alumínio das embalagens multicamadas, como as produzidas pela Tetra Pak, que são usados para produção de canetas, base para vassouras ou outros produtos, no mesmo processo de objetos plásticos.

Um dos primeiros estudos quantificando as necessidades de recursos, emissões e resíduos originados por diferentes embalagens de bebidas foi conduzido por *Midwest Research Institute – MRI* para a Coca-Cola, em 1969. Não foi publicado por conter informações confidenciais, mas foi usado pela companhia no início dos anos setenta como referência nas decisões sobre o desenvolvimento das embalagens (FERREIRA, 2004).

Ou seja, já existe o senso de necessidade de algumas empresas em pensar no processo produtivo de maneira mais analítica e inclusiva no conceito da sustentabilidade.

3.6. A POLÍTICA NACIONAL DE RESÍDUOS SÓLIDOS - PNRS

A Política Nacional de Resíduos Sólidos - PNRS foi instituída pela Lei nº 12.305/2010, regulamentada pelo Decreto nº 7.404/2010, e estabelece a responsabilidade compartilhada pelo ciclo de vida dos produtos por parte dos fabricantes, importadores, distribuidores, comerciantes, consumidores e titulares dos serviços públicos de limpeza urbana e de manejo de resíduos sólidos, na gestão integrada dos resíduos sólidos urbanos.

Os “resíduos sólidos” tal como definido na Lei, são os materiais, substâncias, objetos ou bens descartados resultantes de atividades humanas em sociedade, a cuja destinação final se procede, se propõe proceder, nos estados sólido ou semissólido. A lei também incorpora o conceito de “rejeitos”, que são os resíduos sólidos que, depois de esgotadas todas as possibilidades de tratamento e recuperação por processos tecnológicos disponíveis e economicamente viáveis, não apresentem outra possibilidade que não a disposição final ambientalmente adequada.

Segundo a PNRS, logística reversa ou sistema de logística reversa, conforme define o artigo 3º, inciso XII, significa

“ [...] o instrumento de desenvolvimento econômico e social caracterizado por um conjunto de ações, procedimentos e meios destinados a viabilizar a coleta e restituição dos resíduos sólidos ao setor empresarial, para reaproveitamento, em seu ciclo ou em outros ciclos produtivos, ou outra destinação final ambientalmente adequada” (BRASIL, 2010).

A Lei nº 12.305/2010 dedicou especial atenção à logística reversa e definiu três diferentes instrumentos que poderão ser usados para a sua implantação: regulamento, acordo setorial e termo de compromisso. Alguns conceitos e definições trazidos pela Lei são relevantes para compreensão do processo que se instaura no país, como apresentado a seguir.

Acordo setorial, segundo a PNRS, é um ato de natureza contratual, fundado no acordo de vontade, a ser firmado entre o poder público e fabricantes, importadores, distribuidores ou comerciantes, visando à implantação da

responsabilidade compartilhada pelo ciclo de vida do produto, em especial para o estabelecimento dos sistemas de logística reversa (SILVA FILHO, 2015).

Coleta seletiva é a coleta de resíduos sólidos previamente segregados conforme sua constituição ou composição e se refere à necessidade de separação, ou segregação, na fonte dos resíduos, ou seja, pelos consumidores, a ser definido pelos titulares dos serviços.

Destinação ambientalmente adequada inclui reutilização, reciclagem, compostagem, recuperação e aproveitamento energético, ou outras destinações admitidas pelos órgãos competentes, devendo evitar danos ou riscos à saúde pública e à segurança, especialmente não causando danos ambientais.

Ainda nos termos da PNRS, reciclagem é o processo de transformação dos resíduos sólidos que envolve a alteração de suas propriedades físicas, físico-químicas ou biológicas, para a transformação em insumos ou novos produtos. Ou seja, o processo de reciclagem deve ocorrer com a transformação ou alteração de propriedades ou finalidade de utilização como insumo (recurso ou matéria-prima) ou novo produto.

Outro conceito inovador proposto pela Lei é o da responsabilidade compartilhada pelo ciclo de vida dos produtos, pois assim nomeia os atores envolvidos atribuindo responsabilidades com o objetivo comum de minimizar o volume dos resíduos e rejeitos gerados, reduzindo os impactos causados por eles à saúde humana e ao meio ambiente.

Segundo Silva Filho (2015, p.32), em uma avaliação da PNRS:

“o conceito de visão sistêmica foi transposto para a gestão de resíduos sólidos com o sentido de registrar que, nesse processo, se deve proceder com a compreensão do sistema como um todo, já que várias forças e campos da ciência se inter-relacionam quando o assunto é resíduo”.

Assim, as soluções devem ser buscadas considerando a gestão integrada, verificando todas as interações e interferência de cada uma em todas as etapas da cadeia da reciclagem.

Os objetivos da PNRS foram definidos como:

- a) proteção da saúde pública e da qualidade ambiental;
- b) não geração, redução, reutilização, reciclagem e tratamento dos resíduos sólidos, bem como disposição final ambientalmente adequada dos rejeitos;
- c) estímulo à adoção de padrões sustentáveis de produção e consumo de bens e serviços;
- d) adoção, desenvolvimento e aprimoramento de tecnologias limpas, como forma de minimizar impactos ambientais;
- e) redução do volume e da periculosidade dos resíduos perigosos;
- f) incentivo à indústria da reciclagem, tendo em vista fomentar o uso de matérias-primas e insumos derivados de materiais recicláveis e reciclados (SILVA FILHO, 2015, p.36).

O Decreto Nº 7.404, de 23 de dezembro de 2010, que regulamentou a Política Nacional de Resíduos Sólidos, ratificou a relevância dada à logística reversa e criou o Comitê Orientador para a Implantação de Sistemas de Logística Reversa - COMITÊ ORIENTADOR⁷.

O COMITÊ ORIENTADOR possui a incumbência de conduzir as ações de governo para a implantação de sistemas de logística reversa e têm centrado esforços na elaboração de acordos setoriais, visando implementar a responsabilidade compartilhada pelo ciclo de vida dos produtos.

Para estudar e buscar soluções de modelagem e governança para cada uma das cadeias de produtos escolhidas como prioritárias pelo COMITÊ ORIENTADOR foram criados cinco Grupos de Trabalho Temáticos – GTT:

- a) embalagens plásticas de óleos lubrificantes;
- b) lâmpadas fluorescentes de vapor de sódio e mercúrio e de luz mista;
- c) produtos eletroeletrônicos e seus componentes;
- d) embalagens em geral; e
- e) resíduos de medicamentos e suas embalagens.

Os grupos que já concluíram os trabalhos de elaboração dos editais, sendo que as cadeias que estão com os sistemas de logística reversa em implantação são as: de embalagens plásticas de óleos lubrificantes (07/02/2013), lâmpadas

⁷ Disponível em: <http://www.sinir.gov.br/web/guest/logistica-reversa>

fluorescentes de vapor de sódio e mercúrio de luz mista (12/03/2015), embalagens em geral (27/11/2015). Produtos eletroeletrônicos e seus componentes e medicamentos ainda se encontram em negociação.

Outras cadeias anteriores que já possuem sistemas de logística reversa implantados são: pneus inservíveis, embalagens de agrotóxicos, óleo lubrificante usado ou contaminado, pilhas e baterias.

O Acordo Setorial de Embalagens em geral foi firmado por uma “coalizão” de empresas que uniram esforços para a implementação de ações para o Sistema de Logística Reversa dos resíduos de embalagens não perigosas que compõem a fração seca dos resíduos sólidos urbanos ou equiparáveis.

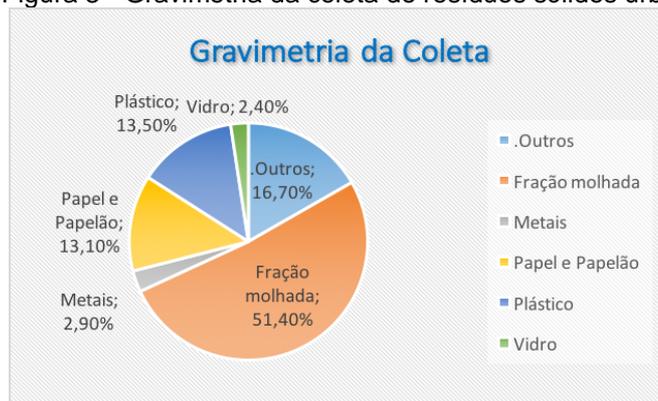
O documento foi proposto e assinado por 20 Associações Brasileiras que representam os fabricantes, importadores e distribuidores de embalagens, ou produtos embalados, tendo como intervenientes anuentes o Compromisso Empresarial para Reciclagem – CEMPRE, a Associação Brasileira de Embalagem – ABRE, a Associação Nacional dos Aparistas de Papel – ANAP, o Instituto Nacional das Empresas de Preparação de Sucata não ferrosa e de ferro e aço - INESFA, a Associação Nacional dos Carroceiros e Catadores de materiais recicláveis – ANCAT, a Confederação Nacional do Comércio de Bens, Serviços e Turismo - CNC.

Como metas, o Acordo Setorial de Embalagens em geral prevê: criação de um sistema estruturante consistente nas ações e benfeitorias, melhorias de estrutura e equipamentos, para que as ações conjuntas das empresas e demais agentes da cadeia de responsabilidade compartilhada possam propiciar a redução de no mínimo 22% das embalagens dispostas em aterro até 2018, o que corresponde ao acréscimo da taxa de recuperação da fração seca em 20%, representando 3.815,081 t/dia, que deverá ser aferida mensalmente (ACORDO SETORIAL, 2015, p.18).

Por parcela seca, ou fração seca dos resíduos sólidos urbanos são considerados 31,9% referentes à participação dos principais materiais considerados recicláveis, no total coletado no Brasil, em 2012, representados por metais (2,9%), papel e papelão (13,1%), embalagens longa vida (somada

com os papéis), plástico (13,5%), vidro (2,4%). Os demais constituintes sendo: 51,4% de matéria orgânica e rejeito ou outros 16,7% (Figura 3) (PNRS, 2012). Apenas destaca-se que por “outros” são considerados os “rejeitos”, ou aqueles materiais que esgotadas as possibilidades de aproveitamento por falta de mercado ou tecnologias adequadas devem ter sua destinação ambientalmente adequada.

Figura 3 - Gravimetria da coleta de resíduos sólidos urbanos



Fonte: PNRS (2012) elaborado a partir de IBGE (2010b) e IPEA (2012).

Para obtenção dos dados que embasaram o texto do Acordo, foi contratada uma empresa de consultoria em economia, que elaborou o plano de ações para incrementar a recuperação de embalagens pós-consumo de produtos não perigosos.

A composição gravimétrica dos resíduos sólidos oriundos da coleta seletiva, baseada em fontes de pesquisa no Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento - SNIS, no Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada - IPEA e Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - IBGE, no período de 2010 a 2012, está expressa, na Tabela 1.

Tabela 1 - Composição gravimétrica dos RS oriundos da coleta seletiva.

Mil toneladas/dia	Brasil	
	2010	2012
Item		
Geração de RSU (mil ton/dia)	193,6	198,8
Geração de RSU/hab (kg/hab)	1,03	1,03
Coleta de RSU (mil ton/dia)	169,3	173,7
Coleta de RSU/hab (kg/hab)	0,90	0,90
Gravimetria da coleta (%)		

Por estado	100%
Fração seca reciclável	31,9%
Fração molhada e outros	68,1%
Tipo de material reciclável	31,9%
Metais	2,9%
Papel e Papelão	13,1%
Plástico	13,5%
Vidro	2,4%

Fonte: Estudo LCA Anexo V do documento Acordo Setorial de Embalagens em geral. SNIS, IPEA, IBGE.

Ainda que o vidro conste como material nos estudos que embasaram o Acordo Setorial de embalagens em geral, a principal associação que representa os fabricantes deste material, a ABIVIDRO, não assinou o documento.

É importante ressaltar que a quantidade de resíduos gerada no Brasil aumentou muito nos últimos anos, tanto em termos absolutos quanto em produção per capita. Outra questão é sobre o reaproveitamento de resíduos, que apresenta valores baixos, segundo a fonte do Ministério das Cidades (2012, p.25) e Waldman (2012). Entretanto, ainda que o número de aterros tenha aumentado nos últimos anos, assim como o número de municípios que possuem sistema de coleta seletiva implantado, é também relevante verificar que estes sistemas não abrangem todo o território dos municípios (ICLEI, 2016 p.24).

Como indicador da geração de resíduos é usado o consumo aparente, em peso, das embalagens dos diversos materiais. Esse critério representa o que é consumido de um produto em um determinado período.

[...] O consumo aparente representa o máximo potencialmente reciclável se for assumido que todos os resíduos descartados foram produzidos no mesmo ano. Este conceito considera apenas o comércio exterior de um produto específico quando este é transacionado como produto fim (PNRS, 2012, p.7).

Já a taxa de recuperação de materiais recicláveis no Brasil é pequena, estimada em 25% do total de resíduos recicláveis coletados, ou 16,4% da fração seca. Por taxa de recuperação se entende a razão entre o volume de material recuperado e o total de resíduos sólidos recicláveis disponíveis (LCA CONSULTORES, 2012, p.11).

A taxa de recuperação algumas vezes pode ser confundida como taxa de reciclagem, e é definida como a razão entre o volume de lixo que é reciclado e o total de lixo coletado que é passível de ser reciclado. Desta forma, a LCA Consultores (Acordo Setorial, p.82) sugere que o termo “aparente” seja incluído no termo - taxa de recuperação aparente - pois dentro do volume de lixo coletado que é passível de ser reciclado existe uma parcela de material que foi importada e parte desse volume tem exportação para outros países como finalidade, mesmo que em volume reduzido.

Esta é uma taxa difícil de ser apurada, pois depende do padrão e volume de material que é passível de ser reciclado, a partir do consumo da população. Nesse sentido, a LCA Consultores, para elaborar a metodologia de cálculo da taxa de recuperação, aplicou o percentual de 31,9% sobre o volume total de 169.300 toneladas por dia coletadas no Brasil (referência SNIS, 2010). Esse percentual foi apurado pelo IPEA, com base em aproximadamente 100 estudos regionais e representa a parte da fração seca do lixo coletado (48,6% do total coletado = parcela seca reciclável + rejeitos).

Ainda é relevante citar que a composição do resíduo gerado tem uma oscilação conforme o nível de renda da população. Este estudo, realizado pelo Banco Mundial (2012) é apresentado na Tabela 2.

Tabela 2 - Composição do resíduo - nível de renda

Nível de Renda	Metais	Papel	Plástico	Vidro	Matéria Orgânica	Outros
Baixa	3%	5%	8%	3%	64%	17%
Média	2%	9%	12%	3%	59%	15%
Média (superior)	3%	14%	11%	5%	54%	13%
Alta	6%	31%	11%	7%	28%	17%

Fonte: Banco Mundial (2012) e LCA (2012).

Se consideradas as estimativas gravimétricas respaldadas pelo Banco Mundial, e no volume coletado apurado pelo SNIS, o volume de resíduos recicláveis no Brasil está estimado em 54.007 toneladas/dia, em 2010 (LCA, 2012).

Conforme o volume reciclado de cada material, informados pelas Associações Brasileiras, por dados estimados em uma visão conservadora, a quantidade reciclada seria de 13.523 toneladas/dia, sendo 717,3 t de alumínio, 1.490,4 t de aço, 7.883,9 t de papel, 2.091,8 t de plástico e 1.339,7 t de vidro. A razão entre as 13.523 t recicladas com as 54.007 t de resíduos totais leva à taxa de recuperação de 25%.

É unânime a constatação acerca da falta de dados oficiais, seja no nível estadual ou federal, em relação aos resíduos sólidos. As pesquisas, e mesmo a elaboração do Plano Nacional de Resíduos Sólidos, se basearam em dados secundários e sinalizam a necessidade de obtenção de um número maior de informações, dados que apresentem maior confiabilidade e pesquisas a serem produzidas (PNRS, 2012; ICLEI, 2016; LCA, 2012).

3.7. LOGÍSTICA REVERSA

A relação entre o ciclo de vida do produto e a logística reversa consiste em considerar o modo como se dará o descarte ou o reaproveitamento de peças e partes componentes do produto ao final do ciclo ainda no processo de desenvolvimento deles (ROGES & TIBBEN-LEMBKE, 1998; BRITO & LEITE, 2000).

Os aspectos logísticos influem no equilíbrio entre os fluxos reversos e diretos, ou seja, devem ser levadas em consideração as características peculiares do produto no pós-consumo, a localização de origens e destinos, a organização dos diversos tipos de coleta, as peculiaridades das consolidações dos diversos tipos de transporte, todos os detalhes que envolvem, contribuem, restringem e influenciam decisivamente nas quantidades dos fluxos reversos (LEITE, 2009 p. 171).

Fuller e Allen (1995, p.244) destacam, em seu modelo apresentado na Figura 4, que denominam de ciclo de produção/consumo, as fontes de resíduos de pós-consumo: extração de materiais virgens, produção de materiais e produtos, atacadistas e varejistas e o consumidor final, os quais são “dirigidos”, a dois sistemas de disposição final: o sistema de disposição final “seguro”, que consiste na disposição final em aterros sanitários ou na reintegração ao ciclo produtivo, e o sistema “não seguro”, que provoca poluição ambiental.

Portanto, o planejamento da rede de distribuição logística de uma atividade de retorno de produtos, ou matéria-prima a ser reciclada, envolve aspectos estratégicos e operacionais (SEIDEL, 2004).

Segundo Leite, um dos objetivos estratégicos da rede de distribuição reversa pode ser considerado como “revalorização ecológica”, ou seja,

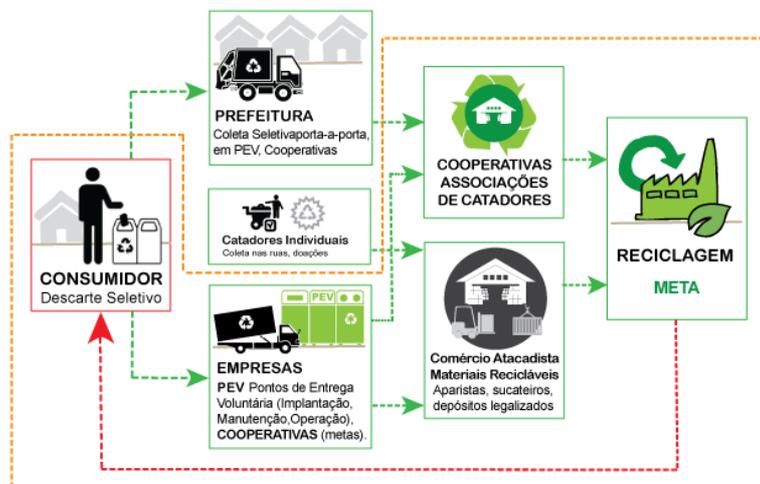
[...] é organizada uma rede reversa em função do interesse da empresa em ganhar imagem corporativa, protegendo a sociedade dos impactos negativos de seus produtos ao meio ambiente, antecipando-se às pressões que possam surgir e procurando adaptar-se às novas condições do mercado competitivo, no qual o marketing ambiental se torna uma estratégia empresarial” (LEITE, 2009 p.173).

A manutenção do fluxo circular desejável dentro da rede depende de algumas condições básicas (GONÇALVES-DIAS,2009): (a) disponibilidade de tecnologias para o processamento eficiente do material a ser reciclado; (b) disponibilidade substancial e contínua de quantidade de matéria-prima secundária como alumínio, metal, papel e papelão, plástico e vidro proveniente da coleta seletiva; (c) desenvolvimento de um sistema de canais de distribuição lucrativos entre os fornecedores de produtos secundários e usuários finais; e, (d) desenvolvimento de mercado para o produto final.

Da preocupação em estabelecer a logística à luz das questões ambientais e econômicas é que surge o fluxo reverso dos produtos e também dos resíduos nas suas diferentes formas. Nesse contexto, pode-se afirmar que as embalagens são responsáveis pelo impacto ambiental de resíduos sólidos urbanos, uma vez que seu descarte pós-consumo de forma inadequada causa consequências desastrosas para a população e o meio ambiente (PEREIRA *et al.*, 2008).

Na logística reversa, todos os elos da cadeia produtiva e da cadeia da reciclagem são importantes e imprescindíveis quando consideradas as etapas de retorno das embalagens, destinação ambientalmente adequada, revalorização e reciclagem. É importante ressaltar que a separação na fonte geradora pelos consumidores usuários será sempre considerada como primordial (Figura 6).

Figura 6 - Desenho do fluxo do Sistema de Logística Reversa e os principais elos da cadeia do ciclo de vida do produto.



Fonte: CEMPRE, 2015. Acordo Setorial, Anexo III. Adaptado pela autora.

3.8. OS CATADORES DE MATERIAIS RECICLÁVEIS

Segundo ZANETI (2006, p.66), “os resíduos precisam ser entendidos numa dimensão mais ampla. Não apenas na dimensão técnica, mas no aspecto socioeconômico, na própria condição humana dos excluídos que vivem da catação”.

O modelo para o manejo dos resíduos sólidos considera a necessidade de inclusão social e formalização do papel dos catadores de materiais recicláveis que devem trabalhar de forma legal e segura, com o uso de equipamentos compatíveis com as normas técnicas, ambientais e de saúde pública. E o poder público está dispensado de licitação para a contratação de serviços prestados por catadores organizados em associações ou cooperativas (Art. 57, Lei Federal 11.445/2007 - Lei do Saneamento).

Nos últimos 10 anos, houve um avanço significativo na relação de cogestão pública de coleta seletiva, que abriu relevante espaço para os catadores, com suas reivindicações ora inscritas no campo dos direitos.

Segundo Sonia Dias (2006), observa-se que nesta parceria houve uma convergência da vontade política de caráter democrático-popular com a capacidade organizativa-mobilizatória de novos atores, os catadores de papel,

que, orientados por agentes pastorais fortemente comprometidos com a construção da cidadania, se engajaram na luta pelo direito ao trabalho. Ou seja, esta política pública de forte dimensão cidadã contribuiu para a atribuição de um “status público” a esse segmento, empenhado na construção de uma identidade coletiva enquanto agentes ambientais (in: JACOBI, 2006 p.84-85).

Das muitas experiências registradas com as organizações de catadores no Brasil, através do trabalho executado pelo CEMPRE e por inúmeras outras organizações ou pesquisadores, fica clara a necessidade de capacitação destas pessoas, e de seus espaços de trabalho, para que possam desempenhar o papel a eles entregue e por eles requisitado.

Acostumados a separar o lixo em áreas abertas, como lixões ou nas ruas, e sempre curvados sobre ele, os catadores levam um tempo para se habituarem a uma nova rotina de trabalho dentro do galpão e mesmo para se adaptarem às novas instalações e equipamentos, como os banheiros (MARTINS, in: JACOBI, 2006, p.94 Cap. 3).

Outra dificuldade comum a este universo, desta nova forma de organização social, é a grande presença de mulheres na faixa etária de 30 aos 40 anos, representando, em alguns casos, quase 70% do total de trabalhadores, devido a dificuldade do trabalho que exige força para lidar com o peso dos fardos. Também quanto à escolaridade, o índice é baixo, com grande presença de analfabetos. Uma grande parcela é proveniente de desempregados de fábricas, empregos domésticos, construção civil, estando acima de 6 meses sem ocupação (MARTINS, in: JACOBI, 2006 Cap.3; MAGERA, 2003).

O principal objetivo para estabelecer um Plano de Gerenciamento Integrado de Resíduos Sólidos - PGIRS, que envolva o trabalho das organizações de catadores, deve ser o apoio à cadeia produtiva da reciclagem, lembrada como atividade que pode agregar valor ao material reciclável, através das diversas etapas de triagem, beneficiamento e comercialização, podendo, dessa maneira, incrementar a renda dos catadores (JACOBI, 2006).

Porém, são inúmeras as dificuldades e fragilidades a serem superadas. Do ponto de vista da legislação, ainda que as mesmas já existam em todos os

âmbitos, os convênios entre prefeituras e organizações de catadores, quando utilizados, se apresentam como instrumentos de parceria frágeis e ineficientes. No geral, a prefeitura arca com o aluguel dos galpões, ou as organizações de catadores ocupam áreas municipais e dependem do poder público, sendo responsáveis pela triagem do material coletado pelos serviços de limpeza públicos, ou são contratados. São cobrados por eficiência, porém sem a mínima condição de realizar o trabalho, pois os galpões, ou espaços cedidos, não oferecem estrutura decente, não há nenhum trabalho de capacitação ou formação em gestão, nem mesmo existe a capacidade de operação de um empreendimento por parte dos catadores, por falta de suporte e orientação técnica que supra esta necessidade.

As dificuldades encontradas pelos catadores para se organizarem em associações ou cooperativas fazem parte de um processo histórico e secular em nosso país. As camadas menos favorecidas não têm acesso ao crédito/financiamento e ficam nas mãos de instituições sociais, normalmente religiosas ou assistenciais, de algumas ONGs, que tentam ajudar, mas na falta de uma visão mais profissional em gestão de resíduos e organizacional, fracassam por não atender às expectativas econômicas, sociais ou ambientais da reciclagem dos resíduos sólidos (MAGERA, 2003).

Além das dificuldades abordadas, há o problema da comercialização dos materiais recicláveis por meio de intermediários, que compram dos catadores a preços muito inferiores aos que são pagos pelas indústrias de reciclagem. Uma das razões para a dependência de intermediários pode ser considerada de origem técnica, pois a separação dos recicláveis é bastante complexa devido à diversidade crescente de materiais produzidos na indústria. Isso exige capacitação técnica para classificar os materiais recicláveis de forma a atender os parâmetros exigidos pelos compradores (GRIMBERG, 2007).

Pode ser entendida como polêmica esta relação da estrutura e o funcionamento do mercado de reciclagem baseada basicamente em três componentes, ou agentes: o catador autônomo ou organizado, responsável pela primeira etapa do processo de segregação ou triagem; os sucateiros

(atravessadores) ou depósitos, que formal ou informalmente compram os produtos reciclados e os revendem às indústrias, terceiro componente da cadeia (MAGERA, 2003 p.108).

Outro fator que reforça a necessidade de comercialização para intermediários é a quantidade elevada de material exigida pela indústria para comprar das cooperativas. Além de capital de giro para garantir a renda dos cooperados, pois a indústria normalmente pede prazo para pagamento do material, e é necessário espaço para estocar a quantidade necessária, que varia de 18 a 25 toneladas. Também é imprescindível a organização administrativa contábil da associação, ou cooperativa, para que a mesma possa realizar seu cadastro de fornecedor junto à indústria recicladora, além de possuir nota fiscal eletrônica (última norma da Receita Federal, vigente desde 2011).

As estratégias e metas sugeridas, assim como a visão do processo de consolidação dos catadores de materiais recicláveis a partir de diferentes fontes de informação e pesquisa, buscam referenciar o objetivo de estudo deste trabalho, que é verificar as possibilidades de geração de trabalho e renda por meio da logística reversa. E ainda verificar a possibilidade de como adotar um plano de gestão compartilhada, que reconheça o trabalho executado pelos catadores, como parte do processo de recuperação dos resíduos, e garantir os canais logísticos reversos, ou a cadeia produtiva reversa sustentável.

Para que isso ocorra, se faz necessária a existência de uma rede sustentável de reciclagem em nível municipal e/ou regional, envolvendo atores que participam das atividades de coleta, seleção e destino final, sendo este o fator primário para sua organização (KIPPER; MÄHLMANN, 2009). Todos os esforços e incentivos para fomentar a organização dos catadores será em vão se não houver um processo de capacitação em gestão, além da aplicação de tecnologias e engenharia de processo adequadas ao público para o processamento do material reciclável.

O gerenciamento do material coletado e separado nos depósitos, ou galpões, das associações de catadores ainda é algo que quase não acontece, sendo um desafio que pode trazer muitos benefícios tanto para aqueles que dependem

da coleta para sobreviver, quanto para os organismos que investem recursos para o desenvolvimento das atividades de seleção e destino dos resíduos sólidos urbanos (OLIVEIRA; LIMA, 2009).

De acordo com Lobato, Oliveira e Lima (2010), são muitos os desafios enfrentados por esses empreendimentos, dentre os quais se destaca a baixa produtividade, com efeitos diretos na pequena arrecadação dos associados, e ausência de recursos (técnicos e financeiros) para melhoria do processo. Indiretamente, diminuem também os benefícios ambientais da reciclagem, donde vem o questionamento quanto à sua viabilidade como alternativa para destinação dos resíduos sólidos, surgindo outras possibilidades como o aterramento ou a incineração.

Aumentar a eficiência dos processos relacionados com o tratamento de RSU, desde a coleta até a reciclagem, reduzindo os custos de modo a viabilizar a universalização da coleta seletiva é uma questão estratégica para manter a reciclagem como a principal alternativa para a destinação dos resíduos sólidos a longo prazo (LOBATO; LIMA, 2010).

O mercado de materiais recicláveis no Brasil vem crescendo rapidamente, embora esteja aumentando também o nível de exigência sobre a qualidade dos materiais. As indústrias que trabalham com matéria-prima reciclada vêm exigindo pelo menos três condições básicas com relação à aquisição dos materiais que serão recicláveis como: escala de produção e estocagem, regularidade no fornecimento dos recicláveis e qualidade dos materiais (SILVA; SILVA; JOIA, 2010).

A diferença entre os valores mínimo e máximo pagos pelos materiais recicláveis se deve, dentre outros fatores, à distância entre a cidade geradora de material reciclável e a indústria. A qualidade e o grau de impureza contidos nos materiais também influem no seu valor. Os preços dos materiais ainda variam sazonalmente, muitas vezes em função da política de importação de sucata e aparas. Devido à tradicional flutuação no mercado de recicláveis, é necessário evitarem-se acordos de venda a sucateiros por prazos longos,

normalmente firmados nas épocas de “baixa” de preços (GRIMBERG; BLAUTH, 1998).

Uma boa comercialização é um dos principais fatores que garantem o fortalecimento de uma organização de catadores. Quanto menos atravessadores existirem no processo de comercialização, desde o catador até o consumidor final (indústria de transformação), melhores serão os preços obtidos com os materiais recicláveis (MONTEIRO et al., 2001).

Apesar do aumento dos programas de coleta seletiva e do avanço em relação à capacidade de reciclagem, o grande gargalo está na capacitação das cooperativas de catadores, tanto operacional quanto em equipamentos adequados, para garantir o incremento da segregação (ou triagem) e consequente absorção dos recicláveis coletados com posterior destinação para as indústrias recicladoras. São necessários investimentos neste nicho, com capacitação técnica em gestão, para suprir necessidades de organização nas áreas jurídica, contábil, de processos administrativos, laborais, entre outros.

Segundo Jacobi (2006, p.14), a criação de oportunidades para a participação de organizações de catadores em programas de parceria gera uma série de exigências para ambos os polos do processo, tanto em termos de regulamentações, formas de aplicação dos recursos, quanto em relação a modelos institucionais apropriados.

4. PARTE 2 - DESENVOLVIMENTO DA PESQUISA

4.1. O VIDRO

O vidro é um material composto por óxidos de sílica e de sódio, embora alguns outros elementos tais como o sódio, cálcio, magnésio, alumínio e potássio possam fazer parte da composição final. Segundo a *American Society for Testing and Materials* (ASTM, 2009), o vidro é um produto inorgânico de fusão, que foi resfriado até atingir condição de rigidez, sem sofrer cristalização (ASTM, 2009).

Alguns registros tratam o uso do vidro desde os povos da Babilônia e fenícios há aproximadamente 5.000 anos atrás. Porém, este foi popularizado pelos

Romanos (400 a.C.) e usado na Idade Média para construção de vitrais nas igrejas. A Inglaterra dominou sua fabricação até o século XIX.

As propriedades físicas do vidro o fazem um material apreciado, pela transparência, resistência à água, a solventes e até a alguns ácidos. Pode ser facilmente reciclável e ilimitadamente.

Vidros são constituídos por areia, calcário, barrilha, alumina, corantes e descorantes. Matérias-primas são os vitrificantes, fundentes e estabilizantes. Os fundentes têm a finalidade de facilitar a fusão da massa silícea e são compostos de óxido de sódio e óxido de potássio. Estabilizantes são usados para impedir que o vidro composto de silício e álcalis seja solúvel e são: óxido de cálcio, óxido de magnésio e óxido de zinco. A sílica, matéria-prima essencial, tem a forma de areia, de pedra cinzenta e é extraída dos leitos dos rios e das pedreiras. Após extraídas as pedras, da areia e da moenda do quartzo, passa por lavagens para eliminar as substâncias argilosas e orgânicas, após isso passa para o processo de fundição.

O mesmo composto pode ser classificado em diferentes categorias de acordo com o propósito, por exemplo, a alumina atua como formador em vidros aluminatos, mas é considerada um modificador na maioria dos vidros silicatos (ALVES et.al., 2001).

Os principais formadores comerciais são: sílica (SiO_2), Trióxido de Boro (B_2O_3) e Pentóxido de fósforo (P_2O_5). A grande maioria dos vidros comerciais é baseada em sílica.

A sílica sozinha produz um vidro de excelente qualidade, porém demanda níveis de temperaturas extremamente altas (2000 °C), que resultam em elevados custos de produção. De acordo com Akerman (2000), este problema é contornado adicionando matérias-primas fundentes, que apresentam características de se fundirem a temperaturas muito inferiores à sílica. O fundente em estado líquido dissolve os grãos de areia, produzindo vidro a temperaturas tecnologicamente compatíveis.

O principal fundente é a barrilha que é um carbonato de sódio (Na_2CO_3) produzido industrialmente a partir da salmoura ou pela purificação de um

mineral chamado trona, conhecida também como barrilha natural. A principal característica da barrilha é que, embora presente em torno de 20% em peso na composição do vidro, seu custo é da ordem de 60% do total investido nas matérias-primas. O Brasil não é autossuficiente em barrilha, que é importada da Europa e dos Estados Unidos (AKERMAN, 2000).

Em temperaturas razoáveis, uma mistura de barrilha e areia é capaz de produzir vidro. No entanto são vidros solúveis, ou seja, se dissolvem em contato com a água. Para contornar esse problema, são acrescentados os óxidos estabilizantes (modificadores de rede). O principal é o óxido de cálcio (CaO), ou cal virgem, fornecido pelo calcário que, por sua vez, é extraído de pedreiras e moído até a granulometria adequada.

Outros estabilizantes também são utilizados em conjunto com o cálcio. Os principais são o óxido de magnésio (MgO) que provém da matéria-prima chamada dolomita, o óxido de alumínio (Al_2O_3) ou alumina, proveniente do feldspato e também alumina calcinada (bauxita), este último mais caro, no entanto com alta concentração de alumínio.

Os nomes da família de vidros mais comuns, empregados tanto para vidros planos como embalagens, são os sodo-cálcicos ou sílico-sodo-cálcicos. Recebem esta denominação devido à sílica da areia, ao sódio da barrilha e ao cálcio do calcário.

Durante a fusão as matérias-primas que fazem parte da composição do vidro, geram-se grandes quantidades de gases (descarbonatação). Esses gases dão origem a uma massa vítrea repleta de bolhas que não conseguem escapar do seu interior devido a viscosidade do vidro.

Para afinar, isto é, retirar as bolhas da massa, são acrescentadas à composição pequenas quantidades de sulfato de sódio (Na_2SO_4), que possui a propriedade de se liquefazer, mas não de se misturar ao vidro, ficando acumulado em torno das bolhas. Quando é atingido um determinado valor de temperatura o sulfato se decompõe violentamente, gerando gás em grande quantidade que entra nas bolhas (diminuindo a força de arrasto das mesmas) e

as fazem crescer para ter força suficiente para subir à superfície, arrastando consigo outras menores que se encontrem no seu caminho (AKERMAN, 2000).

De acordo com Alves et. al. (2001) os agentes de refino são utilizados em quantidades muito pequenas (<1%mol). Incluem-se aí os óxidos de antimônio e arsênio, nitrato de potássio (KNO_3), nitrato de sódio (NaNO_3), sal (NaCl), fluoreto de cálcio (CaF_2), fluoreto de sódio (NaF) e o mineral (Na_3AlF_6).

Na ausência de contaminantes, o vidro se apresenta de forma incolor. Para obter produtos coloridos, determinados óxidos ou elementos metálicos são acrescentados à composição, para que fiquem dissolvidos na massa vítrea. Os colorantes mais comuns são: cobalto (azul), selênio (rosa), manganês (vinho), ferro (verde).

Contudo, a cor final obtida depende do estado de oxidação do metal, da sua concentração, da composição do vidro e do tratamento térmico ao qual foi submetido. Alguns dos óxidos normalmente utilizados para dar cor aos vidros são apresentados na Tabela 3.

Tabela 3 - Elementos químicos – agentes de coloração – no vidro

Agente de Coloração	Estado de Oxidação	Coloração
Cobre	Cu^{2+}	Azul claro
Crômio	Cr^{3+}	Verde
	Cr^{6+}	Amarelo
Manganês	Mn^{3+}	Violeta
	Mn^{4+}	Preto
Ferro	Fe^{3+}	Marrom amarelado
	Fe^{2+}	Verde azulado
Cobalto	Co^{2+}	Azul intenso ou rosa
	Co^{3+}	Verde
Níquel	Ni^{2+}	Marrom, amarelo, verde, azul (depende da matriz vítrea)
Vanádio	V^{3+}	Verde em vidros silicatos e marrom em vidros boratos
Titânio	Ti^{3+}	Violeta
Neodímio	Nd^{3+}	Violeta avermelhado
Praseodímio	Pr^{3+}	Verde claro
Ouro	Au^0	Rubi
Cádmio	CdS , CdSe	Laranja

Fonte: Vidros – Cadernos Temáticos de Química Nova na Escola.

De acordo com Shelby (2005), a composição mais comum de recipientes de vidro branco é sílica-soda-cal, contendo 73% de sílica, 11% de cal, 14% óxido de sódio e 2% de alumina. Esses vidros também podem conter pequenas

quantidades de MgO, K₂O (modificadores de rede) e SO₃, utilizados como agentes de refino.

As etapas de fusão e refino correspondem juntas a 50-68% da energia utilizada na produção de vidro (OTA, 1993).

Conforme Ruth & Dell'anno (1997), são necessárias 1,17 toneladas de matérias-primas virgens para cada tonelada de massa vítrea extraída do forno. O excedente, que corresponde a 0,17 (15%) toneladas, é liberado principalmente como CO₂ durante o processo de fusão através da reação dos componentes.

De acordo com Wooley (1992), existem basicamente três etapas na fusão do vidro. A primeira é a fusão propriamente dita, ou seja, a composição (as matérias-primas misturadas homogeneizadas) submetida a elevadas temperaturas (acima de 1575°C) é convertida em líquido homogêneo. O refino é a etapa subsequente, caracterizada pela remoção das bolhas da mistura fundida. O estágio final é o da homogeneização que visa à eliminação das variações térmicas e químicas do vidro fundido.

Existem dois tipos de fornos: diários, utilizados em pequenas vidrarias ou na produção de vidros especiais como óticos e oftálmicos; e contínuos, que funcionam sem interrupção desde a partida até a parada para manutenção, utilizados em grandes indústrias vidreiras.

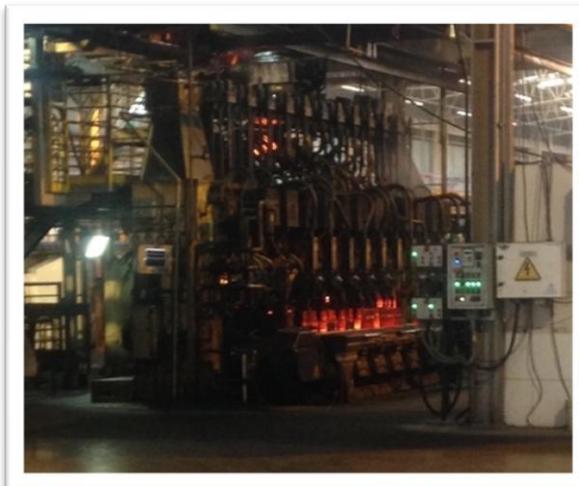
Usualmente, a fabricação inclui as operações executadas para conformar a massa vítrea no artigo desejado. Dependendo do produto, os métodos de conformação são bem distintos.

A fabricação também compreende o tratamento térmico e superficial a que o produto deve ser submetido antes de passar às etapas de controle de qualidade, embalagem e/ou transformação.

De acordo com OTA (1993), a etapa de conformação é responsável por 12-33% da demanda de energia requerida para a produção de recipientes de vidro. Enquanto que o pós-conformação é responsável por 11-18%.

Após a fase de fusão, os diversos artigos de vidro são moldados nas formas desejadas, com a utilização de tecnologias que são significativamente diferentes para cada produto de vidro. Existem dois métodos principais de fabricação de um recipiente de vidro. O método sopro-sopro ("blow and blow") e o método prensa-sopro ("press and blow"). Em ambos os casos, uma corrente de vidro fundido na temperatura plástica (1050 ° C - 1200 ° C) é cortada por uma lâmina de corte para formar as gotas de vidro. Essas gotas serão conformadas pelas máquinas para a obtenção do produto final.

Figura 7 - Produção de garrafas na indústria Vidro Porto, pelo método prensa-sopro



Fonte: da autora.

A indústria de vidro produz muitas variedades de produtos para fins industriais, assim como para uso comercial e doméstico.

Quando as embalagens são produzidas a partir de ingredientes naturais (areia, barrilha, calcário) com a inclusão de vidro reciclado, tornam-se o único material aceito pelo *Food and Drug Administration* - FDA⁸ dos EUA como "GRAS" (*Generally Recognized as Safe*) ou "geralmente reconhecido como seguro" para contato com alimentos e bebidas.

O vidro é um dos mais antigos materiais de que se tem conhecimento, sendo o mais inerte utilizado para embalagens de alimentos. Pode ser considerado totalmente impermeável a gases e também reciclável sem nenhuma perda das suas características originais (CABRAL *et al.*, 1984).

⁸ Órgão do Governo dos Estados Unidos responsável pelo controle dos alimentos, suplementos alimentares, medicamentos, cosméticos, equipamentos médicos, materiais biológicos e produtos derivados do sangue humano. Disponível em: <https://www.fda.gov>

O vidro é não poroso e impermeável. Então, não permite interações entre a embalagem de vidro e seu conteúdo que poderiam afetar o sabor e a qualidade do mesmo (alimentos e bebidas).

Algumas embalagens de vidro recebem denominações específicas de acordo com suas características formais. As mais utilizadas para produtos alimentícios são as garrafas, potes e copos (CABRAL *et al.*, 1984).

As garrafas de bebidas com volumes inferiores a 5 litros representam a maior porcentagem de uso no mercado brasileiro. Segundo as normas da Associação Brasileira de Normas Técnicas – ABNT, as garrafas possuem, em geral, formas cilíndricas, chatas e retangulares (Figura 8). São utilizadas principalmente em cervejas, refrigerantes, vinhos, aguardentes, licores, água mineral e azeites (CABRAL *et al.*, 1984).

Figura 8 - Tipos de garrafas de vidro para bebidas



Fonte: ACQUA MINEIRA, 2009.

Os potes são recipientes de qualquer formato, com uma boca larga, que facilita a retirada do produto em porções, pedaços ou unidades (Figura 9). Devido a essa característica, acondicionam produtos como doces de frutas em pedaços, alimentos em conserva, maioneses, café solúvel e alimentos infantis (papinhas) (CABRAL *et al.*, 1984).

Figura 9 - Tipos de potes de vidro para doces e conservas



Fonte: ACQUA MINEIRA, 2009.

Os copos são recipientes com menor capacidade de armazenamento que os potes, destinados a acondicionar alimentos como geleias, requeijão e extrato de tomate. Os copos têm a vantagem de serem reutilizados após o consumo do produto, no uso doméstico (CABRAL *et al.*, 1984).

Figura 10 - Copos de vidro para embalagens de produtos cremosos



Fonte: NADIR, 2010

Com relação aos problemas de conservação dos produtos em embalagens de vidros, muitas vezes são devidos ao desempenho insatisfatório durante o sistema de fechamento. Esses problemas ocorrem tanto em relação ao material e ao sistema da tampa, quanto a características de vedação na terminação ou gargalo (BARÃO, 2011).

Atualmente, existe um mercado amplo com variedades de tampas, cada uma compatível com um tipo de gargalo, geralmente, padronizado (BARÃO, 2011, p.7). As tampas, por serem feitas por outro tipo de material como metal ou plástico, devem ser separadas. São consideradas como resíduos e, após o beneficiamento, enviadas para a indústria recicladora.

4.2. RELAÇÃO ENTRE EMBALAGENS RETORNÁVEIS E DESCARTÁVEIS

Uma embalagem retornável pode ser definida como uma embalagem de uso múltiplo, sendo dimensionada para manter as características de resistência mecânica durante os vários ciclos de reutilização. Essa classe de embalagem de vidro é constituída especialmente por garrafas de maior peso, que podem ser de uso comum ou personalizadas (decoradas) para uso específico (JAIME; DANTAS, 2005).

De acordo com a Associação de Reciclagem da Califórnia, uma embalagem retornável é reutilizada em média 25 vezes e, como consequência desse número de reutilização, reduz em 95% o uso de vidro e 90% o de energia no processo produtivo de 25 embalagens de vidro, incluindo a sua reciclagem em sistema fechado (INDIANA, s.d.).

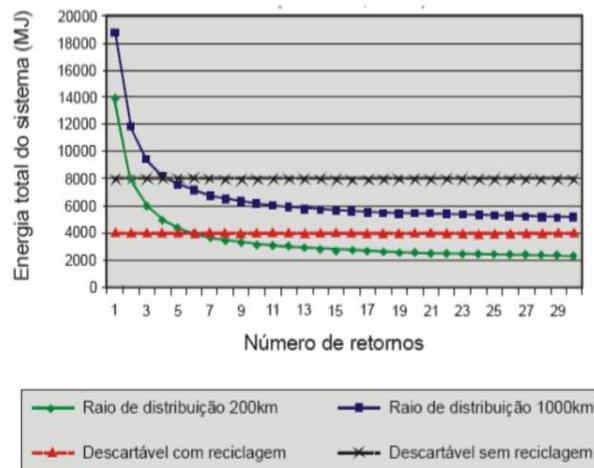
Em virtude da reutilização da mesma embalagem diversas vezes para a comercialização do produto, um sistema de embalagem retornável apresenta uma boa relação massa de embalagem por quantidade de produto distribuído, ou seja, menor massa de embalagem por unidade de produto distribuído, comparativamente a um sistema que utiliza embalagem descartável (não-retornável). Entretanto, seu desempenho é influenciado pelo número de retornos realizado pela embalagem e pela distância média de distribuição do produto.

Quanto maior a distância de distribuição do produto acondicionado, maior o custo ambiental associado ao transporte (consumo de combustíveis e emissões para o ar), devendo ser considerado o tipo de transporte e a capacidade de carga dos meios de transporte empregados na distribuição do produto e no retorno das embalagens vazias para um novo ciclo de uso (JAIME, 2007).

Conforme a Figura 11, pode-se observar que, para uma mesma distância ou raio de distribuição, a energia total diminui à medida que aumenta o número de retornos (viagens), tendendo a um valor mínimo que expressa o gasto energético associado à etapa de lavagem, higienização, transporte do produto,

embalagens secundárias, retorno das embalagens vazias e reposição de embalagens que deixam o sistema devido a quebra (JAIME, 2007).

Figura 11 - Relação entre energia total associada a um sistema de embalagem e o número de retornos para a unidade funcional de 1.000 kg de produto comercializado/consumido

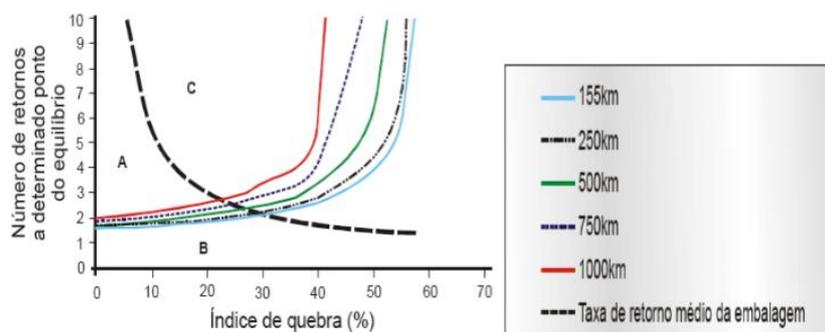


Fonte: GARCIA, 2002

As estimativas indicam que o sistema retornável só é viável quando o índice de quebra das embalagens é inferior a 35%. Acima desse percentual de quebra, o sistema descartável passa a ser mais favorável ecologicamente.

A dependência do ponto de equilíbrio do sistema retornável/descartável em função da distância de distribuição do produto e do índice de quebras da embalagem é apresentado na Figura 12.

Figura 12 - Número estimado de retornos da embalagem de vidro (a um determinado ponto de equilíbrio) em função da distancia de distribuição e do índice de quebra da embalagem



Fonte: Van Doorselaer; Lox, 1999

4.3. RECICLAGEM DE EMBALAGENS DE VIDRO

Na composição que utiliza reciclagem, os componentes denominados “cacos” são provenientes de garrafas, lâmpadas descontaminadas, potes de alimentos e outros materiais de vidro permissíveis.

De acordo com Akerman (2000), o uso de caco como matéria-prima tem vantagens técnicas, pois este requer menos energia do que uma composição nova para fusão, uma vez que ele só necessita ser aquecido, não havendo as reações que ocorrem na transformação de composição em vidro, possibilitando aumento de extração e/ou redução de consumo energético. O caco tem também um papel estratégico, pois pode ser enfiado em substituição às matérias-primas, quer seja na falta delas ou durante uma pane no sistema de produção da composição.

A reciclagem de vidros poderá contribuir para a matriz energética nacional através da economia de enormes quantidades de energia, visto que para produzir 1 kg de vidro novo são necessários 4500 *kilojoules*⁹, enquanto que para produzir 1 kg de vidro reciclado necessita-se de 500 *kilojoules* (ALVES, et. al., 2001).

A reciclagem de embalagens de vidro prevê eficiências de produção incomparáveis e benefícios ambientais significativos: diminui a quantidade de matérias-primas utilizadas; diminui a demanda por energia; reduz as emissões de CO₂, prolonga a vida útil do forno, sem qualquer processamento de subprodutos; e, reduz os custos gerais de fabricação.

O uso do caco na produção pode promover economias significativas na utilização de energia para fusão, assim como a redução de matérias-primas para a produção. Como o caco possui menor ponto de fusão do que as composições que usam matérias-primas virgens, a necessidade de calor é menor para seu derretimento, promovendo redução do consumo energético e de custos na produção.

⁹ O joule (J) é a unidade de energia e trabalho no SI, e é definida como $1 \text{ kg} \times \text{m}^2 \times \text{s}^{-2} = 1 \text{ N} \times \text{m} = 1 \text{ W} \times \text{s}$. Um joule é o trabalho necessário para exercer a força de um newton pela distância de um metro. Fonte: www.convertworld.com/pt/energia/kj.html

Mesmo a utilização de 20% de caco na produção diminui a demanda do forno de 1600 GJ, para extração líquida de 200 toneladas de massa vítrea, para 1280 GJ, assim como também reduz a demanda de gás natural quando o mesmo é utilizado no forno que utiliza esse tipo de alimentação.

As Figuras 13 e 14 apresentam exemplos dos tipos de cacos utilizados na indústria Vidro Porto, localizada em Porto Ferreira - SP, como matéria-prima para reciclagem, onde se verifica a grande presença de garrafas; e o tipo de calcário também utilizado na composição das garrafas de vidro.

Figura 13 - Cacos triturados e resíduos de garrafas a serem utilizados como matéria-prima para reciclagem



Fonte: da autora - Indústria VIDRO PORTO, Porto Ferreira, SP, 2016.

Figura 14 - Calcário a ser utilizado como matéria-prima na composição de embalagens de vidro (garrafas)



Fonte: da autora - Indústria VIDRO PORTO, Porto Ferreira, SP, 2016.

O caco de vidro pode ser classificado em três grupos quanto à sua origem:

- a) material gerado na própria vidraria e no mesmo forno, portanto, com a mesma composição química do vidro em produção e podendo retomar à mistura sem qualquer correção;
- b) material proveniente de outra fonte geradora como, por exemplo, um outro forno de fusão. Neste caso, o caco de vidro deve ser considerado no cálculo da composição do vidro à qual será incorporado;

- c) material de origem desconhecida, proveniente de um processo de reciclagem. Neste caso, deve ser considerado como uma matéria-prima qualquer, realizando-se análises químicas que assegurem a compatibilidade com a composição na qual será agregado.

O maior problema relativo à utilização de vidro reciclado é a presença de contaminantes, mais frequente no caco coletado fora da vidraria. Como exemplo, têm-se metais que atacam os refratários dos fornos e materiais que não fundem e podem constituir inclusões sólidas no produto final.

Dessa forma, a produção de embalagens de vidro branco, ou incolor, ainda é restrita aos limites da indústria com a reutilização de resíduos da produção industrial, pois os cacos provenientes da reciclagem ainda apresentam muitos contaminantes que promovem a desqualificação do produto.

As especificações técnicas foram informadas pela empresa Owens-Illinois, com a definição para caco de vidro reciclável para utilização na composição do vidro, conforme Tabela 4, a seguir.

Tabela 4 - Especificação técnica para Caco de Vidro Empresa Owens-Illinois do Brasil – Sistema de Gestão Integrado da Qualidade - Owen Illinois

Características Físicas, Químicas e Biológicas					
Parâmetro	Classe	Descrição			
Material adjunto ao caco (Física)	Aceitáveis	Material orgânico como madeira, papel, plástico, entre outros desde que dentro dos percentuais de tolerância permitidos nesta especificação (volatizam às altas temperaturas).			
	Inaceitáveis (conforme tolerância)	(conforme	Pedras, concretos, louças, cerâmica, materiais metálicos como ferro alumínio ou outros tipos de vidros como lentes e espelhos acima dos percentuais de tolerância permitidos nesta especificação.		
	Inaceitáveis (sem tolerância)	(sem	Vidros de composição especial como boro silicato, vision, cristal, lâmpadas, vidros com banho de estanho, resíduos classe 1 (classificados como perigosos oriundos de hospitais, laboratórios).		
Análise de Amostra de 50 Kg					
Parâmetro	Classe	Caco limpo	Caco sujo	Caco reprovado	
Material adjunto ao	Orgânicos (papel, madeira, resíduo alimento e	200 g	De 200,01g	Acima	de

caco	plástico)		a 1420g	1420g
	Ferroso (metais e estruturas similares)	5 g	De 5,01g a 15 g	Acima de 15g
	Não ferroso (alumínio, cobre, latão, outros)	3 g	De 3,01 a 10g	Acima de 10g
	Inorgânico (cerâmica, refratários, concretos)	2 g	De 2,01g a 3 g	Acima de 3g
	Vidro de diferente composição ao vidro sodo cálcico: lâmpadas fluorescentes ou incandescentes, vidro de televisores, vidro boro silicato ou qualquer outro tipo de vidro ou material que contenha metais pesados como chumbo, mercúrio, cádmio, cromo e arsênio.	0 g	0g	0g

Fonte: Owen Illinois. Elaborado por Juliana Augusto Visnadi em 12/08/2011, com revisão prevista para 12/11/2017.

A inspeção para verificar as impurezas e cor do material por lotes recebidos é visual. Os critérios de aceitação quanto à qualidade e segurança de alimentos é por inspeção visual de impurezas que possam comprometer a qualidade do produto final. São feitas análises do material entregue segundo as características da especificação (Tabela 4). No caso de o material apresentar impurezas inaceitáveis o lote é rejeitado.

Os cacos são transportados em caminhões basculantes com caçambas, geralmente denominados “*roll-on roll-off*”, como nas Figuras 15 e 16 abaixo.

Figura 15 - Tipo de caminhão roll-on e roll-off



Fonte: MODELAÇO.

Figura 16 - Tipo de caçamba estacionária usada para coleta de cacos de vidro



Fonte: MODELAÇO.

Conforme dados da Associação Técnica das Indústrias Automáticas de Vidro – ABIVIDRO (2009), em 2008, o Brasil obteve um índice de reciclagem de vidro de 47%, apesar de este material poder ser reciclado infinitas vezes sem sofrer degradação.

No que diz respeito às embalagens de vidro, das 47% recicladas por ano no Brasil, cerca de um quarto é reciclada na forma de cacos. Desse total, 40% é oriundo da indústria de envase, 40% do mercado difuso, 10% de bares, restaurantes e hotéis e 10% do refugo da indústria (CEMPRE, 2004).

4.4. BENEFICIAMENTO - DESTINAÇÃO INTERMEDIÁRIA

Uma forma de agregar valor na venda dos recicláveis é a separação por tipos e cores: âmbar, verde e incolor. Se os resíduos estiverem separados e triturados, o transporte também será mais rentável, visto que o espaço da caçamba será melhor utilizado.

Devido aos inúmeros componentes presentes nas embalagens, como tampas, lacres, roscas, entre outros, os resíduos vítreos precisam passar pelo processo de beneficiamento. Este pode ser feito de forma manual e depende muito do tipo de material proveniente da coleta seletiva, ou recebimento de material por parte de parceiros.

O processo semiautomático utiliza alguns equipamentos como um sistema de alimentação, lavagem, trituração, separação manual de contaminantes e estocagem, com uma produção estimada, conforme o manual da ABIVIDRO¹⁰, de 4 t/hora a 20 t/hora. Os equipamentos normalmente utilizados são: pá-carregadeira, tremonha ou funil de alimentação, moinho de trituração, tambor ou tanque de lavagem, imã permanente e esteira de triagem manual.

O processo automatizado realiza a separação por sensores óticos e praticamente dispensa mão de obra, sendo possível processar grandes quantidades de vidro.

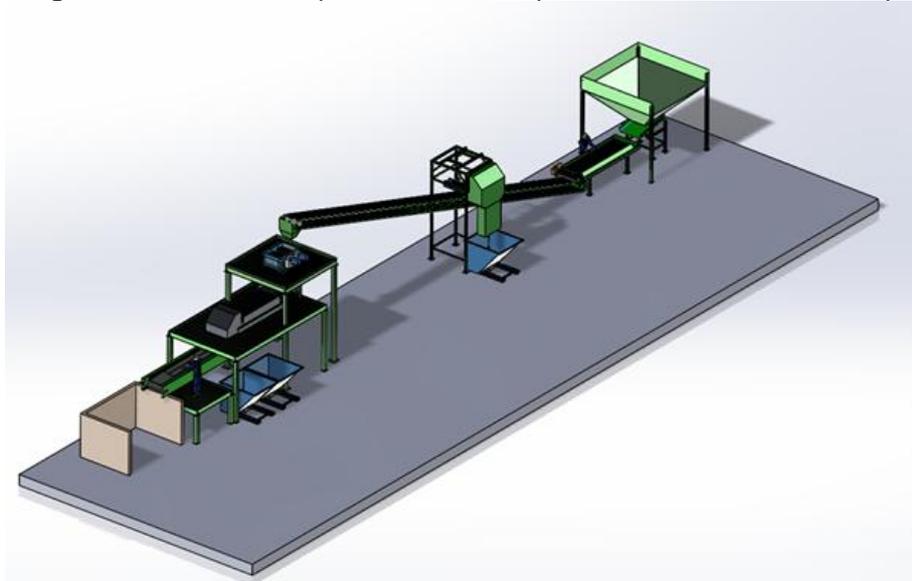
¹⁰ Disponível em: http://abividro.org.br/manual_abividro.pdf

A empresa espanhola - PICVISA¹¹ - implantou duas unidades de beneficiamento de cacos em São Paulo, ambas com tecnologia de fibra ótica para separação de resíduos, especialmente de contaminantes metálicos (ferro e alumínio), encontrados, por exemplo, nas capsulas da cerveja e anéis das garrafas de azeite.

Cada equipamento de separação ótica trabalha com eficácia de 92% em média, variando pela carga de material e quantidade de contaminantes. Neste caso, está considerada para um processamento de 6 t/hora e 5% máximo de contaminantes. Dependendo do grau de contaminantes as separações devem ser continuadas, até 3 vezes, o que irá reduzindo a quantidade inicial de resíduos, mas com um impacto máximo de 10% por tonelada processada.

Uma linha de produção para este trabalho com capacidade de 1.000 toneladas/mês, sendo 6 dias de trabalho com 8 horas, e o processamento de 6 toneladas/hora, seria como na Figura 17. Esta linha inclui um processo de separação manual de contaminantes grandes e a remoção de ferros, britagem, alumínios e cobres. O investimento em linhas similares a esta está em torno de 350.000 Euros.

Figura 17 - Desenho esquemático de uma planta de beneficiamento simples

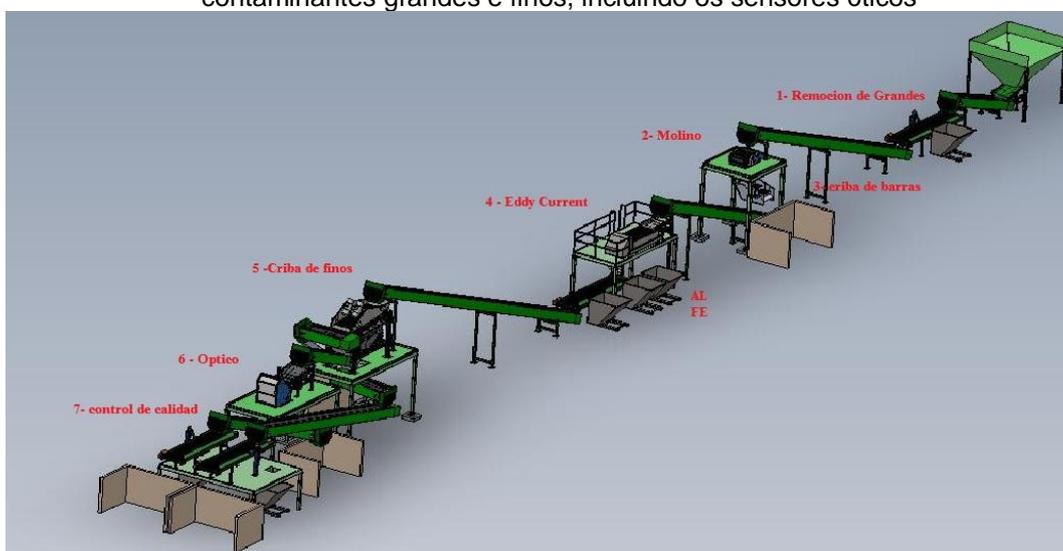


Fonte: PICVISA.

¹¹ Disponível em: <http://picvisa.com/es/pc/4-vidrio>

Quando o material está muito quebrado, e é comum encontrar pedras e outros contaminantes infusíveis, fica impossível remover de outra forma que não a ótica. Desta forma, o sistema deve ser completado com a inclusão de uma peneira para remoção da fração menor que 5 mm e com o sistema ótico com uso de ar comprimido de aspiração para remoção de etiquetas. Este sistema completo, considerando contaminantes em média de 1 kg por tonelada, deve ter alguns módulos para remoção ótica, o que aumenta o custo para 1.200.000 Euros, e está representado na Figura 18.

Figura 18 - Desenho esquemático de uma planta de beneficiamento com separação de contaminantes grandes e finos, incluindo os sensores óticos



Fonte: PICVISA.

O desenho esquemático da planta de beneficiamento tem como legenda as etapas: 1 - remoção de grandes, ou contaminantes maiores. Essa atividade depende de apenas um funcionário, pois as outras etapas compreendem: 2 - moinho, 3 - esteiras de barras, 4 - *Eddy Current* (ou Correntes de Foucault que formam um campo magnético e na presença de um eletroímã podem separar os materiais metálicos), 5 - peneiras finas, 6 - separação ótica dos contaminantes e cores do vidro, até o 7 - controle de qualidade.

A Figura 19 apresenta um detalhe dos cacos e garrafas no pátio de recebimento dos resíduos antes do beneficiamento, quando são classificados por tipo. A Figura 20 ilustra a etapa de separação manual dos contaminantes grandes, que podem ainda estar presentes no material, e esta é uma das

poucas etapas dessa planta onde se faz necessário um funcionário em trabalho manual. A Figura 21 representa a etapa 3 do desenho esquemático da planta de beneficiamento, que são as esteiras por onde passam o material na fase antes de passar pelo campo magnético (*Eddy Current*) que irá retirar os contaminantes metálicos.

A Figura 22 apresenta um detalhe dos separadores óticos que farão a separação por cada tipo de cor do material que sairá como matéria-prima para alimentar os fornos.

Figura 19 - Cacos e garrafas antes do beneficiamento



Fonte: VIDRO PORTO, 2016.

Figura 20 - Separação manual de contaminantes grandes.



Fonte: VIDRO PORTO, 2016.

Figura 21 - Esteira para separação ótica



Fonte: VIDRO PORTO, 2016.

Figura 22 - Separadores óticos



Fonte: VIDRO PORTO, 2016.

Durante a entrevista com o técnico de produção da indústria Vidro Porto¹², em Porto Ferreira - SP, algumas dificuldades foram levantadas, especialmente quanto à distância para receber os cacos, normalmente em um raio de 400 a 600 km. A planta tem capacidade para processar 600 toneladas/dia para produção de garrafas de diferentes formatos e cores. A mistura ideal para eles é com a proporção de 70% de caco, ou na proporção de 1 para 1, caco e matéria-prima virgem. A separação ótica processa 20 t/hora, em turno de 24 horas, parando apenas para manutenções que duram, em média, 4 horas. A usina trabalha com 5 pessoas, revezando nas 24 horas e um mecânico dedicado durante toda a semana.

O custo do beneficiamento era de R\$ 50,00 por tonelada, agora é de R\$ 25,00 com a planta ótica. Antes o trabalho era manual, com 60 pessoas e não conseguiam o volume de 2.000 toneladas/mês.

¹² Mais informações sobre a indústria podem ser encontradas no site. Disponível em: <http://www.vidroporto.com.br/usina-de-beneficiamento-de-caco.php>

4.5. ANÁLISE DO CICLO DE VIDA DA EMPRESA OWENS ILLINOIS - OI

Pela apresentação do programa “*Glass is Good*”¹³ ou “*Glass is life*”, a indústria de embalagens de vidro, as suas empresas e milhares de funcionários, reconhecem a importância crescente de proteger o meio ambiente e a conservação dos recursos de energia, valiosos hoje em dia.

A empresa Owens-Illinois¹⁴- O-I está presente em 21 países com 78 plantas. No Brasil a O-I produz garrafas para cervejas, vinhos, destilados, não alcoólicos, além de potes para alimentos, fármacos, cosméticos e itens de utilidades domésticas. É a maior fabricante de vidros do mundo e referência em qualidade. As plantas estão localizadas no Rio de Janeiro, São Paulo e Pernambuco (ABIVIDRO).

A empresa realizou a análise do ciclo de vida (*Life Cycle Assessment - LCA*) da produção de vidro com base na justificativa das mudanças climáticas e a necessidade de redução dos gases de efeito estufa, com objetivo de definir o programa de sustentabilidade, tendo como público os seus clientes e consumidores.

O ciclo de vida foi baseado no cálculo da pegada de carbono e examinou desde a extração da matéria-prima e seu processamento, incluindo reciclagem de cacos; o transporte do material; o processo produtivo com uso de combustíveis e energia para derreter e formar as embalagens de vidro; transporte dos produtos para consumo; a gestão do “fim de vida” como reuso, reciclagem ou disposição final.

A pegada de carbono (*carbon footprint*) mede a quantidade total das emissões de gases de efeito estufa causadas diretamente e indiretamente por uma pessoa, organização, evento ou produto (*Carbon Trust*). É uma metodologia criada para medir as emissões de gases de efeito estufa – GEEs emitidos na atmosfera durante o ciclo de vida de um produto, processo ou serviço.

¹³ Disponível em: <http://www.glassisgood.com.br>

¹⁴ Documento disponível em: http://www.o-i.com/uploadedFiles/Content/Stacked_Content/OI_LCA_031010.pdf consultado em 12/08/2016.

Algumas instituições, como o *Intergovernmental Panel on Climate Change* - IPCC, *Greenhouse Gas Protocol* - GHG e o Programa Brasileiro GHG Protocol, trabalham para apresentar fatores de emissão, equações específicas para cada atividade e ferramentas de cálculo para facilitar a elaboração do inventário de GEE das instituições. Existem softwares para o cálculo onde são usados fatores de emissão e metodologias de fontes reconhecidas em conformidade com o programa específico de GEE (ABNT, SEBRAE, 2015).

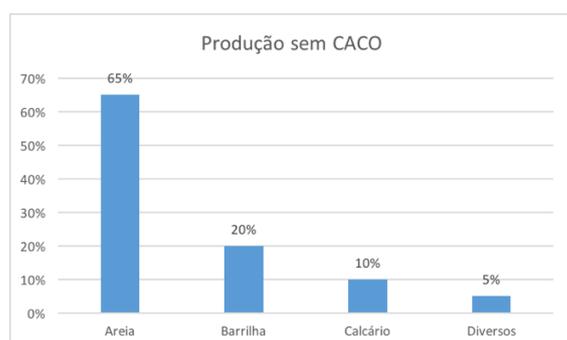
No estudo do ciclo de vida da empresa O-I, foi realizada a análise completa de “*cradle to cradle*” ou do berço-ao-berço, que possibilitou a comparação da pegada de carbono do vidro com diferentes produtos, especialmente aqueles que mais são utilizados em embalagens, como alumínio e PET.

O documento apresenta resultados e informa que a reciclagem de vidro e o reaproveitamento contribuem significativamente para reduzir a pegada de carbono das embalagens de vidro.

O uso de vidro reciclado, ou cacos beneficiados como matéria-prima, apresentam impactos positivos como para cada 1 kg de cacos substitui 1,2 kg de matéria-prima virgem. Para cada 10% de vidro reciclado ou cacos usados na produção resultam em aproximadamente 5% de redução nas emissões de carbono e a energia salva é algo como 3%.

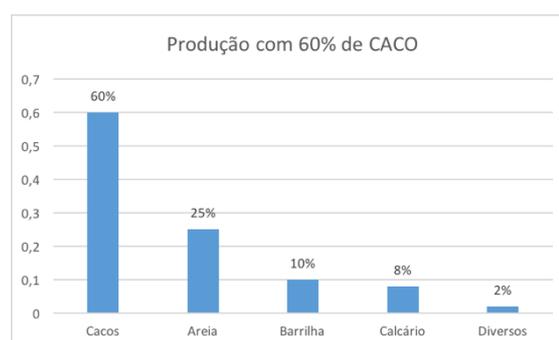
As Figuras 23 e 24 apresentam gráficos representativos do uso de matéria-prima para a composição do vidro, em uma produção sem caco e a produção com a utilização de 60% de caco, que substitui em 65% o uso de areia, aumenta em 10% o uso de barrilha, 2% de calcário e 3% de outros componentes (diversos).

Figura 24 - Produção sem caco



Fonte: Relatório *Glass is Good* e Guia *Abividro*.

Figura 23 - Produção com 60% de caco



Fonte: Relatório *Glass is Good* e Guia *Abividro*.

Os objetivos definidos para o estudo do ciclo de vida pela O-I, segundo o estudo, são: reduzir o consumo de energia em 50%, reduzir o total de emissões de CO₂ equivalente em 65%, alcançar a porcentagem de 60% de reciclagem na produção global da empresa, alcançar zero acidentes.

A empresa Owens-Illinois compõe o grupo de parcerias no programa “*Glass is Good*”¹⁵, que é um projeto para reciclagem de embalagens de vidro desenvolvido pela DIAGEO, empresa do segmento de bebidas alcoólicas. Também participam as indústrias de bebidas Heineken e a Cia Müller.

Neste programa a logística reversa é feita de maneira colaborativa entre organizações de catadores, casas noturnas, restaurantes e bares, envolvendo a cadeia produtiva do vidro, segundo a Diageo.

4.6. SOBRE A ABIVIDRO

A ABIVIDRO divulga que o ciclo da reciclagem de vidro é infinito, o que conceitualmente pode ser considerado, mas este aspecto, visto pela ótica da reciclagem pós-consumo, é uma das questões abordadas neste trabalho, como apresentado na Figura 25.

¹⁵ Disponível em: <http://www.glassisgood.com.br/#area-home>

Figura 25 - Ciclo Infinito da Reciclagem de vidro



Fonte: Guia Reciclagem do Vidro, ABIVIDRO.

Segundo a ABIVIDRO, a reciclagem de vidro é uma atividade econômica lucrativa e que “no Brasil, a reciclagem ainda é vista como uma atividade marginal, de subsistência e, como tal, necessita de uma perspectiva empreendedora, que molde o negócio em termos empresariais em todos os seus aspectos” (ABIVIDRO, s.d., p.5). Neste manual, a associação afirma que a reciclagem é um nicho de mercado ainda inexplorado e com grande potencial de lucratividade.

Quanto a uma usina de reciclagem de vidro, afirmam que é uma instalação que gera empregos e não demandam especialização, “beneficiando camadas geralmente mais carentes da população” (ABIVIDRO, s.d., p.5).

Em relação à “preservação do meio ambiente” afirmam que as “embalagens de vidro podem ser totalmente reaproveitadas no ciclo produtivo, sem nenhuma perda de material” (ABIVIDRO, s.d., p.5).

Ainda segundo a ABIVIDRO, a reciclagem de vidro contribui para o “menor descarte de lixo, reduzindo os custos de coleta urbana e aumentando a vida útil de aterros sanitários” (p.5).

A proposta de viabilidade econômica apresentada no Manual “Guia da Reciclagem de Vidro” verifica como fatores primordiais o volume a ser beneficiado, a distância a ser percorrida da captação à recicladora e os custos operacionais.

Como já foram apresentadas neste trabalho, as características do vidro e as peculiaridades relativas à qualidade do caco para reciclagem, a partir dos próximos tópicos será avaliada a coleta seletiva de vidro na cidade de Belo Horizonte, como o recorte do estudo deste trabalho, e sua relação com o ciclo de vida em uma visão crítica.

5. PARTE 3 - REVELAÇÕES DO CAMPO

“Vi um bicho, na imundice do pátio, catando comida entre os detritos, quando achava alguma coisa, não examinava nem cheirava; engolia com voracidade. O bicho não era cão, não era gato, não era rato. O bicho, meu Deus, era um homem”. (Manoel Bandeira, 1948)

5.1. BELO HORIZONTE E SUA HISTÓRIA NA LIMPEZA URBANA

Figura 26 - Mapa de Minas Gerais com localização de Belo Horizonte



Fonte: IBGE.

Belo Horizonte possui uma área de 331,401 km² e a população de 2010, pelo IBGE¹⁶, era de 2.375.151 milhões de habitantes e, estimada, em 2.513.451 em 2016. A cidade faz 120 anos em 2017.

A história da limpeza urbana vem desde 1900, quando foi criada a Diretoria de Higiene, e organizada a coleta de lixo pelo então Prefeito Bernardo Monteiro, que já no início do século XX, tinha a

preocupação de transformar a capital de Minas em um modelo de higiene

¹⁶ <http://www.cidades.ibge.gov.br/xtras/perfil.php?lang=&codmun=310620&search=minas-gerais|belo-horizonte|infograficos:-informacoes-completas>

inspirado nas cidades de Buenos Aires, Washington e Londres, especialmente com o sentido de mudar os hábitos da população com relação à higiene (PBH-SLU, 2000). Esses aspectos históricos aqui são citados pela relação com a memória da autora, bisneta do então prefeito que pioneiramente organizou a gestão de resíduos da cidade.

O problema do lixo é recorrente, especialmente causador de inundações e até 1970, quando houve um grande adensamento populacional urbano, foram criados sete distritos de coleta domiciliar. No entanto, o lixo da cidade vinha sendo depositado “a céu aberto, um local conhecido como “Boca do Lixo”, onde mais de 300 pessoas moraram em convivência com o “lixo”, já vivendo da catação em condições subumanas (PBH-SLU, 2000, p.60).

A Superintendência de Limpeza Urbana - SLU, criada em 1973, é uma autarquia municipal responsável pela elaboração, controle e execução de programas e atividades voltados para a limpeza urbana de Belo Horizonte. Em 1975, foi iniciada a construção do aterro sanitário da BR 040 (Km 531, Bairro Jardim Filadélfia). Desde 1983, ações de educação são realizadas nas escolas com o objetivo de criar uma nova cultura em relação à limpeza urbana. Em 1984, passou a discutir “a atuação dos catadores de papel com os proprietários de depósitos, objetivando encontrar formas de ação integrada que viabilizem a atividade desses trabalhadores e facilitem a manutenção da limpeza da cidade” (PBH-SLU, 2000, p.85).

Por ocasião da ECO 92 e os princípios do desenvolvimento sustentável referendados na Agenda 21, a administração da SLU implementou o Modelo de Gestão de Resíduos Sólidos de Belo Horizonte, proposto para atuar em três pilares: consistência tecnológica, qualificação e valorização do trabalhador, cidadania e participação social. Nesta ocasião, o programa de reciclagem de entulho foi iniciado, um projeto pioneiro e reconhecido.

A coleta seletiva é praticada em Belo Horizonte desde 1993, mas não incorporava a coleta porta-a-porta dos recicláveis, apenas contava com contêineres destinados a receber os materiais separados em: papel, metal, vidro e plástico, localizados em pontos de coleta denominados Locais de

Entrega Voluntária - LEV. Os materiais eram entregues na Associação dos Catadores de Papel, Papelão e Material Reaproveitável de Belo Horizonte - ASMARE e na Santa Casa de Misericórdia.

A parceria com os catadores vem desde essa época com apoio em infraestrutura de suporte à coleta e triagem do material reciclável, fornecimento de vale transporte e uniformes, participação em treinamentos, cursos e capacitação para o trabalho, além de outras parcerias com o setor público e privado para viabilizar os contêineres, ampliar os recursos para a limpeza urbana e medidas educativas.

O programa foi ampliado para as vilas e favelas, atingindo uma expressiva parcela da população com a coleta domiciliar.

Em 1999, a Prefeitura de Belo Horizonte por intermédio da SLU e a UNICEF, promoveram o 1º Encontro Nacional de Catadores de Papel, marcando o processo de articulação para a organização nacional dos catadores. Foram ampliados os pontos de coleta, sendo 107 Locais de Entrega Voluntária - LEV, totalizando 395 contêineres. O papel, metal e plástico recolhidos eram doados para a ASMARE e o vidro para a Santa Casa de Misericórdia.

Atualmente são adotadas duas modalidades de coleta seletiva na cidade: ponto a ponto (nos LEV), e porta a porta. A coleta seletiva porta a porta é adotada em 30 bairros da capital.

O município de Belo Horizonte possui 487 bairros, conforme a Lei 9.691/2009 e sua atualização pela Lei 10.698/2014. Segundo dados do Censo Demográfico 2010, os bairros mais populosos, Sagrada Família, Buritis e Padre Eustáquio, possuem acima de 28 mil moradores. Este número é elevado, considerando que, entre os 853 municípios de Minas Gerais, apenas 14% (116) têm mais de 28 mil residentes. Dentro da mesma lógica, 70 bairros da capital têm população superior a 10 mil, mais da metade dos municípios do estado não atingem essa marca. Esses dados indicam a complexidade socioeconômica e cultural abrigada em apenas um desses grandes bairros da capital mineira¹⁷.

¹⁷ Disponível em: <http://gestaocompartilhada.pbh.gov.br/estrutura-territorial/bairros>

Em dezembro de 2008, a população beneficiada com os serviços de coleta seletiva porta a porta atingiu 354.000 moradores, com uma média mensal coletada de 295 toneladas (média ano 2008), totalizando 30 bairros atendidos. Desde 2016, está presente em 36 bairros, alcançando uma população aproximada de 384 mil pessoas, em mais de 123 mil domicílios¹⁸.

A SLU disponibiliza, por meio de convênios, galpões públicos ou alugados, para as oito (8) associações de catadores integrantes do Fórum Municipal Lixo e Cidadania, distribuídos nas regionais Venda Nova, Pampulha, Centro-Sul, Oeste, Barreiro, sendo:

- a) Cooperativa de Reciclagem dos Catadores da Rede de Economia Solidária - CATAUNIDOS;
- b) COOPERSOL Leste;
- c) COOPEMAR;
- d) COOPERSOLI Barreiro;
- e) Associação dos Recicladores de Belo Horizonte - ASSOCIRECICLE;
- f) ASMARE - Galpão Ituiutaba;
- g) ASMARE - Galpão Contorno;
- h) Cooperativa de Materiais Recicláveis da Pampulha - COMARP II;
- i) COMARP I;
- j) COOPERSOL Venda Nova.

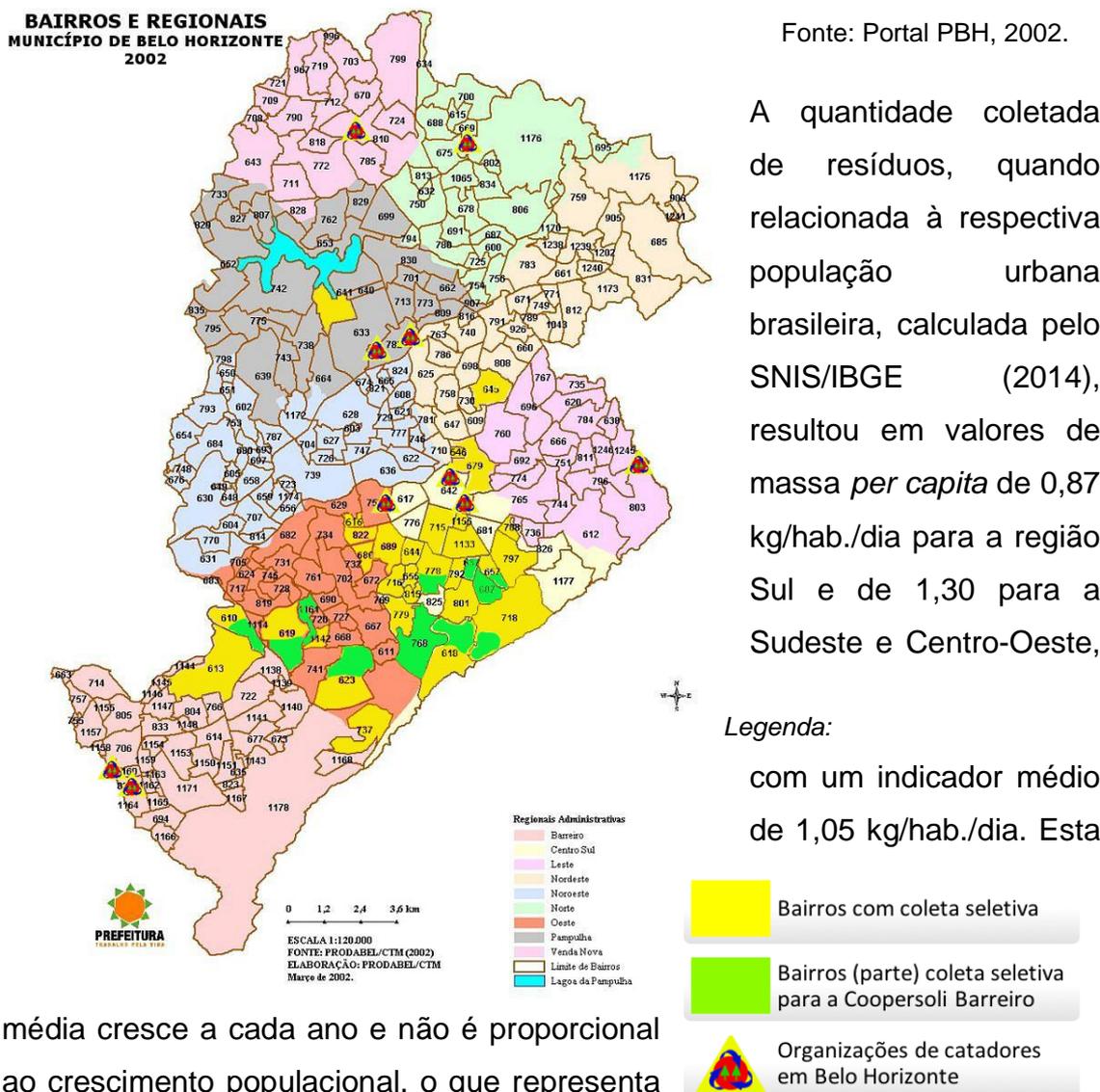
O plano de gestão de resíduos da SLU foi desenvolvido para que cada regional administrativa possua uma cooperativa de catadores para triagem dos materiais recicláveis coletados.

O mapa, na Figura 27, apresenta a divisão de bairros conforme o parcelamento territorial do município, com suas localizações, em cores destacadas pela autora, aqueles com a presença do serviço de coleta seletiva. O ícone (organizações de catadores) localiza as cooperativas; estão destacados os bairros com coleta seletiva (em amarelo) e os bairros em parte (marcados em verde) de onde os materiais recicláveis coletados são destinados, sendo desses para a COOPERSOLI Barreiro, um dos focos deste estudo.

¹⁸ Disponível em:

http://portalpbh.pbh.gov.br/pbh/ecp/comunidade.do?evento=portlet&pIdPlc=ecpTaxonomiaMenuPortal&app=pbh&tax=53755&lang=pt_BR&pg=5120&taxp=0&

Figura 27 - Mapa de Bairros de Belo Horizonte. Marcação de bairros com coleta seletiva e localização das organizações de catadores



média cresce a cada ano e não é proporcional ao crescimento populacional, o que representa aumento no consumo (e/ou no desperdício), especialmente porque significa um crescimento equivalente ao dobro do crescimento da população urbana do país no período.

O número de habitantes de Belo Horizonte está na faixa 5 da geração de resíduos per capita (Figura 28), segundo o SNIS (2014). Em relação à abrangência, representa 7,4% do número de bairros e em relação à população total estimada¹⁹ (IBGE, 2016) de 2.513.451, o atendimento da coleta seletiva

¹⁹ Disponível em: <http://cidades.ibge.gov.br/xtras/temas.php?codmun=310620&idtema=130>

alcança 15% da população (354 mil habitantes), com a geração estimada média de 1,30 kg/hab/dia.

Figura 28 - Geração de resíduos per capita por faixa populacional

Ref.: SNIS 2014 tab. 6.7 - População Estimada 2015 (IBGE)						
Faixa Populacional	Intervalo da faixa	Municípios	Pop. Total 2015 habitantes	Pop. Urbana 2015 habitantes	kg/hab/dia	milhoes de toneladas/ano
1	Até 30 mil habitantes	4431	47.212.870	30.523.120	0,87	9,69
2	De 30.001 a 100.000 habitantes	834	42.619.692	32.731.923	0,94	11,23
3	De 100.001 a 250.000 habitantes	194	29.349.756	25.827.785	0,91	8,58
4	De 250.001 a 1.000.000 de habitantes	93	40.368.536	39.561.165	1,00	14,44
5	De 1.000.001 a 3.000.000 de habitantes	15	26.445.662	24.858.922	1,30	11,80
6	Acima de 3.000.001 habitantes	2	18.444.456	18.260.011	1,30	8,66
Total		5570	240.440.972	169.751.326	1,05	64,40

Fonte: SNIS, 2014. Adaptado pela autora.

A caracterização do lixo domiciliar de um município é feita segundo a Norma ABNT NBR 10007/2004, quando são realizadas amostragens dos resíduos, sendo consideradas as características e propriedades da massa total. As variáveis ao longo do percurso, desde a geração até o destino final são verificadas, assim como aspectos da sazonalidade e climáticos, influências regionais e temporais, flutuação da economia, capacidade do município em relação aos serviços de coleta e limpeza urbana, poder aquisitivo da população, costumes e tipos de acondicionamento.

O procedimento de quarteamento é bem adequado para a obtenção de uma amostragem representativa de resíduos sólidos urbanos. No processo de mistura uma amostra bruta é dividida em quatro partes iguais, sendo tomadas duas partes opostas entre si para constituir uma nova amostra e descartadas as partes restantes. As partes não descartadas são misturadas totalmente e o processo de quarteamento é repetido até que se obtenha o volume desejado (ABNT, 1987).

Não existe uma norma que defina quais frações dos resíduos encontrados nas amostras devem ser particularizadas para a composição de uma planilha específica contendo os dados da caracterização. São inúmeros os tipos de produtos e embalagens produzidos no mercado, principalmente aqueles feitos dos diversos tipos de plásticos e no caso das embalagens longa vida, os dados encontrados referentes à composição gravimétrica são os mais diversos,

muitas vezes incompatíveis para uma análise do ciclo de vida dos materiais (MMA, 2011).

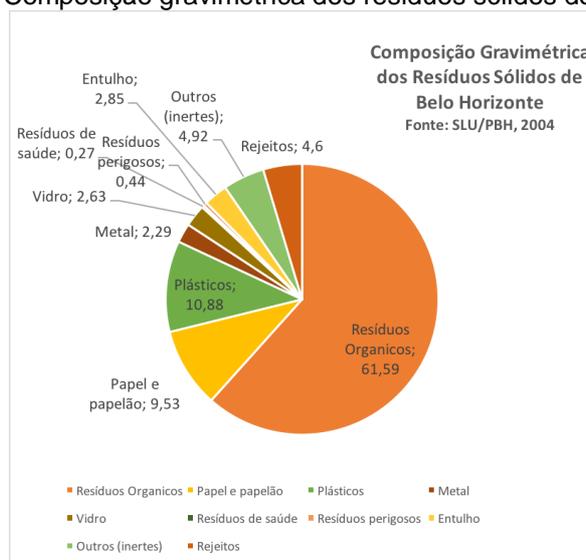
A última caracterização dos resíduos sólidos de Belo Horizonte ocorreu no período de outubro de 2002 a setembro de 2003. Foram coletadas 100 amostras de lixo domiciliar nas 10 regiões administrativas do município à época, sendo: Barreiro, Centro, Leste, Oeste, Norte, Nordeste, Noroeste, Sul, Pampulha e Venda Nova. As amostras foram obtidas por trimestre, perfazendo quatro etapas, visando investigar a influência da sazonalidade climática na geração de resíduos (PBH/SLU, 2004).

Na obtenção do número de amostras alguns princípios foram utilizados como norteadores, conforme os apresentados a seguir:

- a) fundamento estatístico de amostragem estratificada proporcional, cuja premissa diz que toda fração identificável no conjunto-universo deve estar representada na composição amostral, nas mesmas proporções em que ocorre na escala real (Seger, Sônia Pereira Mercedes - Pesquisa de Caracterização, SLU. Ano 1995/96);
- b) distribuição das amostras em quatro etapas, a intervalos trimestrais, sob a justificativa de investigar a influência da sazonalidade na geração dos resíduos;
- c) definição do número de amostras por Gerência de Limpeza Urbana/Administração Regional, proporcionalmente ao número de distritos existentes (SLU/PBH, 2004).

O gráfico apresentado na Figura 29 demonstra a composição gravimétrica encontrada, sendo os componentes orgânicos (resíduos alimentares, podas, resíduos de banheiros e outros) predominantes na massa de resíduos amostrada (61,59%). O grupo de interesse para a coleta seletiva correspondeu a aproximadamente 25,33% da composição, sendo os plásticos (PS, PP, PEAD, PEBD, PET) os principais representantes com 10,88% do peso total úmido. O papel (papelão, papel fino e embalagem longa vida) representou 9,53%. As menores contribuições foram do vidro, 2,63% e dos metais (ferroso e não ferroso), com 2,29%. Os resíduos perigosos somaram 0,44%, de saúde, 0,27%, outros (inertes), 4,92% e entulho, 2,85%.

Figura 29 - Composição gravimétrica dos resíduos sólidos de Belo Horizonte



Fonte: SLU/ PBH, 2004.

Como a última caracterização ocorreu há mais de 12 anos, fica difícil afirmar que os índices se mantiveram, especialmente devido às inúmeras alterações socioeconômicas ocorridas no período.

O SNIS (2014) aponta um crescimento na geração de resíduos de 4% a mais do que em 2013, com uma alta expressiva de 12,9%, de 2010 a 2014, no indicador geração per capita.

Entretanto, como não há uma caracterização atualizada, os índices apontados, especialmente em relação ao material que importa para este estudo - o vidro - se aproximam muito do estudo realizado em Belo Horizonte, sendo 2,4% (IPEA, 2012), e até 5%, em média (Banco Mundial, 2012).

5.2. ESPECIFICIDADES DA COLETA SELETIVA DE VIDRO EM BELO HORIZONTE

A coleta de vidro em Belo Horizonte ocorre principalmente nos Pontos de Entrega Voluntária - PEV, localizados em ambientes públicos e privados (igrejas, postos de gasolina, condomínios, supermercados). Os cacos são recolhidos por um caminhão adaptado com um sistema de Munck e uma caçamba, como demonstrado nas Figuras 30 e 31 a seguir.

Figura 30 - PEV para vidro



Fonte - SLU/PBH

Figura 31 - Caminhão Munck para coleta dos resíduos de vidro em Belo Horizonte



Fonte - SLU/PBH

A SLU coletava e encaminhava os cacos para uma garrafaria até aproximadamente 2007. A empresa - Caco Limpo - recebia e beneficiava os cacos para encaminhar à reciclagem, entretanto, não se adaptou à legislação ambiental e fechou neste período.

Do início dos anos 1990, até quando houve a mudança, com o fechamento da Caco Limpo, a coleta de vidro era feita pelos catadores e doada para a Santa Casa de Misericórdia, especialmente pela ASMARE, associação pioneira, que concentrou durante muitos anos a prática da catação nas ruas de Belo Horizonte.

Depois desse período, por volta de 2008, sem outra empresa ter assumido o recebimento dos cacos, a SLU passou a enviar para uma das cooperativas apoiadas, a COOPEMAR.

O sistema de coleta neste tipo de PEV é perigoso devido degradação das partes metálicas, que pode ser causada por chuva e contaminantes corrosivos, mas ainda é praticada. Por falta de um plano de gestão específico para este material, o vidro foi incorporado na coleta seletiva porta a porta, quando também ficou definido que os materiais recicláveis seriam coletados misturados, ou seja, sem separação por tipo (papel, metal, plástico, vidro).

Sem um plano de gerenciamento e com área também inadequada no espaço ocupado pela COOPEMAR, os resíduos de vidro se acumularam causando impactos ambientais, já que a área onde eram dispostos ficava próxima a um curso d'água. As Figuras 32 e 33, a seguir, foram feitas (pela autora) no início de 2009.

Figura 32 - Presença de vidro no recebimento da coleta seletiva



Fonte: da autora, 2009.

Figura 33 - Disposição de cacos na COOPEMAR



Fonte: da autora, 2009.

Outro impacto causado pelo serviço de coleta seletiva foi a mudança do tipo de caminhão baú para o caminhão compactador, ocorrida em outubro de 2010 por determinação da SLU. Este é um tipo de caminhão projetado para coleta de lixo regular, com estrutura selada para evitar vazamento de líquidos e reduzindo o mecanicamente o volume transportado, aumentando a produtividade da coleta (Figuras 34 e 35).

Figura 35 - Descarga da coleta seletiva em caminhão tipo baú



Fonte: da autora, 2010

Figura 34 - Caminhão compactador



Fonte: TSD Transportes e Serviços Dartora

Com a compactação do material e sendo os resíduos recicláveis coletados misturados, a presença do vidro transformou-se em um problema de segurança e contaminação, além de ocorrerem alguns acidentes com os catadores que manuseiam o material, mesmo usando equipamentos de proteção individual - EPI. Além disso, aumentou muito o material considerado “rejeito”, aquele que é contaminado, ou não é passível de ser comercializado.

Figura 36 - Chão na área de triagem e armazenamento de vidro na COOPEMAR



Fonte: da autora, 2017.

As áreas de triagem das duas organizações de catadores abordadas neste estudo são bem diferentes. Enquanto a COOPERSOLI possui um galpão menor, a COOPEMAR ocupa uma área maior sendo a parte externa bem extensa, porém sem estrutura de piso, ou cobertura.

Os dois galpões ficam na mesma região de Belo Horizonte, no Barreiro. A COOPEMAR está localizada na Avenida Solferina Ricce Pace, 1250, bairro Vale do Jatobá. A COOPERSOLI está localizada na Rua Lacyr Maffia, 161, bairro Jatobá IV.

Segundo os dados informados pela Divisão de Gestão de Resíduos Especiais da SLU, até julho de 2016, Belo Horizonte tem distribuídos 77 PEV para coleta de vidro, nas Prefeituras Regionais: Barreiro (9), Centro-Sul (11), Leste (7), Nordeste (8), Noroeste (3), Norte (1), Oeste (8), Pampulha (27) e Venda Nova (3).

O resíduo de vidro coletado nos PEV segue todo para a COOPEMAR, mas a mesma recebe também de três empresas localizadas na região metropolitana de Belo Horizonte.

5.3. ESTATÍSTICAS DO CONTROLE DE RESÍDUOS RECEBIDOS E COMERCIALIZADOS NAS COOPERATIVAS COOPEMAR E COOPERSOLI

5.3.1. COOPEMAR

Os dados coletados pelo controle de vendas de resíduos de vidro na COOPEMAR, nos últimos seis meses, indicam uma média mensal de 120 toneladas/mês (Tabela 5).

Tabela 5 - Total de resíduos de cacos de vidro vendido pela COOPEMAR (oriundo de PEV e outras fontes, de julho a dezembro de 2016 (toneladas)).

MES	Resíduos de Vidro	OBSERVAÇÕES
Julho	203,34	Estoque antigo e de parceiros
Agosto	119,44	
Setembro	118,32	
Outubro	115,92	

Novembro	42,52	Problema na caçamba
Dezembro	116,21	

Fonte: COOPEMAR, 2016.

Esta cooperativa recebe todos os resíduos coletados nos PEV específicos para vidro distribuídos nas nove (9) regionais de Belo Horizonte. Segundo os dados da SLU (2016), as quantidades recebidas de materiais recicláveis provenientes da coleta nos PEV de vidro entregues na COOPEMAR, mantém uma média de 79 toneladas/mês (Tabela 6).

Tabela 6 - Quantidades recebidas de vidros recicláveis depositados em PEV entregues na COOPEMAR - 2016 (toneladas)

MES	Total recebido (t)
Janeiro	79,40
Fevereiro	72,81
Março	76,57
Abril	69,10
Mai	75,60
Junho	73,82
Julho	78,72
Agosto	81,40
Setembro	85,13
Outubro	74,98
Novembro	94,23
Dezembro	82,40
MÉDIA MENSAL	78,68

Fonte: Divisão de Resíduos Especiais da SLU - Belo Horizonte, 2016

Ainda segundo a SLU, a quantidade de recicláveis recebida pela coleta seletiva e entregue na COOPEMAR apresentou uma média de 108 toneladas/mês, em 2016 (Tabela 7). Os dados mostrados na Tabela 7, informados pela SLU, não detalham a quantidade mensal de resíduos entregue na cooperativa por tipo de material, apenas apresenta o somatório, em peso, de todos os recicláveis provenientes da coleta seletiva e entregues na COOPEMAR. Portanto, para chegar mais próximo dos dados coletados na cooperativa, foi aplicada a

porcentagem de 2,63%, obtida da parcela de contribuição do vidro na composição gravimétrica dos resíduos sólidos totais de Belo Horizonte.

Tabela 7 - Porcentagem estimada de resíduos de vidro provenientes da coleta seletiva (SLU) entregues na COOPEMAR - 2016 (toneladas)

MES	Total de Recicláveis provenientes da Coleta Seletiva (todos materiais) (t)	Quantidade estimada de vidro (2,63%) no total (t)
Janeiro	155,07	4,08
Fevereiro	122,91	3,23
Março	122,42	3,22
Abril	75,54	1,99
Mai	96,49	2,54
Junho	109,20	2,87
Julho	104,45	2,75
Agosto	94,31	2,48
Setembro	103,41	2,72
Outubro	95,41	2,51
Novembro	98,05	2,58
Dezembro	113,79	2,99
MÉDIA MENSAL	107,59	2,83

Fonte: Divisão de Resíduos Especiais - SLU, 2016. Adaptado pela autora.

Como as informações coletadas na COOPEMAR sobre as fontes de proveniência dos resíduos de vidro não são detalhadas, depreende-se que existem mais parceiros, ou outras formas de coleta, própria, que não nos foram informadas. A diferença entre a média mensal informada pela cooperativa e o controle da SLU é de 38,49 t/mês, considerando os dados informados de 120 t/mês e o total proveniente dos PEV e da coleta seletiva que somam 81,51 t/mês.

A venda é feita para as empresas MASSFIX ou MASETO, que atuam entre a cooperativa e a indústria, caracterizadas como intermediários, ou comércio atacadista de materiais recicláveis, e atuam também no beneficiamento dos cacos.

O caco, para esses intermediários, é vendido como misto, no valor de R\$ 0,07 (sete centavos) por quilo, ou R\$ 70,00 (setenta reais) a tonelada. Sendo assim, a renda média da comercialização deste resíduo é de R\$ 8.400,00 (oito mil e quatrocentos reais) mensais.

A área de armazenamento dos resíduos de vidro da COOPEMAR é inadequada para as especificações técnicas já avaliadas neste estudo. A maior quantidade fica depositada no piso, que não é asfaltado, portanto sujeita a contaminação. Entretanto, todo o caco é vendido como misto “sujo”. Na ocasião da visita para levantamento de dados, foi registrada apenas uma caçamba estacionária da empresa MASSFIX. Os detalhes relatados podem ser verificados na Figura 37.

Figura 37 - Área de armazenamento de resíduos de vidro na COOPEMAR



Fonte: da autora, 2017.

5.3.2. COOPERSOLI

A COOPERSOLI é uma cooperativa que também recebe apoio da Prefeitura de Belo Horizonte pela entrega dos materiais provenientes da coleta seletiva realizada em 10 bairros das regiões do Barreiro, Centro Sul e Oeste, com

periodicidade de três dias da semana e a entrega de um volume médio de 15 toneladas semanalmente.

O galpão de triagem da COOPERSOLI Barreiro foi construído com verba de apoio parlamentar e, devido a algumas restrições orçamentárias, não foi feita a adequação necessária para o perfeito fluxo produtivo. Existe uma área de recebimento de material (Figuras 38 e 39), onde deveria ser feita a primeira triagem, mas não oferece espaço suficiente para o manejo e a área não se conecta com as outras onde estão localizadas as mesas de separação e classificação (Figura 40). Além de ser um espaço reduzido para a atividade, ocorre acúmulo de material e é uma área que atravessa o fluxo de saída de material prensado, onde estacionam os caminhões e são movimentados os fardos. Desta forma, quando há necessidade de saída do material para venda, o trabalho de triagem fica praticamente parado.

A área onde é feita a prensagem fica no fundo do galpão, o que dificulta o fluxo e armazenamento dos fardos, que saem em caminhões pelo mesmo portão de entrada do galpão, na área diametralmente oposta, onde há um impacto e gargalo na produção. Possui uma balança tipo rodoviária, onde é feito o controle de entrada e saída do material por peso (Figura 42).

O uso das mesas de triagem, hoje presentes, foi fruto de um trabalho de gestão apoiado pela empresa Tetra Pak e o CEMPRE (Compromisso Empresarial para Reciclagem). Este formato de trabalho propiciou uma evolução no processo de triagem e classificação dos materiais, com resultados positivos na postura das trabalhadoras (efetual e laboral), sendo a maioria de mulheres nesta atividade.

Figura 38 - Área de recebimento de material



Fonte: Coopersoli Barreiro, 2016. Da autora

Figura 39 - Área da primeira triagem



Fonte: Coopersoli Barreiro, 2009. Da autora

Figura 40 - Área das mesas de triagem

Fonte: Coopersoli Barreiro, 2016. Da autora

Figura 41 - Balança rodoviária na entrada

Fonte: Coopersoli Barreiro, 2016. Da autora.

O número de cooperados oscila entre 47 trabalhadores com uma renda média de R\$ 770,00, em 2010 e 41 trabalhadores com renda média de R\$ 860,00 em 2016/17.

A produtividade média total da cooperativa é de 50,5 toneladas/mês (2016), mas possui hoje uma capacidade instalada para 100 toneladas/mês, já tendo alcançado este volume médio mensal.

Da mesma forma que na COOPEMAR, os resíduos recebidos da coleta seletiva no caminhão compactador causam problemas devido aos cacos quebrados em pequenos tamanhos, que tornam o material passível de causar ferimentos nos catadores responsáveis pela triagem, além do rejeito ter aumentado em 20%.

A área para armazenamento do vidro é reduzida, assim como o espaço destinado a uma melhor triagem deste material. Uma caçamba fica estacionada na área descoberta ao lado do silo, onde vão armazenando o vidro.

Figura 42 - Detalhe do vidro recebido na coleta seletiva



Fonte: Coopersoli Barreiro, 2016. Da autora.

Figura 43 - Caçamba estacionada na área externa para armazenar o vidro



Fonte: Coopersoli Barreiro, 2016. Da autora.

O recebimento do material tem a periodicidade de três dias por semana, sendo terça (1 caminhão), quarta (1 caminhão) e quinta (3 caminhões).

Os dados coletados na Divisão de Resíduos Especiais da SLU indicam a quantidade de material recebida de recicláveis durante o ano de 2016. Como na COOPERSOLI Barreiro, a planilha de controle, enviada pelas cooperadas, somente continha os dados dos últimos seis meses (Tabela 8). Optou-se por usar anotar os dois registros, evidenciando a discrepância sempre encontrada, sendo necessário aprofundar a pesquisa visando encontrar o motivo das diferenças no controle de quantidades.

Tabela 8 - Produção de resíduos de caco de vidro na COOPERSOLI Barreiro - 2016 (toneladas)

MESES 2016	Tonelada Vidro
Julho	20,77
Agosto	14,43
Setembro	17,72
Outubro	23,15
Novembro	15,82
Dezembro	11,96

Fonte: COOPERSOLI Barreiro.

Na Tabela 9, foi aplicada a mesma metodologia para calcular a porcentagem estimada de vidro (2,63%), conforme a gravimetria encontrada nos resíduos de Belo Horizonte.

Tabela 9 - Porcentagem estimada de resíduos de vidro provenientes da coleta seletiva (SLU) entregues na COOPERSOLI Barreiro - 2016 (toneladas)

MES	Total de Recicláveis provenientes da Coleta Seletiva (todos materiais)(t)	Quantidade estimada de vidro (2,63%) no total (t)
Janeiro	110,61	2,91
Fevereiro	92,39	2,43
Março	85,75	2,26
Abril	86,54	2,28
Maio	94,04	2,47
Junho	89,28	2,35
Julho	83,91	2,21
Agosto	104,23	2,74
Setembro	76,39	2,01
Outubro	103,96	2,73
Novembro	99,46	2,62
Dezembro	130,27	3,43
MÉDIA MENSAL	96,4	2,54

Fonte: Divisão de Resíduos Especiais - SLU, 2016. Adaptado pela autora.

Devido à discrepância encontrada nos dados levantados entre o controle da COOPERSOLI Barreiro e o da SLU, pode-se considerar que se as informações da cooperativa estiverem mais de acordo com a realidade do grupo, o vidro representaria uma média mensal de 17 toneladas, que comercializadas a R\$ 70,00/t. geraria um resultado médio de R\$ 1.200,00 (mil e duzentos reais) mensais.

5.4. COMERCIALIZAÇÃO

O Estado de Minas Gerais não possui nenhuma indústria vidreira instalada, nem mesmo alguma empresa com o processo de beneficiamento. Sendo assim, os resíduos são comercializados por intermediários de São Paulo, apesar de existir uma indústria no Rio de Janeiro, a Owen Illinois.

São denominados intermediários no processo de logística reversa aquelas empresas que representam o Comércio Atacadista de Materiais Recicláveis. Normalmente, adquirem das organizações de catadores e processam o

material em grandes quantidades, que atingem os requisitos das maiores indústrias recicladoras.

As duas maiores empresas que estão comprando em Minas Gerais são a MASSFIX e a MAZZETO. A MASSFIX Comércio de Sucatas de Vidro está localizada no município de Mogi das Cruzes - SP, e atua no mercado de reciclagem de vidros planos, vidros laminados e vidros de embalagens, reciclando todo o tipo de vidro. A área de atuação abrange a região Sudeste e utilizam equipamentos *roll on - roll off*, distribuídos em um raio de 1.500 km da cidade de São Paulo. A Comércio de Cacos de Vidro MAZZETTO fica localizada na zona norte de São Paulo e não possui website.

Em média, o valor do caco misto e sujo coletado por estas empresas é de R\$ 0,07 (sete centavos) por quilo, ou R\$ 70,00 (setenta reais) a tonelada. A comercialização do caco de vidro branco é de R\$ 0,10 (10 centavos) por quilo, ou R\$ 100,00 (cem reais) a tonelada. Estes valores são considerados para o material retirado, ou seja, sem frete ou impostos. A diferença entre os valores do caco misto para o branco gira em torno de 30 a 40%, segundo a indústria.

Já os valores do caco entregue na indústria variam de R\$ 190,00 (cento e noventa reais) por tonelada do misto sujo, a R\$ 300,00 (trezentos reais) por tonelada do branco sujo. A diferença do caco beneficiado não é tão significativa, pelas informações coletadas, como demonstrado na Tabela 10.

Tabela 10 - Valores de venda dos resíduos para a indústria em 2016 (Reais)

Tipo de caco	OWEN - RJ	VIDRO PORTO - SP	MASSFIX
Misto sujo	R\$ 190,00	R\$ 190,00	R\$ 140,00
Branco sujo		R\$ 300,00	
Misto limpo	R\$ 210,00		
Por Cor limpo	R\$ 250,00		
Branco limpo	R\$ 350,00	R\$ 390,00	

Fonte: Informações coletadas nas indústrias.

O peso de cada caçamba é de aproximadamente 3,64 toneladas e é descontado do peso total ao sair para a venda, quando a cooperativa possui balança rodoviária, senão o intermediário é quem informa o peso da carga. Em

média, uma carga sai da cooperativa com 15 toneladas no peso total. O frete pode significar 30% do valor total.

A diferença de 50% na comercialização se justifica talvez na venda do caco beneficiado. Segundo informações coletadas na indústria Vidro Porto, o valor do beneficiamento seria de R\$ 25,00 por tonelada, o que procede em relação aos valores apurados para compra e venda de cacos.

Já a diferença na comercialização do caco branco pode ser devido ao fato da dificuldade na separação.

Considerando a localização da empresa MASSFIX, a distância percorrida de Belo Horizonte - MG para Mogi das Cruzes - SP é de 635 km. O peso da caçamba varia, em média, 15 toneladas. Ainda que um estudo para levantamento dos fatores de emissões dos gases de efeito estufa - GEE pudessem ser relevantes como complementares a esta pesquisa, não foram encontrados dados primários relevantes disponíveis e confiáveis.

6. ANÁLISES CRÍTICAS

Em relação ao sistema de logística reversa verificado a partir da coleta seletiva urbana no município de Belo Horizonte, ficam evidentes as discrepâncias em relação ao controle de quantidades coletadas (pela autarquia de limpeza urbana) e entregues nas organizações de catadores, tanto pelos dados levantados junto à SLU, quanto pelos das duas cooperativas pesquisadas.

Um dos exemplos é quanto à abrangência da coleta seletiva, que segundo os dados da SLU, atinge 354.000 habitantes, representando 14% do número de habitantes do município. Se considerada a geração média total de resíduos gerados pela população, de 1,05 kg/hab./dia, segundo a referência do SNIS (2014), o total seria de 11.151 t/mês²⁰. Considerada a parcela seca, 25,33%, com base na composição gravimétrica de Belo Horizonte, dos materiais recicláveis provenientes da coleta seletiva, resultaria em 2.824 t/mês.

²⁰ Memória de cálculo: 354.000 (hab.) x 1,05 (kg/hab./dia) x 30 (dias) /1000 (t) = 11.151 (t)

Entretanto, segundo a SLU nas informações coletadas, a média de recicláveis recolhidos é de 607 t/mês, uma diferença de 21,5%, em relação ao potencial apontado pela geração média, o que pode demonstrar a baixa participação da população na coleta seletiva.

Aplicada a porcentagem correspondente à participação do vidro na composição gravimétrica de Belo Horizonte (2,63%), sobre o total de recicláveis recolhidos pela SLU, resultaria em 16 t/mês. Este resultado é mais discrepante ainda em relação ao apurado nas cooperativas, que corresponde a média de 120 t/mês na COOPEMAR e 17 t/mês na COOPERSOLI.

Este é um aspecto relevante, pois a dificuldade no controle dos dados é constatada por todos os institutos ou órgãos de pesquisa nacionais e também por diversos pesquisadores. Trata-se de um desafio em vários âmbitos, desde o da formação de gestores públicos ao desenvolvimento de metodologias e processos tecnológicos que propiciem melhor controle e integração dos dados.

A opção de coleta nos PEV de vidro, como os utilizados em Belo Horizonte, seria interessante se o sistema de logística estivesse integrado a um processo de gestão produtiva da cooperativa onde os resíduos são entregues. É possível verificar que o valor agregado a este resíduo é baixo, se comparado a um processo sem a presença de contaminantes, ou se fosse possível a separação por cores, também integrada a um beneficiamento prévio simples, como a redução dos cacos por um triturador. O que neste tipo de equipamento não é possível, pois ao depositar as embalagens nos PEV as mesmas já se quebram.

Outra questão é quanto à mistura dos materiais na coleta seletiva, segundo a norma brasileira ABNT NBR 16182:2013, que definiu a simbologia de descarte seletivo nas embalagens de produtos não perigosos, a identificação dos materiais passou a caracterizar o descarte dos resíduos secos (embalagens e outros recicláveis), em separado dos resíduos úmidos (restos de alimentos), representado na Figura 44 (ABRE, 2014).

Figura 44 - Simbologia do descarte seletivo



Fonte: ABRE, 2014.

A simbologia é adequada para informar aos consumidores sobre a composição dos produtos e sua reciclabilidade. Entretanto, os materiais passam a ser descartados juntos, o que, por um lado confundiu aquelas pessoas que já estavam informadas sobre o uso das lixeiras separadas por cores.

É comum ouvir dos consumidores que não separam mais os materiais recicláveis porque os “lixeiros” passam e misturam tudo novamente. Esse é um fator que compromete a mobilização e educação possivelmente já difundida, porque não há divulgação dos detalhes, especialmente no caso de Belo Horizonte, que passou a usar o caminhão compactador na coleta seletiva desde 2013. O uso deste equipamento causa inúmeros problemas, especialmente com a quebra dos resíduos de vidro que contaminam outros materiais e aumenta o índice de rejeitos, além de causar acidentes nos catadores que fazem o manuseio mesmo com uso de equipamentos de segurança.

Mais uma vez, faz-se necessária uma ampla educação e divulgação dos detalhes pertinentes à separação na fonte dos materiais recicláveis, além de um processo adequado de coleta seletiva.

Em relação à reciclagem de vidro no ciclo de vida, há que se ressaltar a informação do CEMPRE (2004), com respeito às embalagens de vidro, das 47% recicladas por ano no Brasil, cerca de um quarto é reciclada na forma de cacos. Desse total, 40% é oriundo da indústria de envase, 40% do mercado difuso, 10% de bares, restaurantes e hotéis e 10% do refugo da indústria.

Esse mercado difuso é representado pelo comércio atacadista de materiais recicláveis, mas que também coleta de diferentes fontes, das cooperativas de catadores a pequenos comércios.

Desta forma, podemos aferir que a maior parte dos cacos usados na reciclagem de vidro é proveniente da indústria de envase, ou de refugo industrial, comprovado pelas visitas de campo realizadas nas indústrias Vidro Porto e Owen Illinois.

Na utilização do caco na produção de embalagens de vidro, a informação divulgada pela ABIVIDRO sobre a utilização de 1 para 1, ou seja, com 1 quilo de caco se produz 1 quilo de vidro reciclado, somente procede porque não há perda de material no processo produtivo. Quando são utilizadas matérias-primas virgens as perdas de materiais chegam a 15%.

Além disso, as especificações para o material ser reciclado são muitas, como não conter contaminantes que vão de pedaços de outros vidros, cristais, espelhos, lâmpadas, terra, pedras, cerâmicas, entre outros. Outros detalhes como os lacres de metal, ou as tampas de vidros de azeite, por exemplo, que soltam um aro próximo ao gargalo e é de difícil separação, podem complicar o processo do beneficiamento antes da reciclagem.

Deve-se lembrar que o vidro não é biodegradável e precisa ser separado por processos manuais ou automatizados, como exposto neste estudo. Assim, se o ciclo da reciclagem de vidro não fecha, com o retorno deste material até a indústria, o material ficará na natureza para sempre. Além disso, não é um material combustível, pois o ponto de fusão é a 1.500 graus, não sendo adequado ao processo de incineração. Por outro lado, o vidro é reintroduzido no mesmo ciclo para produção de novos materiais ou produtos.

Os desafios da sustentabilidade, e dentro desses a gestão integrada dos resíduos sólidos, nos compele a uma revisão profunda da relação cultura e natureza, do resgate de maneiras de ver o mundo, em uma maneira de lidar com a diversidade, seja cultural ou biológica. É preciso desenvolver novas mentalidades, especialmente aquelas que reproximem as pessoas à natureza e menos do desejo desenfreado do consumo.

Assim, falar em ciclo de vida dos produtos deve remeter a uma nova lógica do *berço ao berço*, do renascimento, da transformação, lembrando que vivemos em um planeta provedor, mas num ciclo fechado, onde “*o que vai, volta*”. E, estimulando a reflexão sobre os padrões de produção e consumo, pensar no que até então seriam “resíduos”, como matéria e energia, que precisam ser responsabilmente utilizados em nome das gerações presentes e futuras. Ir além, e tratar da mudança conceitual: de resíduos sólidos para **recursos sólidos**.

7. Referências bibliográficas

ADAMS, J. **Risk: the policy implications of risk compensation and plural rationalities**. LONDON: UCL Press, 1995.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 14044: Gestão ambiental: Avaliação do ciclo de vida - Requisitos e orientações**. Rio de Janeiro, 2009.

_____ **NBR 10007: Amostragem de resíduos**. Rio de Janeiro, 1987.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE EMPRESAS DE LIMPEZA PÚBLICA E RESÍDUOS ESPECIAIS. **Panorama de Resíduos Sólidos no Brasil**. ABRELPE. São Paulo, 2012.

ABIVIDRO - ASSOCIAÇÃO TÉCNICA BRASILEIRA DAS INDÚSTRIAS AUTOMÁTICAS DE VIDRO. Disponível em: <http://www.abividro.org.br> Acesso em: 02 Set. 2016.

AKERMAN, M. **A Elaboração do Vidro**. Saint Gobain – Vidros Brasil. São Paulo: CETEV – Centro Técnico de Elaboração do Vidro, 2000. 25 p.

ALVES, O. L.; GIMENEZ, I. F.; MAZALI, I. O. **Vidro. Cadernos Temáticos de Química Nova na Escola**. Edição Especial. Maio, 2001. 24 p..

BAUMAN, Z. **A sociedade individualizada: vidas contadas e histórias**

vividas. Tradução José Gradel. Rio de Janeiro: Zahar, 2008.

BAUMAN, Zygmunt. **Tempos líquidos.** Tradução Carlos Alberto Medeiros. Rio de Janeiro: Zahar, 2007.

BATESON, P. **Design for a Life: How Behavior and Personality Develop.** New York: Vintage, 2000.

BARÃO, M.Z. **Embalagens para produtos alimentícios.** Dossiê Técnico. Serviço Brasileiro de Respostas Técnicas. Instituto de Tecnologia do Paraná - TECPAR, 2011. Disponível em: <
http://s3.amazonaws.com/academia.edu.documents/51224098/Dossie_Tecnico_EmbAlim_Barao_2011.pdf?AWSAccessKeyId=AKIAIWOWYYGZ2Y53UL3A&Expires=1491534280&Signature=WM0E9Q6XV0LjG%2BjfQOuHQ79rz5Y%3D&response-content-disposition=inline%3B%20filename%3DEmbalagens_para_produtos_alimenticios.pdf>
 Acesso em 10 jan. 2017.

BRASIL. Lei 12.305, de 2 de agosto de 2010. Institui a **Política Nacional de Resíduos Sólidos**; altera da Lei 9.605, de 12 de fevereiro de 1998; e dá outras providências. Diário Oficial da União, Brasília, DF, 03 ago. 2010. Disponível em: <
<http://www.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=636>> Acesso em: 10 nov.2010.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. **Plano Nacional de Resíduos Sólidos (Proposta).** Brasília, 2012. Disponível em: <
http://www.sinir.gov.br/documents/10180/185386/253_publicacao02022012041757.pdf/d18a7f4f-c2a3-4eef-a05c-286bfcfce7ea> Acesso em: 3 fev. 2013.

BRASIL. Lei 11.445, de 5 de janeiro de 2007. Estabelece diretrizes para o **saneamento básico**; altera as Leis nºs 6.766, de 19 de dezembro de 1979, 8.036, de 11 de maio de 1990, 8.666, de 21 de junho de 1993, 8.987, de 13 de fevereiro de 1995; revoga a Lei nº 6.528, de 11 de maio de 1978; e dá outras providências. Disponível em: <
http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2007/lei/l11445.htm> Acesso em: 09 fev. 2017.

CABRAL, A. C. D. *et al.* **Apostila de embalagem para alimentos.** Campinas, 1984. 335 p.

CARDOSO, R. **Design para um mundo complexo.** São Paulo: Cosac Naify,

2012.

CARSON, R. **Primavera Silenciosa**. Tradução Raul de Polillo. 2. Edição. São Paulo: Melhoramentos, 1969. Disponível em: https://biowit.files.wordpress.com/2010/11/primavera_silenciosa_-_rachel_carson_-_pt.pdf Acesso em: 04 dez 2016.

CARVALHO, I.C.M. **Educação ambiental: a formação do sujeito ecológico**. São Paulo: Cortez, 2004.

CEMPRE - Compromisso Empresarial para Reciclagem. Disponível em: < <http://cempre.org.br/artigo-publicacao/ficha-tecnica/id/6/vidro>> Acesso em 11 nov. 2016.

CENTRO CLIMA. **Estudo Comparativo entre três cenários de Emissões de Gases de Efeito Estufa para o Brasil e uma Análise Custo Benefício**. Julho, 2011.

COLTRO, L. Org. **Avaliação do ciclo de vida como instrumento de gestão**. Centro de Tecnologia de Embalagem - CETEA / ITAL. Campinas, 2007.

DOUGLAS, M. **Purity and Danger: an analysis of the concepts of pollution and taboo**. New York: ARK Edition, 1966. Disponível em: < http://www.bc.edu/bc_org/avp/cas/his/schloesser/HS041042/fall/w04/resources/DOUGLAS_Purity-Danger.pdf> Acesso em: 04 Set. 2016.

EUROPEAN COMMISSION. **Environment. The EU's approach to waste management**. Disponível em: < <http://ec.europa.eu/environment/waste/>>. Acesso em 10 ago. 2016.

FERREIRA, J. V. R. **Análise de Ciclo de Vida dos Produtos**. Gestão Ambiental. Instituto Politécnico de Viseu. 80 p. 2004.

FILHO, R. V. S.; SOLER, F. D. **Gestão de Resíduos Sólidos: o que diz a lei**. São Paulo: Trevisan Editora, 2015.

GARCIA, E.E.C. **ACV e as Embalagens**. In: **Avaliação do Ciclo de Vida: princípios e aplicações**. Campinas: CETEA/CEMPRE, 2002. Cap.12 p. 78-83.

GONÇALVES-DIAS, S. L. F. **Há vida após a morte: um (RE)Pensar estratégico para o fim da vida das embalagens**. Gestão & Produção, v.13, n.3, p.463-474, set.-dez.2006.

GONÇALVES, P. **A Reciclagem Integradora dos Aspectos Ambientais, Sociais e Econômicos**. Rio de Janeiro: DP&A Fase, 2003.

GRIMBERG, E. **Coleta seletiva com inclusão social: Fórum Lixo e Cidadania na Cidade de São Paulo**. Experiência e desafios. São Paulo: Instituto Pólis, 2007. 148p. Publicações Pólis, 49

GRIMBERG, E. e BLAUTH, P. **Coleta Seletiva**. São Paulo: Polis, 1998. 104 p.

HANH, T. N. **O Coração da Compreensão: comentários ao sutra do coração**. Tradução Enio Burgos. São Francisco de Paula, RS: Editora Bodigaya, 2014.

HILLMAN, J. **Tipos de poder: um guia para o uso inteligente do poder nos negócios**. Tradução Sônia Régis. São Paulo, SP: Cultura Editores Associados: Axis Mundi, 2001.

ICLEI - Governos Locais. Documento de Análise: **Emissões de GEE do Setor Resíduos**. Observatório do Clima. Setembro, 2016. Disponível em: < <http://seeg.eco.br/wp-content/uploads/2016/09/FINAL-16-09-13-RelatoriosSEEG-Residuos.pdf>> Acesso em: 28 set. 2016.

JACOBI, P. Org. **Gestão compartilhada dos resíduos sólidos no Brasil: inovação com inclusão social**. São Paulo: Annablume, 2006.

KIPPER, L. M.; MÄHLMANN, C. M. **Ações estratégicas sistêmicas visando à integração da cadeia produtiva e de reciclagem de plásticos**. Revista Produção On-line, v.9, n.4, p. 848-865, 2009.

LAYRARGUES, P.P. **O cinismo da Reciclagem: o significado ideológico da reciclagem da lata de alumínio e suas implicações para a educação ambiental**. In: LOUREIRO, C.F.B., LAYRARGUES, P.P. & CASTRO, R. S. (Orgs.) Educação ambiental: repensando o espaço da cidadania. P. 179-219. São Paulo: Cortez, 2002. Disponível em: < http://www.amda.org.br/imgs/up/Artigo_06.pdf> Acesso em: 20 set. 2016.

LEITE, P. R. **Logística Reversa: meio ambiente e competitividade**. São Paulo: Pearson Prentice Hall, 2009.

LEMONS, E. **Diagnóstico da cadeia de reciclagem das embalagens de vidro em Santa Catarina**. 2012. Trabalho de conclusão do curso de graduação (Engenharia

Sanitária e Ambiental) - Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2012.

LOBATO, K.C.D.; LIMA, J.P. **Modelagem conceitual como procedimento de apoio para melhorias em processos de seleção de materiais recicláveis**. In: XXXI ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, Belo Horizonte, 2011.

Disponível em: <
http://www.abepro.org.br/biblioteca/enegep2011_TN_WIC_135_861_19078.pdf>

Acesso em: 10 fev. 2017

LYNCH, K.; SOUTHWORTH, M. **Echar a perder, uma análise del deterioro**. Tradução de Joaquim Rodriguez Feo. Barcelona: Gustavo Gili, 2005.

MACDONOUGH, W. **Cradle to Cradle: criar e reciclar ilimitadamente**. Tradução Frederico Bonaldo. São Paulo: Editora G. Gili, 2013.

MAFRA, N. **Gestão integrada de resíduos sólidos e a relação entre coleta seletiva e a logística reversa de embalagens longa vida no Estado de Minas Gerais**. Dissertação de Mestrado. UNA, Belo Horizonte, MG. 2011.

MAFRA, N. **Diretrizes para uma Economia Verde no Brasil II. Resíduos Sólidos: desafios e metas da Política Nacional de Resíduos**. Fundação Brasileira para o Desenvolvimento Sustentável – FBDS. Rio de Janeiro: FBDS, 2014.

MAGERA, M. **Os caminhos do lixo: da obsolescência programada à logística reversa**. Campinas, SP: Editora Átomo, 2013.

_____. **Os empresários do lixo: um paradoxo da modernidade: análise interdisciplinar das Cooperativas de reciclagem de lixo**. Campinas, SP: Editora Átomo, 2003.

MEADOWS, D. L. **The Limits to Growth: a report for the club of Rome's Project on the Predicament of Mankind**. New York: Universe Books, 1972.

Disponível em: <http://www.donellameadows.org/wp-content/userfiles/Limits-to-Growth-digital-scan-version.pdf>. Acesso em: 15 fev. 2017.

MESQUITA JÚNIOR, J.M. **Gestão Integrada de Resíduos Sólidos**. Karin Segala Coord. Rio de Janeiro: IBAM, 2007. 40 p.

MICHAELIS Dicionário Escolar Língua Portuguesa. São Paulo: Melhoramentos, 2005.

MONTEIRO, J. H, et al. **Manual de Gerenciamento integrado de resíduos sólidos**. Coord. Técnica Victor Zular Zveibil. Rio de Janeiro: IBAM, 2001. 193 p.

OLIVEIRA, R.L.; LIMA, R.S. **Logística reversa: o caso de uma associação de coleta seletiva de materiais recicláveis em Itajubá - MG**. Encontro Nacional de Engenharia de Produção, 29, Salvador, BA, 2009.

OLIVEIRA, R. L. de. **Logística reversa: a utilização de um sistema de informações geográficas na coleta seletiva de materiais recicláveis**. Dissertação Mestrado em Engenharia de Produção. Itajubá, 2011.

OTA. Industrial Energy Efficiency. **Office of Technology Assessment**. Government Printing Office, Washington, DC. 1993.

OURIQUES, E.V. **Estratégia de Educação Ambiental e Comunicação Social para Gestão de Resíduos Sólidos**. Ministério do Meio Ambiente, PNUD, Brasília: 2013. Disponível em: <
http://www.mma.gov.br/images/arquivo/80219/Produto%201_Estrategia%20de%20EA%20e%20CS.pdf> Acesso em abril 2013.

PEREIRA, R. D. A.; PAVANELLI, G.; SOUZA, M. T. S. **Um estudo dos canais reversos em uma empresa de embalagens cartonadas**. XXVIII Encontro Nacional de Engenharia de Produção - A integração de cadeias produtivas com a abordagem da manufatura sustentável. ENEGEP. Rio de Janeiro, outubro, 2008.

PINHEL, J. R. Org. **Do lixo à cidadania: guia para a formação de cooperativas de catadores de materiais recicláveis**. São Paulo: Peirópolis, 2013.

REGI, R. **Inventário do Ciclo de Vida da Indústria Vidreira no Brasil produtora de embalagens de vidro branco**. TCC. Curso de Engenharia Sanitária e Ambiental – UFSC, 2012.

RENNÓ, R. **Espaços residuais: análise dos dejetos como elementos culturais**. Juiz de Fora: Editora UFJF, 2013.

RODRIGUES, J. C. **Higiene e Ilusão: o lixo como invento social**. Rio de Janeiro: NAU, 1995.

ROTH, B. W.; ISAIA, BEZERRA.; ISAIA, T. **Destinação final dos resíduos**

sólidos urbanos. Revista Ciencia e Ambiente, janeiro/julho de 1999. Santa Maria: Editora UFSM, vol.1, n1.

RUTH, M.; DELL'ANNO, P. **An industrial ecology of the US glass industry.** *Resources Policy*. Vol. 23, No. 3, pp. 109-124. 1997.

SEIDEL, J. M. **Análise da viabilidade técnica, econômica e ambiental das várias formas de reciclagem de embalagens cartonadas revestidas com plástico e alumínio.** Dissertação de Mestrado. Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo - IPT, São Paulo, 2004.

SHELBY, J. E. **Introduction to Glass Science and Technology.** 2nd Edition. Advancing the Chemical Sciences. The Royal Society of Chemistry. 2005.

SMLU - Secretaria Municipal de Limpeza Urbana. **Caracterização dos resíduos sólidos de Belo Horizonte.** Relatório Técnico. Prefeitura de Belo Horizonte, 2004.

SINIR - Sistema Nacional de Informações sobre a Gestão dos Resíduos Sólidos. Ministério do Meio Ambiente - MMA, 2015. **Acordo Setorial de Embalagens em Geral.** Disponível em:<
http://www.sinir.gov.br/documents/10180/93155/Acordo_embalagens.pdf/58e2cc53-3e38-420a-97fd-dba2ccae4cd3> Acesso em: 25 nov. 2015.

SILVA FILHO., C. R. V. **Gestão de Resíduos Sólidos: o que diz a lei.** Carlos Roberto Vieira da Silva Filho, Fabricio Dorado Soler. 3. Ed. Atual e revisada. São Paulo: Trevisan Editora, 2015.

SILVA, M. do S. F. da, SILVA, E. G. de, JOIA, P. R. **Comercialização de materiais recicláveis em Aquidarana - MS.** Mercator, v.9, n.18, p. 171-181, jan./abr., 2010.

TRIGUEIRO, A. **Mundo Sustentável 2: novos rumos para um planeta em crise.** São Paulo: Globo, 2012.

VAN D., K.; LOX, F. **Estimation of the energy needs in life cycle analysis of one-way and returnable glass packaging.** Packaging Technology and Science, West Sussex, v.12, p. 235-239, 1999.

VILHENA, A. Coord. **Lixo Municipal: manual de gerenciamento integrado.** 3.ed. São Paulo: CEMPRE, 2010.

WACHERNAGEL, M.; REES, W. **Our ecological Footprint.** The new catalyst

bioregional series. Gabriola Island, B. C.: New Society Publishers, 1996.

WOOLEY, E. **Engineered Materials Handbook: Vol. 4 Ceramics and Glasses**. Melting~Fining. ASM International, Materials Park, OH. 1992.

ZANETI, I. C. B.B. **As sobras da modernidade. O sistema de gestão de resíduos em Porto Alegre, RS**. Porto Alegre, 2006.