

CENTRO FEDERAL DE EDUCAÇÃO TECNOLÓGICA  
CELSO SUCKOW DA FONSECA - CEFET/RJ

DIRETORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO  
COORDENADORIA DO PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM TECNOLOGIA

DISSERTAÇÃO

APLICAÇÃO DA METODOLOGIA DE ACV COMO APOIO PARA AVALIAÇÃO DO  
DESEMPENHO OPERACIONAL NA PRODUÇÃO DE SACOS PLÁSTICOS USANDO  
MATERIAL RECICLADO: UM ESTUDO DE CASO

Gabriela Delgado Ibrahim Saraiva

DISSERTAÇÃO SUBMETIDA AO CORPO DOCENTE DO PROGRAMA DE PÓS-  
GRADUAÇÃO EM TECNOLOGIA COMO PARTE DOS REQUISITOS NECESSÁRIOS  
PARA A OBTENÇÃO DO GRAU DE MESTRE EM TECNOLOGIA.

José Antonio Assunção Peixoto, D.Sc.  
Leydervan de Souza Xavier, D.C.  
Orientadores

RIO DE JANEIRO, RJ - BRASIL  
OUTUBRO/ 2007

# **Livros Grátis**

<http://www.livrosgratis.com.br>

Milhares de livros grátis para download.

**SUMÁRIO**

	Pág.
<b>INTRODUÇÃO</b>	<b>01</b>
<b>I- O SACO PLÁSTICO</b>	<b>14</b>
I.1- Motivação do Estudo	14
I.1.1- O plástico em números	16
I.1.2- Reciclagem	18
I.1.3- A reciclagem no Brasil	22
I.2- O plástico virgem e o reciclado	25
I.3- O plástico biodegradável	27
<b>II- LEGISLAÇÃO AMBIENTAL</b>	<b>31</b>
II.1- Panorama geral	31
II.2- Resíduos sólidos	36
II.3- Atuação da FEEMA no Estado do Rio de Janeiro	37
<b>III- LOGÍSTICA REVERSA</b>	<b>39</b>
III.1- O que é Logística Reversa?	39
III.2- Abordagens da Logística Reversa	41
III.3- Fatores de sucesso	42
<b>IV- SISTEMAS DE GESTÃO AMBIENTAL</b>	<b>44</b>
IV.1- As normas ISO	45
IV.2- A norma ISO 14031	50
IV.2.1- Indicadores de desempenho ambiental	51
<b>V- ANÁLISE DO CICLO DE VIDA</b>	<b>56</b>
V.1- O que é Análise do Ciclo de Vida?	56
V.2- Performance ambiental	59
V.3- Definição do objetivo e do escopo	59
V.4- Análise do Inventário	62
V.5- Avaliação de Impacto	63
V.6- Interpretação	66
V.7- Definição do indicador de impacto ambiental	67
V.8- Limitações	71
V.9- Banco de dados genéricos	72

<b>VI- O USO DO SOFTWARE UMBERTO</b>	<b>74</b>
VI.1- Apresentação	74
VI.2- Motivação do uso	74
VI.3- Aplicação	75
VI.4- Metodologia do Software	76
VI.5- Análise de resultado	78
<b>VII- ESTUDO DE CASO</b>	<b>80</b>
VII.1- Apresentação	80
VII.2- Maquinário	85
VII.3- ACV dos produtos da empresa	90
VII.3.1- Definição do objetivo e do escopo	92
VII.3.2- Análise do inventário	93
VII.3.3- Análise de impacto	102
<b>VIII- RESULTADOS E DISCUSSÃO</b>	<b>105</b>
VIII.1- Avaliação das pesquisas	110
VIII.1.1- Proposta de seleção de Indicadores de desempenho para as empresas	112
<b>CONCLUSÃO</b>	<b>117</b>
<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b>	<b>120</b>
<b>Anexo I – Folhas de coleta de dados</b>	<b>A1</b>
<b>Anexo II – Acompanhamento de dados</b>	<b>A16</b>
<b>Anexo III – Relatório de emissões atmosféricas</b>	<b>A20</b>
<b>Anexo IV – Polímeros</b>	<b>A22</b>

## AGRADECIMENTOS

- À Deus, pela força em todas as horas.
- Ao meu marido, pela paciência, pelo incentivo, pelo apoio, pela presença, pelo amor.
- Aos meus orientadores, que com muita paciência, compartilharam seus conhecimentos, orientaram de fato a construção do meu saber.
- Ao professor Marco Aurélio Bernardes, que mesmo estando à distância, e muito atarefado, esteve sempre disponível para compartilhar seus conhecimentos sobre o software Umberto.
- Aos donos e funcionários da empresa, em especial ao Jadir, que disponibilizaram as informações para a elaboração do estudo de caso, com muito interesse pela pesquisa, me receberam com muito carinho e atenção.
- À prof. Liselotte Schebek e à Susane Hatard da Universidade de Darmstadt; e à Peter Müller-Beilschmidt do Instituto ifu Hamburg GmbH, pelo apoio com o uso do software Umberto e conhecimentos sobre ACV.
- Aos amigos Dejair e Érika, pela presença, e pelas boas idéias.
- Às minhas filhas, por cederem muito do seu tempo, mesmo sem compreender muito bem, sabendo apenas que era importante para mim.
- Aos meus pais, por estarem sempre presentes, com muito carinho.
- Ao meu irmão, com contribuições preciosas, meu grande amigo.
- À minha avó, que com seu exemplo, e paciência, sempre me incentivando a andar para frente.
- A todos que colaboraram para realização desse trabalho, de alguma forma.

*“Há, em cada momento, uma relação entre valor da ação e valor do lugar onde ela se realiza; sem isso, todos os lugares teriam o mesmo valor de uso e o mesmo valor de troca, valores que não seriam afetados pelo movimento da história.”*

Milton Santos (A Natureza do Espaço, 2001, p.86)

Resumo da dissertação submetida ao PPTEC/CEFET-RJ como parte dos requisitos necessários para a obtenção do grau de mestre em tecnologia (M.T.).

## APLICAÇÃO DA METODOLOGIA DE ACV COMO APOIO PARA AVALIAÇÃO DO DESEMPENHO OPERACIONAL NA PRODUÇÃO DE SACOS PLÁSTICOS USANDO MATERIAL RECICLADO: UM ESTUDO DE CASO

Gabriela Delgado Ibrahim Saraiva

Outubro de 2007

Orientadores: José Antonio Assunção Peixoto, D.Sc.  
Leydervan de Souza Xavier, D.C.

Programa: PPTEC

O aumento da produção de produtos decorrente da globalização impacta diretamente no meio ambiente, pois o descarte para a natureza ocorre com maior rapidez e frequência. O saco plástico é um material usado de forma intensa como embalagem, por ser eficiente para transportar materiais semi-úmidos como carne, laticínios, e ainda para utilização com outros fins. A gestão ambiental na produção, uso e pós-uso do saco plástico é um importante fator para o equilíbrio ambiental e social, considerando que, por esse material não ser biodegradável, causa forte impacto ambiental, mas por outro lado, tem grande importância econômica e social no Brasil por ser totalmente reciclável, criando oportunidade de geração de trabalho e renda de forma compensatória. Devido à relevância do tema, foi realizado um estudo de caso nesse setor, envolvendo duas empresas: uma produtora de grãos reciclados e outra voltada para a fabricação de sacos plásticos. O estudo analisou o processo produtivo desenvolvido nas duas empresas, que são situadas na mesma planta, visando à identificação de indicadores de desempenho adequados à gestão ambiental do processo de produção empregado. Para alcançar esse objetivo, tomou-se como base as diretrizes das normas da série ISO 14000, relacionadas à metodologia de ACV e a aplicação do software Umberto, para identificar os aspectos ambientais que são determinantes na identificação dos indicadores ambientais.

Palavras-chaves: Análise de desempenho ambiental, Análise do ciclo de vida, Logística reversa, Reciclagem de plástico

Abstract of dissertation submitted to PPTEC/CEFET/RJ as partial fulfillment of the requirements for the degree of Master in Technology (M.T.).

IMPLEMENTATION OF LCA METHODOLOGY AS SUPPORT OF PLASTIC BAG  
PRODUCTION PERFORMANCE ASSESSMENT USING RECYCLING MATERIAL: A  
CASE STUDY

Gabriela Delgado Ibrahim Saraiva

October / 2007

Supervisors: José Antonio Assunção Peixoto, D.Sc.  
Leydervan de Souza Xavier, D.C.

Program: PPTEC

The increase of products production decurrent of the globalization affects directly in the environment, therefore the discarding for the nature occurs with bigger frequency. The plastic bag is a material intensely used as packing, for being efficient to carry half-humid material like meat, milk derivatives, and it still can be used for other ends. The plastic bag ambient management in its production, use and after-use, is an important factor for the ambient and social balance, considering that, for this material not to be biodegradable, causes strong ambient impact, but on the other hand, has a great economic and social importance in Brazil for being completely recyclable, creating work and income generation chances as a compensatory form. Due to the subject relevance, a study of case in this sector was carried through, involving two companies: a producer of recycled grains and other directed toward the manufacture of plastic bags. The study analyzed the productive process developed in the two companies, who are situated in the same plant, aiming to the identification of performance pointers adequate to the ambient management of the employed process of production. To reach this objective, it was used as base the guidelines of the series ISO 14000 norms, related to the ACV methodology and the application of Umberto software, to identify the ambient aspects that are determinative in the identification of the ambient pointers.

Keyword: Environmental performance evaluation, Life cycle assessment, Reverse logistic, Plastic recycling

## Lista de Figuras

	Pág.
Figura Introdução.1 – Cadeia de suprimento simplificada de produção de sacos plásticos	05
Figura Introdução.2 – Fluxograma processo de reciclagem da empresa 1	06
Figura Introdução.3 – Fluxograma processo de produção do saco plástico da empresa 2	08
Figura I.1 – Empresas e Empregados na Indústria Brasileira de Transformação de Material Plástico - 2006	17
Figura I.2 – Tamanho das Empresas e distribuição de mão-de-obra por tamanho de empresa na Indústria Brasileira de Transformação de Material Plástico - 2006	18
Figura I.3 – Etapas básicas da reciclagem	20
Figura I.4 – Fluxograma de reciclagem mecânica	21
Figura I.5 – Cadeia produtiva	27
Figura III.1 – Redução do ciclo de vida dos produtos	40
Figura III.2 – Canais de distribuição diretos e reversos	41
Figura IV.1 – Modelo ISO 14001 e suas correlações com as demais normas da série 14000	46
Figura IV.2 – Programa de gestão ambiental, conforme Norma ISO 14001	49
Figura V.1 – Estágios do ciclo de vida do produto	57
Figura V.2 – Fases de uma ACV	57
Figura V.3 – Elementos da fase AICV	64
Figura V.4 – Conceito de indicadores de categoria	66
Figura V.5 – Estágios básicos para cálculo do Eco-indicador 99	70
Figura VI.1 – Representações gráficas do Umberto	77
Figura VI.2 – Janela Materiais do Umberto	77
Figura VI.3 – Janela <i>Transition Specification</i>	78
Figura VII.1 - Organograma da empresa de reciclagem selecionada	80
Figura VII.2 - Organograma da empresa de produção de saco plástico selecionada	81
Figura VII.3 – Meio de locomoção dos funcionários	81

	Pág.
Figura VII.4 – Separação de matéria-prima	82
Figura VII.5 – Caçambas com material comprado para separação	83
Figura VII.6 – Funcionária realizando a separação de material	83
Figura VII.7 – Planta de distribuição do maquinário – Reciclagem	85
Figura VII.8 – Máquina responsável pela lavagem/moagem	86
Figura VII.9 – Máquina responsável pela lavagem / moagem com vista para gaiola	86
Figura VII.10 - Aglutinadores	87
Figura VII.11 – Extrusoras de fio, com secadores de fio e picotadores	87
Figura VII.12 – Planta de distribuição do maquinário – Produção do saco plástico	88
Figura VII.13 – Extrusora de balão	89
Figura VII.14 – Bobinas prontas para serem encaminhadas para corte e solda	89
Figura VII.15 – Equipamentos de corte e solda	90
Figura VII.16 – Material pronto para entrega	90
Figura VII.17 – Delimitação do estudo	91
Figura VII.18 – Macro processo 01 – reciclagem	91
Figura VII.19 – Macro processo 02 – produção do saco plástico	92
Figura VII.20 – Rede de fluxo do macro-processo reciclagem – software Umberto	94
Figura VII.21 – Rede de fluxo do macro-processo produção de saco plástico reciclado – software Umberto	94
Figura VII.22 – Folha de dados	95
Figura VII.23 – Tabela prévia do inventário do fluxo de materiais – Macro processo Reciclagem	95
Figura VII.24 – Tabela prévia do inventário organizada por material, relacionando-os com os processos – Macro processo Reciclagem	96
Figura VII.25 – Tabela prévia de inventário organizada por processo, relacionando-os com os materiais – Macro processo Reciclagem	96
Figura VII.26 – Tabela prévia do inventário do fluxo de materiais – Macro processo Produção de saco plástico reciclado	97
Figura VII.27 – Tabela prévia do inventário organizada por material, relacionando-os com os processos – Macro processo Produção de saco plástico reciclado	98
Figura VII.28 – Tabela prévia de inventário organizada por processo, relacionando-os com os materiais – Macro processo Produção de saco plástico reciclado	98

	Pág.
com os materiais – Macro processo Produção de saco plástico reciclado	
Figura VII.29 – LCI grão branco reciclado	99
Figura VII.30 – LCI grão colorido reciclado	100
Figura VII.31 – LCI saco plástico reciclado branco	100
Figura VII.32 – LCI saco plástico reciclado colorido	101
Figura VII.33 – Fórmula matemática vinculada ao processo	101
Figura VII.34 – Definição de categoria de impacto para Saúde Humana	102
Figura VII.35 – Definição de categoria de impacto para Qualidade do Ecossistema	103
Figura VIII.1 – Energia - Reciclagem	105
Figura VIII.2 – Material total para reciclagem	106
Figura VIII.3 – Material reciclado final – Reciclagem	107
Figura VIII.4 – Resíduos – Reciclagem	107
Figura VIII.5 – Energia – Produção de saco Plástico	108
Figura VIII.6 – Relação Pigmento X Grão – Produção de saco plástico	109
Figura VIII.7 – Matéria prima – Produção de saco plástico	109
Figura VIII.8 – Resultado da Produção – Produção de saco plástico	110
Figura VIII.9 – Material produzido final – Produção de saco plástico	110

**Lista de Tabelas**

	Pág.
Tabela I.1 - Destino das resinas plásticas no Brasil em 2002	19
Tabela I.2 - Número de recicladoras por grupo de atividade, região e estados em 2004	24
Tabela I.3 - Índice de reciclagem mecânica de plástico pós-consumo	25
Tabela V.1 – Aplicações da ACV	60
Tabela V.2 – Ponderações utilizadas nas três versões do Eco-indicador 99	71
Tabela VIII.1 – Indicadores OPI	113
Tabela VIII.2 – Indicadores MPI	115

## Lista de Abreviaturas

Abreviatura/ Símbolo	Significado
ABIPLAST	Associação Brasileira da Indústria do Plástico
ABIQUIM	Associação Brasileira da Indústria Química
ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
ABRE	Associação Brasileira de Embalagens
ABREMPLAST	Associação Brasileira de Recicladores de Materiais Plásticos
ACV	Análise do Ciclo de Vida
AICV	Avaliação do Impacto do Ciclo de Vida
AMPE	<i>Association of Plastics Manufacturers</i>
CEFET - RJ	Centro Federal de Educação Tecnológica Celso Suckow da Fonseca
CEMPRE	Compromisso Empresarial para a Reciclagem
CONAMA	Conselho Nacional do Meio Ambiente
CTR	Central de Tratamento de Resíduos
ECI	<i>Environmental Condition Indicator</i>
EPA	<i>Environmental Protection Agency</i>
EPE	<i>Environmental Performance Evaluation</i>
EPI	<i>Environmental Performance Indicator</i>
EVA	Copolímero de etileno e acetato de vinila
FEEMA	Fundação Estadual de Engenharia do Meio Ambiente
GEDEA	Grupo de Estudos e Desenvolvimento em Educação Ambiental
IAP	Instituto Avançado do Plástico
IBAMA	Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Renováveis
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
IfEU	Instituto de Pesquisa Ambiental e Energética da Universidade de Heidelberg
IfU	Instituto de Informática Ambiental da Universidade de Hamburgo
IRMP	Indústria de Reciclagem Mecânica dos Plásticos
ISO	International Organization for Standardization
LCI	<i>Life Cycle Inventory</i>
MPI	<i>Management Performance Indicator</i>
OPI	<i>Operational Performance Indicator</i>
PDCA	<i>Plan, Do, Check and Act</i>
PE	Polietileno
PEAD	Polietileno de Alta Densidade
PEBD	Polietileno de Baixa Densidade
PEBDL	Polietileno de Baixa Densidade Linear
PET	Polietileno Tereftalato
PIA	Pesquisa Industrial Anual
PP	Polipropileno

PS	Poliestireno
PVC	Cloretos de polivinila
RN	Recurso Natural
RS	Resíduo Sólido
SGA	Sistema de Gestão Ambiental
SLAP	Sistema de Licenciamento de Atividades Poluídas
TR	Taxa de Reciclagem

## INTRODUÇÃO

O extrativismo sem limites exigido pela globalização e o crescente despejo no meio ambiente dos resíduos de produção e descarte de embalagens configuram uma problemática, que, segundo Capra (2002) pode levar a humanidade a uma catástrofe.

Para Capra (2002), a cada dia se torna mais evidente que os complexos sistemas industriais são a principal força de destruição do nosso planeta. Relacionados com esse fato, esse autor destaca alguns fatores desastrosos e insustentáveis como: desintegração social, surgimento de novas doenças, pobreza, alienação e uma degradação rápida e ampla do meio ambiente com as regras econômicas da globalização.

O uso de tecnologias de produção e do aumento da velocidade de criação de novos produtos tem como uma das conseqüências a diminuição do ciclo de vida<sup>1</sup> dos produtos, não somente do ponto de vista da obsolescência tecnológica quanto do tempo total de utilização.

Segundo Leite (2003) isso provocou um aumento na velocidade de descarte dos produtos, impactando diretamente no meio ambiente, pois a natureza é inundada de restos de produtos consumidos com freqüência cada vez maior.

Refletindo sobre a importância dessa questão na Cartilha de Licenciamento Ambiental, o Estado brasileiro compreende que o meio ambiente entremeia a vida das pessoas e, que as influências de mercado nem sempre alcançam o equilíbrio ideal, alinhando as necessidades de todos os envolvidos.

Neste contexto, o Estado possui a função de determinar limites, preservando o bem comum.

Segundo a Cartilha de Licenciamento Ambiental, a Constituição Federal elevou a direito fundamental das pessoas o tripé do desenvolvimento sustentável: o meio ambiente em equilíbrio, o desenvolvimento econômico e o social.

A legislação ambiental busca minimizar os impactos poluidores das indústrias e

---

<sup>1</sup> O termo ciclo de vida possui conotações diferentes, dependendo da área que o analisa. Segundo Ballou (1993), por exemplo, para os especialistas de marketing o ciclo de vida está relacionado às oscilações de venda do produto desde o momento de sua criação até seu declínio, passando por quatro estágios: introdução no mercado, crescimento, maturidade e declínio. Neste trabalho, o ciclo de vida do produto refere-se aos “estágios sucessivos e encadeados de um sistema de produto desde a aquisição de matéria-prima ou geração de recursos naturais à disposição final” do produto (ISO 14040:2001).

predatórios da caça, desmatamento e uso indevido do solo e da água, objetivando envolver as empresas e torná-las cada vez mais responsáveis por todo o ciclo de vida dos seus produtos. Isto representa não só a preocupação com o extrativismo e os resíduos, mas também com o destino de seus produtos após o uso e as conseqüências geradas por eles no meio ambiente.

A atribuição de responsabilidade ao poluidor, por parte da legislação, gera um pensamento ecológico partindo da empresa, que toma a iniciativa de proteger o meio ambiente, através da revisão dos processos, da educação dos funcionários, do design dos produtos e da implantação de uma logística reversa<sup>2</sup>, que retira do meio ambiente o seu produto descartado após o uso final.

Neste cenário surge, do ponto de vista ambiental, o problema das embalagens, que, segundo Brasil (2007) são uma arma poderosa dos especialistas de marketing de varejo, mas, quando lançadas na natureza, tornam-se as grandes vilãs dos problemas ambientais.

De forma particular, os sacos plásticos oferecem conveniência para quem compra o produto, e segundo Brasil (2007), circulam pelo mundo todo em uma quantidade próxima a um trilhão de unidades.

De acordo com Brasil (2007), desde as décadas de 70 e 80, quando o saco plástico foi introduzido no mercado, tornou-se cada vez mais um instrumento necessário, pois é eficiente para transportar produtos semi-úmidos, como laticínios, carne, e ainda pode ser utilizado para outros fins após sua intenção original.

Feito com polímeros de plásticos, os sacos plásticos não são biodegradáveis. Segundo estatísticas levantadas por esse autor, cerca de 90% dessas sacolas ou sacos plásticos tornam-se lixo, ou então se transformam em acondicionadores de lixo. Por serem leves, quando estão vazios, podem voar e espalhar-se pela natureza. Com isso, acabam entupindo esgotos e causando outros transtornos ambientais, pois apesar de não serem tóxicos, chegam aos rios e mares, afetando baleias, golfinhos, tartarugas e outros animais, que podem morrer asfixiados, ou ingerindo o produto, morrendo de outras causas.

---

2 Segundo Leite (2003) a logística reversa é o processo de planejamento, implementação e controle do fluxo de matérias-primas, estoque em processo e produtos acabados (e seu fluxo de informação) do ponto de consumo até o ponto de origem, com o objetivo de recapturar valor ou realizar um descarte adequado.

Com forte impacto no meio ambiente e grande importância econômica, o ciclo de vida do saco plástico configura-se em um importante alvo de estudo, buscando viabilizar sua utilização reduzindo a poluição ambiental.

A grande quantidade desse produto descartado na natureza, os problemas ecológicos causados por ele, e a utilização generalizada desse produto por parte de consumidores, especialistas em marketing, transformadores de plástico, entre outros, demonstra sua grande importância na sociedade atual e justifica a sua investigação científica e tecnológica.

Por todos os motivos citados anteriormente, algumas empresas passaram a focalizar seus negócios na geração de produtos com material reciclado, buscando soluções para amenizar o impacto ambiental negativo, e minimizar, também, os custos financeiros com a produção.

A preocupação com os resultados ambientais dos processos e produtos da empresa são de difícil gerenciamento, e é necessário desenvolver meios de verificar e controlar a atuação da empresa e as alterações que provoca em seu ambiente.

Para realizar uma efetiva gestão ambiental, a empresa envolvida deve realizar avaliações do seu desempenho ambiental, com quantificações e qualificações que atendam a perspectiva do desenvolvimento sustentável<sup>3</sup>, gerando indicadores que permitam a compreensão e avaliação dessa performance, para que possam ser implementadas melhorias, tanto no processo quanto no produto.

As normas da série ISO 14000 são recomendadas para apoiar as empresas no gerenciamento de seus produtos e processos objetivando a preservação ambiental, evitando que a comunidade sofra com os resíduos gerados pela atividade empresarial. Para alcançar esse objetivo, estabelece requisitos para orientação de procedimentos, e dessa forma, a sociedade se beneficia em um amplo aspecto.

Para o presente trabalho, as normas 14001, 14031, 14040, 14041, 14042 e 14043 são mais relevantes, pois busca-se realizar uma quantificação e qualificação dos processos da

---

<sup>3</sup> De acordo com o Relatório Brundtland, gerado pela Comissão Mundial do Desenvolvimento do Meio Ambiente, em 1987, a perspectiva de desenvolvimento sustentável busca “atender às necessidades da geração presente sem comprometer a habilidade das gerações futuras de atender às suas próprias necessidades”.

planta de produção operando com material reciclado, apoiadas pelas diretrizes dessas normas.

A norma ISO 14001<sup>4</sup> disponibiliza os requisitos para que uma organização de qualquer porte ou tipo seja capaz de conduzir um sistema de gestão ambiental eficaz, considerando em sua política os aspectos ambientais significativos.

De acordo com a Norma ISO 14031<sup>5</sup>, a avaliação do desempenho ambiental é um processo interno da empresa, que objetiva coletar informações seguras e confiáveis. Essas informações, sob a forma de indicadores, são a base sólida que permite confrontar o seu desempenho ambiental com a sua política ambiental, auxiliando na manutenção do sistema de gestão, ou caso a empresa ainda não possua, orientando sua implantação.

A norma 14040<sup>6</sup> traz a estrutura e os princípios da metodologia de Análise do Ciclo de Vida, porém não contém instruções para implantação dela.

A série de normas 14041<sup>7</sup>, 14042<sup>8</sup> e 14043<sup>9</sup> conduzem a utilização da metodologia de Análise de Ciclo de Vida, sendo que cada uma trata de uma parte específica da implementação da metodologia: a 14041 disponibiliza elementos para a definição do objetivo e escopo da análise, além de orientações para a análise do inventário do ciclo de vida; a 14042 auxilia na estruturação da avaliação do impacto do ciclo de vida, etapa muito complexa da metodologia; e a 14043 determina os procedimentos para interpretação do ciclo de vida, fase final da metodologia.

## **- Situação Problema**

Gerenciar a disposição de resíduos sólidos é muito importante porque influencia

---

<sup>4</sup> ABNT NBR ISO 14001:2004 Sistemas de gestão ambiental – Requisitos com orientação para uso.

<sup>5</sup> ISO 14031 Environmental management – Environmental performance evaluation – Guidelines.

<sup>6</sup> ABNT NBR ISO 14040 Gestão Ambiental - Avaliação do ciclo de vida - Princípios e estrutura

<sup>7</sup> ABNT NBR ISO 14041:2004 – Gestão Ambiental – Avaliação do ciclo de vida – Definição de objetivo e escopo e análise do inventário.

<sup>8</sup> ABNT NBR ISO 14042:2004 – Gestão Ambiental – Avaliação do ciclo de vida – Avaliação do Impacto do ciclo de vida.

<sup>9</sup> ABNT NBR ISO 14043:2005 – Gestão Ambiental – Avaliação do ciclo de vida – Interpretação do ciclo de vida.

diretamente na preservação ambiental, lidando diretamente com a redução da geração de resíduos e o esgotamento dos espaços reservados para aterros sanitários.

De acordo com as informações disponibilizadas na Agenda 21 em São Paulo, a reciclagem passou a ser uma opção com muitos benefícios, e passou a ser feita pelas próprias indústrias de plástico para reaproveitamento de suas perdas de produção. Foram observadas várias vantagens na reciclagem: além da questão ambiental, o material reciclado permite economizar até 50% de energia (SÃO PAULO, 2002).

Devido à relevância do tema, foi escolhido um caso para estudo no setor de produção de sacos plásticos. Duas empresas, com as respectivas plantas localizadas no mesmo terreno, uma produtora de grãos plásticos reciclados e outra produtora de sacos plásticos utilizando a matéria-prima reciclada e também virgem, constituíram o ambiente da pesquisa empírica. As empresas foram pesquisadas visando-se refletir sobre a gestão ambiental e o impacto ambiental causado pelas respectivas produções. Nesta investigação, a análise do ciclo de vida e a logística reversa são empregadas como ferramentas analíticas auxiliares, na determinação de parâmetros para futura utilização como indicadores de desempenho operacional.

O esquema abaixo ilustra a cadeia de suprimento<sup>10</sup> simplificada da produção do saco plástico para os objetivos de realização deste trabalho, que pode ser fabricado com o grão reciclado, produzido em uma das fábricas selecionadas ou com o grão virgem, obtido em processos externos às fronteiras delimitadas para o estudo. Entretanto, o processo de produção para os dois tipos de saco plástico é o mesmo, utilizando o mesmo maquinário e o mesmo pessoal.

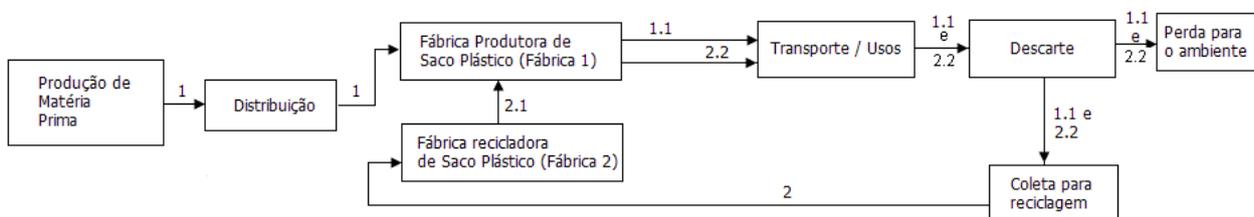


Figura Introdução.1 – Cadeia de Suprimento simplificada da produção de sacos plásticos

Na Figura Introdução.1, identifica-se o fluxo 1 como sendo de fornecimento de material

<sup>10</sup> A cadeia de suprimentos está relacionada ao fluxo de materiais e informações entre unidades produtivas que formam os ramos de uma rede de suprimentos (SLACK, 2002).

granulado virgem, vindo de unidades produtivas externas às fronteiras do estudo proposto; o fluxo 1.1 correspondendo o material produzido a partir do granulado virgem, ou seja, o saco plástico virgem. O fluxo 2 representa o material para reciclagem, coletado após o descarte; o fluxo 2.1 representa o granulado reciclado, obtido após o processo de transformação do fluxo 2, e o fluxo 2.2 representa o material produzido a partir do granulado reciclado, ou seja, o saco plástico reciclado.

A fábrica 1 é a responsável pela produção de sacos plásticos, alimentando-se tanto dos granulados virgens como dos reciclados.

A fábrica 2 realiza o processo de reciclagem do material obtido através da coleta, gerando grão reciclado para alimentar o processo da fábrica 1.

Juntas, as duas empresas possuem uma estrutura de fornecimento e distribuição formada por agentes externos ao estudo proposto, e o foco das atividades limita-se aos processos de reciclagem e produção de saco plástico, conforme as Figuras Introdução.2 e Introdução.3 a seguir:

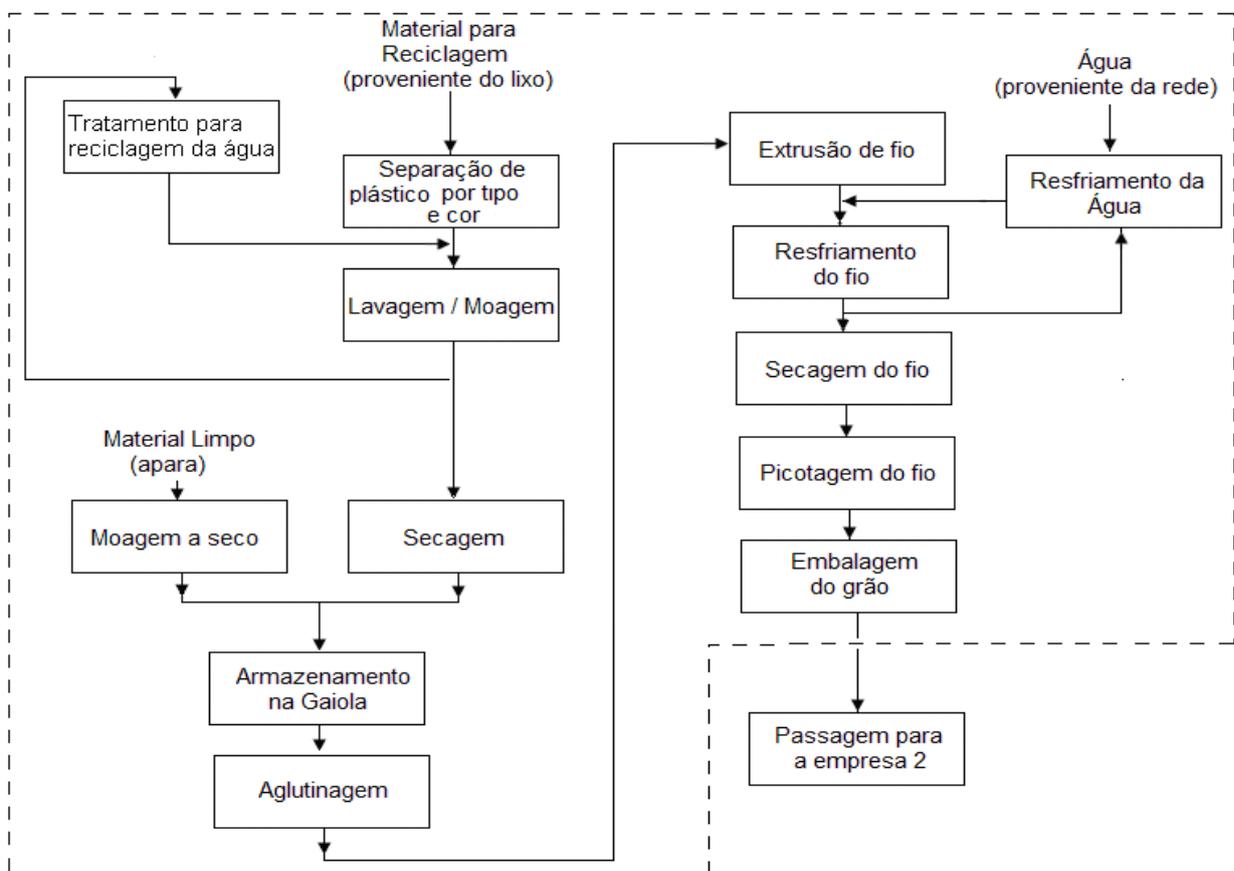


Figura Introdução.2 – Fluxograma processo de reciclagem na empresa 1

#### Descrição do processo de Reciclagem:

1. Separação de plástico por tipo e cor: etapa de separação manual do plástico obtido através de empresas especializadas em venda de sucata, organizando-o por cor e tipo de material. O material utilizado para produção de saco plástico é o PEBD (Polietileno de Baixa Densidade), e os outros materiais são encaminhados para a CTR de Nova Iguaçu<sup>11</sup>. O papelão é revendido, para diminuir as perdas.

2. Lavagem / Moagem: o plástico separado é lavado e moído, para integrar o processo de produção de grãos.

3. Secagem: após a lavagem, o plástico é seco e armazenado em gaiolas, aguardando o momento de ser beneficiado.

4. Moagem a seco: moagem dos materiais limpos, provenientes de aparas de produção da própria empresa, ou de outras que trabalham com o material plástico fora do ambiente do lixo que não precisam ser lavados.

5. Armazenamento na gaiola: local de armazenamento do material moído e seco, na espera do momento de integrar a produção.

6. Aglutinação: o material é retirado da gaiola conforme necessidade do processo, e é picado em tamanho menor e, por atrito, busca-se condensar um pouco mais o material, preparando-o para o ponto de extrusão.

7. Resfriamento da água: a água utilizada no resfriamento do material extrusado é fornecida pela rede e precisa ser resfriada também, pois o material sai da máquina de extrusão em alta temperatura. A água utilizada nesse processo é enviada ao resfriador, e retorna fria para ser utilizada nesse processo.

8. Extrusão de fio: O material aglutinado é colocado na máquina de extrusão, e a uma alta temperatura, tem uma modificação em sua estrutura e gera um fio, ou macarrão, que posteriormente será o grão.

9. Resfriamento do fio: a água resfriada entra em contato com o fio que sai em alta

---

<sup>11</sup> Central de Tratamento de Resíduos de Nova Iguaçu – Aterro sanitário de Nova Iguaçu.

temperatura da máquina para acelerar o processo de resfriamento do fio.

10. Secagem do fio: o fio de PEBD é seco ao final do resfriamento, através do uso de uma máquina de ar.

11. Picotagem do fio: o fio é picotado em pequenos grãos.

12. Embalagem do grão: o grão pronto é embalado em sacos de ráfia não descartáveis e enviado para a fábrica de produção de sacolas plásticas, ou estocado para aguardar seu destino.

O tratamento da água que integra a reciclagem é feita em um tanque, no qual ela é separada dos resíduos sólidos. A água retorna ao sistema e, ao resíduo é dado tratamento adequado, conforme será visto no Capítulo VII.

A Figura Introdução.3 seguinte ilustra o processo de produção de saco plástico (empresa 2), que recebe o grão embalado do processo anterior, ou grão virgem:

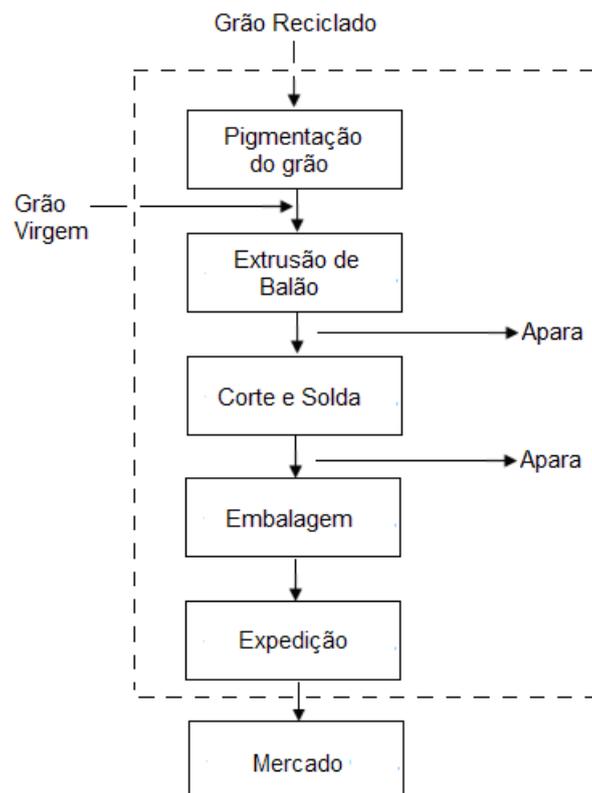


Figura Introdução.3 – Fluxograma processo de produção do saco plástico da empresa 2

#### Descrição do processo de Produção do Saco Plástico

1. Pigmentação do grão: processo manual, mistura o grão com o pigmento, para obter o

saco na cor desejada. Normalmente o grão virgem não passa por esta etapa, pois, em sua grande maioria, é utilizado transparente.

2. Extrusão de balão: recebe o grão pigmentado ou não e através de uma máquina extrusora de balão, que funciona em alta temperatura, aquecendo e derretendo o grão, realiza o sopro para modelar o saco plástico na espessura e medidas solicitadas pelo cliente.

3. Corte e solda: a bobina pronta saída da extrusora de balão é cortada e selada para formar o saco plástico.

4. Embalagem: a embalagem do saco plástico pronto é feita com outro saco plástico, também produzido pela empresa neste mesmo processo. Os sacos são separados por quantidade e/ou peso, e embalados. A embalagem é selada na máquina seladora (Corte e solda).

Considerando-se as fronteiras delineadas das duas empresas, busca-se realizar um diagnóstico operacional visando identificar elementos para a futura estruturação de indicadores de desempenho que atendam à requisitos de implantação de um Sistema de Gestão Ambiental baseado na série de normas ISO 14000.

A preocupação com o recolhimento, tratamento e reciclagem de produtos e o fluxo de embalagens por parte das empresas, não são fenômenos novos, entretanto, têm aumentado de forma considerável nos últimos anos, devido às necessidades ambientais.

Esse processo de logística reversa disponibiliza material reaproveitado que retorna ao processo tradicional de suprimentos, produção e distribuição.

A perspectiva da logística reversa, como meio de prover soluções para reciclagem demanda considerações específicas nos sistemas de gestão, vinculando os acontecimentos inter-muros com as demais etapas do ciclo de vida na cadeia de suprimentos.

Entretanto, conforme dito anteriormente, neste trabalho a preocupação maior é com a geração de indicadores de desempenho operacionais determinados pela metodologia de ACV.

A metodologia de ACV é um instrumento de apoio à gestão, norteando as decisões em projetos através da realização de um inventário detalhado, identificando todas as entradas e saídas do sistema em foco, de massa e energia, incluindo análises qualitativas e quantitativas

dos possíveis impactos ambientais.

A ACV auxilia na tomada de decisões, e na seleção de indicadores operacionais e ambientais representativos da performance de produtos ou processos.

Associado à aplicação da metodologia de ACV, o *software* Umberto auxilia na organização dos dados e leitura dos resultados.

### **- Objetivo**

Assim sendo, o objetivo dessa dissertação é realizar um diagnóstico operacional do processo produtivo nas duas empresas contatadas, gerando indicadores de desempenho com apoio da metodologia de ACV, com vistas à futura implantação de um Sistema de Gestão Ambiental.

A motivação para a realização desta pesquisa empírica, aplicando a metodologia de ACV, decorre de ações de cooperação estabelecidas entre o Laboratório de Sistemas Avançados de Gestão da Produção – SAGE – da COPPE/UFRJ, a Universidade de Tecnologia de Darmstadt e o Programa de Pós-graduação em Tecnologia (PPTEC) do Centro Federal de Educação Tecnológica Celso Suckow da Fonseca – CEFET/RJ, no âmbito do projeto *Global Compact* – estudo de caso: Empresas do setor automobilístico do programa PROBRAL<sup>12</sup>, financiado pela CAPES/DAAD.

Dentro da cooperação, o PPTEC – CEFET/RJ teve a oportunidade de receber uma licença livre do *software* Umberto, para iniciar o desenvolvimento de competências na aplicação da metodologia de Análise do Ciclo de Vida no país. Embora o setor de saco plástico não esteja diretamente vinculado ao setor automotivo, a oportunidade dada para a realização de um estudo de caso da metodologia de ACV pelos proprietários das empresas selecionadas ocorreu como uma excelente oportunidade para o desenvolvimento acadêmico dos pesquisadores envolvidos no projeto.

---

<sup>12</sup> “O programa CAPES-PROBRAL, apoiado no acordo de cooperação assinado entre Brasil e Alemanha em 26 de Abril de 1994, tem como objetivo estimular o intercâmbio de docentes e pesquisadores brasileiros e alemães, vinculados ao Programa de Pós-graduação de Instituições de Ensino Superior – IES, por meio de projetos conjuntos de pesquisa, visando a formação de recursos humanos de alto nível nos dois países, nas diversas áreas do conhecimento.” CAPES (2007)

## - Metodologia

O estudo de caso propiciado pela empresa, com a finalidade de diagnóstico operacional, caracterizou-se por um misto entre pesquisa qualitativa e quantitativa.

A vertente qualitativa teve como preocupação central fazer uma representação dos fluxos dos processos operacionais desenvolvidos dentro das fronteiras das empresas, com vistas à implantação futura do Sistema de Gestão Ambiental segundo as normas da série ISO 14000.

E quantitativa, no sentido que o *software* empregado permitiu fazer, através das alocações de massa e energia, quantificações de acordo com a metodologia de ACV, baseada nas normas da série ISO 14000.

Nesse sentido, para fundamentação teórica, é feita a pesquisa bibliográfica, nos seguintes termos:

1. Pesquisa bibliográfica sobre o saco plástico, em seu contexto social, econômico e ambiental, bem como sua composição e obtenção;
2. Pesquisa bibliográfica sobre a legislação ambiental;
3. Pesquisa bibliográfica sobre a logística reversa, suas abordagens e fatores fundamentais;
4. Pesquisa bibliográfica sobre sistema de gestão ambiental, e estudo das normas ISO série 14000;
5. Pesquisa bibliográfica sobre a metodologia de Análise do Ciclo de Vida e sua utilização;
6. Estudo sobre o *software* Umberto e suas características e aplicações;
7. Procedimentos para coleta de dados empíricos.

Os dados usados nesta pesquisa foram coletados de registros de históricos dos processos produtivos e diretamente da linha de produção de cada empresa, contando com a colaboração do responsável pela gerência de operações.

As informações gerenciais foram tratadas em diversas entrevistas e visitas de

observação aos processos realizados nas duas empresas.

Os dados técnicos referentes às instalações e aos equipamentos e processos foram levantados junto ao pessoal de manutenção das próprias empresas e registrados em formulário constante do Anexo I.

Para todos os dados coletados procurou-se obter repetições entre duas a cinco vezes, dentro das possibilidades de intervenção no processo produtivo.

O produto considerado no trabalho foi padronizado como uma massa de 5.000 kg de saco plástico, independente de formato, espessura ou cor.

Foram selecionados os processos de lavagem, moagem, secagem, aglutinação, extrusão de fio e picotagem para o processo de reciclagem e, de extrusão de balão e corte solda para o processo de fabricação do produto final.

Para trabalhar os dados, utilizou-se o *software* Umberto, obtido através de uma parceria do CEFET-RJ com a Universidade de Darmstadt, na Alemanha, auxiliando na elaboração das redes de fluxo, na criação e comparação de cenários para otimização técnica dos processos, redução de recursos materiais, de energia, reaproveitamento de resíduos do processo e redução dos que são poluentes e prejudiciais ao meio ambiente e na geração automática e comparação dos balanços dos aspectos ambientais que foram avaliados.

### **- Organização do Estudo**

Para compreensão do tema, o estudo foi organizado da seguinte forma:

No capítulo I pretende-se situar a realidade do saco plástico na sociedade, e as motivações do estudo, abordando-se as definições do produto estudado, com suas características, seus impactos, sua importância, permitindo dimensionar o problema com relação ao meio-ambiente.

No capítulo II tem-se uma breve análise das leis de proteção ambiental, situando o produto – o saco plástico – na atual legislação brasileira.

A logística reversa e seu embasamento teórico são apresentados no capítulo III, que engloba uma análise da performance ambiental e, métodos de aplicação e avaliação.

No capítulo IV é feita uma introdução sobre Sistemas de Gestão Ambiental e todas as normas para apoio e implementação do mesmo.

No capítulo V é apresentada uma revisão bibliográfica sobre a Análise do ciclo de vida e seus conceitos, assim como, definições, interpretações, valorações, impactos e limitações.

O *software* Umberto, suas características, a motivação de seu uso e sua aplicação são explanados no capítulo VI.

As empresas selecionadas, uma produtora de saco plásticos reciclados e virgens e a outra recicladora de material descartado, fontes de informação para o estudo de caso, e da visão prática da pesquisa serão apresentadas no capítulo VII.

No capítulo VIII são apresentados os detalhes da realização de cada etapa da pesquisa e do estudo de caso, juntamente com a análise dos resultados obtidos e as sugestões para estudos futuros. Na parte final, é feita a conclusão do trabalho e apresentação dos anexos.

## **CAPÍTULO I- O SACO PLÁSTICO**

Segundo informações obtidas no site do CEMPRE (Compromisso Empresarial para Reciclagem), o primeiro plástico foi produzido em 1862, porém, registrou-se um desenvolvimento acelerado na produção deste tipo de produto apenas a partir de 1920.

A explicação para isso, segundo Gorni (2003), é que, devido à ausência de tecnologias para produzir reações entre os compostos de carbono, somente era possível a utilização de polímeros (materiais dos quais os plásticos são derivados) naturalmente produzidos.

A partir do ano de 1907, os avanços da química orgânica e da tecnologia permitiram a síntese de polímeros.

Na década de 1920, os conceitos sobre macromoléculas sedimentaram-se e este foi um passo decisivo para o surgimento dos polímeros modernos. Isto porque foi possível um redirecionamento mais preciso dos estudos da área, além da importância assumida pela borracha, como um material fundamental para a indústria automobilística e bélica. Os governos investiram na produção de uma borracha não natural, para obtê-la independente do extrativismo natural. Isso gerou um grande avanço do conhecimento através do desenvolvimento de pesquisas (GORNÍ, 2003).

De acordo com Gorni (2003) com a Segunda Guerra Mundial, a necessidade de restringir as fontes de borracha natural e outras matérias primas alavancou os processos industriais de transformação de materiais em plásticos.

Os estudos continuaram, e na década de 1980, o ritmo dos desenvolvimentos desacelerou-se, porém, a escala comercial dos resultados já alcançados aumentou.

Por possuir como principais características a durabilidade, leveza, flexibilidade e resistência, o plástico tornou-se um grande fenômeno da era industrial.

### **I.1- MOTIVAÇÃO DO ESTUDO**

Atualmente, no mundo inteiro, o plástico faz parte da vida das pessoas de uma forma tão intensa, que às vezes, não nos damos conta da quantidade de artefatos de plástico que

está à nossa volta.

Segundo o site da PLASTIVIDA<sup>13</sup>, os plásticos não são tóxicos e, por possuírem essa característica importante, são usados para embalar alimentos, bebidas e medicamentos. Na área hospitalar são usados para produção de produtos descartáveis, como seringas, bolsas para transfusão de sangue, e frascos para soro fisiológico.

Também são isolantes térmicos-acústicos, resistentes ao calor, leves, resistentes, flexíveis, baratos e, salvo a situação de manuseio inadequado, são 100% recicláveis.

Os produtos são protegidos de forma eficiente pela embalagem plástica que os envolve, evitando-se a contaminação de alimentos, transmissão de doenças, entre muitas outras boas aplicações.

Segundo Medina (2006), do ponto de vista tecnológico e industrial, a produção de plásticos virgens e reciclados foi a que mais se desenvolveu nos últimos 10 anos. A característica de reciclabilidade e sua efetiva reciclagem estão em crescimento, no Brasil e no mundo, sendo, no Brasil, o setor que mais fatura com reciclagem, depois do alumínio, envolvendo 500 empresas, e mais de R\$ 1 bilhão. No ano de 2004, ainda de acordo com Medina (2006), esse setor, empregando dezenas de milhares de pessoas, reciclou mais de 700 mil toneladas de todos os tipos de plásticos, combinando o alívio ambiental com o emprego de muitas pessoas. Em resumo, os materiais plásticos são uma solução de engenharia para muitas aplicações, e evoluíram reduzindo toxicidade, aumentando reciclabilidade e valorização energética em produtos em fim de vida.

Mas, apesar de todas essas vantagens e benefícios, os plásticos, com o aumento de suas aplicações, vêm causando uma grande preocupação com relação aos impactos ecológicos que sua existência e permanência na natureza causam.

Para lidar com esses problemas, segundo Brasil (2007) alguns governos introduziram taxas que cobram do consumidor por cada saco distribuído. Essa renda pode ser revertida em processos de recuperação ambiental, além de tornar o consumidor mais cuidadoso com o saco plástico que adquiriu.

---

<sup>13</sup> Instituto Socio-ambiental dos plásticos. [www.plastivida.org.br](http://www.plastivida.org.br)

Ainda, segundo Brasil (2007), como alternativa ao descarte do saco plástico no meio ambiente, existem profissionais que produzem com esse material uma massa tão rígida quanto o concreto, formando tijolos, e outras aplicações como bolsas artesanais, entre outras soluções.

Para este autor, a utilização de plásticos biodegradáveis é uma boa opção para preservar o meio ambiente, porém seu custo mais elevado não parece ser um atrativo para o mercado, no momento de expansão em que se encontra. Esse tipo de plástico demora cerca de 60 dias para ser degradado, contra os cerca de 100 anos do plástico comum. Algumas grandes empresas investem no plástico biodegradável, utilizando biopolímeros. Mas também esse tipo de plástico possui inconvenientes, pois necessitam de ambiente ótimo para se decompor, caso não sejam descartados em lugares apropriados, não entram em decomposição. Além disso, também geram resíduos que podem afetar os lençóis freáticos e o próprio solo.

Os plásticos desenvolvidos com aditivos oxidegradantes, segundo informações obtidas no site do CEMPRE, que são os plásticos tradicionais que recebem em sua composição aditivos que permitem a degradação do material através da ação da luz e do oxigênio também necessitam de ambiente ótimo para fragmentar, e além de deixar na natureza partículas de plástico fragmentado, ainda podem liberar corantes, os próprios aditivos, pigmentos e outros componentes.

Atualmente, as empresas transformadoras de plástico partiram para a reciclagem, que além de diminuir o custo de seu produto final, gera um alívio ambiental, reciclando mecanicamente, segundo pesquisa da PLASTIVIDA, cerca de 19,8% dos plásticos descartados.

### I.1.1 O plástico em números

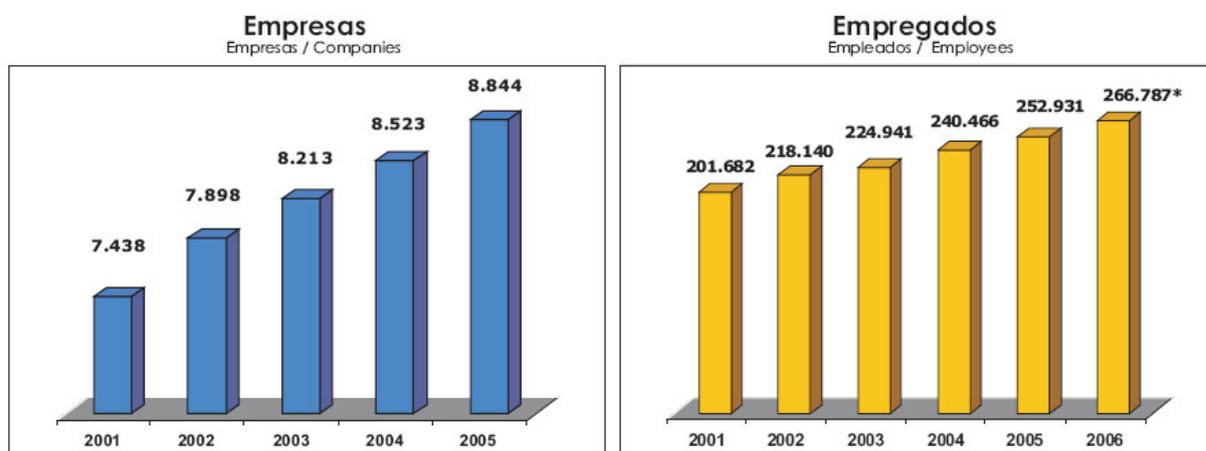
Segundo o presidente da ABIPLAST – Associação Brasileira da Indústria do Plástico, em entrevista coletiva na sede da mesma, em 13 de Fevereiro de 2007, a dimensão da

amplitude do mercado de plásticos no Brasil foi definida com números bastante expressivos<sup>14</sup>: o faturamento total do setor de transformadores de plásticos no ano de 2006 teve um total bruto de R\$ 37,5 bilhões, que, se convertidos em dólares, representa uma alta na receita de 8,14% em relação ao faturamento do ano anterior (em dólares).

Porém, apesar do aumento da importação e da exportação, a balança comercial do setor continuou apresentando saldo negativo. As exportações totalizaram US\$ 1,10 bilhão, com um crescimento de 13,39% em relação ao ano anterior, e as importações somaram US\$ 1,44 bilhão, com um crescimento de 17,7% em relação a 2005.

Isso significa que a balança comercial dos produtos do setor, apesar de movimentar valores expressivos, está deficitária.

Entretanto, segundo a Figura I.1 abaixo, obtida no relatório Perfil da Indústria Brasileira de Transformação de Material Plástico, há um crescimento no número de empresas transformadoras e na movimentação de pessoas alocadas no setor.

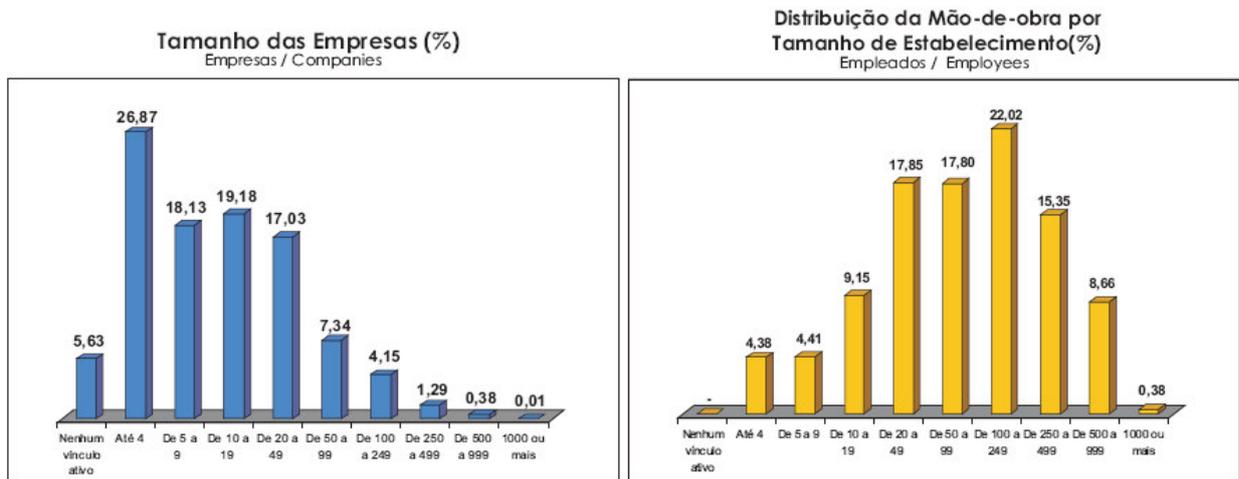


Fonte: Empresas - Dados até 2005 - MTE - RAIS 2005 - CAGED Jan 2006 a Dez 2006  
Movimentação de Admitidos e Desligados - (\*)Estimado

Figura I.1- Empresas e Empregados na Indústria Brasileira de Transformação de Material Plástico – 2006 [fonte: ABIPLAST - [www.abiplast.org.br](http://www.abiplast.org.br)]

O relatório também demonstrou, de acordo com a Figura I.2, que predominam no setor empresas de micro e pequeno porte, e que as empresas que empregam de 100 a 249 empregados são as que contribuem com a maior parcela de empregos do setor.

<sup>14</sup> <http://www.exportplastic.com.br/pt/068-07.asp>



Fonte: Empresas - Dados até 2005 - MTE - RAIS 2005 - CAGED Jan 2006 a Dez 2006  
Movimentação de Admitidos e Desligados - (\*) Estimado

Figura I.2- Tamanho das Empresas e distribuição de mão-de-obra por tamanho de empresa na Indústria Brasileira de Transformação de Material Plástico - 2006  
[fonte: ABIPLAST – [www.abiplast.org.br](http://www.abiplast.org.br)]

Os dados levantados na pesquisa da ABIPLAST demonstraram que o consumo de plásticos per capita no Brasil teve aumento em 2006, e a participação do setor de plástico no PIB nacional foi de 1,75%.

Tudo isso demonstra a importância do setor na economia e na sociedade, ilustrando seu crescimento e sua contribuição social com a geração de empregos diretos.

### I.1.2 Reciclagem

Segundo Franchetti et al (2003), há uma estimativa de que cada brasileiro gera 10 kg de lixo plástico por ano, enquanto cada norte-americano gera 70 kg e cada europeu 38 kg.

A disposição do material plástico em aterros resulta em problemas de compactação do lixo e no atraso da decomposição de materiais biologicamente degradáveis. Isto porque os plásticos criam camadas impermeáveis que dificultam a troca de líquidos e gases, atrapalhando o processo de biodegradação. A disposição do material em lixões resulta em problemas principalmente relacionados com a queima indevida e sem controle, gerando poluição do ar e uma série de conseqüências ecológicas indesejáveis.

De acordo com John (2000) a reciclagem apresenta benefícios nos dois extremos em que atua: na primeira ponta, a geradora de resíduo, a reciclagem reduz custos e gera novas

oportunidades de negócios; e na outra ponta, a do processo, a reciclagem diminui a extração de matéria primas, preservando os recursos naturais limitados.

Além disso, a reciclagem pode ser uma boa opção econômica, barateando o produto final, e aumentando a lucratividade para todos os envolvidos no processo.

Os maiores consumidores de plástico, na forma de grânulos, são as indústrias de artefatos plásticos, que o utilizam para produzir baldes, cabides, garrafas de água sanitária, acessórios para automóveis, etc (CEMPRE, 2007).

Avanços técnicos na identificação e separação de materiais, além de novas tecnologias para a produção de variados tipos de artefatos plásticos, vêm contribuindo para que surjam novos mercados para a reciclagem do plástico (CEMPRE, 2007).

Segundo estatísticas divulgadas no CEMPRE, até esta data, são recicladas aproximadamente 13 mil toneladas de plásticos por mês na região da Grande São Paulo. Os 180 recicladores dessa região são responsáveis por 16% do total produzido. No Rio de Janeiro, são reciclados 18,6% do total.

Tabela I.1- Destino das resinas plásticas no Brasil em 2002 [Fonte: [www.cempre.org.br](http://www.cempre.org.br)]

<b>Utilidade</b>	<b>Percentual</b>
Embalagens	39,73%
Construção civil	13,67%
Descartáveis	11,55%
Componentes técnicos	8,04%
Agrícola	7,67%
Utilidades domésticas	4,72%
Outros	14,62%

Atualmente, 16,5% dos plásticos rígidos e filme consumidos no Brasil, o equivalente a 200 mil toneladas por ano, retornam à produção como matéria-prima (CEMPRE, 2007).

De acordo com estimativa da ABREMPLAST (Associação Brasileira de Recicladores de Materiais Plásticos), desse total, 40% vem do lixo urbano e 60% de resíduos industriais.

Segundo informação do CEMPRE, o Brasil está no 4º lugar na reciclagem mecânica de plástico, ficando atrás somente da Alemanha, Áustria e EUA.

De uma forma simplificada, a reciclagem de materiais descartados segue as etapas apresentadas na Figura I.3:



Figura I.3- Etapas básicas da Reciclagem  
 [Fonte: Plastivida - <http://www.plastivida.org.br>]

**Coleta e separação:** Momento em que ocorre a triagem dos materiais, como papel, metal, plásticos, etc., dependendo do que será reciclado.

**Revalorização:** Preparação dos materiais para serem transformados.

**Transformação:** Processo que transforma os materiais revalorizados em novos produtos.

Baseado no esquema acima, e em outras informações da Plastivida, diz-se que a reciclagem é a revalorização de resíduos plásticos (descartes) a partir de uma seqüência de processos, que transformam esses resíduos em matéria-prima para produção de novos produtos.

Segundo Franchetti et al (2003) a reciclagem pode ser: primária ou pré-consumo; secundária, ou pós-consumo, ou mecânica; terciária ou química; e quaternária ou energética.

A reciclagem primária ou pré-consumo é feita com materiais provenientes de resíduos industriais, limpos, sem contaminação por partículas estranhas, de fácil identificação, aproveitados na linha de produção da mesma empresa ou de outras empresas. É o chamado resíduo limpo ou aparas.

A reciclagem secundária, ou pós-consumo, ou mecânica é feita com materiais provenientes de lixões, que precisam ser separados e tratados para serem aproveitados. Segundo Franchetti et al (2003) é a transformação de plásticos descartados em grãos para reutilização, da seguinte forma: os resíduos plásticos são transformados em grãos, que servem de matéria prima para novos produtos. Esses grãos são obtidos através de processos físicos.

De acordo com a Plastivida, esse tipo de reciclagem é a mais utilizada no Brasil, por ser mais barata e conseguir manter a qualidade do produto, que depende diretamente da qualidade do material que será reciclado.

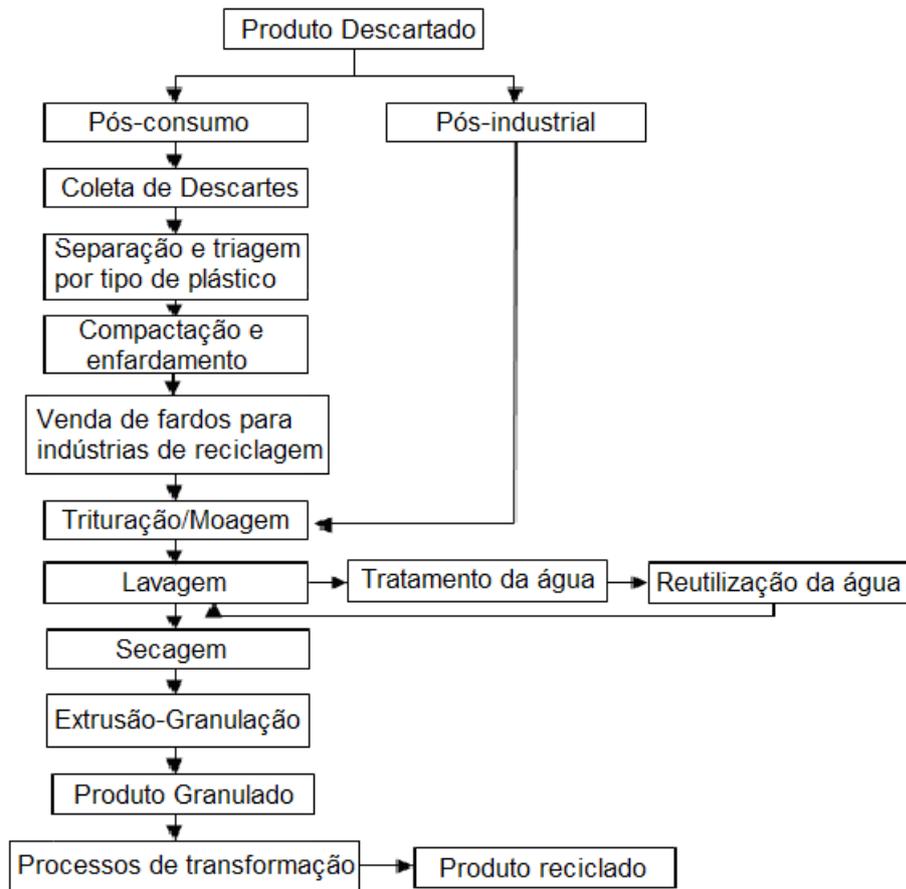


Figura I.4 - Fluxograma de Reciclagem Mecânica  
 [Fonte: <http://www.cefetrs.edu.br/~gedea/tipos.htm>]

A reciclagem terciária ou química é a que, através de processos termoquímicos, converte os resíduos plásticos em matérias-primas que podem gerar novamente as resinas virgens, ou gases e óleos combustíveis.

Para Franchetti et al (2003) é o reprocessamento de plástico descartados, obtendo como resultado monômeros e hidrocarbonetos, que podem ser utilizados em refinarias ou centrais petroquímicas como produtos químicos.

Através de reações químicas, o plástico inicial se transforma em outro tipo de plástico que poderá ser reutilizado na indústria, sendo reintegrados à cadeia petroquímica.

Sua desvantagem, segundo o GEDEA (Grupo de Estudos e Desenvolvimento em Educação Ambiental), é o alto custo, e sua grande vantagem é que o produto gerado possui uma alta qualidade, com características iguais ao produto virgem.

A reciclagem quaternária ou energética, segundo Franchetti et al (2003) é a obtenção

de energia através do tratamento térmico que se aplica aos resíduos.

Com a queima do plástico, obtém-se um calor muito forte, segundo o site da Plastivida, superior ao do carvão, recuperando a energia térmica contida nos resíduos plásticos. Essa técnica é diferente da simples incineração de plástico, pois garante a conversão do calor em energia. A grande desvantagem desse processo é que ele libera CO<sub>2</sub> e outras substâncias tóxicas, resultando em impactos ambientais negativos.

Segundo informações obtidas no site do GEDEA esse tipo de reciclagem ainda não é utilizada no Brasil, porém, é utilizada em vários países europeus, nos Estados Unidos e Japão, que possuem maquinários de alta tecnologia, tornando o processo seguro, através do controle das emissões e aproveitamento do calor gerado. Segundo o grupo, na Suécia e na Áustria, através da utilização desse processo, eles obtiveram uma redução de 90% nos volumes dos seus resíduos e em Paris, devido ao seu alto poder de calorífico, esse processo garante a eletricidade para cerca de 7000 pessoas.

Segundo informações obtidas no site da APME (Association of Plastics Manufacturers) é importante destacar que a reciclagem mecânica tem como objetivo recuperar o plástico para usos futuros como matéria-prima. Este tipo de reciclagem também está disponível para outros materiais. Em contrapartida, a reciclagem energética tem como objetivo recuperar o valor combustível do plástico, e pode ser realizada somente em alguns poucos tipos de materiais, como o plástico e a madeira. Segundo a associação, estas duas opções são complementares, não são mutuamente excludentes.

### I.1.3- A reciclagem no Brasil

De acordo com o site da Plastivida, a reciclagem de plástico economiza até 88% de energia, se comparada com a produção a partir do petróleo, além de preservar essa fonte de recursos finita para outros fins.

Segundo informações obtidas no site da Plastivida, no Brasil, não existe uma Política Nacional que atue nos setores envolvidos com reciclagem. A Plastivida, através da MaxiQuim

Assessoria de Mercado realizou um Estudo sobre a Indústria de Reciclagem Mecânica dos Plásticos no Brasil (IRMP).

Para ter um parâmetro de comparação, os profissionais que atuam na Plastivida utilizaram as taxas de reciclagem praticadas nos países da Europa Ocidental e da União Européia.

Calculou-se o índice de reciclagem, que é a razão entre o total de produtos reciclados e a quantidade de resíduos sólidos gerados:

$$\text{INDICE DE RECICLAGEM} = \frac{\text{QUANTIDADE DE PRODUTOS RECICLADOS}}{\text{QUANTIDADE DE RESIDUOS SOLIDOS GERADOS}}$$

A pesquisa, realizada no ano de 2004, baseada em dados de 2003, utilizou métodos de pesquisa determinados pelo IBGE, e teve abrangência nacional.

Como resultado da pesquisa, verificou-se que o índice médio de reciclagem no Brasil alcança 17,4%, já se aproximando do índice de reciclagem da Europa, que fica em torno de 22%.

Segundo informações que constam no site da Plastivida, deve-se destacar que na Europa, a coleta seletiva e a reciclagem são obrigatórias e amparadas por políticas nacionais. No Brasil, o percentual vem aumentando, por esforços voluntários, ou movido por necessidades econômicas.

Para Luiz Briones, diretor da Plastivida, em entrevista<sup>15</sup> dada no site Revista Plástico Moderno (2001), a reciclagem possui um papel relevante neste milênio, devido ao engajamento mundial na preservação ambiental.

Para ele, somente agora a sociedade está começando a ter uma noção do tamanho dessa atividade, que engloba muitos atores em torno da economia e do meio ambiente.

Segundo o diretor, o resultado de mais uma pesquisa realizada pela Plastivida, com a finalidade de analisar a reciclagem brasileira, identificou como problema para o aumento dessa atividade, a carga tributária sobre o material reciclado, que incentiva a informalidade, e a falta de sistemas de coleta seletiva, que se torna meio de obtenção do material limpo, livre de

<sup>15</sup> <http://www.plastico.com.br/revista/pm317/transformacao4.htm>

resíduos orgânicos.

Briones não considera o plástico um material poluidor, e sim despejado de forma inadequada. Para minimizar os problemas ambientais, o diretor da Plastivida acredita na educação de base, iniciando na escola, mostrando às crianças a importância da reciclagem e como fazer a separação do lixo.

Segundo Medina (2006) a Pesquisa Industrial Anual (PIA) – Empresas 2003-2004 – realizado pelo IBGE identificou 491 empresas exclusivamente dedicadas à reciclagem de materiais no ano de 2003. Segundo esse autor, os números aumentaram aproximadamente 24% em um ano, comparado com o setor de empresas industriais, que aumentou 4%. Portanto, em 2004, perfaziam o total de 613 empresas, separado por grupo de atividade da seguinte forma: 108 empresas atuando em reciclagem de sucatas metálicas e 505 empresas atuando em reciclagem de sucatas não metálicas. O número de pessoas ocupadas em ambos os grupos de atividade, segundo Medina (2006) aproxima-se de 15 mil pessoas, sendo que 70% delas estão no grupo de reciclagem de sucatas não-metálicas. O estudo demonstra, em Medina (2006), grande concentração na região Sudeste.

Entretanto, para Medina (2006) esse setor é de grande dinamismo e essa situação pode sofrer mudanças antes do tempo de atualização das tabelas do IBGE.

Segundo Medina (2006), o avanço na tecnologia de reciclagem dos plásticos refletiu diretamente na comercialização desse tipo de material descartado.

A tabela abaixo demonstra a distribuição das empresas recicladoras por região, no Brasil em 2004.

Tabela I.2 - Número de recicladoras por grupo de atividade, região e estados em 2004.  
[Fonte: IBGE, PIA – Empresas 2004 apud MEDINA (2006)]

<b>Regiões</b>	<b>Sucatas Metálicas</b>	<b>Sucatas não-Metálicas</b>	<b>Total</b>
Total			652
Norte			11
Centro Oeste	-	-	33
Nordeste			60
Sul	36	199	235
Sudeste	75	225	311

De acordo com a Tabela I.2 acima, a região Sudeste é a que tem maior concentração

de recicladoras, mas, de acordo com Medina (2006), se fizermos uma comparação da distribuição regional da população brasileira com a dos estabelecimentos de reciclagem, a região Sul destaca-se como a que concentra a maior força de reciclagem, relacionando 36% das recicladoras para 15% da população do país.

Na pesquisa já citada realizada pela Plastivida em 2004, baseada em dados de 2003, também citada por Medina (2006), o Brasil tem um alto índice de reciclagem mecânica voluntária, sendo superado somente pela Alemanha e Áustria. Se o Brasil tivesse uma estrutura adequada de coleta seletiva, o índice de reciclagem poderia aumentar em 26,4%, como demonstra a pesquisa realizada pela Plastivida, elevando o Brasil para o primeiro lugar em reciclagem mecânica.

Com relação à reciclagem do plástico, a região Sul destaca-se das outras, bem acima da média nacional, seguida pela região Sudeste, conforme ilustra a Tabela I.3.

Tabela I.3 - Índice de reciclagem mecânica de plástico pós-consumo  
[Fonte: [http://www.plastivida.org.br/reciclagem/pes\\_mercado.htm](http://www.plastivida.org.br/reciclagem/pes_mercado.htm)]

Tipo de Resíduo Plástico	Tonelada/ano					
	Centro-Oeste	Norte	Nordeste	Sul	Sudeste	Brasil
PET	0,0	0,0	27,3	62,7	47,2	39,3
PEAD	15,1	0,0	12,9	24,0	18,2	16,6
PVC	0,0	0,0	21,3	28,8	14,7	16,5
PEBD/PELBD	9,0	0,0	4,3	25,4	15,4	13,2
PP	4,9	0,0	6,7	6,8	10,7	8,2
OS	0,0	0,0	0,0	13,1	5,4	4,7
Outros tipos	0,0	0,0	0,0	7,8	5,5	4,0
TOTAL	6,2	0,0	10,7	26,2	19,4	16,5

## I.2- O PLÁSTICO VIRGEM E O RECICLADO

Segundo Medina (2006), a reciclagem surge como uma importante solução para aumentar a vida dos recursos não renováveis. Para esse autor, os critérios de reciclabilidade tornaram-se parte da escolha de materiais, para produtos e processos em novos projetos da área industrial.

Dessa forma, a reciclagem passa a integrar a gestão ambiental da produção, pois é, de acordo com Medina (2006), o destino correto a ser dado para os resíduos industriais, e também

para os produtos no fim de vida.

Para Medina (2006) o ponto comum entre a reciclagem e o desenvolvimento sustentável é o fato de ambos necessitarem de mudanças de atitudes, políticas e culturais, além das mudanças tecnológicas.

As mudanças radicais desencadeadas por essa nova visão cultural vão formar as bases de um novo paradigma sócio-técnico e econômico, onde, segundo Medina (2006), o mercado atual de produtos descartáveis será substituído por um mercado de produtos duráveis e recicláveis.

O novo paradigma do milênio determina a preservação dos recursos não renováveis, o desenvolvimento sustentável de forma geral.

O plástico virgem é produzido a partir de recursos não renováveis.

Segundo informações obtidas no site da empresa RioPol, o ciclo de fabricação do material plástico é desencadeado pelo petróleo e pelo gás natural, pois é a partir da extração e do refino do óleo bruto e do craqueamento do gás natural é que se obtém as matérias-primas para alimentar as centrais petroquímicas.

A Figura 1.5 a seguir, obtida no site da Braskem, indústria produtora de material virgem para beneficiamento, ilustra a cadeia produtiva do plástico virgem, devendo ser destacado que a maioria das empresas no mercado não realiza todas as operações descritas nessa cadeia. De uma forma geral, poucas empresas realizam a extração e as operações de primeira geração, gerando matéria-prima para outras empresas, em maior número, realizarem as operações de segunda geração em diante.

A primeira geração produz matérias-primas básicas da indústria petroquímica, como eteno, cloro e propeno, com a função de alimentar a segunda geração, que produz as resinas para transformação.

Essa cadeia produtiva foi escolhida justamente porque engloba desde a extração do petróleo até a reciclagem, demonstrando o caminho percorrido pelo plástico denominado virgem, produzido a partir de recursos não renováveis.

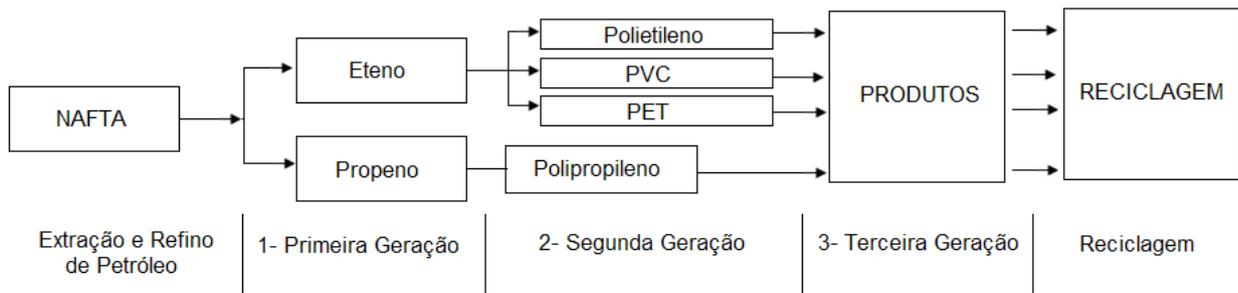


Figura I.5 – Cadeia produtiva

[Fonte: Adaptado de figura obtida no site da Braskem. [www.braskem.com.br](http://www.braskem.com.br)]

O plástico virgem percorre essa cadeia produtiva apenas uma vez, porém, quando se torna reciclado, pode percorrer a cadeia de reciclagem indefinidamente, misturando-se com outros plásticos. A cada vez que o produto percorre o processo de reciclagem, seu custo diminui ainda mais, pois já foi pago uma vez, e tornou-se descarte com um valor econômico muito pequeno antes de ser revalorizado pelo processo.

### I.3 O PLÁSTICO BIODEGRADÁVEL

Segundo a Sociedade de Plásticos Biodegradáveis do Japão, os plásticos biodegradáveis são materiais poliméricos com baixa massa molar que sofrem processo de degradação aos poucos na presença de microorganismos.

Os plásticos biodegradáveis são produzidos com resinas provenientes da cana-de-açúcar, milho, trigo e batata, e outras tecnologias.

São um tipo especial de polímeros naturais biossintetizados por bactérias a partir de açúcares e outras fontes de carbono, cujas características físicas são muito semelhantes às dos polímeros sintéticos, tendo como principal diferencial a facilidade de decomposição quando descartado no meio ambiente.

Porém, eles não desaparecem totalmente, e como qualquer elemento da natureza, transformam-se em outras substâncias, algumas não tão ecológicas como se imagina.

As normas e testes da taxa de biodegradação de compostos de plásticos biodegradáveis surgiram para estabelecer um padrão de comportamento desses materiais quando descartados que atenda às exigências do meio ambiente, tornando-os ecologicamente

corretos, agregando a eles uma outra qualidade indispensável, além das muitas outras que já se destacam na sociedade.

Essas normas aplicam-se a materiais compostos, que são aqueles cuja cadeia de polímeros se quebra sob a ação de microorganismos (bactérias, fungos, algas). Para ser considerado composto, o material deve permitir total mineralização (conversão em CO<sub>2</sub>, H<sub>2</sub>O, compostos inorgânicos e biomassa sob condições aeróbicas), sendo a taxa de mineralização alta e compatível com os processos de compostagem.

Entretanto, apesar de todas as pesquisas para introduzir e viabilizar a utilização dos plásticos biodegradáveis, existem opiniões contrárias a sua utilização.

Segundo informações obtidas no site da Plastivida, o Sindicato dos Produtores de Materiais Plásticos da França (SPMP) defende que o problema ambiental deve ser solucionado através da correta disposição desses materiais, incentivando e orientando a coleta seletiva, para que haja o reaproveitamento material ou energético.

O termo biodegradável refere-se aos materiais que são consumidos por microorganismos, como bactérias, fungos, algas, rompendo a cadeia do polímero, consumindo o material de várias formas. Entretanto, é frequentemente utilizado para descrever todos os plásticos degradáveis.

A biodegradação é um processo natural onde as químicas orgânicas no meio propício são convertidas a componentes simples, como carbono e nitrogênio, que serão posteriormente mineralizados e redistribuídos através de ciclos elementares. Pode-se afirmar segundo Rosa et al (2000), que a biodegradação dos polímeros é um processo no qual bactérias, fungos e leveduras utilizam suas enzimas que consomem substâncias destes como fonte de alimento modificando a forma original do material até seu desaparecimento.

Para os microorganismos usados na biodegradação, a função dos polímeros é a reserva de energia (carbono). A biodegradação dos grãos na bactéria é feita pela enzima PHB despolimerase, porém, essa enzima não possui a mesma eficiência na degradação de polímeros extracelulares que são degradados por bactérias e fungos.

Segundo Flores (2003), o Laboratório de Engenharia Bioquímica, do Departamento de

Engenharia Química e Engenharia de Alimentos da UFSC, vem desenvolvendo vários projetos para criação do plástico biodegradável.

De acordo com Flores (2003) vários tipos de bactérias e microorganismos só produzem o polímero em condições especiais. O primeiro passo é "adaptar" os microorganismos ao substrato de interesse, como milho, bagaço da maçã, cana-de-açúcar, etc, por aproximadamente 24 horas. A UFSC utiliza como substrato uma substância preparada a partir do bagaço da maçã, mas já realizou vários testes também com o soro do leite, a água de arroz e concentrados de glicose e frutose comerciais para selecionar as melhores opções.

O segundo passo, segundo Flores (2003), é acondicionar os microorganismos já adaptados em um biorreator, local onde recebem sais essenciais ao seu crescimento, além de oxigênio, nitrogênio e fosfato. A fase de crescimento e multiplicação da bactéria tem a duração de aproximadamente 12 horas. Em seguida, a bactéria é privada de algum elemento essencial a ela, obrigando-a a produzir moléculas de polímero para armazenar carbono como reserva de energia.

Nessa fase, de acordo com Flores (2003), a bactéria realmente produz o polímero, e pode ser necessário o acréscimo de alguma outra substância a fim de obter o copolímero, que é mais flexível e resistente aos impactos. É necessário aguardar de 20 a 38 horas para a geração do copolímero, variando o percentual final de polímero obtido no interior da célula.

Segundo Flores (2003), é necessário que o plástico biodegradável se torne um produto mais barato para que as empresas tenham interesse em produzi-lo industrialmente.

Atualmente, de acordo com Flores (2003) o plástico biodegradável chega a ser cinco vezes mais caro do que a produção de plástico petroquímico, e ainda não há uma consciência ecológica forte o bastante para que os consumidores paguem mais caro por um produto apenas por saber que ele é menos poluente.

Esse tipo de polímero vem ampliando seu espaço no mercado, sendo utilizado em vários segmentos industriais, devido à busca de materiais que substituam os polímeros derivado do petróleo, reduzindo a dependência dessa fonte, e utilizando uma fonte de recursos renováveis e não poluentes.

A utilização do plástico biodegradável e, aplicações comerciais, da mesma forma que outro material qualquer, é necessário a utilização de métodos de avaliação do seu comportamento com outros materiais durante sua vida útil e pós-uso. Também é necessário realizar testes de toxicidade e biodegradabilidade.

Apesar do preço do plástico biodegradável ser maior que o plástico comum, seu preço é menor que o do papel. Segundo Flores (2003) a utilização desse material ainda é mínima, destacando-se em produtos pequenos e de alto valor agregado, como materiais cirúrgicos e odontológicos. Mas, apesar do alto custo de produção, o plástico biodegradável pode substituir o plástico comum em quase todas as suas aplicações.

Segundo Flores (2003) problemas com a falta de informação faz com que as pessoas considerem o plástico biodegradável de qualidade inferior, ou que desmanche facilmente.

É necessário esclarecer que o material não é hidrossolúvel, e para que ele seja decomposto, é necessário um ambiente propício, como o dos aterros e lixões.

Também é importante destacar que a degradabilidade nem sempre é uma vantagem, já que os materiais degradáveis não desaparecem, transformando-se em emissões para o ar e para a água. Alguns emitem gases altamente poluentes, e prejudiciais à saúde humana.

Ao se degradar, o material perde seu potencial de revalorização, não podendo transformar-se em material reciclado e nem em energia.

## **CAPÍTULO II – LEGISLAÇÃO AMBIENTAL**

### **II.1- PANORAMA GERAL**

Segundo Braga et al (2006), existem no Brasil uma grande quantidade de legislação de proteção ambiental e de gestão de recursos ambientais, obedecendo à estrutura hierárquica que rege o seu regime político: a União é responsável pelas normas gerais válidas em todo território nacional, os Estados são responsáveis pelas normas peculiares, e aos Municípios, normas que preservem os interesses locais.

Para Braga et al (2006) quanto mais se conhece o meio ambiente e suas necessidades mais evolui o modelo de regulamentação do meio ambiente, que, passou a conter, além dos mecanismos de coerção, diretrizes de planejamento e gestão dos recursos ambientais.

Apesar disso, há, segundo esses autores, a necessidade de uma análise completa dos instrumentos existentes e sua reformulação, visando buscar realmente a direção do desenvolvimento sustentável.

O primeiro decreto ambiental data de 1933, a primeira lei ambiental federal data de 1951, e a partir destas, outras leis e decretos foram criados e instituídos, para defender a natureza e estabelecer áreas de proteção ambiental.

Entretanto, o marco na área ambiental, segundo Braga et al (2006), foi a incorporação da Lei ambiental nº 6.938, de 31/08/81 na Constituição Federal, incorporada no Capítulo VI, que trata especificamente das questões ambientais.

Com a promulgação da Constituição Federal a questão ambiental passou a ser tratada no contexto da melhoria da qualidade de vida da população, pois, segundo Braga et al (2006), o Capítulo VI faz parte do Título VIII, denominado “Da Ordem Social”.

De acordo com o conteúdo do art. 225 da Constituição Federal, o Poder Público atribui a si mesmo e à coletividade a obrigação de defender e preservar o meio ambiente, para as presentes e futuras gerações, garantindo o meio ambiente ecologicamente equilibrado.

Segundo Oliveira (2007) a década de 1990 destacou-se por intensa renovação dos mecanismos de intervenção ao meio ambiente. Foi formulada a Lei das Águas (Lei 9.433) em

1997, criando novas diretrizes de gestão dos recursos hídricos no Brasil; em 1997 o CONAMA, através da resolução 237, determinou a efetiva utilização do licenciamento ambiental como ferramenta de gestão; em 1998, com a Lei de Crimes Ambientais (9.605), o dano ambiental passou a ter caráter criminal sujeito à punição, incluindo pessoas jurídicas; e em 2000, a lei 9.974, que segundo Oliveira (2007) trata da devolução, recolhimento e destinação final de restos de produtos agrotóxicos e embalagens vazias.

Segundo Oliveira (2007) deve-se registrar também duas resoluções do CONAMA de 1999, que regulamentam o recolhimento e destinação final de pilhas e baterias e pneus usados.

Segundo informações obtidas no site do Jornal do Meio Ambiente (2007), destacam-se as 17 mais importantes leis ambientais, a seguir:

**Ação Civil Pública (Lei 7.347 de 24/07/1985):** trata da ação civil pública de responsabilidades por prejuízos causados ao ambiente, ao consumidor, e ao patrimônio artístico, paisagístico ou turístico.

**Agrotóxicos (Lei 7.802 de 11/07/1989):** esta lei regulamenta os agrotóxicos, desde sua pesquisa e fabricação até sua utilização e destino da embalagem. Determina a obrigatoriedade do receituário agrônomo para venda de agrotóxicos ao consumidor e exige registro dos produtos nos Ministérios da Agricultura e da Saúde e no IBAMA.

**Área de Proteção Ambiental (Lei 6.902, de 27/04/1981):** lei que criou as "Estações Ecológicas" e as "Áreas de Proteção Ambiental". Elas podem ser criadas pela União, Estado, ou Município. Segundo o Jornal do Meio Ambiente, está em tramitação na Câmara dos Deputados o Projeto de Lei 2892/92, para modificar essa lei, criando o Sistema Nacional de Unidades de Conservação.

**Atividades Nucleares (Lei 6.453 de 17/10/1977):** essa lei trata da responsabilidade civil por danos nucleares e a responsabilidade criminal por atos relacionados com as atividades nucleares. Segundo essa lei, quando ocorre um acidente nuclear, a organização envolvida tem a responsabilidade civil pelo dano, mesmo que não tenha culpa. Caso se comprove que a vítima é culpada, a organização deverá se responsabilizar pela recuperação ambiental do local

afetado.

**Crimes Ambientais (Lei 9.605, de 12/02/1998):** esta lei, de grande importância, reorganiza o sistema de infrações e punições já presentes na legislação ambiental nacional. A pessoa jurídica envolvida na infração ambiental (no papel de autora ou coautora) poderá ser penalizada se ela tiver sido usada para permitir ou ocultar algum crime ambiental, sendo possível até a liquidação da empresa, se ela tiver sido criada para realizar esse tipo de crime. A pena pode ser não aplicável quando a empresa realiza a recuperação do dano ambiental, e em caso de prisão, pode-se aplicar penas alternativas. São considerados crimes: pichações de edificações urbanas, balões (fabricação ou utilização), danificar ou maltratar plantas de ornamentação, desmatamentos não autorizados, impedimentos de acesso à praias.

**Engenharia Genética (Lei 8.974 de 05/01/1995):** essa lei cria diretrizes para aplicação da engenharia genética, envolvendo desde o cultivo, manipulação e transporte de organismos com modificações genéticas, até sua comercialização, consumo e liberação no meio ambiente. As penas são rigorosas para o descumprimento dessa lei.

**Exploração Mineral (Lei 7.805 de 18/07/1989):** estabelece regulamentação para a atividade garimpeira. A atividade garimpeira executada sem permissão ou licenciamento é considerada crime.

**Fauna Silvestre (Lei 5.197 de 03/01/1967):** protege a fauna silvestre, impedindo o uso, a caça profissional ou amadora, comércio de animais e produtos que derivaram de sua caça, além de proibir a introdução de espécies não regionais (importadas). Considera crime a exportação de peles e couros em bruto.

**Florestas (Lei 4.771 de 15/09/1965):** estabelece diretrizes para a proteção de florestas nativas, definindo como áreas protegidas as matas ciliares, as matas em torno de lagos e de reservatórios de água, topos de morro, encostas, e exige em determinadas regiões, que se mantenha um percentual arborizado.

**Gerenciamento Costeiro (Lei 7.661, de 16/05/1988):** esta lei estabelece as diretrizes para a criação do Plano Nacional de Gerenciamento Costeiro que deve trazendo normas para o uso do solo, da água e do subsolo, priorizando a proteção dos recursos naturais, do

patrimônio histórico, paleontológico, arqueológico, cultural e paisagístico.

**IBAMA (Lei 7.735, de 22/02/1989):** lei que criou o Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis (IBAMA).

**Parcelamento do solo urbano (Lei 6.766 de 19/12/1979):** essa lei determina as regras para loteamentos urbanos, que são vetados em áreas de preservação, naquelas onde a poluição representa perigo à saúde, em terrenos alagadiços.

**Patrimônio Cultural (Decreto Lei 25, de 30/11/1937):** decreto lei que gerencia a Proteção do Patrimônio Histórico e Artístico Nacional, considerando como patrimônio nacional os bens de valor etnográfico, arqueológico, monumentos naturais, sítios e paisagens que tenham valor devido a sua natureza ou devido a alguma intervenção humana.

**Política Agrícola (Lei 8.171 de 17/01/1991):** protege o meio ambiente determinando o uso racional do solo, da água, da flora e fauna, e a realização de zoneamentos agroecológicos, que organizem a utilização de variadas atividades produtivas. Também determina o desenvolvimento de programas de educação ambiental, incentiva a produção de mudas de espécies nativas, entre outros.

**Política Nacional do Meio Ambiente (Lei 6.938, de 17/01/1981):** segundo o Jornal do Meio Ambiente, esta é a mais importante lei ambiental, pois determina que é obrigatório que o poluidor indenize os danos ambientais que causar, independentemente de culpa, devendo recuperar e/ou indenizar os prejuízos causados, através de ações de responsabilidade civil propostas pelo Ministério Público. Esta lei criou os Estudos e Relatórios de Impacto Ambiental (EIA/RIMA), que devem ser feitos antes da implantação de atividade econômica que afete o meio ambiente, detalhando os impactos positivos e negativos que possam surgir devido às obras ou após a instalação do empreendimento, explicitando formas de evitar os possíveis impactos negativos.

Essa lei, segundo Braga et al (2006) visa assegurar as condições de desenvolvimento econômico e social, a proteção dos interesses de segurança nacional e de proteção à dignidade da vida humana, baseada nos seguintes princípios:

- *ação governamental na manutenção do equilíbrio ecológico, considerando o meio-ambiente como patrimônio público a ser,*

*necessariamente, assegurado e protegido, tendo em vista seu uso coletivo;*

- *racionalização do uso do solo, do subsolo, da água e do ar;*
- *planejamento e fiscalização do uso dos recursos ambientais;*
- *proteção dos ecossistemas, com a preservação de áreas representativas;*
- *controle e zoneamento das atividades potencial ou efetivamente poluidoras;*
- *incentivos ao estudo e à pesquisa de tecnologias orientadas para uso racional e a proteção dos recursos ambientais;*
- *acompanhamento do estado da qualidade ambiental;*
- *recuperação de áreas degradadas;*
- *proteção de áreas ameaçadas de degradação; e*
- *educação ambiental em todos os níveis de ensino, inclusive a educação da comunidade, objetivando capacitá-la para participação ativa na defesa do meio ambiente.*

Fonte: BRAGA et al (2006) p. 236

**Recursos Hídricos (Lei 9.433 de 08/01/1997):** essa lei define a água como recurso natural limitado, que possui valor econômico e vários usos. A partir dessa lei, a gestão dos recursos hídricos se torna descentralizada, sob o comando do Poder Público, usuários e comunidades.

**Zoneamento Industrial nas Áreas Críticas de Poluição (Lei 6.803, de 02/07/1980):** essa lei determina que os estados e municípios definam os limites e padrões ambientais exigidos para a instalação e licenciamento de indústria, solicitando o Estudo de Impacto Ambiental.

Essas leis, decretos e seus derivados, sejam federais, estaduais ou municipais, buscam minimizar os impactos poluidores das indústrias e predatórios da caça, desmatamento e uso indevido do solo e da água.

A responsabilização, por parte da legislação, do poluidor, gera um pensamento ecológico partindo da empresa, que toma a iniciativa de proteger o meio ambiente, através da revisão dos processos, da educação dos funcionários, do design dos produtos, e da implantação de uma logística reversa, que retire do meio ambiente o seu produto descartado após o uso final.

O efeito da pressão da legislação atingiu o consumidor, que também cobra da empresa um Sistema de Gerenciamento Ambiental (SGA). Essa, por sua vez, passou a ser uma importante ferramenta de marketing: o marketing verde, que leva o consumidor a buscar um

produto que seja ecologicamente correto e, leva a empresa a produzi-lo.

Segundo Oliveira (2007), a legislação ambiental brasileira é complexa, e sua aplicação fica vinculada a ajustes que possam garantir a interpretação correta de seus mecanismos, e a sua operacionalização eficiente e eficaz.

## II.2 – RESÍDUOS SÓLIDOS

Segundo Braga et al (2006), de forma contrária ao que ocorre com os meios aquáticos e atmosférico, o Brasil não possui ainda uma Política Nacional que trate a questão dos resíduos sólidos de maneira integrada.

Encontra-se, no Congresso Nacional, de acordo com esses autores, o Projeto de Lei nº 203/1991, que tem a finalidade de instituir a Política Nacional de Resíduos Sólidos. No Senado Federal, encontra-se, segundo Braga et al (2006), o Projeto de Lei nº265/1999, que foi encaminhado para análise na Comissão de Constituição, Justiça e Cidadania em 2003.

Ambos os projetos, de acordo com Braga et al (2006) buscam incorporar diretrizes avançadas para a gestão de resíduos sólidos, destacando-se:

- *prevenção da poluição ou redução da geração de resíduos na fonte;*
- *minimização dos resíduos;*
- *recuperação de materiais ou de energia dos resíduos ou produtos descartados;*
- *tratamento dos resíduos;*
- *disposição final dos resíduos remanescentes; e*
- *recuperação das áreas degradadas pela disposição inadequada de resíduos.*

Fonte: BRAGA et al (2006) p. 246

Entretanto, enquanto esses projetos unificadores não são aprovados, essa questão é tratada de várias maneiras diferentes.

De acordo com Braga et al (2006) a Portaria MINTER nº 53 do Ministério do Interior delega ao órgão estadual de controle da poluição e preservação ambiental aprovar e fiscalizar os projetos específicos de tratamento dos resíduos sólidos, devendo enviar ao IBAMA as cópias das autorizações concedidas. Determina tratamento adequado a resíduos corrosivos, inflamáveis, explosivos, radioativos e outros considerados perigosos.

Ainda segundo Braga et al (2006), o CONAMA, conforme já citado anteriormente, com a

resolução nº257, trata das questões de reciclagem, reutilização, tratamento ou disposição final de pilhas e baterias, delegando aos fabricantes a responsabilidade por estas ações. Também a resolução do CONAMA nº258 delega aos fabricantes e importadores responsabilidades pela coleta e destinação final de pneus após o uso.

### **II.3 – ATUAÇÃO DA FEEMA NO ESTADO DO RIO DE JANEIRO**

A FEEMA (Fundação Estadual de Engenharia do Meio Ambiente) utiliza o Licenciamento Ambiental para licenciar localização, instalação, ampliação e a operação de atividades consideradas efetiva ou potencialmente poluidoras, ou que possam causar degradação ambiental.

Segundo o site oficial da FEEMA, as operações descritas acima são efetuadas considerando as disposições legais e regulamentares e as normas técnicas aplicáveis a cada caso, de acordo com o Sistema de Licenciamento de Atividades Poluidoras (SLAP).

O SLAP foi, segundo informações do site da FEEMA, a referência para estruturação do licenciamento ambiental de muitos órgãos brasileiros, e até mesmo para o CONAMA, que baseou a Resolução 237/97 no SLAP, regulamentando o licenciamento ambiental em âmbito nacional.

O SLAP foi instituído pelo Decreto Estadual nº1.633, de 21 de Dezembro de 1977, em consonância com o Decreto-lei nº134 de 16 de Junho de 1975.

A aplicação do Licenciamento ambiental é avaliar os impactos causados pela atividade empresarial, como seu potencial ou capacidade para gerar resíduos sólidos, líquidos, emissões atmosféricas, potenciais de risco, ruídos, entre outras. O Licenciamento ambiental visa minimizar os impactos ambientais determinando condições mais seguras para que a atividade proposta se desenvolva.

O SLAP é composto por três tipos de Licenças ambientais:

1. Licença prévia: documento emitido na fase de planejamento da atividade, autorizando sua localização, determinando requisitos a serem seguidos na fase de implantação e operação;
2. Licença de instalação: autoriza a implantação da atividade, desde que respeitados o

projeto de engenharia aprovado e os requisitos ambientais determinados; e

3. Licença de operação: emitida após o término da implantação, quando a inspeção constatar o cumprimento das condições determinadas pela licença de instalação.

Essas licenças devem ser renovadas na ocasião de expiração de sua validade, e sempre que houver modificação do projeto.

Essas são formas de manter a atividade empresarial dentro das regulamentações determinadas, e proteger efetivamente o meio ambiente.

## **CAPÍTULO III- LOGÍSTICA REVERSA**

O conceito de Logística Reversa (ver página 2) é central para a análise da cadeia de reciclagem e produção de saco plástico adotada neste trabalho.

Para a produção de sacos plásticos há dois aspectos importantes no uso de material reciclado: a redução do passivo ambiental e a economia nos custos de produção.

Segundo Teodósio e Gonçalves-Dias (2006), esses resíduos levam muito tempo para se degradarem, e quando queimados, geram gases tóxicos e poluentes, salvo medidas legais em contramão, há uma tendência de crescimento do uso dessas embalagens, tornando o tema deste trabalho objeto de interesse ainda maior.

Por tudo isso, surge uma tendência de aproveitar esses resíduos, já que podem ser facilmente reciclados, de acordo com Teodósio e Gonçalves-Dias (2006), considerando o grande valor do plástico e a importância de sua utilização.

Para Teodósio e Gonçalves-Dias (2006), a reciclagem tem grande impacto socioeconômico, além de refletir fortemente nas estratégias gerenciais, que modifica o posicionamento da empresa em relação ao meio ambiente, aos clientes, e à própria produção.

### **III.1- O QUE É LOGÍSTICA REVERSA**

Segundo Teodósio e Gonçalves-Dias (2006) a Logística Reversa é um conceito ainda em construção, amplo e compreende todas as operações relacionadas com a reutilização de produtos e materiais. Refere-se, assim, a todas as atividades logísticas de coletar, desmontar e processar produtos e/ou materiais e peças usados a fim de assegurar uma recuperação amigável ao meio ambiente.

Para Oliveira et al (2006) a prática de logística reversa tem sido impulsionada pela diferenciação dos níveis de serviço e a completa gestão do ciclo de vida dos produtos, com o objetivo de diminuir os impactos ambientais gerados por resíduos.

Ela pode ser entendida como um processo que complementa a logística tradicional, já que a logística tradicional tem o objetivo de levar produtos de sua origem nos fornecedores até

os clientes finais, e a logística reversa completa o ciclo, trazendo de volta os produtos já utilizados para a origem.

Na logística reversa, os produtos já utilizados passam por uma reciclagem e percorrem novamente a cadeia, voltando ao ciclo de vida do produto, até ser finalmente descartado.

Teodósio e Gonçalves-Dias (2006) consideram que a idéia de apoio ao ciclo de vida do produto está por trás do conceito de logística reversa, pois, um dos seus objetivos operacionais vai além dos fluxos diretos de materiais, havendo a necessidade de considerar também os fluxos reversos de produtos.

O mercado exerce pressão sobre as empresas, devido a clientes que exigem produtos com custos mais baixos e menos impactos ao meio ambiente. Por outro lado, existem as questões legais, que aumentam em quantidade e complexidade e, se tornam incentivos para que a empresa gerencie completamente o ciclo de vida de seus produtos. Assim as empresas identificam melhorias em seus processos que permitem aumentar a flexibilidade e agilidade no atendimento às variações do mercado e às exigências dos clientes e meio ambiente.

Para Teodósio e Gonçalves-Dias (2006) a utilização da logística reversa na estratégia de gestão da empresa é uma nova visão para sua operação, aumentando a competitividade, os retornos financeiros e a imagem perante o consumidor.

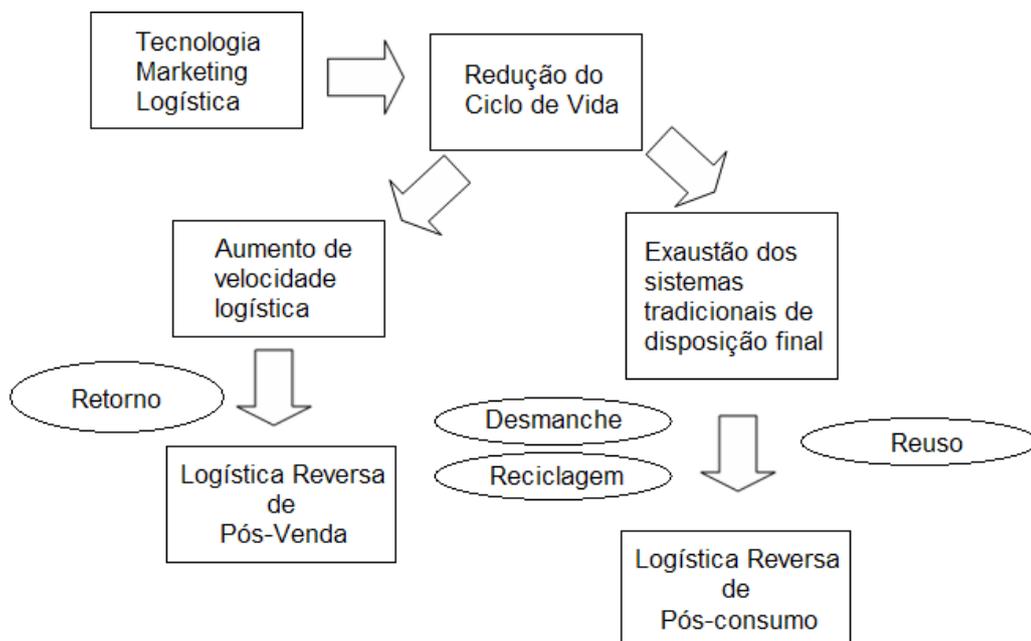
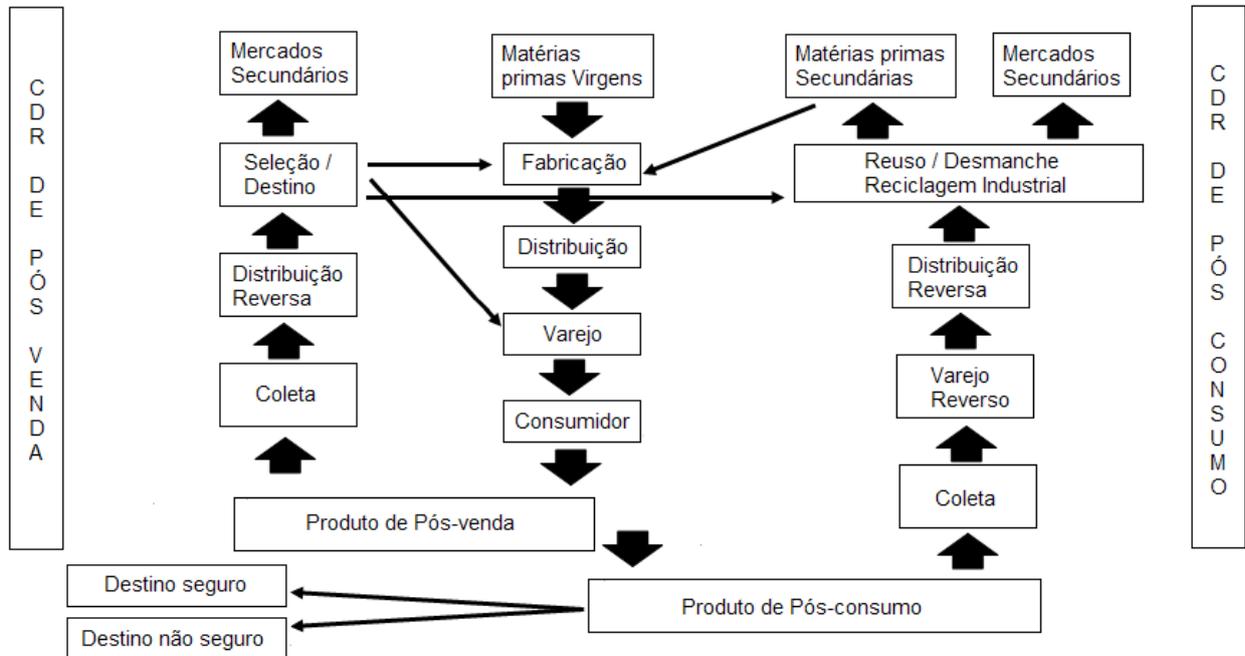


Figura III.1 – Redução do ciclo de vida dos produtos

[Fonte: LEITE, P. R. [www.abmbrasil.com.br/cim/download/Paulo-Leite-Logistica2003.pps](http://www.abmbrasil.com.br/cim/download/Paulo-Leite-Logistica2003.pps)]

Com o desenvolvimento tecnológico, o ciclo de vida dos produtos vem se encurtando cada vez mais, provocando o aumento da velocidade logística, e causando a exaustão dos sistemas tradicionais de dispositivos finais, conforme demonstrado na Figura III.1 acima. Isto determina uma necessidade urgente da aplicação da logística reversa, que vem aliviar a sobrecarga ambiental e a redução dos custos com matéria prima.



CDR: Canais de Distribuição Reversos

Figura III.2 – Canais de distribuição diretos e reversos

[Fonte: LEITE, P. R. Logística Reversa. [www.abmbrasil.com.br/cim/download/Paulo-Leite-Logistica2003.pps](http://www.abmbrasil.com.br/cim/download/Paulo-Leite-Logistica2003.pps)]

A Figura III.2 acima demonstra o ciclo logístico de um produto incluindo o fluxo reverso dessa mercadoria e a entrada de matérias primas secundárias no processo de produção. Essa entrada é paralela à entrada de matérias virgens e a utilização de materiais após consumo sendo utilizados em mercados secundários.

### III.2- ABORDAGENS DA LOGÍSTICA REVERSA

Para Schenini et al (2005) existem duas abordagens relacionadas com a logística reversa: a que considera a logística reversa de pós-venda e de pós-consumo como as duas grandes áreas da atuação da logística reversa e, a que se refere ao ciclo de vida do produto.

Segundo Schenini et al (2005), na primeira abordagem, a logística reversa de pós-venda ocupa-se do fluxo físico e de informações relacionadas com os bens de pós-venda, com pouco uso ou mesmo sem uso, retornando à cadeia de distribuição direta. Estrategicamente, o objetivo da logística reversa pós-venda pretende agregar valor a um produto devolvido por ter sido danificado no transporte, razões comerciais, entre outros.

Ainda segundo esses autores, a logística reversa pós-consumo trata do fluxo físico e informações sobre os bens descartados no final de sua vida útil, ou com possibilidades de reutilização, que retornam, através de canais reversos específicos, ao ciclo produtivo, ou de negócios. Seu objetivo estratégico é gerar valor agregado para bens que não servem mais ao seu proprietário original, mas que ainda possuam condição de utilização, podendo fluir por canais reversos de reuso, desmanche e reciclagem.

Em Schenini et al (2005) a segunda abordagem considera a análise do ciclo de vida do produto (ACV) e permite uma visão holística do produto ou serviço. Nessa perspectiva que incentiva as empresas a considerarem todos os impactos ambientais do seu sistema produtivo, são integradas as questões relativas ao meio ambiente a seu processo de tomada de decisões, analisando-se o sistema como um todo.

Os benefícios potenciais dessa metodologia são a redução dos impactos ambientais e a geração de produtos verdes, ambientalmente saudáveis.

### **III.3- FATORES DE SUCESSO**

Segundo Lacerda (2002) apud Oliveira et al (2003) são fatores de sucesso no caso de logística reversa:

- Bons controles de entrada: verifica-se o estado dos materiais que retornarão e, se eles estão em condições de ser ou não reutilizado;

- Processos padronizados e mapeados: por ser uma estratégia de trabalho, necessita de documentação através do mapeamento dos processos e dos procedimentos, sendo possível desta forma verificar as melhorias;

- Redução do tempo de ciclo: tempo entre a identificação da possibilidade de realizar a

reciclagem e sua realização efetiva.

- Sistemas de Informação: apoio da tecnologia da informação para realização da operação, gerenciando a informação de forma confiável e completa.

- Rede logística planejada: infra-estrutura desenvolvida para controlar os fluxos de entrada de materiais usados e saída de materiais transformados.

- Relações de colaboração entre clientes e fornecedores: troca de informações entre os atores envolvidos, nível de confiança entre as partes.

## CAPÍTULO IV – SISTEMAS DE GESTÃO AMBIENTAL

De acordo com Braga et al (2006), a partir de 1992 a consciência ecológica foi reforçada, demonstrando a necessidade de aprimorar as relações entre o meio ambiente e o desenvolvimento. Empresas situadas em países com legislação ambiental mais rígida sentiram-se prejudicadas em termos de competitividade em relação às situadas em países com legislação branda ou inexistente. Isto motivou, segundo Braga et al (2006) investimentos na gestão ambiental das empresas, para que elas obtivessem vantagens competitivas, e não desvantagens.

Para Farias et al (2007) a questão ambiental não é mais um assunto somente de ambientalistas, e se converteu em um sistema de gestão ambiental, uma estratégia de negócio.

Para esses autores, a empresa que agrega a consciência ecológica à sua estratégia estará melhorando sua gestão em vários aspectos: reduzindo custos e riscos através da otimização dos processos, organizando o consumo de recursos, diminuindo o gasto energético e de água, além de se antecipar às auditorias ambientais públicas e minorar os riscos de multas e responsabilização por causar problemas ambientais.

Segundo Farias et al (2007) a preocupação ambiental por parte da empresa pode significar boas oportunidades competitivas, levando a organização a adotar políticas estruturadas visando diminuir os impactos ambientais, contribuindo para o desenvolvimento sustentável.

Para Pereira e Tocchetto (2007), quando uma empresa implanta um sistema de gestão ambiental passa a ter um olhar estratégico para o meio ambiente, e encontra nele oportunidades de crescimento. Paralelamente, essas estratégias sustentáveis garantem a proteção ambiental do local de trabalho, e como já foi dito, diminui os impactos ambientais.

Segundo Farias et al (2007) gestão ambiental pode ser definida como uma estrutura organizacional “que possui atividade de planejamento, responsabilidades, prática, procedimentos, processos e recursos para desenvolver, implementar, atingir, analisar criticamente e manter a política ambiental”.

Para Farias et al (2007) o desempenho ambiental da empresa tem sua importância crescente para as partes envolvidas, internas e externas. Para obter um desempenho ambiental satisfatório é necessário o comprometimento de toda a organização, e uma abordagem sistemática visando a melhoria contínua.

Um sistema de gestão ambiental é formado, segundo Braga et al (2006), por “um conjunto de procedimentos sistematizados que são desenvolvidos para que as questões ambientais sejam integradas à administração global de um empreendimento”.

Segundo Farias et al (2007), no contexto explanado anteriormente, situa-se a necessidade da normalização e certificação em âmbito nacional e internacional das questões ambientais.

Essas normas têm como objetivo melhorar a gestão ambiental das empresas, e são, segundo Farias et al (2007) instrumentos mundiais de diretrizes ambientais na gestão empresarial com foco no meio ambiente, destacando-se as normas da série ISO 14000.

#### **IV.1- AS NORMAS ISO**

Segundo Cajazeira e Barbieri (2004), o objetivo da ISO é normalizar e desenvolver atividades relacionadas para facilitar as trocas de bens e serviços no mercado internacional e a cooperação entre os países nas áreas de esferas científicas, tecnológicas e produtivas.

Para esses autores, o movimento em torno do desenvolvimento sustentável leva as empresas, pelo menos as com maior potencial de degradação ambiental, a lidar com uma grande quantidade de partes interessadas. Com a legislação ambiental se popularizando, os consumidores passam a considerar as características ambientais na hora de optar por produtos e serviços, investidores passam a se preocupar com os passivos ambientais, entre outros.

A preocupação com o meio ambiente inclui a empresa no movimento pró meio-ambiente e melhora a sua reputação, favorecendo o seu desempenho financeiro e ampliando suas possibilidades de mercado.

Ainda segundo Cajazeira e Barbieri (2004), as questões ambientais são do interesse de todos e, de acordo com o conceito de desenvolvimento sustentável, *todos* significa os que

vivem agora e os que ainda irão nascer.

O objetivo das normas internacionais é gerar maior segurança para os importadores e órgãos reguladores e fiscalizadores e, a existência de uma única norma adotada como padrão elimina custos adicionais para empresas que desejarem vender produtos em vários países, adaptando seus produtos às várias exigências diferentes.

Para Cajazeira e Barbieri (2004), como se trata de um espaço internacional, não é possível tornar obrigatório o uso das normas, e ele deve ser voluntário. Por isso, as considerações de mercado são decisivas nesta questão. As leis cumprem um papel fundamental nos âmbitos locais, regionais e nacionais, o que não ocorre nas relações internacionais e, limitam-se aos acordos feitos nas relações comerciais. Isso significa que exigir que o produto ou processo esteja enquadrado nas normas internacionais não constitui uma barreira limitante ao comércio, ao contrário, pois as normas incentivam um padrão que representa a garantia da qualidade e essa é uma das principais razões porque vivemos uma era de normalização internacional.

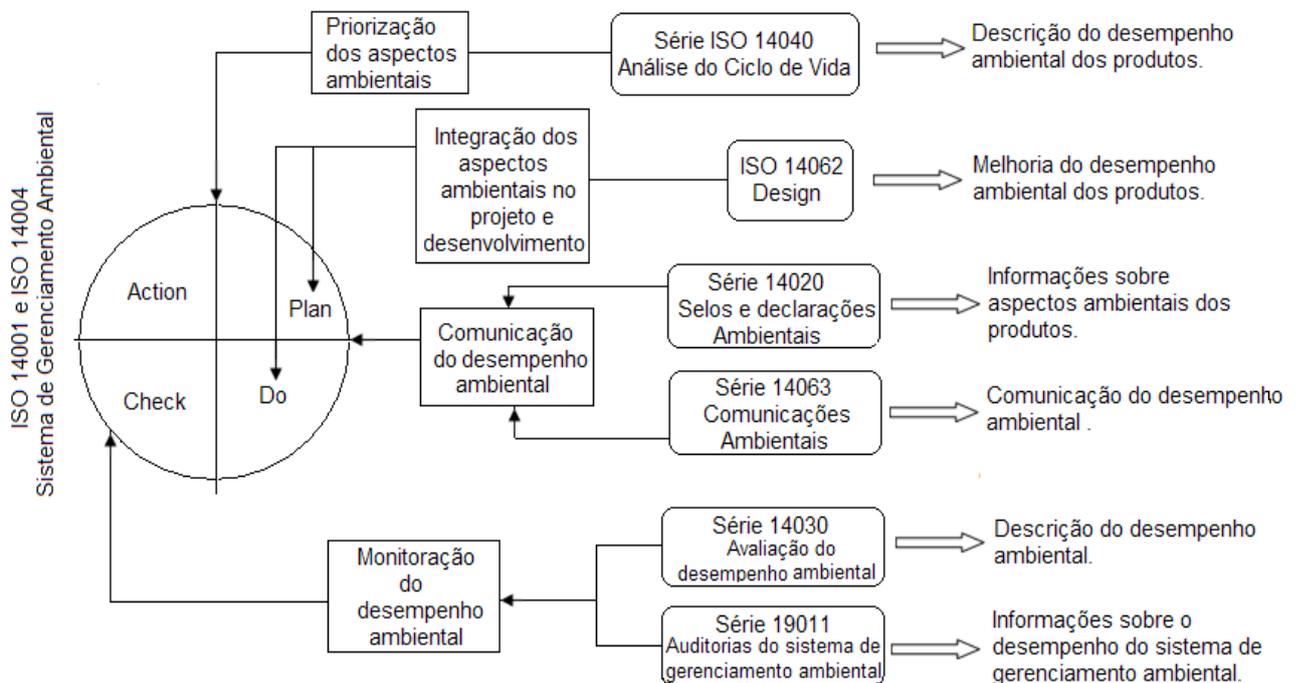


Figura IV.1 - Modelo ISO 14001 e suas correlações com as demais normas da série 14000 [CAJAZEIRA e BARBIERI (2004)]

As normas ISO 14001 e ISO 14004 sobre a gestão ambiental foram editadas em 1996.

A partir dessas, outras foram editadas sobre auditoria ambiental, avaliação do ciclo de vida, etc. Esse sistema de normas atua como um ciclo de PDCA ampliado, sendo o núcleo desse ciclo a norma ISO 14001, que para Braga et al (2006) é um procedimento sistematizado para o planejamento, implantação, verificação e revisão das estratégias usadas para atingir as melhorias ambientais. O ciclo de PDCA realizado pelas normas está ilustrado na Figura IV.1.

Segundo Cajazeira e Barbieri (2004), as normas da série ISO 14040 priorizam os aspectos ambientais da ISO 14001, tratando da Análise do Ciclo de Vida (ACV), instrumento de gestão ambiental para bens e serviços, conforme já visto anteriormente.

Para os autores Cajazeira e Barbieri (2004), a empresa que possuir um sistema de gerenciamento ambiental baseado nos requisitos da ISO 14001, mesmo que não seja certificado, é um importante diferencial competitivo, já que o meio ambiente é uma preocupação de grande parte da população e dos formadores de opinião, como professores, cientistas, artistas, jornalistas, políticos, etc. Além disso, o uso de algum tipo de legislação ambiental está em crescimento no mundo todo, inclusive no Brasil.

Os requisitos das normas servem de orientação para a empresa que decidir aceitar sua responsabilidade como instituição que afeta de várias formas o meio ambiente. A responsabilidade social compreende a consciência do papel da empresa no futuro, permitindo a ela alcançar, não somente o reconhecimento público, mas também a segurança da continuidade de suas atividades vinculada à preservação das fontes de insumos e do bem estar social em geral.

Segundo Valt (2004) foi a Society of Environmental Toxicology and Chemistry (SETAC) que deu a maior contribuição para a padronização da ACV, posteriormente orientando o trabalho de normatização da ISO, gerando parte das normas ISO 14000, relacionadas com a ACV.

De acordo com Reichert (2006) a série de normas ISO 14000 foi desenvolvida pela Comissão Técnica 207 da ISO (TC 207), para atender a uma necessidade mundial de uma gestão ambiental mais confiável e padronizada, introduzindo o meio ambiente como um item de grande importância nas estratégias empresariais.

Segundo Reichert (2006) essa série de normas estruturou-se baseada em duas áreas: uma com foco nas organizações empresariais e a outra com foco nos produtos e serviços.

A primeira área, com foco nas organizações empresariais tem como objetivo direcionar a empresa na implantação de um sistema de gestão ambiental que seja consistente, verificável, e de qualidade, facilitando o comércio internacional.

Pertencem a essa área as normas que padronizam Sistemas de Gerenciamento Ambiental, Auditorias Ambientais e Avaliação da Performance Ambiental.

A segunda área, com foco nos produtos e serviços objetiva o desenvolvimento de uma base comum aos muitos esquemas privados, nacionais, e regionais de avaliações de produtos.

Pertencem a essa área as normas que padronizam Rotulagem Ambiental e Análise do Ciclo de Vida.

A norma ISO 14001 tem como objetivo disponibilizar para as organizações elementos de sistema de gestão ambiental eficaz, que integrados com outros requisitos de gestão possam auxiliar a empresa a obter resultados ambientais e econômicos. Ela se aplica aos aspectos ambientais que a empresa considera que possa controlar ou influenciar. Não faz alusão direta à ACV, pois não é obrigatório que a empresa realize um estudo de ACV para ter um sistema de gestão ambiental.

Apesar disso, segundo Braga et al (2006) uma etapa que deve preceder a implantação do sistema de gestão ambiental é a de revisão, ou diagnóstico inicial, para que seja possível verificar os procedimentos utilizados pela empresa em relação às questões ambientais, e uma projeção visando as estratégias futuras.

Segundo a norma ISO 14001, deve-se contemplar os seguintes elementos na implantação de um sistema de gestão ambiental, ilustrados na Figura IV.2 a seguir:

1. Política ambiental: estabelece, segundo Braga et al (2006) os princípios de ação para a empresa, determinando metas em relação à performance e responsabilidade com relação ao meio ambiente. Apresenta uma visão global de atuação da empresa, e deve ser adequada à natureza de atividade da empresa, bem como à escala e aos potenciais impactos ambientais causados por ela e seus produtos e serviços. Além disso, deve se preocupar em promover uma

melhoria contínua, prevenindo a poluição e envolvendo todos os empregados. Deve ser comprometida com normas e regulamentos e ser documentada e disponibilizada para o público.

2. Planejamento: baseada na política ambiental, o planejamento deve ser feito para alcançar os requisitos definidos.

3. Implementação e operação: esses processos devem ser desenvolvidos em conformidade com os objetivos e metas já definidos.

4. Verificação e Ações corretivas: desenvolver procedimentos para avaliar a política ambiental, e mensurar as atividades que possam ter impactos significativos no meio ambiente. Além disso, definir procedimentos para realizar ações corretivas em caso de necessidade.

5. Revisão do gerenciamento: revisar o SGA para assegurar a melhoria contínua e a efetividade do mesmo.

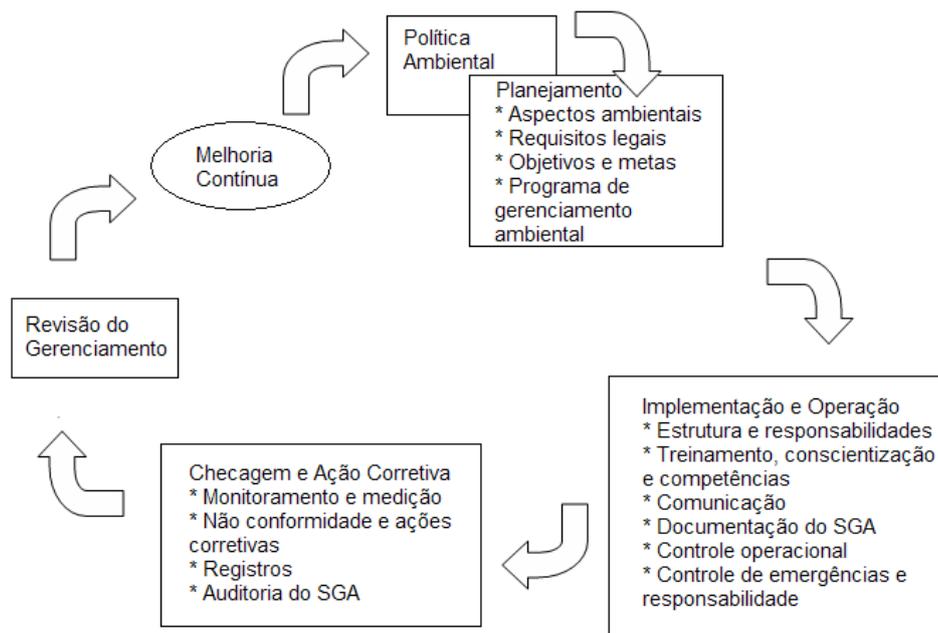


Figura IV.2 – Programa de Gestão Ambiental, conforme Norma ISO 14001 [BRAGA et al (2006)]

A norma ISO 14040, referente à Gestão Ambiental, especifica a estrutura geral e requisitos para conduzir estudos de ACV, porém, não inclui técnicas de ACV em detalhes.

A norma ISO 14041 refere-se à definição do objetivo e escopo da ACV, além da análise do Inventário do Ciclo de Vida (ICV).

A norma ISO 14042 objetiva fornecer informações sobre a estrutura da Avaliação do Impacto do Ciclo de Vida. Isto permite que se faça uma análise correta dos resultados obtidos na fase do ICV modelando-se os aspectos ambientais selecionados, através de indicadores de categoria. A norma pode ser usada para: identificar melhorias no sistema produtivo, permitir comparações entre processos diferentes para obtenção de um mesmo produto e fornecer dados para tomada de decisão.

A norma ISO 14043:2004 descreve os procedimentos para interpretação do ciclo de vida, fase final do estudo de ACV. Assim, de forma sistemática, pode-se: identificar, qualificar, verificar e avaliar os resultados do ICV, relacionando-os com o objetivo e escopo do estudo. Esse documento, porém, não descreve metodologias específicas para esta fase.

Segundo a norma ISO 14043, questões ambientais incluídas como parte do objetivo e do escopo podem refletir aspectos econômicos ou sociais, embora não façam parte de um estudo de ACV.

Em 2006, o conjunto de normas ISO 14040, 14041, 14042 e 14043 foi compactado em apenas duas normas: 14040 e 14044, tratando, a primeira, dos princípios e estrutura da metodologia de Análise do Ciclo de Vida e a segunda, dos seus requisitos e diretrizes.

## **IV.2- A NORMA ISO 14031**

Como visto anteriormente, um diagnóstico inicial deve ser feito na empresa antes da implantação de um sistema de gestão ambiental.

A norma ISO 14031 objetiva realizar uma avaliação da performance ambiental (EPE) da empresa, através da obtenção e análise dos dados e informações.

É um instrumento utilizado para alimentar a gestão com informações seguras e verificáveis, com condições de determinar se a performance ambiental da organização está de acordo com os parâmetros definidos pela administração da organização.

A obtenção de informações é feita através da formulação de indicadores ambientais, utilizados para mensurar o desempenho ambiental.

Segundo a Norma ISO 14031, se a organização já possui um SGA, a utilização dos

indicadores ambientais permite comparar o desempenho ambiental com a política ambiental, e outros critérios definidos. Se a organização ainda não possui, a Avaliação de Performance Ambiental auxilia na organização e implementação de um SGA, através de: identificação de aspectos ambientais, determinação de quais aspectos serão tratados, definição de parâmetros para o desempenho ambiental e realizando o confronto da performance ambiental com esses parâmetros.

A norma 14031, em sua introdução, cita a ACV como outro instrumento além dela própria, que pode ser utilizado para auxiliar no diagnóstico ambiental da empresa, através da análise dos aspectos ambientais e impactos potenciais relacionados com o produto ou serviço da empresa.

Neste trabalho, buscou-se utilizar a metodologia de ACV para realizar os levantamentos dos dados detalhados de produção e seus potenciais impactos, e as diretrizes da EPE para a definição de potenciais indicadores para a definição de uma política ambiental das empresas estudadas.

#### IV.2.1- Indicadores de desempenho ambiental

Segundo Valle (2006) “toda obra humana está sujeita a avaliações”.

Para este autor, avaliar significa estabelecer o mérito ou o valor de algo, o merecimento. Essa definição, segundo Zacharias (2007) envolve valoração, apreciação, tornando-se necessário que o responsável pela avaliação possua como base uma escala fixa, uma grandeza, uma norma, regra ou padrão que permita a atribuição de valores possíveis a essa realidade.

Nesse contexto, segundo Valle (2006), o papel dos indicadores no modelo de avaliação é traduzir os critérios que os responsáveis pelo modelo consideraram adequados para avaliação e subsequente tomada de decisão.

Para Valle (2006) indicadores são “procedimentos ou regras que associam práticas sociotécnicas a escalas, que descrevem hierarquias ou ordens de preferência nos estados do mundo”.

Escalas são, de acordo com Valle (2006) os conjuntos de valores que os indicadores podem possuir.

O objetivo dos indicadores, de acordo com Bellen (2007) é agregar e quantificar informações, tornando sua significância mais aparente. Informações sobre fenômenos complexos tornam-se simplificadas com o uso de indicadores, melhorando o processo de comunicação.

Os indicadores podem ser quantitativos e qualitativos, sendo que os tipos utilizados podem ser variar dependendo da necessidade do modelo.

Segundo Bellen (2007), existem autores que consideram que os qualitativos atendem melhor às necessidades de avaliação de elementos de desenvolvimento sustentável e questões ambientais. Bellen (2007), porém, não descarta a utilidade dos indicadores quantitativos nesses casos, pois, avaliações qualitativas podem ser transformadas em notações quantitativas.

Dahl (1997) apud Bellen (2007) afirma que devido à dimensão e complexidade dos elementos que compõem uma investigação sobre desenvolvimento sustentável, a sua compreensão utilizando indicadores é um grande desafio.

Segundo Boog e Bizzo (2003), uma avaliação ambiental consistente depende do entendimento de todos os seus significados, em conjunto com uma mensuração do objeto de estudo e suas características físicas, sociais, econômicas, culturais e bióticos.

Baseado em Boog e Bizzo (2003) as ações que objetivam o desenvolvimento sustentável e seus indicadores podem ser classificados em três níveis:

1. Global: refere-se à totalidade do planeta;
2. Regional: refere-se às regiões, como vilas, bairros, cidades, estados, países, regiões de uso comum, etc, dependendo da escala de condição do meio ambiente que a empresa escolher;
3. Local: refere-se a focos de emissões poluentes e contaminantes, em sua maioria associados às atividades industriais, de extração de recursos naturais e depósitos de resíduos e rejeitos dos processos industriais.

Conforme visto anteriormente, a norma 14031 baseia-se no ciclo PDCA, que deve iniciar pelo Planejamento, selecionando indicadores para a análise da performance ambiental (EPE). Essa seleção pode ser feita através da escolha de algum indicador já existente e/ou desenvolvendo novos.

Em seguida, o passo Fazer, utilizando as informações obtidas para descrever a performance ambiental. Realizar uma comparação entre as informações obtidas e os critérios da performance ambiental concretiza a EPE. É necessário também realizar a documentação de todo o levantamento e resultados, para descrever a performance ambiental organizacional.

Os dois últimos passos, Fiscalizar e Agir são executados através da constante revisão e melhorias realizadas na EPE.

Dois tipos de indicadores são descritos pela norma ISO 14031: Indicador de Condição Ambiental (ECI – Environmental Condition Indicator) e o Indicador de Performance Ambiental (EPI – Environmental Performance Indicator).

Segundo a norma ISO 14031, o ECI é uma “expressão específica que fornece informações sobre as condições locais, regionais, nacionais ou globais do ambiente” e o EPI é uma “expressão específica que fornece informações sobre performance ambiental de uma organização”.

Os ECIs tem a finalidade de fornecer informações sobre a condição do meio ambiente, relacionada com a escala escolhida pela empresa. Essa informação auxilia a empresa a identificar o atual ou potencial impacto destes aspectos ambientais, ajudando no planejamento e implementação da EPE.

Os EPIs dividem-se em dois tipos: Indicadores de Performance de Gestão (MPI), cuja função é fornecer informações sobre a gestão, que tem influência sobre a performance ambiental das operações da organização; e Indicadores da Performance Operacional (OPI), cuja finalidade é fornecer informações sobre a performance ambiental das operações da organização.

A EPE pode ser implementada em qualquer tipo e tamanho de organização, bastando o comprometimento da alta administração e o envolvimento das demais partes da empresa.

É necessário gerar documentos e relatórios para divulgar informações sobre a EPE para que os funcionários da organização possam ter conhecimento de suas responsabilidades, e ajudar a empresa a atingir seus critérios ambientais. Também outras partes interessadas podem ter acesso a essas informações.

De acordo com a norma ISO 14031, a empresa deve considerar em seu planejamento e na seleção de indicadores os seguintes fatores: aspectos ambientais importantes, sobre os quais pode-se ter controle e espera-se ter influência; critérios definidos de performance ambiental e a opinião das partes interessadas. Além disso, outras questões também são importantes, e devem ser consideradas pela organização: a diversidade das atividades empresariais; estrutura; estratégia de negócios; política ambiental; informações para satisfazer as exigências legais; acordos ambientais internacionais relevantes; relação custo-benefício ambiental; informações para análise dos aspectos financeiros ligados à performance ambiental; acompanhamento anual de informações sobre a performance ambiental para fins de comparação e melhoria; informações sobre o local, região, condição do ambiente; e os fatores culturais e sociais.

Quando a organização ainda não possui um SGA, pode utilizar a EPE para a identificação de aspectos ambientais significativos, considerando a condição do ambiente, a possibilidade de incidentes, e outros requerimentos que se fizerem pertinentes.

Os indicadores para a EPE são uma forma de obter informações de caráter qualitativo e quantitativo, além de traduzirem as informações de forma compreensível.

A organização deve selecionar um número suficiente de indicadores capazes de demonstrar a avaliação da performance ambiental.

Os indicadores podem conter valores diretos ou relativos, ou informação indexada. Podem ser agregados ou determinados, dependendo diretamente da informação e do uso pretendido. Devem assegurar verificação, consistência, comparatividade e entendimento.

Pode ser necessário realizar uma combinação de EPIs e ECIs para obter um suporte sobre aspectos ambientais complexos.

A empresa deve coletar dados sistematicamente das fontes apropriadas, para fornecer

recursos para o cálculo dos indicadores. Isso deve ocorrer com uma frequência coerente com o que estiver determinado no planejamento.

Após a coleta dos dados, eles devem ser analisados e convertidos em informações descrevendo a performance ambiental da organização, sob a forma de indicadores. Em seguida, deve-se realizar a avaliação das informações, realizando o confronto das informações obtidas com as constantes nos critérios de performance ambiental definidos pela empresa.

Os resultados obtidos devem ser informados às partes interessadas através da geração de relatórios internos e comunicações, descrevendo, segundo a norma ISO 14031: a tendência da performance ambiental da organização; conformidade com a legislação, regulamentos e outras exigências; economias obtidas ou outros resultados financeiros; oportunidades ou recomendações.

A decisão da organização pode ser influenciada por vários fatores, dentre eles, o interesse de melhorar os negócios e as relações com as partes interessadas.

Por isso, as informações descrevendo a performance ambiental da empresa devem ser atuais e colocadas no nível técnico da audiência pretendida.

Para a presente pesquisa, com o foco principal colocado na modelagem da planta para aplicação da metodologia de ACV, o rol de indicadores priorizados para estudos, no contexto da ISO 14031, foram os operacionais.

## **CAPÍTULO V – ANÁLISE DO CICLO DE VIDA**

### **V.1- O QUE É ANÁLISE DO CICLO DE VIDA?**

A Análise do Ciclo de Vida ou Avaliação do Ciclo de Vida - ACV (Life Cycle Assessment - LCA) é uma metodologia utilizada para avaliar o impacto ambiental de bens e serviços. Consiste em uma avaliação sistemática que permite quantificar os fluxos de energia e de materiais no ciclo de vida do produto. Segundo a EPA (Environmental Protection Agency, dos Estados Unidos), a Avaliação de Ciclo de Vida é “uma ferramenta para avaliar, de forma holística, um produto ou uma atividade durante todo seu ciclo de vida”.

Segundo Bernardes (2006), devido a relações cada vez mais complexas das empresas com o meio ambiente, a Avaliação do Ciclo de Vida surge como uma ferramenta que possui justamente a capacidade de lidar com essas complexidades, de maneira eficiente, por descrever e avaliar os fluxos de material e energia retirados da natureza e depois retornados a ela.

É uma metodologia que está constantemente sofrendo o aperfeiçoamento de suas técnicas de modelagem, qualidade de dados, análise das conseqüências no meio ambiente, entre outras. Com essa ferramenta, atualmente padronizada pela série de normas ISO 14040, tem-se o objetivo de realizar a avaliação de aspectos ambientais e de impactos potenciais associados a um produto ou serviço.

Porém, a maior evolução está na forma com que se pode gerar e interpretar seus resultados na gestão empresarial, já que é uma ferramenta capaz de gerar e interpretar dados ambientais, proporcionando uma indicação da direção que a empresa deve seguir para melhorar sua produção, gestão, design, etc.

Segundo Valt (2004) a ACV também atua como incentivo para a empresa se enquadrar na legislação ambiental, pois atende às exigências do aprimoramento incessante dos sistemas de gestão ambiental.

O ciclo retrata a história do produto, iniciando pela obtenção das matérias primas, produção, distribuição, consumo, uso e até sua transformação em lixo ou resíduo.

Como exemplo, pode-se citar que a avaliação do impacto ambiental causado por um saco de lixo deve levar em consideração desde a obtenção de matéria prima, os possíveis danos causados por seu processo de fabricação pela energia que utiliza e outros insumos, até seu descarte no meio ambiente. Devem ser analisadas as etapas do “berço à cova”, ou, considerando-se seu reaproveitamento após o uso, do “berço ao berço”.

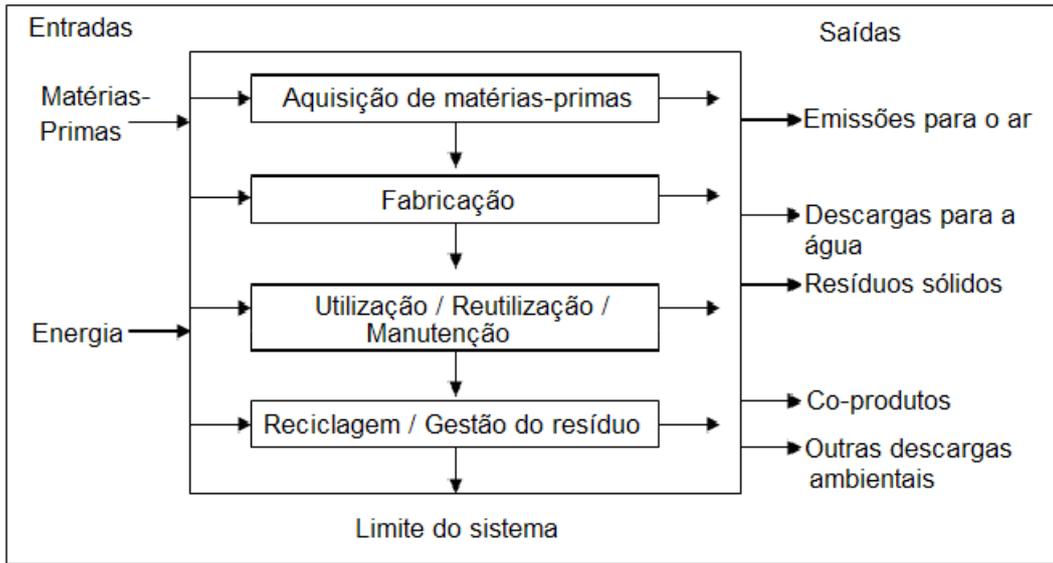


Figura V.1 - Estágios do ciclo de vida do produto [Fonte: USEPA (2001)]

O estudo da análise do ciclo de vida se divide nas seguintes fases:

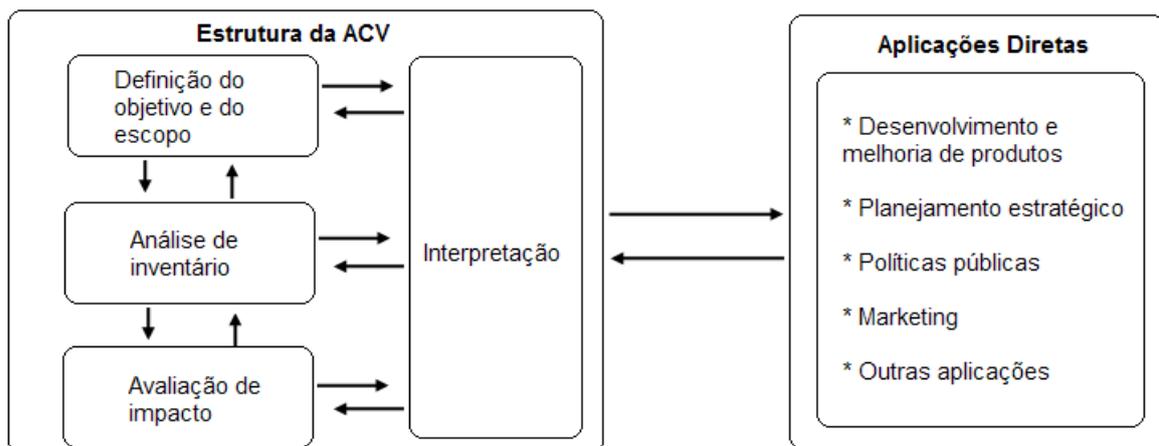


Figura V.2– Fases de uma ACV [ISO 14040 (1997)]

#### 1 - Definição do objetivo e do escopo

Nessa fase, deve-se:

- Definir e descrever o produto ou processo;
- Estabelecer o contexto das avaliações e identificar os limites (fronteiras) e efeitos ambientais que serão revistos por esta avaliação;
- Enumerar quais as razões para a condução desse estudo;
- Estabelecer quais tipos de decisões deverão ser tomadas com o resultado obtido;
- Definir as aplicações internas e externas à empresa;
- Definir o nível de detalhamento das informações necessárias e metodologia de coleta de dados, abrangência geográfica do estudo; as unidades funcionais (massa, volume, etc).

## 2 - Inventário

Nessa fase, deve-se:

- Quantificar a energia, materiais e água utilizados no sistema analisado, e as liberações ambientais, como as emissões para o ar, resíduos sólidos e líquidos, entre outros;
- Realizar a coleta de dados e a quantificação das variáveis envolvidas no estudo.

## 3 - Análise dos impactos ambientais

Nesta fase identifica-se os efeitos humanos e ecológicos da utilização da água, energia, e materiais, classificando os dados do inventário de acordo com os impactos ambientais já conhecidos.

## 4 – Interpretação

Nesta fase realiza-se a avaliação dos resultados, permitindo identificar e escolher os melhores processos e produtos, ou formas de melhorá-los.

Segundo Ferreira (2004) os benefícios do estudo de ACV são muitos, dentre eles, quantificar as descargas para o ar, água e solo relativo a cada estágio do processo analisado, avaliar os efeitos humanos e ecológicos do consumo de materiais e liberação de resíduos nos níveis local, regional e mundial, além de verificar os impactos na saúde humana, entre muitos outros.

## **V.2- PERFORMANCE AMBIENTAL**

Segundo Abreu (2001) a performance ambiental representa a eco-eficiência da empresa, aliada ao impacto social que ela exerce em seu ambiente, refletindo suas práticas de competição e conduta ambiental.

A otimização dos processos e dos produtos é um dos estímulos para a utilização da ACV, que deve preparar a empresa para as políticas ambientais e de performance ambiental, gerando vantagem econômica ou a possibilidade de demonstração do aumento dessa performance ambiental para realizar uma declaração ambiental de produto, pois segundo indicação na norma ISO 14031, a ACV pode ser utilizada como ferramenta para levantamento das posições ambientais da empresa.

O aprimoramento tecnológico incentiva a aprendizagem de técnicas de caracterização da performance ambiental/social da empresa, capacitando-a para o desenvolvimento, pois, segundo Abreu (2001) as empresas buscam melhorar a sua performance ambiental mantendo seu foco na competitividade, inovação e valores dos acionistas.

A performance ambiental é avaliada através de indicadores ambientais definidos e avaliados na ACV, que devem ser consistentes com os objetivos e escopo determinados.

## **V.3- DEFINIÇÃO DO OBJETIVO E DO ESCOPO**

A primeira fase da ACV é de grande importância, pois é a definição do objetivo e do escopo que irá nortear o desenvolvimento de todo o estudo, inclusive no momento da apuração dos resultados, que deverão estar compatíveis com essas definições.

De acordo com a norma ABNT NBR ISO 14041:2004, o objetivo do estudo deve definir de forma clara o que será feito, quais as razões para a realização do estudo e o público alvo, a quem será comunicado o resultado do estudo.

Em Ferreira (2004), o quadro a seguir, de Frischknecht (1996) apud Weidma, estabelece as aplicações específicas em uma empresa e genéricas do estudo de ACV, separando ainda por nível hierárquico da organização:

Tabela V.1– Aplicações da ACV (Weidema) citado por Frischknecht (1996) em FERREIRA (2004)

<b>Aplicação ACV</b>	<b>Específica à Empresa</b>	<b>Genérica</b>
<b>Operacional:</b>		
* Informação (informação do produto)	Declaração do produto	Informação do consumidor
* Alteração (melhoramento do produto)	Desenvolvimento do produto	Pesquisa orientada para o produto
<b>Tática:</b>		
* Informação (rotulagem do produto)	Marketing	Rotulagem ambiental
* Alteração (regulação do produto)	Fornecedor e/ou utilizador de necessidades ou incentivos	Normas de produtos, taxas e subsídios
<b>Estratégica:</b>		
* Informação (desempenho do produto)	Prioridades específicas da empresa	Prioridades genéricas
* Alteração (estrutural)	Ajustamento na gama de produtos	Legislação do produto

No escopo, estabelece-se, segundo Valt (2004) e Ferreira (2004), o sistema a ser estudado e suas fronteiras, a unidade funcional adotada, o grau de importância sobre matérias primas e produtos do sistema, parâmetros usados para a coleta dos dados, localização geográfica, representatividade e estratégia de coleta dos dados, critérios usados para definir os materiais significativos. Deve-se ainda definir claramente as categorias de impacto e metodologias de análise de impacto, a interpretação posterior que será utilizada, requisitos dos dados, de qualidade dos dados, limitações, tipo da revisão crítica que será feita e se for necessário, os relatórios que serão utilizados para o estudo.

Para Ferreira (2004) o escopo pode ser alterado durante o estudo, considerando que a ACV é uma metodologia iterativa, e à medida que surgem novas informações, pode ser

necessário fazer ajustes.

Segundo Ferreira (2004), o escopo deve ser muito bem definido, para que seja capaz de garantir que a profundidade, extensão e detalhe do estudo sejam compatíveis para atingir o objetivo definido.

De acordo com a norma ABNT NBR ISO 14041:2004, além do escopo, também o objetivo pode precisar ser alterado, como resultado de informações adicionais. Essas modificações e suas justificativas devem ser bem documentadas.

É parte importante do escopo a definição das funções do produto, suas características de desempenho (ABNT NBR ISO 14041:2004).

Para quantificar essas funções, utiliza-se a Unidade Funcional, que deve ser consistente com o objetivo e escopo do estudo, oferecendo uma referência de padronização dos dados de entrada e saída, por isso deve ser mensurável.

A partir da unidade funcional, define-se a quantidade de produto que se utiliza para realizar a função, resultando no que se chama fluxo de referência.

De acordo com a norma ABNT NBR ISO 14041:2004, o fluxo de referência é usado para realizar cálculos de entrada e saída. Para isto, a definição das fronteiras do sistema também é muito importante, pois, determinam quais processos serão incluídos no sistema a ser modelado. Dessa forma, criam-se limites para o levantamento dos dados e das demais atividades.

Com relação aos dados, vão depender, segundo a ABNT NBR ISO 14041:2004, do objetivo definido para o estudo.

Segundo Valt (2004) nesta fase deve-se definir os dados que serão incluídos e seus parâmetros significativos. Poderão ser colhidos nos locais de produção ou na literatura. Podem ainda ser uma mescla de dados medidos, calculados ou estimados.

No item qualidade dos dados, fator muito importante para a credibilidade do estudo, deve-se considerar a idade dos dados, ou, de acordo com a ABNT NBR ISO 14041:2004, cobertura temporal; o local geográfico onde serão coletados, ou cobertura geográfica; e a combinação de tecnologias existentes para a realização de determinado processo, ou

cobertura tecnológica.

Os dados, segundo a norma ABNT NBR ISO 14041:2004, variando em nível de detalhe de acordo com o objetivo e escopo definido, devem ser precisos, completos, representativos, consistentes e permitir que outras pessoas possam reproduzi-los em aplicações independentes.

#### **V.4- ANÁLISE DO INVENTÁRIO**

Nesta etapa, segundo Valt (2004), realiza-se a coleta dos dados, e a quantificação das variáveis incluídas no estudo, além de fazer a relação dos dados coletados às suas unidades funcionais anteriormente definidas.

Para esse autor, dados como energia, recursos naturais e água são mais fáceis de obter, e mais confiáveis. Já os de resíduos sólidos, efluentes líquidos, e emissões atmosféricas possuem um maior grau de dificuldade, pois determinar sua composição é uma tarefa complexa, e também são de difícil mensuração.

Vários procedimentos de verificação da qualidade dos dados podem ser utilizados, segundo Valt (2004), como comparação com publicações em literatura especializada, e utilização de dados teóricos.

Para Ferreira (2004) deve-se representar os componentes do sistema através do uso de fluxogramas, ou árvore de processo, onde serão representadas também as ligações entre os subsistemas.

Segundo a ABNT NBR ISO 14041:2004, além do fluxograma, também é necessário descrever os processos de forma detalhada e a lista de categorias de dados de cada um dos processos, além de especificar as unidades de medida utilizadas.

Também é necessário descrever a técnica de coleta e cálculo de dados utilizada e no caso de dados faltantes, deve-se documentar o tratamento feito.

Por ser um processo iterativo, à medida que mais dados são coletados, podem surgir novos requisitos de dados, ou limitações, sendo necessário, segundo Ferreira (2004), alterar os

procedimentos de coleta, ou até mesmo realizar a revisão do objetivo e escopo do estudo.

Nessa fase, é possível identificar se os fluxos estão compatíveis com as fronteiras do sistema anteriormente definidas.

Segundo Ferreira (2004), existem dois tipos de fronteiras: a fronteira produto-ambiente, e a fronteira produto-outros sistemas de produto.

A primeira refere-se à relação do produto com o meio ambiente, e sua questão mais importante é a definição de qual fluxo pertence ao sistema de produto e qual pertence ao sistema ambiente.

A segunda refere-se ao fato de que, muitos sistemas de produtos relacionam-se com outros sistemas de produtos, através de seus fluxos de entrada ou de saída. Por isso, deve-se definir cuidadosamente o limite entre o sistema de produto estudado e outro sistema de produto.

## **V.5- AVALIAÇÃO DE IMPACTO**

Ferreira (2004) descreve a Avaliação de Impacto do ciclo de vida como sendo um processo para caracterizar e avaliar os impactos ambientais identificados no inventário, de forma técnica, quantitativa e qualitativa.

Em uma AICV os impactos definidos são aqueles com conseqüências sobre a saúde humana, plantas, animais, e recursos naturais.

Para esse autor, a AICV atinge dois objetivos: primeiro, de aumentar o conhecimento sobre os impactos ambientais, tornando, dessa forma, mais relevantes o inventário e os dados que ele contém; e segundo, de organizar os dados de forma mais fácil de manejar, e mais significativa para a tomada de decisão.

Ferreira (2004) demonstra, no esquema abaixo, os elementos que compõem uma AICV:

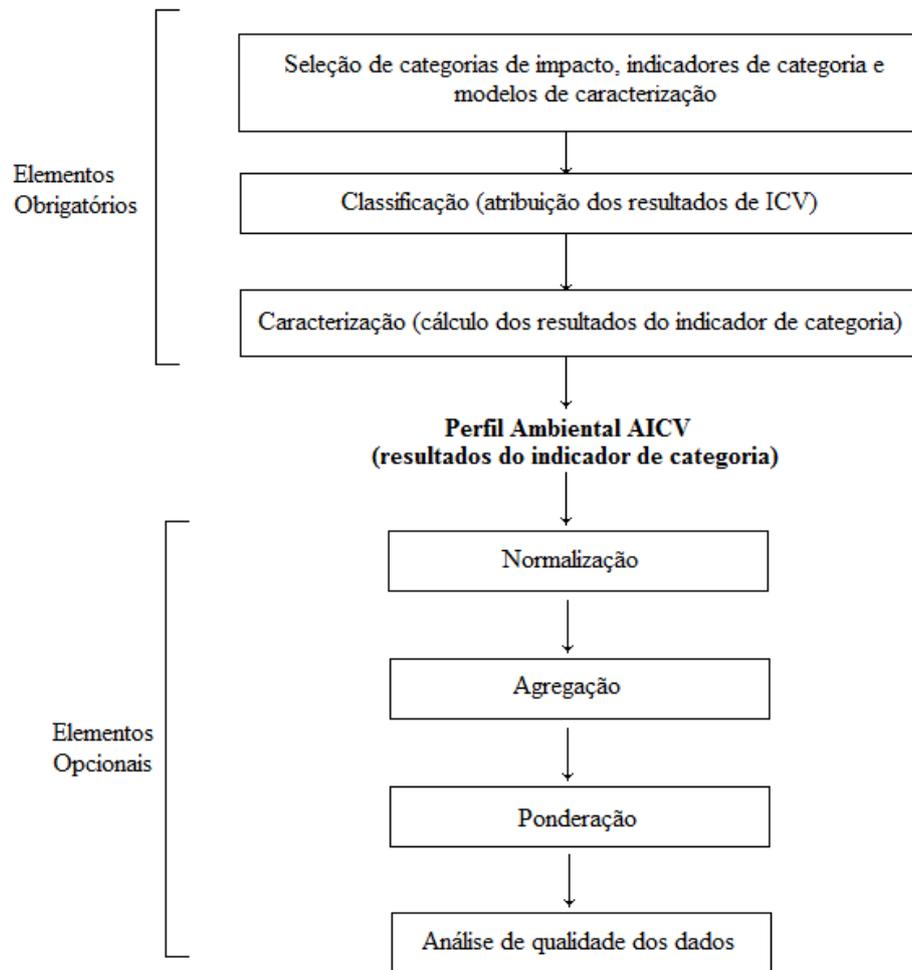


Figura V.3- Elementos da fase AICV (adaptado de ISO14042:2000(E)) – [FERREIRA (2004)]

Em Ferreira (2004), os elementos obrigatórios convertem os resultados do inventário no perfil ambiental do estudo para as várias categorias de impacto, e os opcionais são responsáveis pela normalização, agrupamento e definição de peso dos resultados do indicador ambiental e das técnicas de análise da qualidade dos dados.

Segundo esse autor, não existe um modelo geral aceito para realizar a análise do impacto do ciclo de vida. Vários estão em desenvolvimento, em busca de uma metodologia e uma estrutura científica que possa associar de forma consistente e correta os dados inventariados com os potenciais impactos ambientais específicos compatíveis com o estudo.

Segundo a norma ISO 14042:2000 (E), em Ferreira (2004) qualquer metodologia ou modelo são aceitáveis para realizar a análise do inventário, desde que satisfaça aos critérios da norma. A própria norma descreve procedimentos, ao invés de metodologias ou modelos

específicos.

A AICV tem o objetivo de correlacionar os resultados do Inventário do Ciclo de Vida com as categorias de impacto (ABNT NBR ISO 14042:2004). Para cada categoria de impacto deve-se definir um indicador de categoria, e realizar o cálculo desse indicador.

O agrupamento dos resultados dos cálculos dos indicadores disponibiliza informações sobre as questões ambientais relacionadas com as entradas e saídas do sistema estudado (ABNT NBR ISO 14042:2004).

Segundo a norma ABNT NBR ISO 14042:2004, o indicador de categoria do impacto ambiental pode ser definido em qualquer ponto ao longo da totalização dos processos ambientais relacionados com as alterações causadas pelo sistema estudado, sendo que, as categorias de impacto definidas, os indicadores de categoria, e os modelos que serão utilizados devem estar de acordo com o objetivo e escopo definidos para o sistema estudado, devem ter suas fontes referenciadas, e a seleção desses elementos deve ser claramente justificada. Os nomes utilizados devem ser claros, exatos e descritivos para cada categoria e indicador de impacto, além de não se poder omitir relevantes aspectos, como os temporais, referentes à duração, momento, entre outros.

Ainda segundo a norma ABNT NBR ISO 14042:2004, é importante descrever a reversibilidade do mecanismo ambiental e destacar as incertezas da relação entre o modelo de caracterização utilizado e o ponto final da categoria, local onde ela realmente causa o impacto.

Cada categoria de impacto tem seu próprio mecanismo ambiental, e é necessário definir os seguintes componentes: identificação do ponto final da categoria (local onde o impacto ocorre); definição dos indicadores de categoria para um ou mais pontos finais; relação dos resultados do inventário com a categoria de impacto, utilizando para isso o indicador de categoria escolhido e o ponto final dessa categoria; e identificação e descrição do modelo de caracterização utilizado.

A Figura V.4 abaixo, retirada da norma ABNT NBR ISO 14042:2004, demonstra o conceito dos indicadores de categoria, utilizando a categoria de impacto “acidificação” como exemplo.

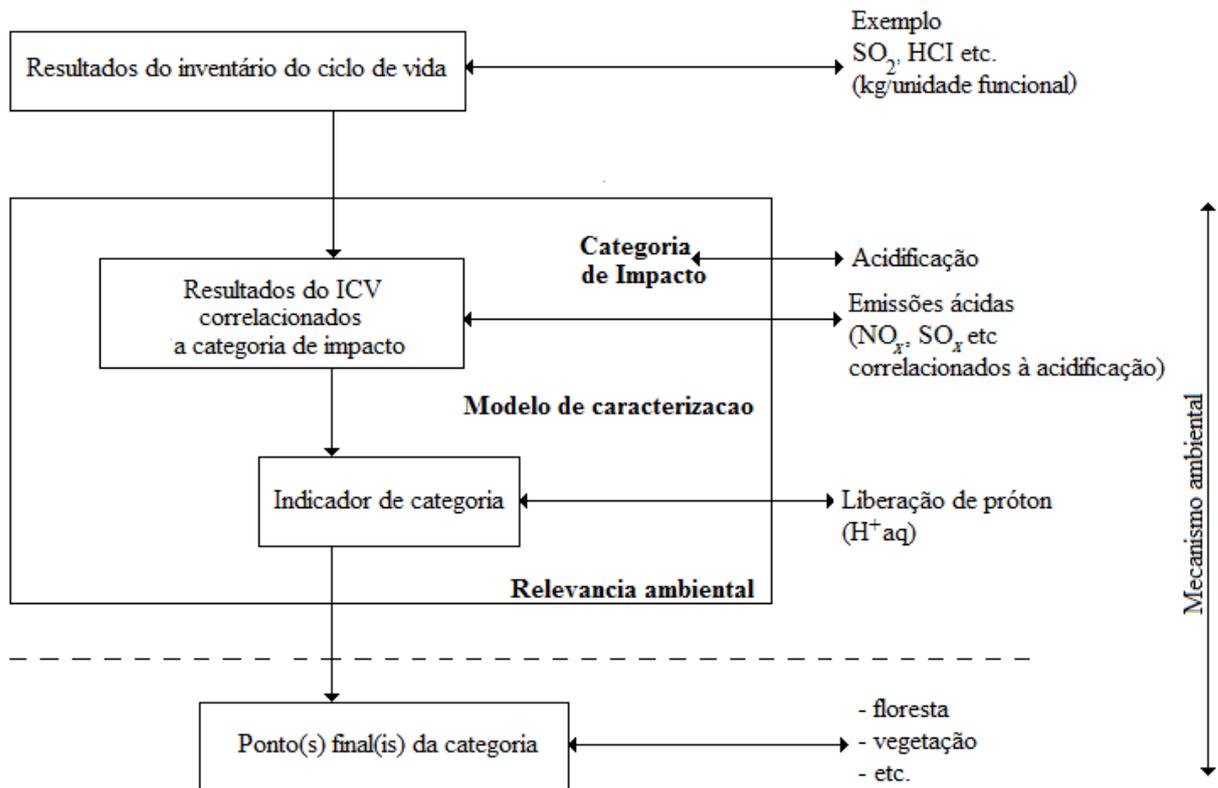


Figura V.4 – Conceito de indicadores de categoria [Fonte: ABNT NBR ISO 14042:2004]

Segundo Ferreira (2004), o conjunto das categorias de impacto deve permitir uma avaliação abrangente dos impactos relevantes, além de ter um mínimo de sobreposição. Devem ser internacionalmente aceitas, ou seja, fazer parte de uma relação de categorias aprovadas por um organismo internacionalmente competente. Além de tudo isso, não se deve definir um número de categorias muito elevado.

## V.6- INTERPRETAÇÃO

A interpretação dos resultados do inventário gerado na fase anterior deve ser feita de acordo com o objetivo e escopo do estudo, definidos anteriormente (ABNT NBR ISO 14041:2004).

Segundo a norma ABNT NBR ISO 14041:2004, é necessário ter muita precaução nessa fase porque os resultados a serem interpretados se referem a entradas e saídas e não aos impactos ambientais.

É necessário considerar, no momento de fazer a interpretação dos resultados, se as

fronteiras do sistema estão definidas de forma apropriada, assim como as funções e as unidades funcionais, que devem estar compatíveis umas com as outras e com o escopo e objetivo do estudo. Além disso, deve-se considerar se as limitações identificadas pela avaliação da qualidade dos dados estão compatíveis com o objetivo e escopo do estudo (ABNT NBR ISO 14041:2004).

## **V.7- DEFINIÇÃO DO INDICADOR DE IMPACTO AMBIENTAL**

Como já visto anteriormente, as categorias de impacto ambiental são essenciais para a avaliação dos resultados da ACV.

As emissões e extrações de recursos se enquadram em mais de dez categorias de impacto diferentes, como ecotoxicidade, redução da camada de ozônio, acidificação, etc.

Em um estudo de ACV, os resultados são de difícil avaliação, principalmente para quem não é especialista da área ambiental.

Para solucionar o problema de manipulação dos resultados da ACV, existem vários métodos de análise de impacto do ciclo de vida disponíveis na literatura.

O método escolhido para essa análise foi o Eco-indicador 99, presente na estrutura do *Software Umberto*, que é utilizado para gerar os balanços ambientais e é um método bastante utilizado pela comunidade científica.

O Eco-indicador 99 é um método, segundo Ferreira (2004), multi-fase, abordando o dano correspondente ao ponto final no mecanismo ambiental.

Entretanto, algumas considerações sobre esse método se fazem necessárias para maior entendimento dos resultados obtidos.

Segundo Xavier (2003), o método está relacionado com as condições ambientais européias, assim como os danos de muitas categorias de impacto, salvo os que possuem características mundiais, como redução da camada de ozônio, efeito estufa, entre outros. Em Xavier (2003), os danos relacionados à saúde humana, por exemplo, de substâncias cancerígenas, encontram-se atrelados à condição européia e adjacências.

Segundo Xavier (2003) o método considera as emissões como são geradas na

atualidade, e é baseado em uma definição ambiental específica, como os parâmetros físicos, químicos e biológicos sujeitos à ação humana, considerados requisitos para o funcionamento da natureza e do homem.

Fazem parte desses requisitos, de acordo com Xavier (2003), a saúde do homem, suprimento de recursos naturais e a qualidade dos ecossistemas.

No método Eco-indicador 99 a normalização e ponderação, segundo Ferreira (2004), são realizadas ao nível da categoria de dano, ou seja, ao nível do ponto final (terminologia utilizada pela ISO). São três categorias de dano consideradas por esse método:

- Saúde humana: essa categoria, segundo Xavier (2003) pretende que toda a humanidade deve ser isenta de doenças causadas por impactos ambientais, no presente e no futuro, extinguindo incapacidades causadas por esse tipo de doenças, ou até mesmo morte prematura relacionada.

- Qualidade do ecossistema: essa categoria, de acordo com Xavier (2003) pretende que outras espécies, menos o homem, não devem sofrer modificações em seu ambiente geográfico e nem em suas populações.

- Recursos Naturais: categoria que, segundo Xavier (2003) refere-se à disponibilidade dos suprimentos de recursos naturais essenciais para a humanidade também no futuro.

Na categoria de danos à saúde humana, que compreende que qualquer ser humano pode ser prejudicado pelos efeitos das emissões, sofrendo redução do tempo de vida, morte prematura, ou redução de alguma função vital do organismo, são considerados as seguintes fontes de problemas pelo método Eco-indicador 99, segundo Xavier (2003):

a) Doenças infecciosas, cardiovasculares e respiratórias, alterações climáticas que forcem mudanças de local;

b) Câncer, como resultado de exposição à radiação iônica;

c) Câncer e danos à visão, resultantes da destruição da camada de ozônio;

d) Doenças respiratórias e câncer, causadas por substâncias químicas no ar, na água ou em alimentos.

A unidade utilizada para quantificar esses efeitos, segundo Ferreira (2004) é DALY –

Disability Adjusted Life Years, ou seja, Escala Ajustada de Anos de Inaptidão, uma ferramenta comparativa que estabelece, segundo Xavier (2003), pesos para cada dano.

As pontuações da escala variam de 0 a 1, sendo o 0 indicador de saúde perfeita, e o 1 indicando morte.

Segundo orientações em Xavier (2003) o cálculo do DALY é feito da seguinte forma:

*“Na Europa muitas pessoas têm de receber tratamento médico em hospitais por um determinado período de tempo, devido à emissão de substâncias inorgânicas. Esse tipo de tratamento tem uma classificação igual a 0,392 na escala DALY. Se o tratamento no hospital durar em média 0,01 ano (3,65 dias), cada caso será ponderado como tendo aproximadamente 0,04 DALY's (0,01 multiplicado por 0,392)”. (XAVIER, 2003 p. 108)*

Assim, o fluxo de substâncias tóxicas e emissões, de acordo com Xavier (2003), expressas em toneladas por ano, para o cálculo da categoria de danos à saúde humana terá como resultado um número de DALY.

As categorias de impacto para essa categoria de dano são, segundo Xavier (2003):

- a) Efeitos cancerígenos;
- b) Efeitos respiratórios orgânicos;
- c) Efeitos respiratórios inorgânicos;
- d) Mudança climática
- e) Radiação;
- f) Camada de Ozônio.

Segundo Xavier (2003), na categoria de danos à qualidade dos ecossistemas, de forma diferente da anterior, não se refere a organismos, plantas ou animais de forma individual. Usa a variedade de espécies como indicador de qualidade do ecossistema.

Segundo Ferreira (2004), usa-se a unidade PDF \* m<sup>2</sup>.yr, onde PDF significa Potentially Disappered Fraction – Fração com Potencial de Desaparecimento por área por ano (PDF \* m<sup>2</sup> \* ano). De acordo com Xavier (2003), fazem parte dessa categoria os seguintes impactos:

- a) Eco-toxicidade
- b) Acidificação e eutrofização
- c) Uso de área

Na categoria de danos aos recursos naturais considera-se, de acordo com Xavier

(2003), apenas recursos minerais e combustíveis fósseis, sendo o uso agrícola ou para a silvicultura, extração recursos como areia ou cascalho considerados na categoria de uso de área. Foi selecionado a concentração como o indicador do nível de qualidade dos recursos naturais. A análise parte do princípio de que, segundo Xavier (2003) são primeiramente explorados os depósitos de alta concentração, restando para as gerações vindouras os de baixa concentração. Como consequência disso, o grau de recursos para o futuro será diminuído.

A unidade, segundo Ferreira (2004) é MJ de energia adicional por quilo de material extraído, que, segundo esse autor, é necessária para compensar a futura diminuição do grau de pureza do minério, ou seja, quanto maior for a quantidade de recursos extraídos, maior a quantidade de energia adicional para extraí-lo no futuro.

Na fase final do cálculo do Eco-indicador 99 as três categorias deverão ser agregadas, de acordo com Xavier (2003), que resultará em um valor final, que será o valor do indicador.

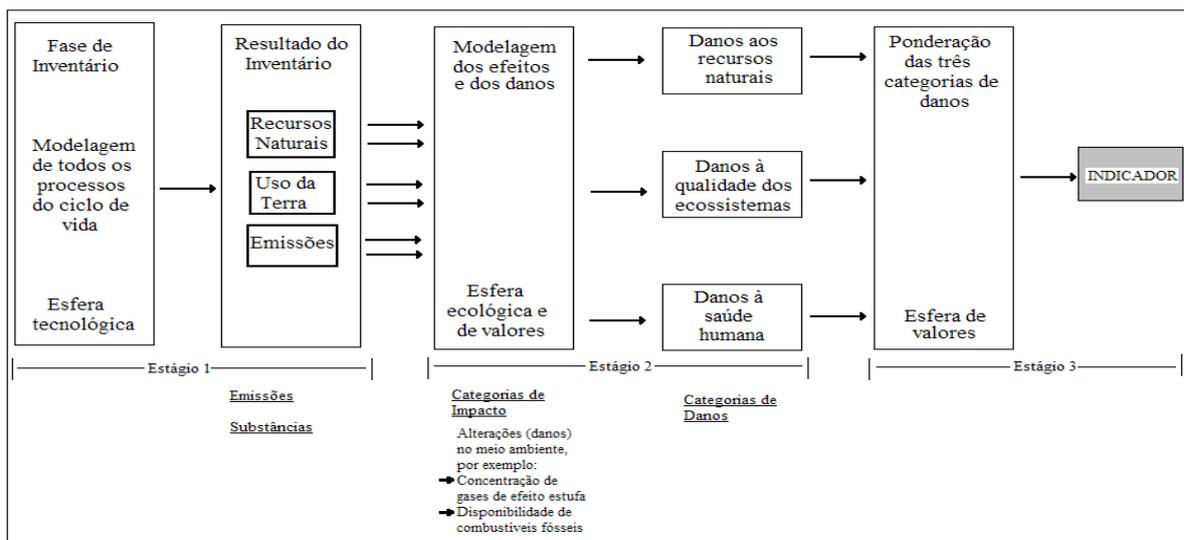


Figura V.5 – Estágios básicos para o cálculo do Eco-indicador 99  
[Fonte: GROEDKOOOP; SPRIENSMA, 2001 apud XAVIER (2003)]

A Figura V.5 ilustra os estágios do Eco-indicador 99, procedimento geral para cálculo do Eco-indicador.

Para a formação do indicador, é necessário realizar uma ponderação, que, para Xavier (2003) é uma fase subjetiva, envolvendo os valores e a percepção ambiental do indivíduo que realizar a análise. Por isso, utiliza-se uma teoria cultural, que propõe sistemas de

comportamento dos indivíduos.

Segundo Xavier (2003), para realizar a ponderação, são utilizados os tipos de comportamento igualitário, individualista e hierárquico, excluindo-se o fatalista e o autonomista, também componentes do modelo, por serem muito radicais em seus estilos de vida. Então, o Eco-indicador 99 possui as seguintes versões, de acordo com Xavier (2003):

a) Versão individualista: tempo é de curto prazo, e as relações de causa e efeito incluídas são apenas as comprovadas, negociando os limites em caso de comprovação suficiente.

b) Versão hierárquica: tempo é de médio prazo, considera fatos comprovados por documentos científicos ou políticos que tenham reconhecimento. Segundo Xavier (2003) essa perspectiva é comum na comunidade científica e no meio político.

c) Versão igualitária: tempo é de longo prazo. É calcada na precaução, inclui todos os danos que têm probabilidade de ocorrer.

As ponderações utilizadas em cada uma das versões, de acordo com Xavier (2003), estão demonstradas na tabela seguinte.

Tabela V.2 – Ponderações utilizadas nas três versões do Eco-indicador 99  
[Fonte: XAVIER (2003)]

Categorias de dano	Versão do Eco-Indicador 99		
	Hierárquica	Igualitária	Individualista
Saúde humana	300	300	550
Eossistemas	400	500	250
Recursos	300	200	200
<b>Total</b>	<b>1000</b>	<b>1000</b>	<b>1000</b>

Este trabalho utilizou a versão hierárquica, devido a sua maior aceitação na comunidade científica.

## V.8- LIMITAÇÕES

Conforme se pode constatar, o método de ACV possui algumas limitações.

A primeira delas é o alto custo e a dificuldade na coleta de dados. É uma atividade

complexa devido ao nível de detalhes requeridos. Para que os dados sejam fiéis à realidade, é necessária a disponibilidade da empresa produtora estudada, ou da fonte envolvida com o produto analisado, utilização de equipamentos especiais, e um longo tempo para geração de dados que revelem um padrão de valores. A certeza dos resultados se dá em conformidade com a veracidade e qualidade dos dados obtidos (VALT, 2004).

Além disso, segundo Alexander et al (2000) Apud Valt (2004), existe um fator limitante no que se refere à credibilidade do levantamento, incertezas devido à suposição de dados coletados e ainda devido à definição das categorias de impacto elaboradas para o estudo.

Outra limitação considerada por Ferreira (2004) é o tempo longo de levantamento e da análise das informações e a necessidade de outras ferramentas para possibilitar um completo processo de tomada de decisão, pois a ACV não realiza avaliações de custo e performance.

De acordo com Alexander et al (2000) Apud Valt (2004), também é considerada limitação o fato de que o estudo realizado em uma determinada região não se aplica a outras, considerando também a época da realização do estudo, já que devem ser analisadas as diferenças sociais, culturais e econômicas de cada região, que podem afetar diretamente o resultado obtido com o estudo.

Por todos esses fatores, a realização desse estudo deve ser o mais detalhado possível, tendo, segundo Valt (2004) identificado todos os aspectos ambientais do sistema produtivo, extensa e clara documentação dos dados obtidos, explicar e defender cada hipótese adotada, e respeitar a confidencialidade dos dados no momento de informar os resultados.

É importante ressaltar que não faz parte da metodologia de ACV fazer considerações de caráter social ou econômico, porém não é possível excluir completamente esses elementos de qualquer análise, já que a ACV permite uma visão completa do processo.

## **V.9- BANCO DE DADOS GENÉRICOS**

Segundo documento publicado pelo site da PlasticsEurope<sup>16</sup>, é de grande importância a criação de um banco de dados genérico, a fim de incentivar mais estudos de ACV, devido às

---

<sup>16</sup> <http://www.plasticseurope.org/Content/>

seguintes razões: colocar grande quantidade de dados em domínio público, para atender à demanda por informações para a realização de estudos de ACV, sem que nenhuma empresa precise expor seus dados específicos sobre quantidade de energia e matérias-primas usadas em seus processos; encorajar melhorias ambientais através do benchmarking, fazendo com que as empresas possam comparar os valores disponíveis com seus próprios, promovendo melhorias onde for necessário; e permitir menor incerteza na obtenção de dados muito específicos, difíceis de verificar com toda precisão.

A existência de um banco de dados genérico, preservando as características nacionais sobre os elementos estudados certamente levarão a resultados mais fiéis da ACV de produtos no Brasil.

## **CAPÍTULO VI- O USO DO SOFTWARE UMBERTO**

### **VI.1- APRESENTAÇÃO**

O *software* permite uma análise de fluxo de materiais e energia, através de suas redes de fluxo, tornando possível uma análise tanto de aspectos ambientais (uma visão do intercâmbio do sistema com o meio ambiente) como de aspectos financeiros (custos) de todas as atividades componentes do sistema.

Nesse projeto o Umberto auxiliou na elaboração das redes de fluxo, na criação e comparação de cenários para otimização técnica dos processos, baseada na descoberta de pontos que necessitavam e que possibilitavam otimização, redução de recursos materiais, de energia, reaproveitamento de resíduos do processo e redução de poluentes ou prejudiciais ao meio ambiente. Foi utilizado também na geração automática e comparação dos balanços dos aspectos ambientais que se deseja avaliar.

Foram levantados todos os dados necessários para gerar, com o Umberto, um balanço coerente com a realidade, gerando uma contribuição importante e real ao meio ambiente e, à melhora de produtividade da empresa avaliada.

Baseado nos resultados obtidos e nas ferramentas de avaliação disponibilizadas pelo sistema, é possível comparar cenários alternativos, melhorando-se a eficiência técnica e financeira do atual processo, além de levantar os importantes aspectos ambientais.

### **VI.2- MOTIVAÇÃO DO USO**

O *software* Umberto, por ter sido desenvolvido pelo IfEU (Instituto de Pesquisa Ambiental e Enérgica da Universidade de Heidelberg) e pelo IfU (Instituto de Informática Ambiental da Universidade de Hamburgo) tem uma concepção adequada à pesquisa científica, sendo um dos requisitos para sua escolha.

Neste tipo de análise é necessária uma grande flexibilidade de modelagem que possibilite o desenvolvimento de qualquer tipo de sistema. O Umberto tem essa característica, pois além de disponibilizar uma extensa biblioteca para realizar cálculos de situações pré-

definidas, permite o desenvolvimento de cálculos específicos definidos pelo usuário para que o sistema seja fiel ao ambiente a que pertence.

A possibilidade de importar ou exportar informações realizando o intercâmbio de dados com outros *softwares* é uma característica importante na escolha desta ferramenta.

### **VI.3- APLICAÇÃO**

Segundo Braga et al (2006), existe uma previsão de que a poluição global aumentará caso não sejam tomadas providências para um controle ambiental de forma eficiente. Isto porque, considerando-se que os recursos naturais são explorados de maneira inadequada, e mesmo que a taxa de reciclagem de matéria seja alta, sempre haverá necessidade de se obter maior quantidade de matéria. Conseqüentemente, haverá o aumento da geração de poluição e de energia de baixa qualidade, continuando a grande quantidade de problemas ambientais para o planeta Terra.

Por isso, as preocupações empresariais e governamentais atualmente vão além da busca de sistemas de gestão para controlar processos de transformação e estendem-se até o meio-ambiente, levando a estudos de ciclo de vida dos produtos, o que implica no levantamento dos impactos ambientais até então ignorados, na melhoria da eficiência dos processos e, na conseqüente redução de custos financeiros e ambientais.

Por esses motivos, surge a necessidade de realizar a implantação de sistemas de gestão ambiental (SGA), que auxiliam o gerenciamento dos impactos ambientais e, a busca de caminhos sustentáveis de produção.

Segundo informações obtidas no site do *software* Umberto<sup>17</sup>, verifica-se que ele pode ser utilizado como suporte ao SGA, pois permite a coleta e tratamento dos dados necessários para atender as declarações solicitadas pela lei, gerando relatórios ambientais e realizando os balanços ecológicos.

Outro objetivo do programa é auxiliar na descoberta de pontos que necessitem de otimização nos processos industriais, buscando a redução de custos ambientais e financeiros.

---

<sup>17</sup> <http://www.umberto.de/en/home/language/portuguese/index.htm>

## VI.4- METODOLOGIA DO SOFTWARE

No Umberto, os dados são estruturados nas redes de fluxo, que são organizadas em projetos, cenários e períodos. Essas redes de fluxo representam o sistema real de processo, e seus limites são os definidos no escopo do projeto.

Projetos são amplos e podem conter um ou mais cenários, utilizando-os para descrever os processos. No caso deste estudo foi definido um projeto “Produção de saco plástico reciclado e virgem”, e foram definidos os seguintes cenários: reciclagem e produção de saco plástico. Os cenários são independentes uns dos outros e estão de acordo com o sistema de fluxos de materiais e energia, com diferentes conteúdos, baseados na realidade do processo.

Cenários são o objeto de estudo propriamente dito. Fazem parte de um projeto, representam o processo através das redes de fluxo. Cada rede pode conter uma ou muitas subredes. Os cenários podem representar uma rede real, o estado atual do que será estudado, ou um sistema planejado. Podem ter um ou muitos períodos de tempo, onde os fluxos de materiais são calculados.

Os períodos são a unidade de tempo em que são realizados os estudos, para o qual a rede de fluxos de materiais é considerada. Pode ser determinado livremente, dependendo do escopo do projeto.

O *software* utiliza redes de Petri para as redes de fluxo de materiais, que são formadas por lugares (**places**), transições (**transitions**) e setas (**arrows**).

Os lugares são ligados às transições através das setas.

Lugares não podem se conectar a lugares, assim como transições também não podem se conectar com outras transições.

As transições são os pontos onde ocorre o processo, a transformação. Os lugares são os locais de entrada e saída de materiais, armazenamento, e também servem para conectar duas transições.

Por ser baseado nesse conceito, é possível utilizar o Umberto para modelar sistemas do tipo fábricas, ou linhas de produção.

A representação gráfica utilizada para a formação das redes de fluxos é demonstrada

na Figura VI.1:

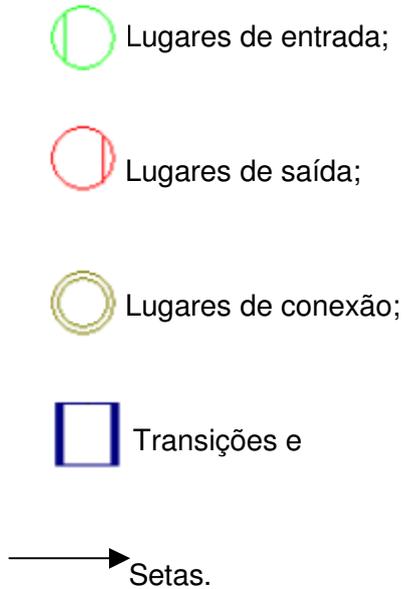


Figura VI.1 - Representações gráficas do Umberto

É necessário levantar dados detalhados sobre o processo, como todos os tipos de materiais e suas quantidades. É importante, também, descrever a relação entre as quantidades de entrada e saída, pois somente com essas informações levantadas de forma precisa, pode-se realizar com o *software* o cálculo do balanço, representando-se fielmente a realidade do processo.

Todos os materiais devem ser cadastrados antes de serem utilizados, para que o *software* os reconheça, e possa fazer relação com suas quantidades. Esse cadastro é feito na Janela *Materials* do *software*, ilustrada na Figura VI.2 a seguir.

Material	B.Unit	D.Unit	F.Unit	E
▲ Grão Preto	kg	kg	kg	U
▲ Grão Reciclado Branco	kg	kg	kg	U
▲ Grão Reciclado Colorido	kg	kg	kg	U
▲ Grão Virgem	kg	kg	kg	U
▲ Saco Plástico Grão Virgem	kg	kg	kg	U
▲ Saco Plástico Grão Virgem Embalado	kg	kg	kg	U
▲ Saco Plástico Reciclado Colorido	kg	kg	kg	U
▲ Saco Plástico Reciclado Colorido Embalado	kg	kg	kg	U
▲ Saco Plástico Reciclado Preto	kg	kg	kg	U
▲ Saco Plástico Reciclado Preto Embalado	kg	kg	kg	U

Figura VI.2 - Janela *Materials* do Umberto

As transições devem ser especificadas detalhadamente, pois são elas as responsáveis pela transformação, pelo processo propriamente dito. Isto é feito na janela de especificação da transição, ilustrada na Figura VI.3, onde define-se o material que entra, de onde vem, e o material que sai, para onde vai, com suas respectivas quantidades. Também nesse local especifica-se a qualidade do dado, ou seja, se ele é medido. Quando a mensuração do dado é confiável, aumenta sua qualidade. Quando não, e a procedência de informações sobre os detalhes do dado é duvidosa, cai a sua qualidade.

Var	Place	Material	Coefficient
X00	P1	▲ Material para Reciclagem Total	

Var	Place	Material	Coefficient
Y00	P3	▲ Material para Reciclagem Branco	
Y02	P2	▲ Papelão	
Y03	P2	▲ Resíduo sólido	
Y04	P3	▲ Material para Reciclagem Colorid	

Figura VI.3 - Janela *Transition specification*

Com o *software* pode-se avaliar, separadamente, a contribuição de cada material por processo, o que pode ser útil quando se deseja fazer uma avaliação individual de material.

## VI.5- ANÁLISE DE RESULTADO

Após o lançamento e configuração de todas as transições e seus materiais, dos fluxos da rede, gera-se um balanço geral, apresentado em forma de planilha, para a realização de comparações e análises. Também é possível elaborar gráficos para melhor visualização

desses resultados.

É possível analisar os resultados por produto, por material, levando-se em consideração a distribuição de recursos e a análise de custos relacionada com esses produtos.

## CAPÍTULO VII- ESTUDO DE CASO

O estudo de caso é uma forma de pesquisa que tem o objetivo de investigar um fenômeno atual, no seu contexto da vida real, permitindo a análise de conseqüências e a busca de melhorias.

O contato com a tecnologia e a consciência ecológica da direção das empresas escolhidas fez com que elas se tornassem abertas à realização de estudos para melhorias no processo produtivo, já que seu produto final é objeto de muitas críticas e potencial gerador de muitos problemas ambientais.

Como palco dos estudos propostos, as empresas se colocam em uma posição de contribuinte, oferecendo material para que a pesquisa seja realizada, permitindo que seja gerada uma colaboração que tem a intenção de beneficiar toda a sociedade, o que inclui direta e indiretamente as próprias empresas.

### VII.1- APRESENTAÇÃO

Foram escolhidas para a realização do estudo duas empresas situadas na cidade de Seropédica – RJ que são especializadas na reciclagem e produção de sacos plásticos em geral, respectivamente.

A estrutura organizacional das empresas estão demonstradas nas Figuras VII.1 e VII.2.

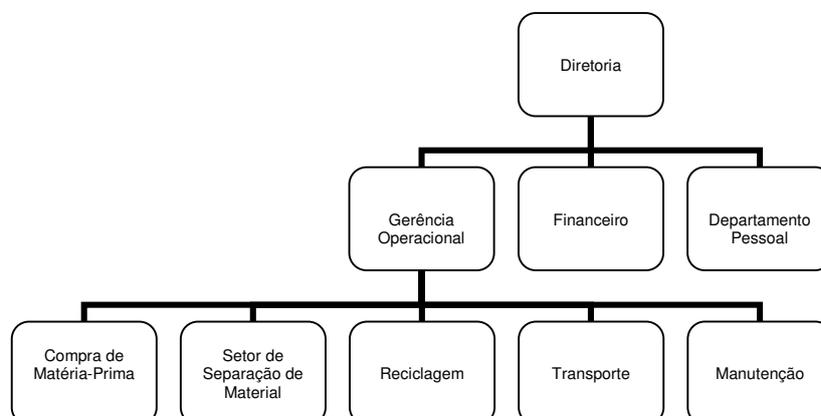


Figura VII.1 – Organograma da empresa de reciclagem selecionada

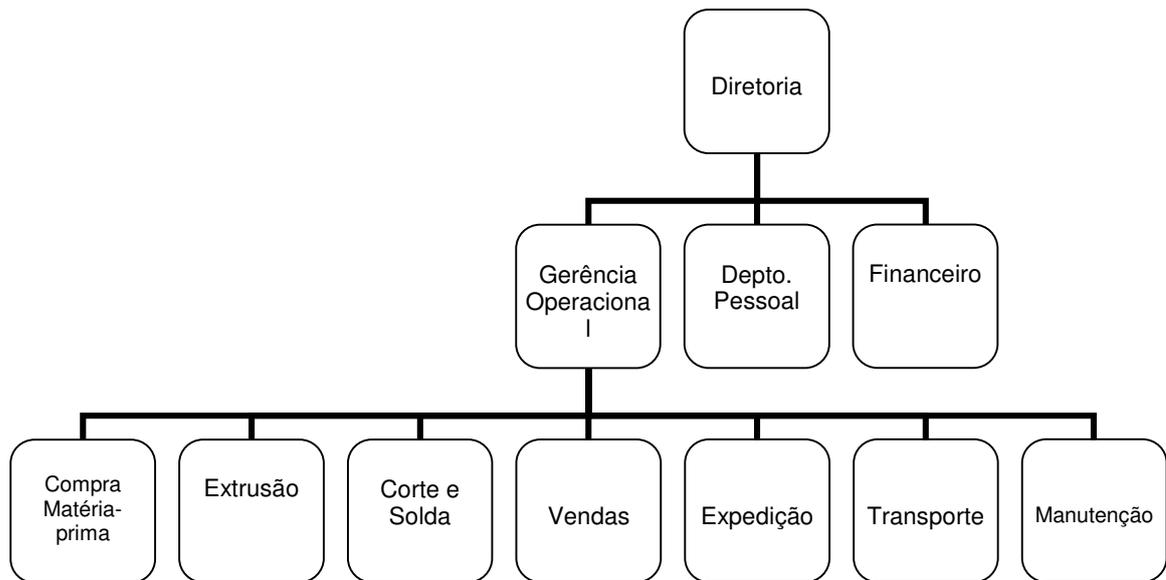


Figura VII.2 – Organograma da empresa de produção de saco plástico selecionada

As empresas geram cerca de 100 empregos diretos, uma média de 50 em cada uma das fábricas. Os funcionários da empresa são residentes na proximidade da fábrica, locomovem-se usando bicicletas, conforme Figura VII.3.

O grau de escolaridade dos funcionários é baixo, sendo alguns até analfabetos. Os funcionários recebem treinamento para reconhecer os diferentes tipos de plástico para realizar a separação, que precisa ser bem feita para garantir a qualidade do produto final e para evitar danos ao maquinário.



Figura VII.3 – Meio de locomoção dos funcionários



Figura VII.4 – Separação de matéria-prima

Para incentivar a eficiência e rapidez na separação do material, na firma de reciclagem, é oferecida uma gratificação como complemento salarial para cada kg produzido além do piso estipulado.

Os funcionários trabalham utilizando equipamentos de segurança, como botas, luvas e máscaras, além de tampões de ouvido nos locais com ruído excessivo. A empresa preocupa-se com a integridade física dos funcionários, que são constantemente incentivados a cumprir efetivamente as normas de segurança e saúde. As Figuras VII.4 e VII.6 ilustram a separação de materiais que acontece na empresa.

Quase 100% da produção da empresa de reciclagem tem a finalidade de atender à demanda requerida pela empresa produtora de saco plástico, que produz sacos a partir de material virgem (cerca de 10%, ou menos) ou de material reciclado (cerca de 90%, ou mais), de acordo com a necessidade e solicitação do cliente.

A empresa recicladora realiza a compra de material descartado (lixo selecionado) de empresas especializadas na coleta e separação desse tipo de material, excluindo os que contenham lixo orgânico e hospitalar (Figura VII.5). Possui cerca de 15 fornecedores, dentre eles 9 regulares, localizados, em sua maioria na região da empresa. A compra é efetuada em média de 3 em 3 dias, nos quais a empresa adquire de 7 a 10 toneladas de material, que serão

novamente separados e limpos antes de entrarem para a produção. Nesse tipo de compra, a empresa admite até 10% de perda de material, entre o que pode ser utilizado e o que não pode. Caso a taxa seja maior que essa, é feita a devolução do material não apropriado e efetuado o pagamento relativo somente ao percentual adquirido para a produção.



Figura VII.5 – Caçambas com material comprado para separação



Figura VII.6 – Funcionária realizando a separação de material

O material imprestável para a produção é enviado para a CTR (Central de Tratamento de Resíduos) de Nova Iguaçu, com a qual a empresa mantém um contrato para a recepção desse lixo. O papelão encontrado é vendido, reduzindo o prejuízo com as perdas.

A CTR de Nova Iguaçu, segundo informações obtidas no site oficial, foi criada com o objetivo de realizar a recepção, tratamento e destinação final dos resíduos sólidos urbanos, industriais, de construção civil e de serviços de saúde. Possui licença municipal, estadual e federal, e encontra-se sob a supervisão direta do Ministério Público do Rio de Janeiro.

A firma recicladora também é uma receptadora de materiais vindos da Volkswagen do Brasil, e como eles são fornecedores preocupados com a legislação ambiental, realizam na fábrica anualmente uma vistoria para continuar vendendo seus resíduos plásticos para essa empresa.

A empresa busca o material comprado nos fornecedores em seus próprios veículos, armazenando o lixo em caçambas. O motorista é treinado para identificar a qualidade do material antes mesmo de carregá-lo. Isso evita que o material seja molhado para aumentar o peso ou que haja uma grande quantidade de material inútil.

A preocupação da empresa com a água também é evidente. Existe uma estação de tratamento parcial da água, que faz limpeza e separa os resíduos sólidos. Uma parte dessa água é reaproveitada no processo de reciclagem. A outra parte é liberada sem poluentes para meio-ambiente.

Além da preocupação com o meio-ambiente, a empresa também tem uma preocupação compreensível com o seu maquinário, pois a água excessivamente clorada gera corrosão, o aumento na manutenção dos equipamentos e, como consequência, vários outros custos. Por isso, a intenção da diretoria para o futuro é realizar o tratamento e o reaproveitamento de toda a água, poupando custos financeiros e recursos naturais.

Existe uma profissional de Engenharia Química acompanhando todo o processo de emissão de resíduos das fábricas.

Os resíduos da fábrica de produção de sacos plásticos são totalmente reciclados pela outra firma.

O maior custo das duas empresas atualmente é o da energia. Todo o maquinário opera em alta temperatura, o que necessita de uma grande quantidade de energia para realizar o aquecimento, e mantê-lo.

A busca de novas opções de geração de energia também é uma grande preocupação da firma, o que sugere um estudo posterior.

## VII.2- MAQUINÁRIO

A relevância da avaliação do maquinário consiste na percepção do tamanho do mercado nacional para esse tipo de produto, além de uma comparação do consumo de energia elétrica gerado por esses equipamentos.

De acordo com o gerente operacional (o mesmo para as duas empresas estudadas), ambas adotam como estratégia de gestão a utilização de máquinas nacionais para realizar seus processos, devido à maior facilidade de manutenção, oferta de garantia, disponibilidade de peças, de técnicos, e, segundo asseguram os entrevistados, a boa qualidade dos produtos.

Para a reciclagem, de acordo com os processos ilustrados na Figura Introdução.2, as máquinas utilizadas são: para o setor de Lavagem / Moagem, utiliza-se um moinho, cuja construção é basicamente artesanal, desenvolvido na própria empresa; para o setor de Secagem, utiliza-se um conjunto de secadoras; no setor de Aglutinagem, utiliza-se um conjunto formado por três aglutinadores; e para o setor de Extrusão de fio um conjunto de extrusoras de fio, acompanhadas dos secadores de fio e picotadores.

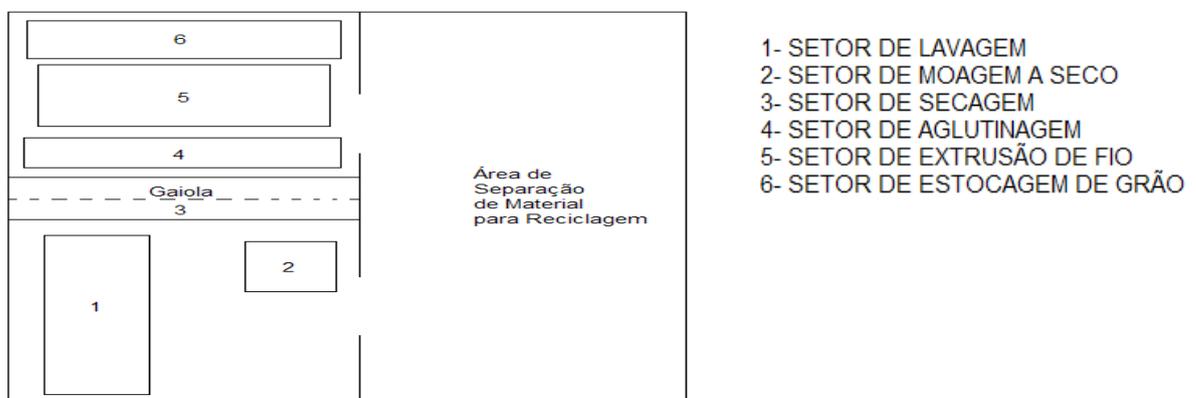


Figura VII.7- Planta de distribuição de maquinário – Reciclagem

A posição 1 na Figura VII.7 representa o conjunto de máquinas que realizam a lavagem

e moagem do material que vem separado do lixo, ilustrados na Figura VII.8 e VII.9. A posição 2 identifica a localização da máquina que realiza a moagem a seco. A posição 3, localizada na realidade embaixo da gaiola, contém o conjunto de Secadoras.



Figura VII.8 – Máquina responsável pela lavagem / moagem



Figura VII.9 – Máquina responsável pela lavagem / moagem, com vista para a gaiola

A posição 4 na Figura VII.7 demonstra a localização do conjunto de aglutinadores, que recebe o material da gaiola para ser aglutinado, ilustrados na Figura VII.10. A posição 5 representa a área de extrusão de fio, juntamente com os equipamentos de secagem do fio e os

picotadores, ilustrados na Figura VII.11.

A posição 6 da Figura VII.7 representa a área de estocagem dos grãos prontos, até serem encaminhados para a produção de saco plástico na fábrica de beneficiamento.



Figura VII.10 – Aglutinadores



Figura VII.11 – Extrusoras de fio, com secadores de fio e picotadores

Para o processo de produção de sacos plásticos, de acordo com a Figura Introdução.3, utiliza-se: para o processo de Extrusão de balão, um conjunto de Extrusoras de balão; e para o processo de corte e solda, um conjunto de máquinas de corte e solda.

As máquinas de corte e solda empregadas no processo são fabricadas por uma

empresa nacional que, segundo informações obtidas em seu site oficial, iniciou sua atuação no mercado de beneficiamento de plástico em 1990, e em 1994 mudou-se para sua sede própria, ampliando significativamente os negócios, o que demonstra a grande demanda desse mercado de plásticos.

As máquinas extrusoras e aglutinadores também são nacionais, adquiridas de uma empresa que possui toda a linha de reciclagem e extrusão, máquinas para beneficiamento do plástico.

O tamanho das empresas e a oferta de variedade de equipamentos para beneficiamento de plástico demonstram o tamanho do mercado consumidor nacional para esse tipo de equipamento e, a constante preocupação dessas empresas com tecnologia comprova a competitividade do mercado nacional de reciclagem e beneficiamento de plástico.

No total, as empresas selecionadas contam com 16 máquinas no setor de reciclagem e 15 máquinas no setor de produção, distribuídas conforme as Figuras VII.7 e VII.12.

A Figura VII.12 ilustra a planta de produção de sacos plásticos, onde a posição 1 representa a localização e distribuição das máquinas extrusoras de balão e das bobinas prontas para corte, ilustradas na Figura VII.13 e Figura VII.14, respectivamente. A posição 2 representa a área das máquinas de corte e solda, ilustradas na Figura VII.15 e a posição 3 é a área de estocagem dos sacos plásticos embalados e prontos para distribuição, ilustrados na Figura VII.16.

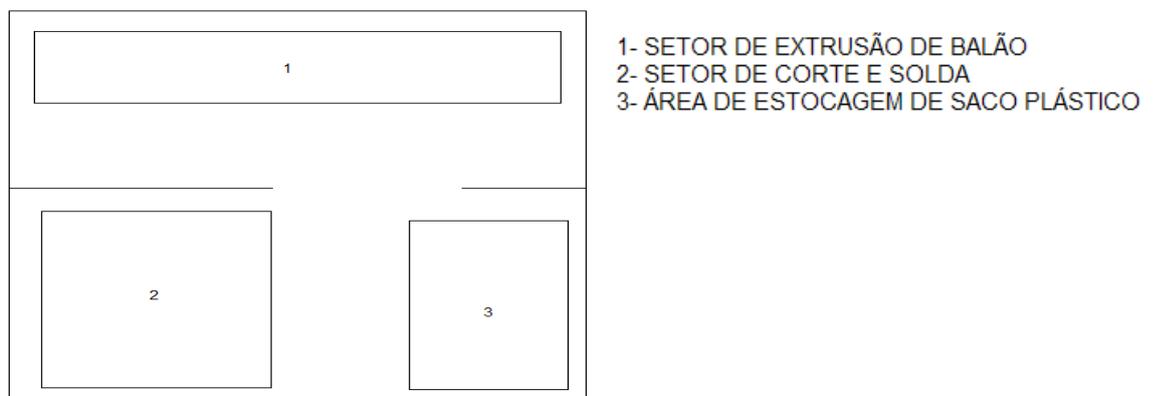


Figura VII.12- Planta de distribuição de maquinário – Produção do saco plástico

As Figuras VII.7 e VII.12 ilustram plantas minimizadas, cujo objetivo é demonstrar a posição e distribuição do maquinário. Estas plantas minimizadas não consideram a estrutura de

funcionamento e bem estar da empresa, como banheiros, refeitório, área de descanso, de circulação, de distribuição de mercadorias, pátio de trânsito dos veículos e escritórios.



Figura VII.13 – Extrusora de balão



Figura VII.14 – Bobinas prontas para serem encaminhadas para corte e solda



Figura VII.15 – Equipamentos de corte e solda



Figura VII.16 – Material pronto para entrega

### VII.3 - ACV DOS PRODUTOS DA EMPRESA

O recorte utilizado para a elaboração do estudo teve como ponto inicial a matéria prima dentro da fábrica, excluindo-se todo o processo de acondicionamento anterior, coleta, transporte, pessoas envolvidas, possíveis impactos nesses processos, entre outros. O limite final do estudo é o produto (o saco plástico) pronto e embalado, excluindo-se do estudo sua venda, distribuição, uso e descarte, e os possíveis impactos causados por esses processos.

Também estão excluídos deste estudo: qualquer análise de custo ou lucro e qualquer informação que se refira a valores financeiros. Essas etapas excluídas são de grande importância, e deverão ser analisadas minuciosamente em estudos posteriores. Dessa forma, pode-se visualizar o objeto de estudo deste trabalho da seguinte forma:

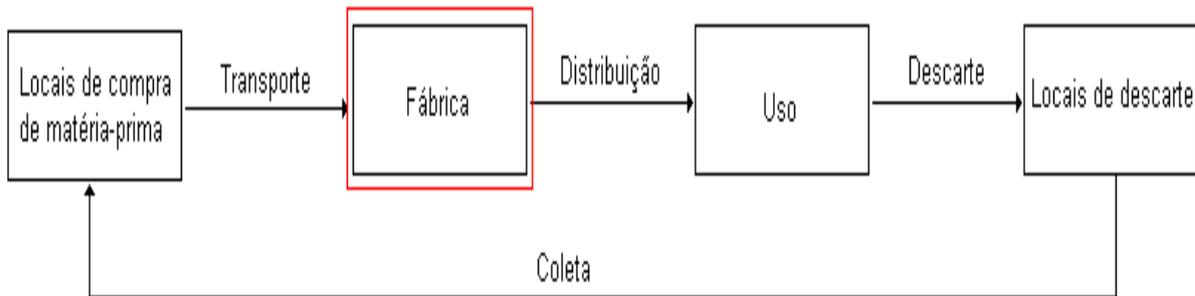


Figura VII.17 – Delimitação do estudo

O quadro destacado Fábrica na Figura VII.17 divide-se em dois macro-processos estudados: a reciclagem do material comprado, gerando o grão reciclado como matéria prima para a produção do saco plástico e, a utilização desse grão produzido e sua transformação em saco plástico.

O processo de reciclagem segue uma rota utilizada por uma grande maioria de empresas do ramo, demonstrado na Figura VII.18. A reciclagem é do tipo mecânica, na qual os resíduos plásticos são transformados em grãos, que servem de matéria prima para novos produtos. Esses grãos são obtidos através de processos físicos.

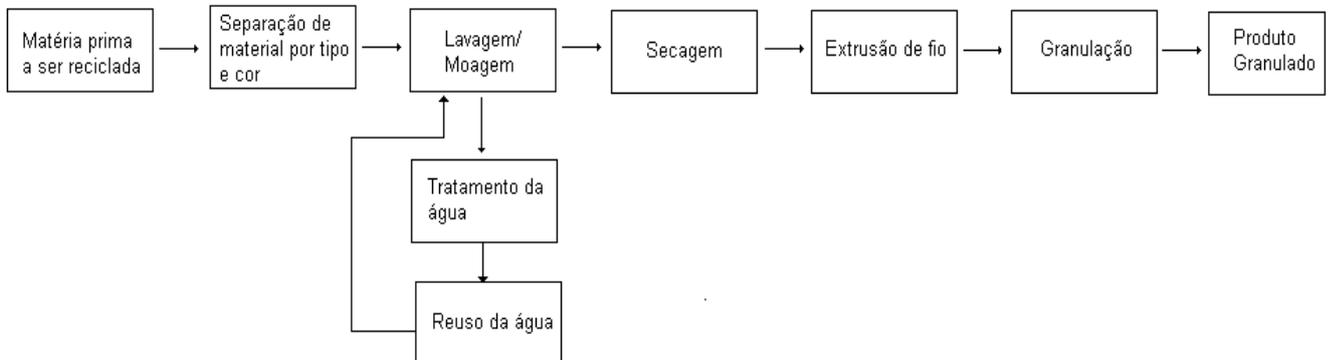


Figura VII.18 – Macro processo 01 - Reciclagem

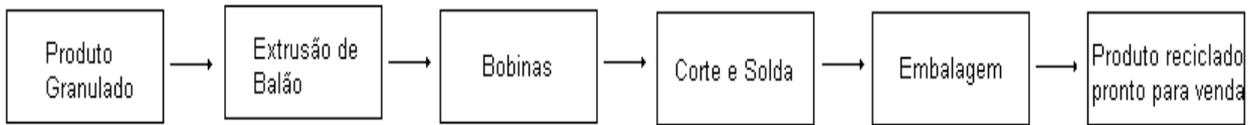


Figura VII.19 – Macro processo 02 – Produção do saco plástico

A Figura VII.19 demonstra a seqüência dos processos de produção do saco plástico.

Os processos da empresa a partir do ponto inicial definido foram mapeados e lançados no *software* Umberto, que auxiliou na geração de balanços ambientais.

É preciso dispor de informações detalhadas para gerar os balanços com o Umberto, como consumo de energia, de água, a quantidade de matéria prima transformada em cada etapa, e quaisquer outros produtos que sejam necessários para realizar o processo até a obtenção do produto final.

Baseado nas normas ISO 14040, 14041, 14042 e 14043 e em Ferreira (2004), foi aplicada a metodologia de ACV, a seguir.

### VII.3.1- Definição do objetivo e do escopo

Avaliar, de forma prática e aplicada, sob o ponto de vista ambiental a produção de grão reciclado e de sacos plásticos produzidos a partir destes grãos reciclados.

Este estudo destina-se a profissionais atuantes nas indústrias de plásticos, estudantes, e potenciais interessados no estudo de ACV.

O sistema a ser estudado consiste em dois macro-processos: Reciclagem e Produção de Saco Plástico Reciclado, sendo o ponto inicial do estudo a matéria prima dentro da fábrica, e o ponto final, o produto pronto e embalado, excluindo-se do estudo todos os processos situados anteriormente e posteriormente a esses pontos na cadeia produtiva, e todos os impactos provocados por esses processos.

Objeto do estudo: Grãos reciclados e sacos plásticos produzidos com grãos reciclados.

Unidade funcional: produção da fábrica de 5000 kg de grão reciclado e 4600 kg de sacos produzidos.

Âmbito do estudo: Processos do macro-processo RECICLAGEM e processos do macro-processo PRODUÇÃO DE SACOS PLÁSTICOS.

Localização geográfica: Interior do Estado do Rio de Janeiro – RJ – Brasil.

Tipo de dados (específicos ou genéricos) – dados específicos obtidos junto à planta de produção, considerados dados primários.

Fonte dos dados – obtidos na empresa, através de entrevistas e formulários.

Qualidade dos dados – qualidade garantida por conferência feita por amostragem.

Período de tempo – 1 ano para os dados obtidos na empresa.

Limitações: Curto período de tempo, fronteiras do estudo limitadas.

Impactos avaliados: Saúde Humana (Efeitos respiratórios inorgânicos) e Qualidade do Ecossistema (Ecotoxicidade e Eutrofização).

Metodologia de análise dos impactos: Eco-Indicador 99

Relatórios utilizados: Folha de coleta de dados, baseado em Folha de dados ambientais, proposta por Valt (2004). Modelo no Anexo I, relatórios emitidos pelo *Software Umberto*.

### VII.3.2- Análise do Inventário

Na segunda fase da ACV, é necessário traçar um fluxograma de cada processo. No presente estudo, os fluxogramas foram traçados no *software Umberto* sob o nome de rede de fluxo, norteando a coleta dos dados, e permitindo realizar o cálculo do inventário de forma automática. O esquema ilustrado a seguir, nas Figuras VII.20 e VII.21 utiliza a representação gráfica padrão do *Umberto*, demonstrando os dois macro-processos estudados, desmembrados em seus processos componentes.

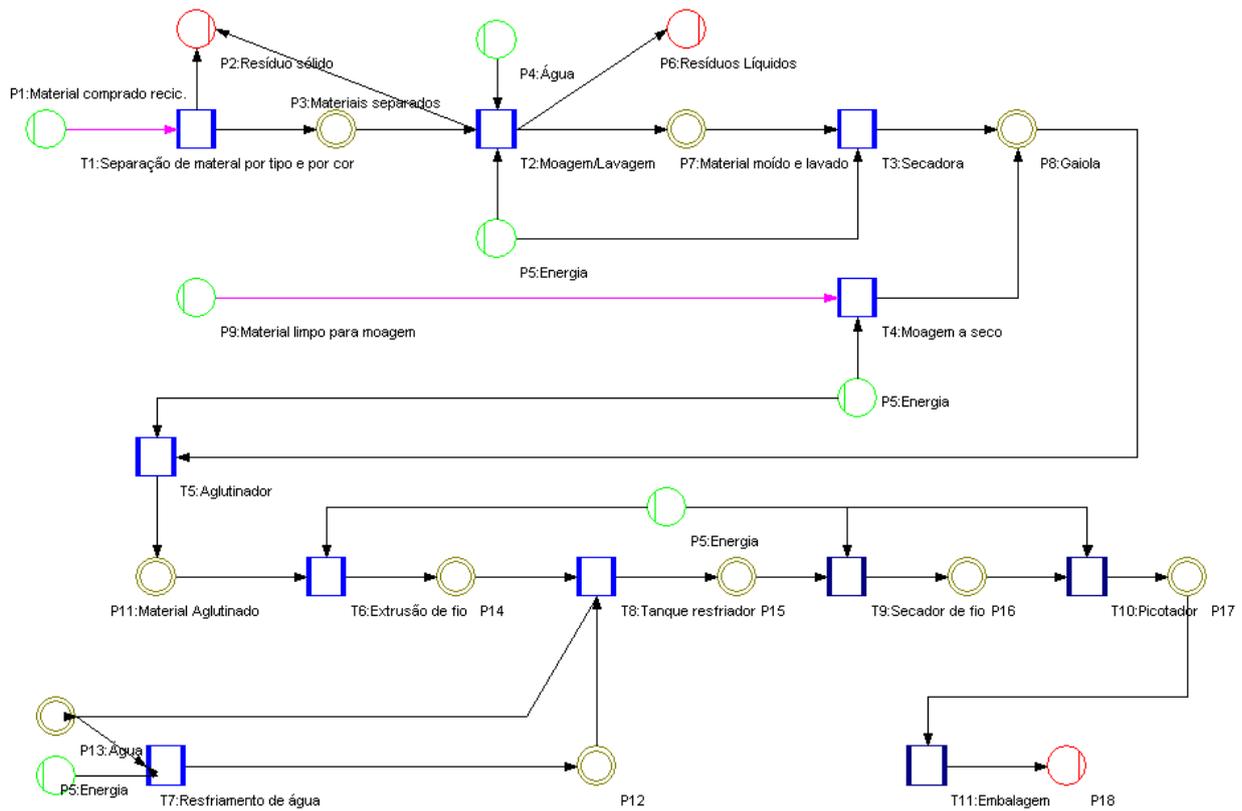


Figura VII.20 – Rede de Fluxo do Macro-processo Reciclagem – *Software Umberto*

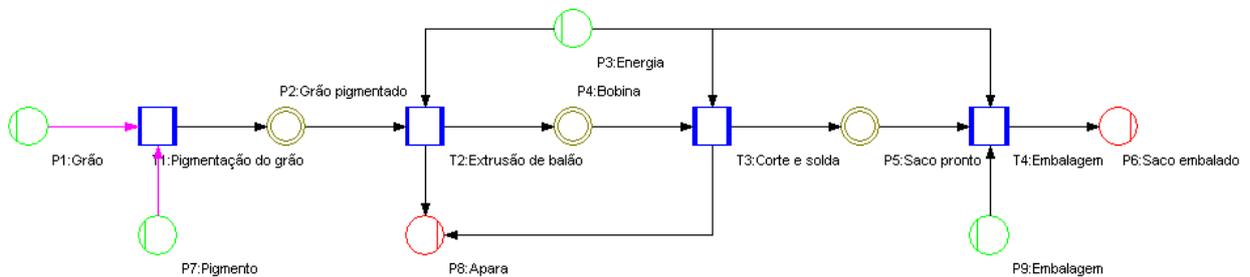


Figura VII.21 – Rede de Fluxo do Macro-processo Produção do Saco Plástico Reciclado – *Software Umberto*

Foi utilizada uma folha de coleta de dados, baseada no modelo de Folha de Dados proposto por Valt (2004), constantes no Anexo I, com as adaptações necessárias às peculiaridades do sistema estudado. Esta folha foi empregada em cada processo participante do macro-processo, para o cadastro e a verificação de consistência dos dados de entrada e saída fornecidos pela empresa. Tomou-se como exemplo o processo de MOAGEM/LAVAGEM DO MATERIAL A SER REICLADO a seguir. Todos os dados constantes dessas folhas ambientais foram fornecidos pela empresa, baseado em registros próprios, e foram ratificados

mediante acompanhamento da execução dos processos por um período de três meses consecutivos (Anexo II):

MACRO-PROCESSO: Reciclagem			
PROCESSO: Moagem / Lavagem			
DESCRIÇÃO DO PROCESSO: O PEBD é moído e lavado, para separar o material útil das impurezas.			
QUANTIDADE: 3904 Kg			
Balanço de Massa			
Entrada	Quantidade	Saída	Quantidade
PEBD transparente	2381,44 kg	PEBD transparente moído e lavado	2324,29 kg
PEBD colorido	1522,56 kg	PEBD colorido moído e lavado	1486,014 kg
Água	2400 kg	Água suja	2400 kg
		Resíduos sólidos	93,696 kg
Consumo de Energia: 2829,168 Mj			
Recursos Humanos: 2 funcionários			
OBSERVAÇÕES: -			

Figura VII.22 – Folha de coleta de dados [Adaptado de VALT (2004)]

Após a montagem das redes de fluxo, gerou-se, com o auxílio do *software* Umberto, as tabelas prévias de inventário, que permite verificar as informações que formarão os resultados constantes na tabela de inventário, cuja função é organizar e vincular as entradas e saídas do sistema com suas quantidades, calculando a contribuição de cada processo para o sistema de produto estudado.

Input:			Output:		
Item	Quantity	U..	Item	Quantity	U..
Materials Naturais			Reciclagem		
▲ Água	2400 kg		▲ Grão Branco Reciclado Embalado	2934.28544 kg	
▲ Energia	45957.456 kJ		▲ Grão Colorido Reciclado Embalado	1876.01856 kg	
Reciclagem			Resíduos		
▲ Material Limpo	1000 kg		▲ Água Suja	2400 kg	
▲ Material para Reciclagem Total	4000 kg		▲ Papelão	2.304 kg	
			▲ Resíduo sólido	187.392 kg	
Sum			Sum		
kJ	45957.456 kJ		kg	7400 kg	
kg	7400 kg				

Figura VII.23 –Tabela Prévia de Inventário do Fluxo de Materiais – Macro-processo RECICLAGEM

**Balance Sheet Preview**

Materials - Transitions

Input/Output | Stocks | LCIs | Selected Elements | Parameters | Information

Input:			Output:		
Item	Quantity	Unit	Item	Quantity	Unit
Materials Naturais			Reciclagem		
▲ Água			▲ Grão Branco Reciclado Embalado		
□ T2 Moagem/Lavagem	2400	kg	□ T11 Embalagem	2934.28544	kg
▲ Energia			▲ Grão Colorido Reciclado Embalado		
□ T2 Moagem/Lavagem	2829.168	kJ	□ T11 Embalagem	1876.01856	kg
□ T3 Secadora	5767.2	kJ	Resíduos		
□ T4 Moagem a seco	2397.6	kJ	▲ Água Suja		
□ T5 Aglutinador	4860	kJ	□ T2 Moagem/Lavagem	2400	kg
□ T6 Extrusão de fio	12960	kJ	▲ Papelão		
□ T7 Resfriamento de	15984	kJ	□ T1 Separação de ma	2.304	kg
□ T9 Secador de fio	191.808	kJ	▲ Resíduo sólido		
□ T10 Picotador	967.68	kJ	□ T1 Separação de ma	93.696	kg
□ T1 Separação de ma	4000	kg	□ T2 Moagem/Lavagem	93.696	kg
Reciclagem					
▲ Material Limpo					
□ T4 Moagem a seco	1000	kg			
▲ Material para Reciclagem Total					
□ T1 Separação de ma	4000	kg			
Sum			Sum		
kJ	45957.456	kJ	kg	7400	kg
kg	7400	kg			

Figura VII.24 –Tabela Prévia de Inventário organizada por material, relacionando-os com os processos – Macro-processo RECICLAGEM

**Umberto 5.0 academic - [Balance Sheet Preview]**

File | Edit | View | Draw | Attributes | Calculation | Balance | Valuation | Assistants | Tools | Options | Windows | Help

Project: Produção de Saco Plástico2 | Scenario: Reciclagem Plástico | Period: 1/1/2006 - 31/12/2006

Transitions - Materials

Input/Output | Stocks | LCIs | Selected Elements | Parameters | Information

Input:			Output:		
Item	Quantity	Unit	Item	Quantity	Unit
□ T1 Separação de ma			□ T1 Separação de ma		
Reciclagem			Resíduos		
▲ Material para Reciclagem Total	4000	kg	▲ Papelão	2.304	kg
□ T2 Moagem/Lavagem			▲ Resíduo sólido	93.696	kg
Materials Naturais			□ T2 Moagem/Lavagem		
▲ Água	2400	kg	Resíduos		
▲ Energia	2829.168	kJ	▲ Água Suja	2400	kg
□ T3 Secadora			▲ Resíduo sólido	93.696	kg
Materials Naturais			□ T11 Embalagem		
▲ Energia	5767.2	kJ	Reciclagem		
□ T4 Moagem a seco			▲ Grão Branco Reciclado Embalado	2934.28544	kg
Materials Naturais			▲ Grão Colorido Reciclado Embalado	1876.01856	kg
▲ Energia	2397.6	kJ			
Reciclagem					
▲ Material Limpo	1000	kg			
□ T5 Aglutinador					
Materials Naturais					
▲ Energia	4860	kJ			
□ T6 Extrusão de fio					
Materials Naturais					
▲ Energia	12960	kJ			
□ T7 Resfriamento de					
Materials Naturais					
▲ Energia	15984	kJ			
□ T9 Secador de fio					
Materials Naturais					
▲ Energia	191.808	kJ			
□ T10 Picotador					
Materials Naturais					
Sum			Sum		
kJ	45957.456	kJ	kg	7400	kg
kg	7400	kg			

SYSDBA at database US0\_UMBERTO\_CD

Figura VII.25 – Tabela Prévia de Inventário organizada por processo, relacionando-os com os materiais – Macro-processo RECICLAGEM

Nas Figuras acima (Figuras VII.23, VII.24 e VII.25) pode-se verificar, sob várias perspectivas, os materiais e suas quantidades que entram e saem nos processos de reciclagem.

Alguns valores totalizados podem apresentar uma diferença nos valores de massa, causada por aproximações dos resultados de cálculos e percentuais. A energia não é contabilizada na saída de materiais.

Na Figura VII.23 verifica-se a relação total por material. Na Figura VII.24 observa-se o trânsito de materiais por cada processo com suas quantidades, organizada por material e na Figura VII.25 encontra-se cada processo, seus materiais e respectivas quantidades, mostrando-se as informações de uma forma diferente e útil em casos de processos mais complexos.

Os dados Água e Material Reciclado Total foram informados manualmente, baseados em informações obtidas na empresa. Os demais dados foram calculados pelo programa, utilizando fórmulas criadas mediante instruções do funcionamento dos processos.

Input:			Output:		
Item	Quantity	Unit	Item	Quantity	Unit
Materials Naturais			Produção de sacos		
▲ Energia	27455.2052	kJ	▲ Apara	313.6	kg
Produção de sacos			Produtos		
▲ Embalagem	45.864	kg	▲ Saco Plástico Reciclado Branco Embalado	2825.68104	kg
▲ Grão reciclado total	4750	kg	▲ Saco Plástico Reciclado Colorido Embalado	1806.58296	kg
▲ Pigmento	150	kg			
Sum			Sum		
kJ	27455.2052	kJ	kg	4945.864	kg
kg	4945.864	kg			

Figura VII.26 –Tabela Prévia de Inventário do Fluxo de Materiais – Macro-processo PRODUÇÃO DE SACO PLÁSTICO RECICLADO

Balance Sheet Preview

Materials - Transitions

Input/Output | Stocks | Selected Elements | Parameters | Information

Input:			Output:		
Item	Quantity	Unit	Item	Quantity	Unit
Materials Naturais			Produção de sacos		
Energia			Apara		
T2 Extrusão de bal	23903.52	kJ	T2 Extrusão de bal	196	kg
T3 Corte e solda	3516.52	kJ	T3 Corte e solda	117.6	kg
T4 Embalagem	35.1652	kJ	Produtos		
Produção de sacos			Saco Plástico Reciclado Branco Embalado		
Embalagem			T4 Embalagem	2825.68104	kg
T4 Embalagem	45.864	kg	Saco Plástico Reciclado Colorido Embalado		
Grão reciclado total			T4 Embalagem	1806.58296	kg
T1 Pigmentação do	4750	kg			
Pigmento					
T1 Pigmentação do	150	kg			
Sum			Sum		
kJ	27455.2052	kJ	kg	4945.864	kg
kg	4945.864	kg			

Figura VII.27 –Tabela Prévia de Inventário organizada por material, relacionando-os com os processos – Macro-processo PRODUÇÃO DE SACO PLÁSTICO RECICLADO

Balance Sheet Preview

Transitions - Materials

Input/Output | Stocks | Selected Elements | Parameters | Information

Input:			Output:		
Item	Quantity	Unit	Item	Quantity	Unit
T1 Pigmentação do			T2 Extrusão de bal		
Produção de sacos			Produção de sacos		
Grão reciclado total	4750	kg	Apara	196	kg
Pigmento	150	kg	T3 Corte e solda		
T2 Extrusão de bal			Produção de sacos		
Materials Naturais			Apara	117.6	kg
Energia	23903.52	kJ	T4 Embalagem		
T3 Corte e solda			Produtos		
Materials Naturais			Saco Plástico Reciclado Branco Embalado	2825.68104	kg
Energia	3516.52	kJ	Saco Plástico Reciclado Colorido Embalado	1806.58296	kg
T4 Embalagem					
Materials Naturais					
Energia	35.1652	kJ			
Produção de sacos					
Embalagem	45.864	kg			
Sum			Sum		
kJ	27455.2052	kJ	kg	4945.864	kg
kg	4945.864	kg			

Figura VII.28 – Tabela Prévia de Inventário organizada por processo, relacionando-os com os materiais – Macro-processo PRODUÇÃO DE SACO PLÁSTICO RECICLADO

Nas Figuras acima (Figuras VII.26, VII.27 e VII.28), da mesma forma que no processo de reciclagem, pode-se verificar sob várias perspectivas os materiais e suas quantidades que entram e saem nos processos de produção de sacos plásticos.

Na Figura VII.26 verifica-se a relação total por material e o gasto de energia do macro-processo. Na Figura VII.27 observa-se o trânsito de materiais por cada processo com as respectivas quantidades, organizadas por material. Assim pode-se perceber em quais processos se utiliza o mesmo material, e a quantidade. Na Figura VII.28 observa-se cada processo e seus materiais com as respectivas quantidade, como já visto anteriormente.

Os dados Grão Reciclado Total e Pigmento foram informados manualmente, baseados em informações obtidas na empresa. Como no processo anterior, os demais dados foram calculados pelo programa, utilizando fórmulas criadas mediante instruções do funcionamento dos processos.

Input:			Output:		
Item	Quantity	Unit	Item	Quantity	Unit
Materials Naturais			Reciclagem		
▲ Água	1464	kg	▲ Grão Branco Reciclado Embalado	2934.28544	kg
▲ Energia	18283.80816	kJ	Resíduos		
Reciclagem			▲ Água Suja	1464	kg
▲ Material Limpo	610	kg	▲ Resíduo sólido	114.30912	kg
▲ Material para Reciclagem Total	2440	kg			
Sum			Sum		
kJ	18283.80816	kJ	kg	4512.59456	kg
kg	4514	kg			

Figura VII.29 – LCI (Life Cycle Inventory) ou Inventário do ciclo de vida  
 Produto: Grão branco reciclado  
 Macro-processo RECICLAGEM

Balance Sheet Preview					
Materials					
Input/Output			Stocks		
LCIs			Variable Costs		
Fixed Costs			Selected Elements		
Parameters			Information		
Grão Colorido Reciclado Embalado (Output, A35)					1876.01856 kg
Input:			Output:		
Item	Quantity	Unit	Item	Quantity	Unit
Materials Naturais			Reciclagem		
▲ Água		936 kg	▲ Grão Colorido Reciclado Embalado	1876.01856	kg
▲ Energia	11689.64784	kJ	Resíduos		
Reciclagem			▲ Água Suja	936	kg
▲ Material Limpo		390 kg	▲ Resíduo sólido	73.08288	kg
▲ Material para Reciclagem Total		1560 kg			
Sum	Quantity	Unit	Sum	Quantity	Unit
kJ	11689.64784	kJ	kg	2885.10144	kg
kg	2886	kg			

Figura VII.30 – LCI (Life Cycle Inventory) ou Inventário do ciclo de vida  
 Produto: Grão colorido reciclado  
 Macro-processo RECICLAGEM

Balance Sheet Preview					
Materials					
Input/Output			Stocks		
LCIs			Variable Costs		
Fixed Costs			Selected Elements		
Parameters			Information		
Saco Plástico Reciclado Branco Embalado (Output, A8)					2825.68104 kg
Input:			Output:		
Item	Quantity	Unit	Item	Quantity	Unit
Materials Naturais			Produtos		
▲ Energia	16747.675172	kJ	▲ Saco Plástico Reciclado Branco Embalado	2825.68104	kg
Produção de sacos					
▲ Grão reciclado total		2897.5 kg			
▲ Pigmento		91.5 kg			
Sum	Quantity	Unit	Sum	Quantity	Unit
kJ	16747.675172	kJ	kg	2825.68104	kg
kg	2989	kg			

Figura VII.31 – LCI (Life Cycle Inventory) ou Inventário do ciclo de vida  
 Produto: Saco plástico reciclado branco  
 Macro-processo PRODUÇÃO DE SACO PLÁSTICO RECICLADO



A fórmula acima foi utilizada para realizar essa alocação manual de massa a fim de verificar se os resultados obtidos com a alocação automática do Umberto estavam de acordo com os resultados obtidos na planta de produção, para fins de conferência de valores. Desta forma, determinou-se que a variável Y00 (Saco plástico reciclado transparente) receberia 61% do valor constante do fluxo X00, que nessa fórmula representa o fluxo total de material reciclado produzido. O fluxo Y04 recebe os valores do fluxo de plástico colorido (39%) e as outras variáveis representam a perda de material no fluxo total. Entretanto, muitas outras fórmulas com valor relevante de cálculo podem ser definidas em cada transição para adequar os processos à realidade.

### VII.3.3- Análise de Impacto

Para a análise de impacto foi escolhido o Eco-indicador 99, por ser amplamente utilizado pela comunidade científica e estar presente na estrutura de cálculos do Umberto.

Com o intuito de organizar os dados para melhor identificar os impactos, a análise de impacto foi feita baseada no modelo proposto na Figura V.3, e foram selecionadas duas categorias de danos que fazem parte do Eco-indicador 99: Saúde humana e Qualidade do ecossistema.

Na primeira categoria de dano, Saúde humana, considerou-se a seguinte fonte de problema: Doenças respiratórias e câncer, causadas por substâncias químicas no ar, na água ou em alimentos, sendo a categoria de impacto selecionada a de Efeitos respiratórios inorgânicos, conforme Figura VII.34 a seguir:

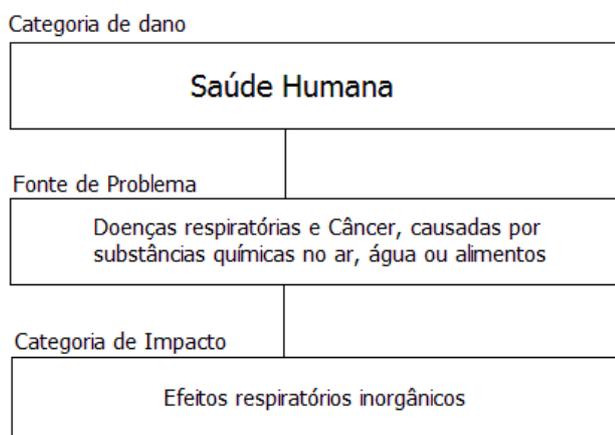


Figura VII.34 – Definição da categoria de impacto para Saúde Humana

Os gases que poderiam ser avaliados como tóxicos ou não tóxicos à saúde humana emitidos no processo de Extrusão de fio, do macro-processo RECICLAGEM, aparecem em quantidade muito pequena e não determinam alteração de massa. Por isto, este dado não foi utilizado no modelo gerado pelo *software* Umberto.

De acordo com relatório solicitado pela própria empresa para avaliação dos componentes da fumaça emitida no processo citado acima, os resultados ficaram bem abaixo dos mínimos exigidos pelas normas internacionais, usadas como parâmetro, já que não se possui padrão nacional definido para este tipo de comparações. A conclusão é que não há qualquer toxicidade ou influência, mínima que seja, na saúde do indivíduo que está em contato direto com a substância analisada. Maiores detalhes estão relatados no Anexo III.

Na segunda categoria de dano, Qualidade do Ecossistema, representada conforme figura abaixo, selecionaram-se as categorias de impacto de Ecotoxicidade e Eutrofização.

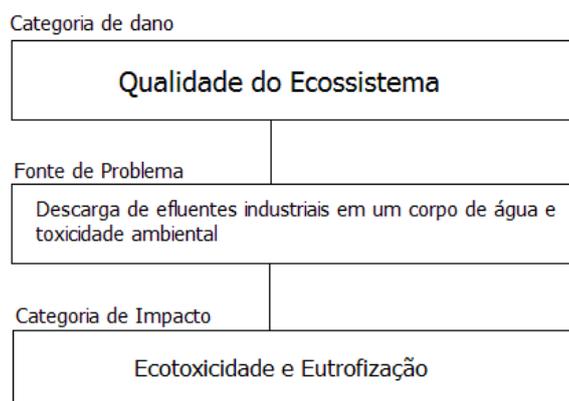


Figura VII.35 – Definição da categoria de impacto para Qualidade do Ecossistema

A forma de tratamento de resíduos utilizada pela empresa estudada não gera poluição ambiental e nem de corpos d'água<sup>18</sup>. A empresa mantém um contrato com a CTR de Nova Iguaçu, conforme mencionado anteriormente, que é receptora dos resíduos sólidos provenientes da lavagem e moagem dos materiais plásticos obtidos de empresas e pessoas especializadas na coleta desses materiais recicláveis. A água utilizada na lavagem é reaproveitada várias vezes, passando por uma estação de tratamento, onde ela permanece

<sup>18</sup> Compreende os principais cursos d'água, tais como rios, represas ou reservatórios artificiais. (EMBRAPA, 2007 - [www.cnpm.embrapa.br/](http://www.cnpm.embrapa.br/))

imóvel para a decantação dos resíduos sólidos, que são retirados. Em seguida, a água volta para o processo produtivo. Quando essa água é finalmente descartada para o meio ambiente, não contém poluentes, pois o material para reciclagem obtido não é proveniente de lixos misturados, mas sim os agregados da ação ambiental a que estavam submetidos.

Dessa forma, não houve constatação de nenhuma agressão ambiental no processo de produção dos sacos plásticos reciclados, excluindo-se o gasto de energia, que não foi identificado como impacto por não fazer parte do estudo o seu processo de obtenção.

Cabe salientar que esse resultado (de aplicação do indicador) é uma contribuição parcial à avaliação de impacto que se poderia obter utilizando-se o indicador em toda a extensão da cadeia produtiva para além das fronteiras adotadas.

## CAPÍTULO VIII- RESULTADOS E DISCUSSÃO

O estudo da ACV incentiva o setor produtivo a considerar todas as questões ambientais relacionadas com o seu sistema de produção, incluindo os insumos, matérias-primas, manufatura, distribuição, uso, reuso, e reciclagem, auxiliando na identificação de oportunidades e preservação ambiental.

As empresas selecionadas desenvolvem, ainda que sob designação não baseada nas normas ISO 14000 e formas de documentação não padronizadas, um sistema de gestão ambiental, onde realizam o tratamento dos resíduos sólidos e líquidos e, preocupam-se com os impactos na saúde humana, como se pode depreender do fato de que os funcionários utilizam, obrigatoriamente, equipamentos como luvas, botas, máscaras e protetores de ouvido durante o período de trabalho.

As estatísticas descritas a seguir, ilustradas por gráficos gerados pelo *software* Umberto, enquadram-se nos Indicadores do tipo OPI (Operation Performance Indicator), descrito pela norma ISO 14031, que foi o foco da aplicação da ACV.

Verificou-se, que no macro-processo Reciclagem, o processo que mais consome energia é o de Resfriamento do fio, seguido pelo processo de Extrusão de fio. Considerando-se a função e execução de cada processo, é possível identificar uma necessidade de buscar uma alternativa viável que substitua o atual processo de resfriamento do fio, identificado como um ponto que necessita otimização.

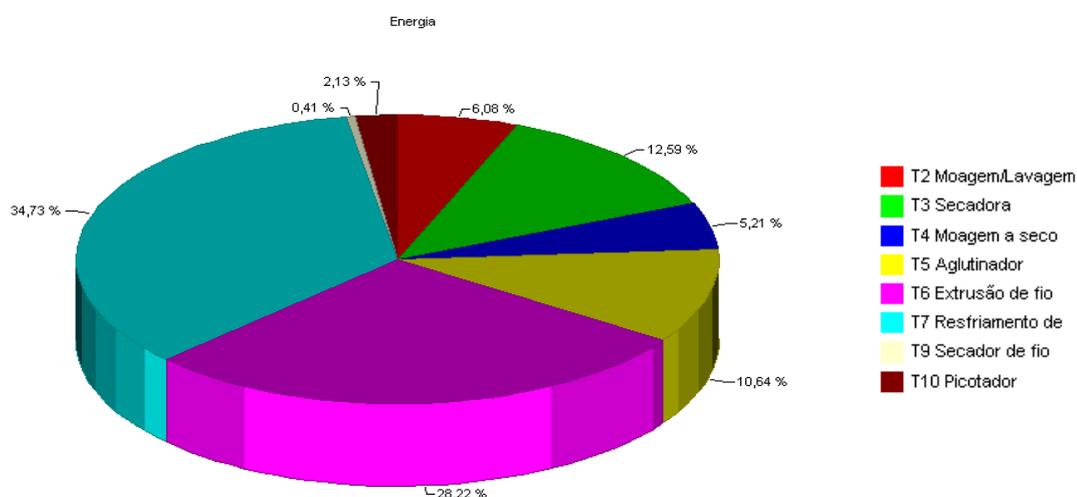


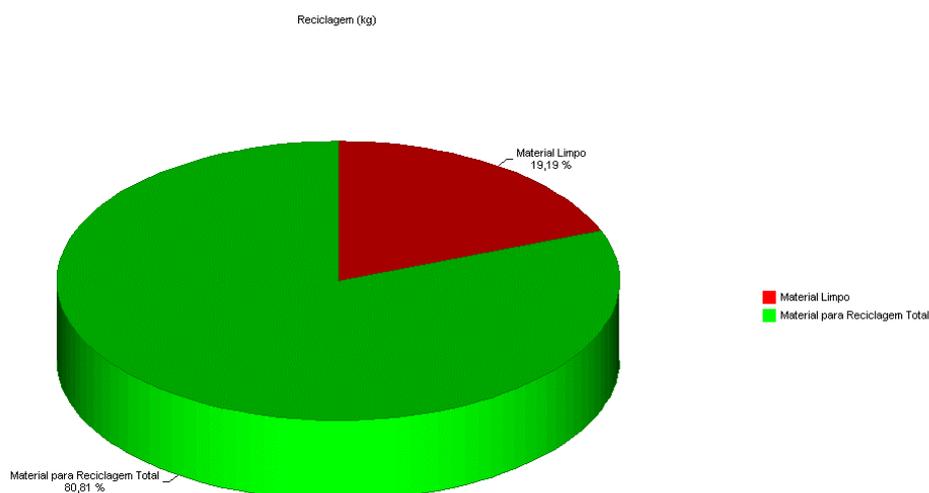
Figura VIII.1 –Energia - Reciclagem

É considerado material limpo aquele adquirido de empresas que obtém o plástico limpo, proveniente de restos de processos de beneficiamento, ou seja, o material que não passou pelo lixo, e como consequência, não necessita lavagem. Sua moagem é feita a seco.

A empresa produtora de saco plástico também gera aparas, que são reaproveitadas na empresa recicladora como material não contaminado.

Esse material, conforme verifica-se na Figura VIII.2 abaixo, elimina o uso de água quase que totalmente, e proporciona, no caso de uso exclusivo na linha de produção, uma economia de energia de 23,88%. Neste cálculo considera-se a energia economizada nos processos que esse material dispensa. É um material com custo inferior e apresenta a mesma qualidade de beneficiamento.

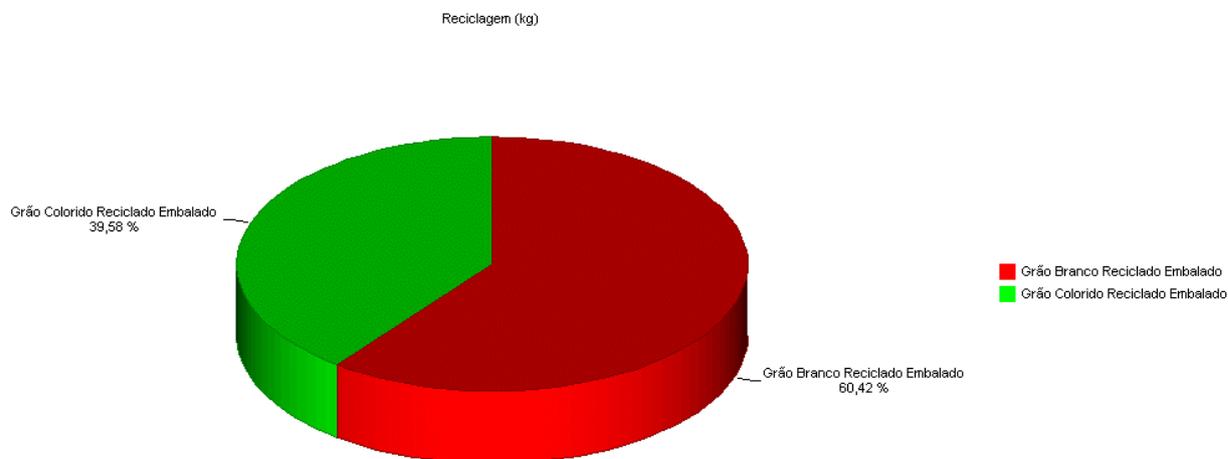
O uso desse material pode ser considerado um ponto forte na cadeia produtiva do saco plástico reciclado.



**Figura VIII.2 – Material total para reciclagem**

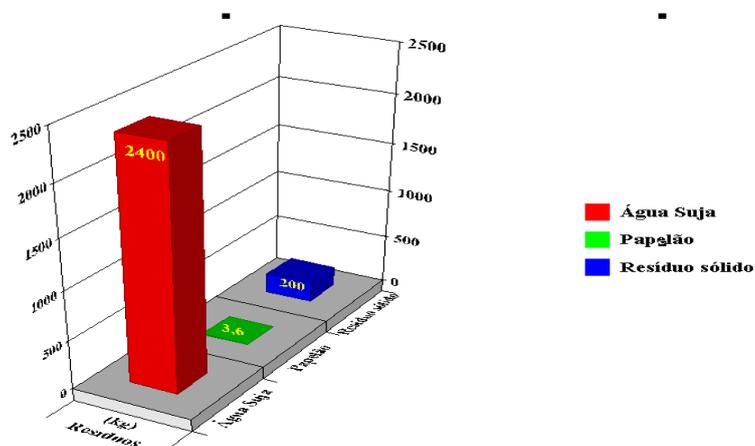
Na Figura VIII.3 é possível observar que a empresa recicladora pesquisada encontra em seu material adquirido uma maior quantidade de material para reciclagem branco, ou transparente, como é chamado pelos profissionais da área. Esse material é considerado como o plástico virgem ou semi-virgem, ou seja, o plástico que pode estar passando pela reciclagem pela primeira, ou pela segunda vez, o que significa que a composição do material comprado pela empresa para reciclar é composto em quase 61% de plástico virgem. Isso pode

demonstrar uma característica do tipo de plástico que se encontra nos locais de descarte, confirmando as estatísticas que demonstram os percentuais de reciclagem e a certeza de que ainda é necessário reciclar mais.

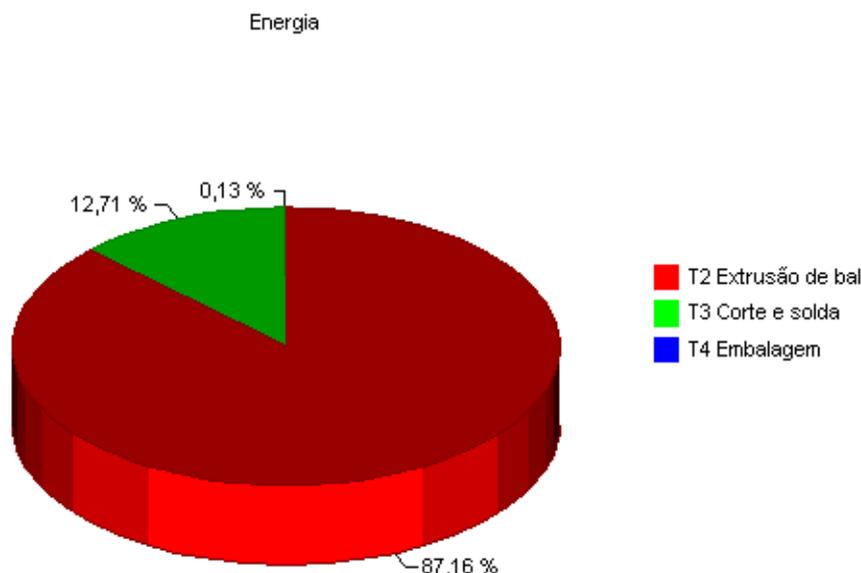


**Figura VIII.3 – Material reciclado final – Reciclagem**

Conforme já foi dito anteriormente, a avaliação dos resíduos gerados pelo macro-processo de reciclagem desta empresa específica demonstra que não existem resíduos poluentes, uma vez que o destino do resíduo sólido é uma estação especializada de tratamento, que está fora dos limites do estudo e que o papelão é revendido para empresas que realizam a reciclagem de papel, minimizando os prejuízos da empresa com o material perdido na compra de sucata para reciclagem.



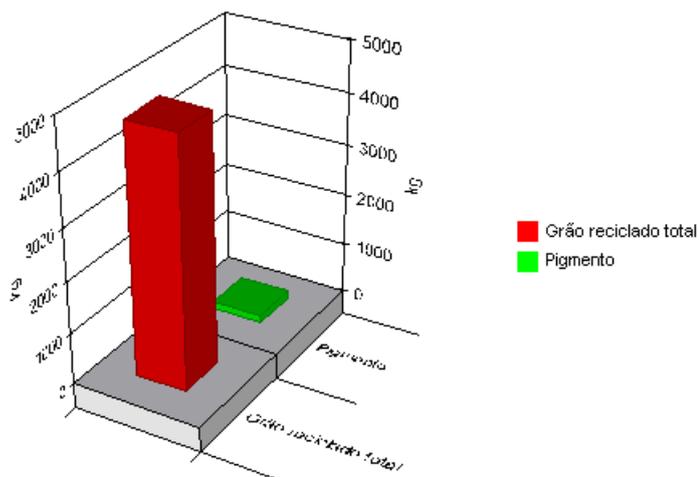
**Figura VIII.4 –Resíduos – Reciclagem**



**Figura VIII.5 – Energia – Produção de saco plástico**

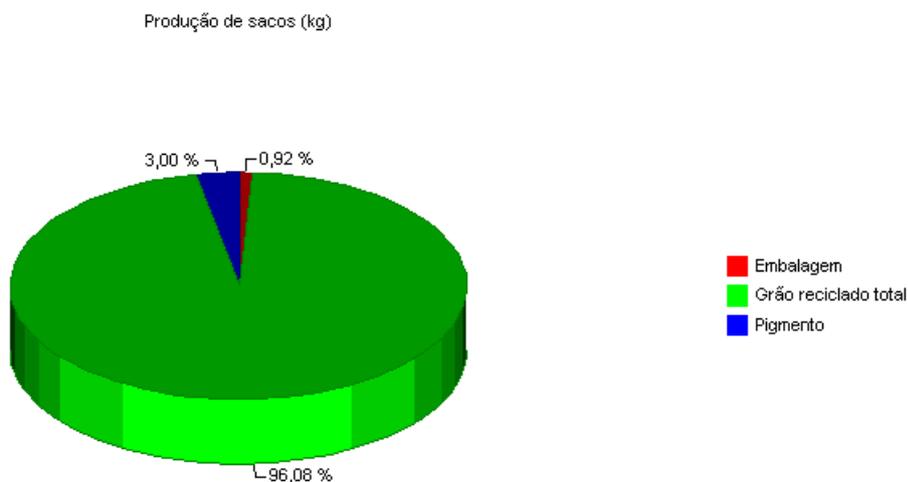
A Figura VIII.5 acima identifica o processo com maior consumo de energia na produção do saco plástico, o de Extrusão de balão, cujo maquinário é equipado com resistências elétricas para geração de calor. A energia nesse setor da empresa tem sido poupada com a gradativa troca do maquinário antigo por um mais novo, que possui características mais econômicas no gasto de energia, fator gerado pela maior produção em menor tempo, além de características mais eficientes de funcionamento da máquina.

O processo de Embalagem gera um consumo de energia não significativo, porém consome recursos humanos e tempo, pois deve haver um funcionário para colocar o produto em um saco embalador, e utilizar uma máquina de corte e solda para vedar o mesmo.



**Figura VIII.6 –Relação Pigmento X Grão – Produção de saco plástico**

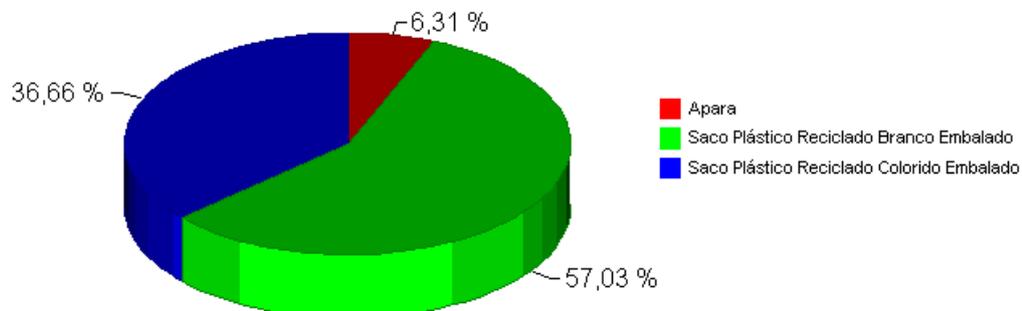
Do material granulado total que participa da produção de saco plástico reciclado, há um desmembramento entre o pigmento que tonaliza o saco plástico e o saco plástico que serve de embalagem para os sacos produzidos para venda, conforme Figuras VII.6 e VII.7.



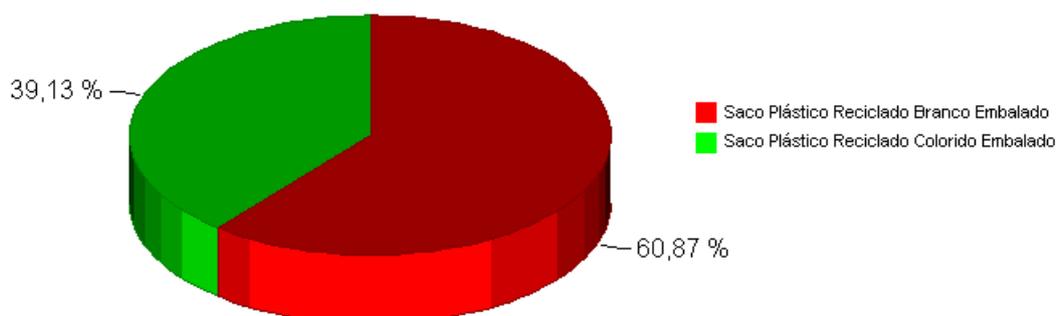
**Figura VIII.7 –Matéria prima – Produção de saco plástico**

No total da produção, as quantidades de sacos plásticos resultantes seguem o percentual dos grãos reciclados produzidos, em média de 56 a 61% do transparente e 36 a 39% do colorido, conforme ilustram as Figuras VIII.8 e VIII.9. A perda é denominada apara, que retorna à produção de saco plástico após participar novamente do processo de reciclagem, e se transformar em grãos reciclados novamente. Essas aparas dispensam, no processo de

reciclagem, a lavagem do material. Entretanto, há um gasto de energia na geração das aparas, representando energia consumida sem adição de valor. É necessário reduzir a geração de aparas.



**Figura VIII.8 –Resultado da Produção – Produção de saco plástico**



**Figura VIII.9 –Material produzido final – Produção de saco plástico**

### VIII.1- AVALIAÇÃO DA PESQUISA

Verificou-se, através dos levantamentos de dados empíricos, que dos plásticos transparentes coletados nos pontos de descarte, cerca de 80% aproximadamente são virgens, serão reciclados pela primeira vez.

O custo do plástico reciclado é cada vez mais baixo, devido à quantidade de vezes (indefinida) que ele foi reciclado, por tratar-se de material totalmente reciclável. Entretanto, observou-se que, devido ao aumento da demanda por material para reciclagem, houve um aumento do preço da sucata adquirida pela empresa.

Também foi constatado que o início das questões de proibição do uso do saco plástico por ações governamentais em vários locais do mundo trazem uma insegurança para os investidores e empresários atuantes nesse mercado, que, apesar da expansão comprovada pelos números, percebem uma ameaça nas tendências de retirada desse material do mercado, pelo menos da forma como ele é utilizado na atualidade.

A substituição do saco plástico pela sacola de papel gera impactos ambientais de diferente escala, não no fim da cadeia, no descarte do produto, e sim no uso de solo, pois o plantio de árvores para produção de celulose ocupará grandes áreas férteis onde poderiam ser plantados alimentos, para suprir a demanda por embalagens.

São necessários vários estudos futuros com um maior alcance da cadeia para realizar uma comparação entre as opções de materiais a serem utilizados antes da definição do que possui o melhor desempenho, tanto sob o ponto de vista ambiental quanto econômico.

O estudo de ACV permitiu identificar, no limite proposto, que a produção do material reciclado impacta de forma mínima o ambiente onde a fábrica está instalada, gerando em contrapartida, benefícios sociais, através da criação de empregos diretos e indiretos, não quantificados por escapar aos objetivos deste trabalho.

Como foi dito anteriormente, o consumo de energia elétrica é uma preocupação da empresa, que procura opções para minimizar esse custo financeiro e ambiental.

No presente estudo, a energia elétrica não foi qualificada como um impacto ambiental, já que não pertence ao escopo do estudo verificar as formas de obtenção dessa energia.

Sabe-se que todas as formas de energia elétrica podem interferir no meio ambiente, causando destruição da flora e fauna por inundações, alterações nos cursos naturais dos rios, entre outras, e para englobar todos os impactos ambientais característicos de uma cadeia de produção, é necessário a implantação de um Sistema de Gerenciamento Ambiental na íntegra, inserido no planejamento estratégico da empresa, e analisando, mesmo que seja em várias etapas de estudo, todo o ciclo de produção, do berço ao berço, incluindo todas as fases participantes da vida do produto.

O comprometimento ambiental e a utilização de uma ferramenta como a ACV, em

conformidade com a ISO, trazem inúmeros benefícios para as empresas, entre eles, podemos destacar economias com a redução de desperdícios e otimização dos processos, o que supera os investimentos nos estudos e treinamentos.

Através dos gráficos e relatórios gerados pelo *software* Umberto foi possível identificar os pontos fortes e fracos da cadeia produtiva, tanto nos processos de produção do grão como nos processos de produção do saco plástico.

O *software* apresentou-se como uma ferramenta capaz de organizar os dados e poupar tempo na geração dos resultados, facilitando o processo de análise e interpretação dos dados obtidos.

#### VIII.1.1- Proposta de seleção de indicadores de desempenho para as empresas

Mensurar a questão da sustentabilidade, segundo Bellen (2006) é relacionar diferentes dimensões que não estão, necessariamente, associadas a grandezas físicas, como as dimensões sociais e institucionais, por exemplo.

Utilizar métodos de mensuração pode ter, como principal consequência, de acordo com Bellen (2006), a mudança de comportamento decorrente dos sucessivos processos de avaliação. Isso significa que a avaliação de indicadores de sustentabilidade pode ser complementada pela percepção das pessoas envolvidas, no que se refere à mudança de comportamento.

Existem muitos tipos e formas de indicadores, entretanto, existem indicadores que podem ser utilizados para nortear esses critérios, baseado em um levantamento inicial do que já ocorre com o ambiente sob a influência das atividades da empresa, auxiliando na implantação de um sistema de avaliação ambiental, que pode ter como consequência, um sistema de gestão ambiental completo.

A metodologia de ACV utilizada permite uma visão completa do processo operacional inter-muros, que apoiada na ISO 14031, permite identificar resultados anteriormente relatados com um primeiro conjunto de indicadores de categoria OPI, que poderão ser complementados por outros. Para fazer esta complementação, sugere-se os indicadores relacionados na Tabela

VIII.1, também na categoria de OPI's.

Esses indicadores devem apoiar a gestão da performance ambiental da operação da empresa; referem-se ao planejamento, operação, manutenção de equipamentos, atuação em situações emergenciais, instalação, equipamentos, saídas (produtos, resíduos, etc), entre outros, refletindo o diagnóstico operacional pretendido.

Esses indicadores derivam da observação dos resultados fornecidos pelo Umberto, através dos gráficos e tabelas a relação de massa e energia em cada ponto do processo operacional.

Sugere-se que as empresas analisadas monitorem estatisticamente as variáveis do processo associado, de modo que se ganhe maior representatividade dos dados, realizando uma mensuração periódica para realimentação dos indicadores selecionados.

Tabela VIII.1- Indicadores OPI

Indicador	Descrição	Objetivo
Quantidade de matéria-prima reutilizada	Controlar as matérias-primas que se perdem no primeiro processamento e são reutilizadas	Minimizar as perdas de matéria-prima no primeiro processamento
Quantidade de água reutilizada	Verificar a quantidade de água reutilizada nos processos	Reutilizar cada vez mais a água, para minimizar o consumo
Quantidade de água por unidade de produto	Verificar a quantidade de água utilizada por unidade de produto, estabelecer médias e valores máximos aceitáveis	Evitar o gasto desnecessário de água por unidade de produto, estabelecendo um valor como o máximo aceitável
Quantidade de energia por unidade de produto	Verificar a quantidade de energia gasta por unidade de produto, estabelecer médias e valores máximos aceitáveis	Evitar o consumo desnecessário de energia por unidade de produto, estabelecendo um valor como o máximo aceitável, realizando uma verificação nos equipamentos para identificar problemas no aumento do consumo
Quantidade de energia economizada devido à otimização de processos	Verificar se, com alguma melhoria no processo, há economia de energia e sua significância	Realizar um confronto com o indicador anterior, melhorar o processo e a performance do maquinário para diminuir o consumo de energia

Indicador	Descrição	Objetivo
Quantidade de material não contaminado utilizado no processo de reciclagem	Fazer um acompanhamento na utilização de materiais limpos ou aparas	Melhorar o processo de reciclagem utilizando os materiais limpos em maior quantidade, buscando fontes de obtê-lo, além das perdas da própria fábrica
Percentual de perda no material comprado para reciclagem	Controlar de forma efetiva, o percentual de perda a cada unidade de material comprado	Melhorar a qualidade do material comprado, diminuindo a quantidade do material não aproveitado para a produção
Quantidade de resíduos gerados	Acompanhar a geração de resíduos sólidos conseqüentes do tratamento da água	Avaliar a qualidade do material comprado, minimizando os resíduos sólidos

A elaboração de um sistema de informação integrado com os objetivos ambientais e estratégicos da empresa, através da formulação de um plano de coleta de dados auxiliará a realização de novas aplicações da metodologia de ACV, baseada nesses levantamentos periódicos, capaz de demonstrar variações importantes nos valores dos indicadores.

Em termos gerais, deve-se buscar a utilização de técnicas de Controle Estatístico de Processo de modo a monitorar, em caráter preventivo, as fontes de variação associadas a processos operacionais e de controle administrativo.

O grau de confiabilidade dos dados componentes da primeira aplicação da ACV é alto devido a sua obtenção em fonte primária, a própria planta de produção. A qualidade dos dados será mantida, pois os dados obtidos nas avaliações periódicas também serão provenientes da planta de produção.

Outros indicadores relevantes poderão surgir como desdobramentos da análise do ciclo de vida, após uma avaliação detalhada de todo esse levantamento pela direção da empresa, e do confronto desses dados com a posição estratégica que a empresa deseja alcançar. São eles os MPI's e ECI's que juntos completam o conjunto recomendado pela ISO 14031.

- MPI (Management Performance Indicator)

Apesar do foco do estudo não estar direcionado para a área gerencial, a aplicação das

normas e o levantamento de dados do processo permitiu uma visão de alguns indicadores gerenciais ambientais relacionados com a área de operação e com os funcionários que nela atuam, relacionados na Tabela VIII.2.

Esses indicadores devem constituir objeto de maior atenção na implantação de um Sistema de Gerenciamento Ambiental, pois o monitoramento desses valores permitirá um acompanhamento da qualidade do sistema e do envolvimento dos funcionários na obtenção dos objetivos ambientais.

Os esforços e decisões tomadas pela gerência da empresa influenciam diretamente na performance das operações, e podem contribuir diretamente para sua performance ambiental.

Esse tipo de indicador tem o objetivo de avaliar a capacidade da empresa em realizar treinamentos, exigências legais, gerenciamento de custos ambientais, compras, desenvolvimento de produtos, entre outras.

Tabela VIII.2 – Indicadores MPI

Indicador	Descrição	Objetivo
Número de objetivos determinados	Objetivos determinados como critérios ambientais que a empresa deseja atingir em determinado período de tempo.	Implementar novas atitudes ambientais
Número de objetivos realizados	Registrar o número de objetivos determinados que foram alcançados dentro do período de tempo determinado.	Acompanhar, fazendo comparações, o número de objetivos realizados com os determinados.
Número de treinamentos ambientais para empregados	Realização freqüente (determinada de acordo com a direção da empresa) de treinamentos ambientais para os funcionários	Tornar os funcionários conscientes de seu papel na empresa e na comunidade, dando condições para que eles contribuam com sugestões de melhora ambiental
Número de sugestões para o melhoramento ambiental da empresa	Coleta das sugestões dadas pelos funcionários de todos os níveis da empresa para melhoria do desempenho ambiental da mesma	Utilizar sugestões derivadas de visões diversificadas, visando analisar o interesse dos funcionários na questão ambiental e a colaboração efetiva dada por eles
Número de exigências atendidas	Controlar o número de exigências ambientais da legislação ou outras que sejam efetivamente atendidas	Estar em estado constante de atenção em relação à legislação e qualquer outra

Indicador	Descrição	Objetivo
	que sejam efetivamente atendidas	exigência
Economia de matéria prima	Avaliar a economia com matérias-primas obtidas através do gerenciamento ambiental dos processos	Melhorar a performance financeira da empresa baseada nas diretrizes ambientais

- ECI (Environmental Condition Indicator)

Os ECIs são indicadores da condição ambiental, onde a empresa atua, e onde seus produtos e processos possam ter uma influência direta sobre o meio ambiente e a sociedade de uma forma geral.

Também esses indicadores não constituíram o foco do estudo, mas são de grande relevância para a efetiva implantação de um SGA. Seus valores são obtidos através de uma observação do meio-ambiente de atuação da empresa, e são úteis porque permitem analisar a relação da atividade da empresa com o meio-ambiente pré-existente a ela.

## CONCLUSÃO

O objetivo deste trabalho, de realizar um diagnóstico do processo produtivo, gerando indicadores de desempenho com apoio da metodologia de ACV, preparando as empresas para uma futura implantação de um Sistema de Gestão Ambiental, foi alcançado. A metodologia apresentou-se como uma ferramenta eficiente e clara no levantamento e interpretação dos dados, gerando, como resultado, uma série de indicadores úteis para o acompanhamento da evolução do processo operacional da empresa.

A realização da Avaliação do Ciclo de Vida de um produto representa uma grande responsabilidade, e a dificuldade de obtenção de dados com precisão pode gerar uma série de diferenças entre estudos de empresas com foco no mesmo produto, o que não quer dizer que o estudo seja inválido, ou incorreto. Existe uma necessidade de padronizar os vários critérios utilizados, como: o escopo do projeto, os detalhes na coleta das informações e a forma de especificação dos cálculos dos processos realizados, para que possam existir parâmetros de comparação.

A contabilização ambiental, que procura identificar o que se retira da natureza em termos de matérias-primas e energia, e o que se devolve para ela, avaliando os impactos potenciais provocados pelas entradas e saídas do sistema em questão, dificilmente poderá ser fielmente avaliada em um primeiro e único estudo.

Apesar disso, esse primeiro estudo revelou o valor inicial dos indicadores selecionados, traduzindo uma aproximação da realidade operacional das empresas com a metodologia de ACV mostrando-se confiável, integrada e coerente.

Com base nos gráficos gerados pelo *software* Umberto, foi possível verificar potenciais indicadores da situação ambiental da empresa, simplesmente analisando-se os processos e os fluxos entre eles.

Os indicadores destacados nesse estudo são sugestões de levantamentos que precisam ser realizados com uma frequência cronológica definida para o início da elaboração de um sistema de gestão ambiental.

Alinhar os objetivos da empresa com os indicadores e determinar critérios de avaliação vão nortear a implantação do sistema de gestão ambiental.

O primeiro passo, o querer fazer, encontra-se em andamento, os funcionários da empresa em todos os níveis encontram-se abertos para a necessidade de um tratamento mais efetivo das questões ambientais. Como prosseguimento, sugere-se a implantação de um sistema de informações baseado em resultados obtidos através de um sistema de controle estatístico de processo. A partir disso, novos estudos de ACV poderão ser aplicados, com base no acompanhamento dos indicadores, gerando um rol de informações para critérios de comparação com os estudos anteriores, a fim de alcançar melhorias.

Apesar do estudo limitado, foi possível identificar o real impacto ambiental dos processos de produção deste produto, e baseado nesses resultados, pode-se buscar uma direção que traga benefícios futuros em larga escala para todos os setores envolvidos com a reciclagem de plástico.

A estratégia de operação das empresas analisadas, mantendo-se ambientalmente corretas, engajadas com a legislação, demonstra uma visão ambiental que poderá determinar a implantação de um efetivo Sistema de Gestão Ambiental.

O estudo limitado da ACV do plástico produzido pelas Indústrias escolhidas aponta para o fato de que o plástico poderá causar menos problemas ambientais se houver uma maior conscientização da população mundial dos riscos desse produto para o meio ambiente e do valor de reciclagem que está inserido num produto que aparentemente não tem mais utilidade.

Entre os muitos benefícios gerados pela atividade de reciclagem, a destinação correta desse material gera: melhores oportunidades para o aumento da renda de várias famílias que fazem a coleta, a separação e a venda do material para reciclagem; maior reaproveitamento dos resíduos, em geral; a diminuição do custo de produtos que podem ser criados com esses produtos; o aumento de atividade das empresas que atuam na área de transformação de plásticos, com geração direta e indireta de empregos.

É urgente o desenvolvimento de políticas educacionais ambientais pró-ativas, que tornem a população consciente de fato de que a ação de cada um é importante, e que gera

resultado, e paralelo a isso, é necessário também o desenvolvimento de coletas seletivas de lixo que funcionem efetivamente, a criação de padrões de coleta que sejam efetivamente implementados, tanto nos grandes centros quanto nas cidades do interior, para que a população, educada, possa colocar em prática o que aprendeu e o que sabe ser o certo a fazer.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

\_\_\_\_\_. CONAMA. Disponível em <http://www.mma.gov.br/conama>. Acesso em 02/09/2007.

\_\_\_\_\_. **Conheça Umberto**. Disponível em <http://www.umberto.de/en/home/language/portuguese/index.htm>. Acesso em 13 Out 2006.

\_\_\_\_\_. CTR Nova Iguaçu. Disponível em <http://www.ctrnovaiguacu.com.br/portug/index.asp>. Acesso em 25/03/2007.

\_\_\_\_\_. EMBRAPA Monitoramento por satélite. Disponível em <http://www.cnpm.embrapa.br>. Acesso em 10/11/2007.

\_\_\_\_\_. FEEMA. Disponível em <http://www.feema.rj.gov.br>. Acesso em 02/09/2007.

\_\_\_\_\_. **Ficha Técnica Plástico Rígido**. Disponível em: < <http://www.cempre.org.br/>>. Acesso em: 13 Out. 2006.

\_\_\_\_\_. IBAMA. Disponível em <http://www.ibama.gov.br>. Acesso em 02/09/2007.

\_\_\_\_\_. **Industry averages**. Plastic Europe. Disponível em <http://www.plasticseurope.org/Content/>. Acesso em 16/06/2007.

\_\_\_\_\_. Jornal do Meio Ambiente. Disponível em [http://www.jornaldomeioambiente.com.br/legislacao\\_ambiental/17\\_leis.asp](http://www.jornaldomeioambiente.com.br/legislacao_ambiental/17_leis.asp). Acesso em 20/07/2007.

\_\_\_\_\_. **Life Cycle Assessment Lesson 1**. The University of Texas at Austin. Center for Energy and Environmental Resources. Disponível em [www.utexas.edu/research/ceer/dfe/LCAoverview.PDF](http://www.utexas.edu/research/ceer/dfe/LCAoverview.PDF). Acesso em 16/06/2007.

\_\_\_\_\_. **Mapeamento Identifica Obstáculos Para Reciclar**. Revista Plástico Moderno. Disponível em <http://www.plastico.com.br/revista/pm317/transformacao4.htm>. Acesso em 02/07/2007. 2001.

\_\_\_\_\_. **Notícias Plástico**. Disponível em <http://www.exportplastic.com.br/pt/noticias28.asp>. Acesso em 26/02/2007.

\_\_\_\_\_. PLASTIVIDA. Disponível em [www.plastivida.org.br](http://www.plastivida.org.br). Acesso em 20/02/2007.

\_\_\_\_\_. **Recicláveis**. Disponível em <http://www.reciclaveis.com.br/>. Acesso em 25/03/2007.

\_\_\_\_\_. Sistema de gestão ambiental: **Política Ambiental**. Disponível em: < <http://www.ambientebrasil.com.br/composer.php3?base=.gestao/index.html&conteudo=../gestao/sistema.html>>. Acesso em: 26 de Outubro de 2006 às 12:15.

ABIQUIM. Associação Brasileira de Indústria Química. Disponível em <http://www.abiquim.org.br/>. Acesso em 01/04/2007.

ABNT NBR ISO 14001:2004 – Sistemas de Gestão Ambiental – Requisitos com orientações para uso. 2004.

ABNT NBR ISO 14040:2001 – Gestão Ambiental - Avaliação do ciclo de vida - Princípios e estrutura. 2001.

- ABNT NBR ISO 14041:2004 – Gestão Ambiental – Avaliação do ciclo de vida – Definição de objetivo e escopo e análise do inventário. 2004.
- ABNT NBR ISO 14042:2004 – Gestão Ambiental – Avaliação do ciclo de vida – Avaliação do Impacto do ciclo de vida. 2004.
- ABNT NBR ISO 14043:2005 – Gestão Ambiental – Avaliação do ciclo de vida – Interpretação do ciclo de vida. 2005.
- ABPOL. Associação Brasileira de Polímeros. Disponível em <http://www.abpol.com.br/> Acesso em 01/04/2007.
- ABREMPLAST. Associação Brasileira de Recicladores de Materiais Plásticos. Disponível em <http://www.abrempplast.org.br>. Acesso em 13/10/2006.
- ABREU, M. C. S. de. **Modelo de Avaliação da Estratégia Ambiental: Uma Ferramenta para a Tomada de Decisão**. Florianópolis, 2001. 218p. Tese (Doutorado em Engenharia de Produção) Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção, UFSC, 2001.
- ALMEIDA J. DEPONTI, C. **Indicadores para avaliação da sustentabilidade em contextos de desenvolvimento rural local**. 2001. Disponível em [www.pucrs.br/fau/paisagistica/sustentabilidade/artigo\\_camaqua\\_sustentabilidade.pdf](http://www.pucrs.br/fau/paisagistica/sustentabilidade/artigo_camaqua_sustentabilidade.pdf). Acesso em 26/09/2007.
- AMBIENTE BRASIL. **Aspecto geral da ISO 14000**. Disponível em: <http://www.ambientebrasil.com.br/composer.php3?base=gestao/index.html&conteudo=gestao/iso.html>. Acesso em: 26 de Outubro de 2006 às 12:13.
- ANVISA. Disponível em <http://bvs.anvisa.gov.br/html/pt/home.html>. Acesso em 08/07/2007.
- APME. Association of Plastics Manufacturers. Disponível em <http://www.plasticseurope.org>. Acesso em 13/10/2006.
- ASSOCIATION OF PLASTICS MANUFACTURERS. Disponível em <http://www.plasticseurope.org/Content/Default.asp>. Acesso em 10/04/2007.
- BALLOU, R. H. **Logística empresarial**. São Paulo: Atlas, 1993.
- BARBOSA, A. BENEDUZZI, B. ZORZIN, G. MENQUIQUE, J. LOUREIRO, M. C. **Logística Reversa - O Reverso da Logística**. Disponível em <http://www.guiadelogistica.com.br/ARTIGO394.htm>. Acesso em 13 Out 2006.
- BELLEN, H. M. v. **Indicadores de sustentabilidade: uma análise comparativa**. Ed. FGV. Rio de Janeiro. 2007. 256 p.
- BERNARDES, M. A. dos S. **Breve introdução à metodologia Avaliação do Ciclo de Vida**. CEFET MG. Belo Horizonte, 2006.
- BOOG, E. G.; BIZZO, W. A. **Utilização de indicadores ambientais como instrumento para gestão de desempenho ambiental em empresas certificadas com a ISO 14001**. Unicamp. 2003. Disponível em [www.simpep.feb.unesp.br/anais10/gestaoambiental/arq02.pdf](http://www.simpep.feb.unesp.br/anais10/gestaoambiental/arq02.pdf). Acesso em 30/08/2007.
- BORGES, G. B. org. **Logística e distribuição física internacional: teoria e pesquisas**. São Paulo. Lex Editora. 2006. Disponível em [http://livraria.aduaneiras.com.br/livraria\\_aduaneiras/imagem\\_produto/697.pdf](http://livraria.aduaneiras.com.br/livraria_aduaneiras/imagem_produto/697.pdf). Acesso em 26/09/2007.
- BRAGA, B., HESPANHOL, I., CONEJO, J. G. L., MIERZWA, J.C., de BARROS, M.T.L.

SPENCER, M., PORTO, M., NUCCI, N., JULIANO, N., EIGER, S. **Introdução à Engenharia Ambiental**: o desafio do desenvolvimento sustentável. ed. Pearson Prentice Hall, São Paulo, 2006.

BRASIL, W. **Sacolas plásticas e o marketing de varejo**. Disponível em <http://www.webartigos.com/articles/823/1/Sacolas-de-Plastico-e-o-Marketing-de-Varejo>. Publicado em 03/01/2007. Acesso em 26/02/2007.

BRASIL. Tribunal de Contas da União. **Cartilha de licenciamento ambiental** / Tribunal de Contas da União; com colaboração do Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis. -- 2.ed. -- Brasília : TCU, 4ª Secretaria de Controle Externo, 2007. 83 p.

BRASKEM. Disponível em [http://www.braskem.com.br/site/portal\\_braskem/pt/home/home.aspx](http://www.braskem.com.br/site/portal_braskem/pt/home/home.aspx). Acesso em 05/07/2007.

CAJAZEIRA, J., BARBIERI, J. **A NOVA NORMA ISO 14.001: Atendendo à Demanda das Partes Interessadas**. Fundação Getúlio Vargas. 2004.

CAPRA, F. **As conexões ocultas** – Ciência para uma vida sustentável. Ed. Pensamento Cultrix. 4 ed. São Paulo. 2005.

CARVALHAL, E. do. **Ciclo de vida das organizações**: peopleware, liderança transformadora e desenvolvimento de equipes de alto desempenho / Eugenio do Carvalho e Geraldo Ferreira. – 4. ed. rev. – Rio de Janeiro: Editora FGV, 2000. 124 p.

CEMPRE. Compromisso Empresarial para Reciclagem. Disponível em <http://www.cempre.org.br>. Acesso em 13/10/2006.

CHAVES, G. de L. D. CHICARELLI, R. L. A. **Logística reversa como atividade geradora de vantagem competitiva ao canal de distribuição de alimentos refrigerados**. XII SIMPEP - Bauru, SP, Novembro. 2005.

**Emissões atmosféricas** - Amostragem em Chaminés. Relatório Técnico nº 0235/2007. Fev.2007.

FARIAS, E. R. de; LEITE, E. F.; BERNARDES, I. S.; SANTOS, P. M. dos. **A influência da certificação ISO 14001 nas empresas**: gestão ambiental empresarial Disponível em [http://www.portalga.ea.ufrgs.br/acervo/ga\\_art\\_24.doc](http://www.portalga.ea.ufrgs.br/acervo/ga_art_24.doc). Acesso em 30/08/2007.

FERREIRA, C. **Logística Reversa : Aspectos Importantes para a Administração de Empresas**. Disponível em <http://www.guiadelogistica.com.br/ARTIGO402.htm>. Acesso em 13 de Out 2006.

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

FILHO, M. M., ZIMMERMAN, R.C., **Balancos Ambientais suportados por computador**: Gestão ambiental de produtos e processos pelo estabelecimento de seus indicadores de eco-eficiência. 2004.

FLORES, B. **Engenharia Química estuda plástico biodegradável**. Núcleo de Comunicação do Centro Tecnológico da UFSC. Dez/2003.

FORLIN, F. J. FARIA, J. de A. F. **Considerations About Packing Plastics Recycling**. Polímeros, São Carlos, v. 12, n. 1, 2002. Disponível em: <[http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0104-14282002000100006&lng=en&nrm=iso](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0104-14282002000100006&lng=en&nrm=iso)>. Acesso em: 26/09/2007.

FRAGOMENI, A. L. M. **Parques Industriais Ecológicos como instrumento de planejamento e gestão ambiental cooperativa**. Tese submetida ao Corpo Docente a Coordenação dos Programas de Pós-Graduação de Engenharia da Universidade Federal do Rio de Janeiro. Ciências em Planejamento Energético. Rio de Janeiro. 2005.

FRANCHETTI, S. M. M.; MARCONATO, J. C. **A importância das propriedades físicas dos polímeros na reciclagem**. Química nova na escola. Número 18. Novembro, 2003.

GASAFI, U. MEYER, L. SCHEBEK, L. **Using Life-Cycle Assessment in Process Design – Supercritical Water Gasification of Organic Feedstocks**. Research and analysis. Journal of Industrial Ecology. Volume 7, Numer 3-4. Massachusetts Institute of Technology and Yale University. 2004.

GEDEA – Grupo de Estudos e Desenvolvimento em Educação Ambiental. Disponível em <http://www.cefetrs.edu.br/~gedea/index.htm>. Acesso em 10/04/2007.

GORNI, A.A. **Introdução aos Plásticos**. Disponível em <http://www.gorni.eng.br/intropol.html>. Revista Plástico Industrial. 2003. Acesso em 01/04/2007

GRUPO DE PESQUISA EM AVALIAÇÃO DO CICLO DE VIDA. Disponível em <http://www.ciclodevida.ufsc.br/acv/Main.php?do=adminAction&action=exibirSubMenu&idSubMenu=6>. Acesso em 16/09/2007.

JOHN, V. M. **Desenvolvimento sustentável, construção civil, reciclagem e trabalho multidisciplinar**. Depto. Engenharia de Construção Civil, Escola Politécnica, USP. Disponível em [http://www.reciclagem.pcc.usp.br/des\\_sustentavel.htm](http://www.reciclagem.pcc.usp.br/des_sustentavel.htm). Acesso em 26/08/2007.

KAPLAN, R. S. **A estratégia em ação: balanced scorecard** / Robert S. Kaplan, David P. Norton; tradução Luiz Euclides Trindade Frazão Filho. Rio de Janeiro: Campus, 1997.

KAPLAN, R. S. **Kaplan e Norton na prática** / Robert S. Kaplan, David P. Norton. Rio de Janeiro: Campus, 2004.

LASTRES, M. H.; CASSIOLATO, J. E. **Sistemas de Inovação**: Políticas e perspectivas. Parcerias Estratégicas. Número 8. Maio. 2000.

LEITE, P. R. **Logística Reversa**. [www.abmbrasil.com.br/cim/download/Paulo-Leite-Logistica2003.pps](http://www.abmbrasil.com.br/cim/download/Paulo-Leite-Logistica2003.pps). 2003. Acesso em 13 de Out 2006.

LIMA, M. F. **Gestão de Marketing**. 3.ed. Rio de Janeiro. Editora FGV, 2004.156p.

MAQPLAS. Disponível em <http://www.maqplas.com.br/>. Acesso em 26/02/2007.

MEDINA, H. de V. **Reciclagem de Materiais: Tendências Tecnológicas de um Novo Setor. In: Diagnósticos**. Disponível em <http://www.cetem.gov.br/tendencias/diagnosticos.htm> acesso em 10/04/2007. Projeto Setor Mineral - Tendências Tecnológicas Brasil 2015. CETEM/MCT.2006.

MÜLLER-BEILSCHMIDT, P., FILHO, M. M. **Treinamento introdutório com Umberto**: Modelagem do fluxo de materiais em uma cervejaria. Versão 1.02. 2004.

OLIVEIRA, A. I. de A. **Contexto da Legislação Ambiental**. Disponível em <http://www.cebds.org.br/cebds/la-ctleg.asp>. Acesso em 25/08/2007.

OLIVEIRA, R. F. GAMBÔA, F. A. R. SANTOS, F. R. S. **Conceitos de Logística Reversa e Colaboração Aplicados à Indústria de Especialidades Químicas**. X Simpósio de Engenharia da Produção. Nov. 2003. Disponível em

<http://www.simpep.feb.unesp.br/anais10/gestaodaproducao/arq40.PDF>. Acesso em 13 Out 2006.

PEREIRA, L. C.; TOCCHETTO, M. R. L. **Sistema de Gestão e Proteção Ambiental**. Disponível em Disponível em [http://www.portalga.ea.ufrgs.br/acervo/ga\\_art\\_21.doc](http://www.portalga.ea.ufrgs.br/acervo/ga_art_21.doc). Acesso em 30/08/2007.

PFÜTZENREUTER, M. **Gestão de devolução**. Disponível em <http://www.guialog.com.br/Y524.htm>. Acesso em 13 Out 2006.

RATTNER, H. **Sustentabilidade - uma visão humanista**. Ambient. soc. , Campinas, n. 5, 1999. Disponível em: <[http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1414-753X1999000200020&lng=en&nrm=iso](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1414-753X1999000200020&lng=en&nrm=iso)>. Acesso em: 26/09/2007.

RECICLAGEM. Disponível em: <<http://www.reciclagem.com.br>>. Acesso em: 13 dez. 2006.

RECICLAGEM.NET. [http://www.compam.com.br/re\\_plastico.htm](http://www.compam.com.br/re_plastico.htm), acesso em 26/02/2007.

REICHERT, I. K. **Dossiê Técnico Ciclo de vida do Calçado**. Centro Tecnológico do Calçado. SENAI-RS. Novembro 2006.

REIS, V. R. **Sistema de Gestão Ambiental ISO-14001**. 2002. Disponível em [http://www.crq4.org.br/informativo/abril\\_2002/pagina08.html](http://www.crq4.org.br/informativo/abril_2002/pagina08.html). Acesso em 14/07/2007

REZENDE, J. F. de C. **Balanced Scorecard e a Gestão do Capital Intelectual**: Alcançando a mensuração equilibrada na economia do conhecimento. Rio de Janeiro: Campus, 2003.

RIBEIRO, C. M. GIANNETI, B. F. ALMEIDA, C. M. V. B. **Avaliação do Ciclo de Vida (ACV): Uma Ferramenta Importante da Ecologia Industrial**. Disponível em <http://www.hottopos.com/regeq12/art4.htm>. Acesso em 10 Out 2006.

RIOPOL. Rio Polímeros S.A. Disponível em <http://www.riopol.com.br>. Acesso em 01/07/2007.

ROCLA. Disponível em <http://www.rocla.com.br/br/index.php>. Acesso em 26/02/2007.

ROSA, D. S.; PENTEADO, D. F.; CALIL, M. R. **Propriedades térmicas e biodegradabilidade de PCL e PHB em um Pool de Fungos**. Revista de Ciência e Tecnologia nº15 – pp. 75-80. Junho, 2000.

SANTO, E. E.; TEIXEIRA, J.V.. **Mix de Marketing**: Características Gerais da Variável Produto. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIAS DA COMUNICAÇÃO, 28., 2005. Rio de Janeiro. Anais... São Paulo: Intercom, 2005. CD-ROM.

SANTOS, A. S. F.; AGNELLI, J. A. M.; MANRICH, S. **Trends and challenges in recycling plastic packages**. Polímeros, São Carlos, v.14, n. 5, 2004. Disponível em: <[http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0104-14282004000500006&lng=en&nrm=iso](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0104-14282004000500006&lng=en&nrm=iso)>. Acesso em: 22/09/2007.

SÃO PAULO. Secretaria de Estado do Meio Ambiente. **Produção e Consumo Sustentáveis**. In: Agenda 21 em São Paulo 1992-2002 /Secretaria de Estado do Meio Ambiente - São Paulo: SMA, 2002 160 p.; Edição bilingüe – inglês/português ISBN 85 - 86624 - 21 – 7. Disponível em <http://www.ambiente.sp.gov.br/agenda21/ag21sp>, acesso em 01/08/2007.

SCHENINI, P. C.; NEUNFELD, D. R.; MULLER, G. S.; RENSI, F. **Logística reversa**: um estudo de caso. XII SIMPEP. Bauru, SP. 2005.

SETAC. Society of Environmental Toxicology and Chemistry. Disponível em

<http://www.setac.org>. Acesso em 16/10/2006.

SILVA, T. de C.; MIRANDA, L. F. **Estudo comparativo do Poli (tereftalato de etileno) virgem e reciclado**. Universidade Presbiteriana Mackenzie. Departamento de Engenharia de Materiais. Disponível em . Acesso em 26/08/2007.

SOCIEDADE DE PLÁSTICOS BIODEGRADÁVEIS DO JAPÃO. Japan Bioplastic Association. Disponível em <http://www.jbpaweb.net/english/english.htm>. Acesso em 01/09/2007.

TEODÓSIO, A.S.S.; GONÇALVES-DIAS, S.L.F. **Estrutura da cadeia reversa: caminhos e descaminhos da embalagem PET**. EAESP-FGV. Produção, v. 16, n.3, p.429-441, Set./Dez. 2006.

TOLEDO, C. C. M. **Teoria de Sistemas**. Niterói: Apostila, 2004.

UMBERTO – **A software tool for Life Cycle Assessment and Material Flow Analysis** – User Manual. Institut für Umweltinformatik: Hamburg; Institut für Energie und Umweltforschung: Heidelberg, 1998.

VALLE, R. **Avaliações de Desempenho e Indicadores**. In: “Gestão por processos: fundamentos, técnicas, e modelos de implementação – foco no sistema de gestão de qualidade com base na ISO 9000:2000. Ed. Quality Mark. Rio de Janeiro. 2006.

VALT, R. B. G. **Análise do Ciclo de Vida de Embalagens de Pet, de Alumínio e de Vidro para Refrigerantes no Brasil variando a Taxa de Reciclagem dos Materiais**. Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia, Área de Concentração em Engenharia de Processos Térmicos e Químicos, Setor de Tecnologia, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2004.

WEITZ, K. SHARMA, A. VIGON, B. PRICE, E. NORRIS, G. EAGAN, P. OWENS, W. VEROUTIS, A. **A Final Report from the SETAC North America Steamlined LCA Workgroup**. Society of Environmental Toxicology and Chemistry (SETAC). July, 1999.

XAVIER, J. H. V. **Análise de Ciclo de Vida da Produção Agrícola Familiar em Unaí-MG: Resultados Econômicos e Impactos Ambientais**. Universidade de Brasília. Centro de Desenvolvimento Sustentável. Dissertação de Mestrado. Brasília-DF. Dezembro. 2003.

ZACHARIAS, V. L. C. **Avaliação Formativa e seu sentido de melhoria do processo de ensino-aprendizagem**. Disponível em <http://www.centrorefeducacional.com.br/avaforma.htm>. Acesso em 02/09/2007.

Anexo I

FOLHAS DE COLETA DE DADOS

MACRO-PROCESSO: Reciclagem			
PROCESSO: Separação de material			
DESCRIÇÃO DO PROCESSO: Processo manual, recebe o material adquirido de empresas especializadas na venda de plástico "limpo" obtido no lixo, e seleciona os tipos de materiais, com o objetivo de separar o Polietileno de Baixa Densidade, material utilizado pela empresa.			
QUANTIDADE: 4000 Kg			
Balanço de Massa			
Entrada	Quantidade	Saída	Quantidade
Material Comprado para Separação	4000 kg	PEBD	3904 kg
		Papelão	2,304 kg
		Perda	93,696 kg
Consumo de Energia: -			
Recursos Humanos: 18 funcionários			
OBSERVAÇÕES: -			

MACRO-PROCESSO: Reciclagem			
PROCESSO: Separação de material por cor			
DESCRIÇÃO DO PROCESSO: Processo manual, recebe o Polietileno de Baixa Densidade, e separa por cor: colorido ou preto, que originarão o grão preto, e o transparente, que originarão o grão transparente, que pode receber corante			
QUANTIDADE: 3904 Kg			
Balanço de Massa			
Entrada	Quantidade	Saída	Quantidade
PEBD misturado	3904 kg	PEBD transparente	2381,44 kg
		PEBD colorido	1522,56 kg
Consumo de Energia: -			
Recursos Humanos: 18 funcionários			
OBSERVAÇÕES: -			

MACRO-PROCESSO: Reciclagem			
PROCESSO: Moagem / Lavagem			
DESCRIÇÃO DO PROCESSO: O PEBD é moído e lavado, para separar o material útil das impurezas.			
QUANTIDADE: 3904 Kg			
Balanço de Massa			
Entrada	Quantidade	Saída	Quantidade
PEBD transparente	2381,44 kg	PEBD transparente moído e lavado	2324,29 kg
PEBD colorido	1522,56 kg	PEBD colorido moído e lavado	1486,014 kg
Água	2400 kg	Água suja	2400 kg
		Resíduos sólidos	93,696 kg
Consumo de Energia: 2829,168 Mj			
Recursos Humanos: 2 funcionários			
OBSERVAÇÕES: -			

MACRO-PROCESSO: Reciclagem			
PROCESSO: Secagem			
DESCRIÇÃO DO PROCESSO: O PEBD já lavado, é seco através de máquinas secadoras para retirar o excesso de água, preparando-o para o próximo processo			
QUANTIDADE: 3810,304 Kg			
Balanço de Massa			
Entrada	Quantidade	Saída	Quantidade
PEBD transparente	2324,29 kg	PEBD transparente seco	2324,29 kg
PEBD colorido	1486,014 kg	PEBD colorido seco	1486,014 kg
Consumo de Energia: 5767,2 Mj			
Recursos Humanos: 2 funcionários			
OBSERVAÇÕES: -			

MACRO-PROCESSO: Reciclagem			
PROCESSO: Aglutinagem			
DESCRIÇÃO DO PROCESSO: O PEBD é picado em tamanho menor, e por atrito, busca-se condensar um pouco mais o material, preparando-o para o ponto de extrusão.			
QUANTIDADE: 3810 Kg + 1000 Kg			
Balço de Massa			
Entrada	Quantidade	Saída	Quantidade
PEBD transparente	2324,29 kg	PEBD transparente aglutinado	2934 Kg
PEBD colorido	1486,014 kg	PEBD colorido aglutinado	1876 Kg
PEBD limpo	1000 kg		
Consumo de Energia: 4860 Mj			
Recursos Humanos: 10 funcionários			
OBSERVAÇÕES: -			

MACRO-PROCESSO: Reciclagem			
PROCESSO: Resfriamento da água			
DESCRIÇÃO DO PROCESSO: A água utilizada no resfriamento do material extrusado precisa ser resfriada também, pois o material sai da máquina de extrusão em alta temperatura. A água utilizada nesse processo, é enviada ao resfriador, e retorna fria para ser utilizada nesse processo.			
QUANTIDADE: 2400 Kg			
Balanco de Massa			
Entrada	Quantidade	Saída	Quantidade
Água	2400 kg	Água resfriada	2400 kg
Consumo de Energia: 15984 Mj			
Recursos Humanos: -			
OBSERVAÇÕES: -			

MACRO-PROCESSO: Reciclagem			
PROCESSO: Extrusão de Fio			
DESCRIÇÃO DO PROCESSO: O PEBD aglutinado é colocado na máquina de extrusão, e a uma alta temperatura, tem uma modificação em sua estrutura e gera um fio, ou macarrão, que posteriormente será o grão.			
QUANTIDADE: 4810 Kg			
Balanço de Massa			
Entrada	Quantidade	Saída	Quantidade
PEBD transparente	2934 Kg	Fio de PEBD transparente	2934 Kg
PEBD colorido	1876 Kg	Fio de PEBD colorido	1876 Kg
Consumo de Energia: 12960 Mj			
Recursos Humanos: 03 funcionários			
OBSERVAÇÕES: -			

MACRO-PROCESSO: Reciclagem			
PROCESSO: Secagem do Fio			
DESCRIÇÃO DO PROCESSO: O fio de PEBD é seco ao final do resfriamento, através do uso de uma máquina de ar. Uma alternativa para essa máquina é o uso de toalhas colocadas sobre o fio, porém o resultado não é tão eficiente.			
QUANTIDADE: 4810 Kg			
Balço de Massa			
Entrada	Quantidade	Saída	Quantidade
Fio de PEBD transparente	2934 Kg	Fio de PEBD transparente	2934 Kg
Fio de PEBD colorido	1876 Kg	Fio de PEBD colorido	1876 Kg
Consumo de Energia: 191,808 Mj			
Recursos Humanos: 03 funcionários			
OBSERVAÇÕES: -			

MACRO-PROCESSO: Reciclagem			
PROCESSO: Picotador			
DESCRIÇÃO DO PROCESSO: O fio é picotado em pequenos grãos.			
QUANTIDADE: 4810 Kg			
Balanço de Massa			
Entrada	Quantidade	Saída	Quantidade
Fio de PEBD transparente seco	2934 Kg	Grão de PEBD transparente	2934 Kg
Fio de PEBD colorido seco	1876 Kg	Grão de PEBD colorido	1876 Kg
Consumo de Energia: 967,68 Mj			
Recursos Humanos: 03 funcionários			
OBSERVAÇÕES: -			

MACRO-PROCESSO: Reciclagem			
PROCESSO: Embalagem do grão			
DESCRIÇÃO DO PROCESSO: O grão pronto é embalado e enviado para a fábrica de produção de sacolas plásticas, ou estocado para aguardar seu destino.			
QUANTIDADE: 4810 Kg			
Balanço de Massa			
Entrada	Quantidade	Saída	Quantidade
Grão de PEBD transparente	2934 Kg	Grão de PEBD transparente embalado	2934 Kg
Grão de PEBD colorido	1876 Kg	Grão de PEBD colorido embalado	1876 Kg
Consumo de Energia: -			
Recursos Humanos: 03 funcionários			
OBSERVAÇÕES: -			

MACRO-PROCESSO: Produção de saco plástico			
PROCESSO: Pigmentação do grão			
DESCRIÇÃO DO PROCESSO: Processo manual de mistura do grão com o pigmento, para obter o saco na cor desejada.			
QUANTIDADE: 4750 Kg			
Balanço de Massa			
Entrada	Quantidade	Saída	Quantidade
Grão reciclado de PEBD	4750 Kg	Grão de PEBD pigmentado	4900 Kg
Pigmento	150 Kg		
Consumo de Energia: -			
Recursos Humanos: 01 funcionário			
OBSERVAÇÕES: -			

MACRO-PROCESSO: Produção de saco plástico			
PROCESSO: Extrusão de balão			
DESCRIÇÃO DO PROCESSO: Recebe o grão pigmentado ou não e através de uma máquina extrusora de balão, que funciona em alta temperatura, aquecendo e derretendo o grão, realiza o sopro para modelar o saco plástico na espessura e medidas solicitadas pelo cliente.			
QUANTIDADE: 4900 Kg			
Balço de Massa			
Entrada	Quantidade	Saída	Quantidade
Grão reciclado pigmentado ou não	4900 Kg	Bobina	4700 Kg
Canudo (para enrolar a bobina de saco plástico)	135 unid.	Apara	200 Kg
		Canudo	135 unid.
Consumo de Energia: 23940,52 Kj			
Recursos Humanos: 09 funcionários			
OBSERVAÇÕES: -			

MACRO-PROCESSO: Produção de saco plástico			
PROCESSO: Corte e solda			
DESCRIÇÃO DO PROCESSO: A bobina pronta saída da extrusora é cortada e selada para formar o saco plástico			
QUANTIDADE: 4700 Kg			
Balço de Massa			
Entrada	Quantidade	Saída	Quantidade
Bobina plástica	4700 Kg	Saco plástico pronto	4600 Kg
		Apara	100 kg
Consumo de Energia: 3516,52 Kj			
Recursos Humanos: 16 funcionários			
OBSERVAÇÕES: -			

MACRO-PROCESSO: Produção de saco plástico			
PROCESSO: Embalagem do saco pronto			
DESCRIÇÃO DO PROCESSO: A embalagem dos sacos plásticos prontos é feita com outro saco plástico, também produzido pela empresa nesse mesmo processo. Os sacos são separados por quantidade e/ou peso, e embalados. A embalagem é selada na máquina de solda.			
QUANTIDADE: 4600 Kg			
Balço de Massa			
Entrada	Quantidade	Saída	Quantidade
Sacos plásticos prontos	4600 Kg	Sacos plásticos embalados para entrega	4600 Kg
Consumo de Energia: -			
Recursos Humanos: 04 funcionários			
OBSERVAÇÕES: -			

Anexo II

ACOMPANHAMENTO DE DADOS

## Tabela Anexo.II.1- Acompanhamento da Reciclagem

Material branco e colorido para reciclagem

Período: Julho a Setembro / 2006

Coleta de dados: Dados obtidos na planta de produção

Mês Julho / 2006			Mês Agosto / 2006			Mês Setembro / 2006		
Data	Material para reciclagem branco	Material para reciclagem colorido	Data	Material para reciclagem branco	Material para reciclagem colorido	Data	Material para reciclagem branco	Material para reciclagem colorido
07/07*	2784 kg	2016 kg	01/08	3282,5 kg	1767,5 kg	05/09	3224 kg	1976 kg
11/07	3009 kg	2091 kg	09/08	2850 kg	2150 kg	15/09*	2764,5 kg	2085,5 kg
19/07	3080,5 kg	1969,5 kg	18/08*	2861,5 kg	1988,5 kg	20/09	3030 kg	2020 kg
28/07*	2958,5 kg	1897,5 kg	29/08	3111 kg	1989 kg	28/09	3162 kg	1938 kg

Observações: As datas de coleta dos dados foram aleatórias.

Todas as pesagens foram acompanhadas pelo gerente de produção de reciclagem.

Foram obtidos os pesos do material para reciclagem nas datas registradas acima, após os processos de separação e lavagem, já calculados os percentuais de perda.

Os percentuais de perda encontram-se detalhados na tabela A.II.2.

Esses valores correspondem à entrada para os valores da produção no dia imediatamente subsequente, registrados na tabela A.II.3, período de beneficiamento dos grãos obtidos pelo processo de reciclagem.

Observou-se uma média de 60,17% de ocorrência do material branco e 39,83% de ocorrência do material colorido para a reciclagem.

Observou-se também uma diminuição da produção nas sextas-feiras, itens marcados com \*, dia em que a empresa pratica menor horário de funcionamento.

## Tabela Anexo.II.2- Acompanhamento da Reciclagem

### Perdas

Período: Julho a Setembro / 2006  
Coleta de dados: Dados obtidos na planta de produção

Mês Julho / 2006			Mês Agosto / 2006			Mês Setembro / 2006		
Data	Processo Separação	Processo Lavagem	Data	Processo Separação	Processo Lavagem	Data	Processo Separação	Processo Lavagem
07/07	3%	2%	01/08	5%	2%	05/09	2,5%	3%
11/07	4%	2%	09/08	2%	3%	15/09	2,5%	2%
19/07	2%	3%	18/08	3%	3%	20/09	3%	3%
28/07	3%	4%	29/08	4%	4%	28/09	4%	4%

Observações: Todas as pesagens foram acompanhadas pelo gerente de produção de reciclagem.

Esses dados referem-se aos percentuais de perda que ocorreram nas datas da coleta.

Observou-se uma média de perda de 3,17% no processo de separação do material e de 2,92% no processo de lavagem.

### Tabela Anexo.II.3- Acompanhamento da Produção

Grão reciclado colorido e branco para produção de saco plástico

Período: Julho a Setembro / 2006

Coleta de dados: Dados obtidos na planta de produção

Mês Julho / 2006			Mês Agosto / 2006			Mês Setembro / 2006		
Data	Quantidade entrada (kg) para produção	Percentual de perda (%)	Data	Quantidade entrada (kg) para produção	Percentual de perda (%)	Data	Quantidade entrada (kg) para produção	Percentual de perda (%)
10/07	4800	3%	02/08	5050	4%	06/09	5200	5%
12/07	5100	2,5%	10/08	5000	4,5%	18/09	4850	4%
20/07	5050	3,5%	21/08	4850	3%	21/09	5050	4%
31/07	4850	4%	30/08	5100	4,5%	29/09	5100	3%

Observações: As datas de coleta dos dados foram imediatamente subseqüentes às datas de coleta dos dados da reciclagem.

Todas as pesagens foram acompanhadas pelo gerente de produção de reciclagem e saco plástico.

Foram obtidos os pesos do material antes e depois da produção, para conferir os valores a serem produzidos.

Observou-se uma média de 3,75% de perda após o processo de corte e solda, último processo da produção de saco plástico.

Anexo III  
RELATÓRIO DE EMISSÕES ATMOSFÉRICAS

Resumo do relatório técnico nº 0235/2007  
Emissões Atmosféricas - Amostragem em Chaminés

I – Resumo do Serviço: Serviço de amostragem de compostos orgânicos voláteis no processo de reciclagem / fabricação de sacos plásticos.						
II- Objetivo: quantificar a emissão de compostos orgânicos voláteis, no sistema de exaustão de extrusão.						
III- Pontos e quantidade de coletas de material: Ponto 1- 03 coletas + 01 branco de campo.						
IV- Metodologias: Métodos FEEMA (MF), Environmental Protection Agency (EPA) e CETESB. Comparação de resultados com os limites máximos de emissão estabelecidos pela legislação do CONAMA.						
V- Equipamentos utilizados: coletor de compostos orgânicos voláteis (CCOV).						
VII- Resultados:						
<b>RESULTADO DAS AMOSTRAGENS</b>						
PARÂMETROS	SIMBOLOGIA	UNIDADE	1ª AMOSTRAGEM	2ª AMOSTRAGEM	3ª AMOSTRAGEM	MÉDIA
Data da amostragem	-	-	12/01/2007	12/01/2007	12/01/2007	-
Início da amostragem	h	h	11:25	12:10	13:00	-
Fim da amostragem	h	h	12:05	12:50	17:40	-
Tipo da amostragem	-	-	slow vost	slow vost	slow vost	-
Tempo de amostragem	minutos	min	40	40	40	-
Fator de correção medidor de gás seco	y	-	1,007	1,007	1,007	-
Temperatura do gasômetro	t	°K	306	314	317	312
Temperatura chaminé	tc	°C	35	35	35	
Temperatura do resfriamento	tr	°C	19	19	19	19
Pressão atmosférica	atm	atm	760	760	760	-
Volume do gás medido	V	m <sup>3</sup>	0,02	0,02	0,02	0,02
Volume do gás medido nas CNTP	V(CNTP)	Nm3	0,01796	0,0175	0,0174	0,0176
Massa de THC como propano	Mhc	ng	11704,2	12985,2	11049,1	11912,8
Concentração de THC como propano nas condições normais	Chc	ng/Nm <sup>3</sup>	651,6	741,8	635,9	676,4

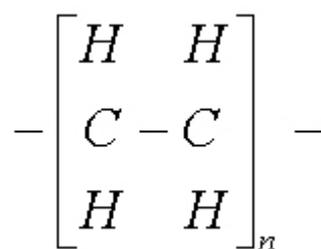
Anexo IV  
POLÍMEROS

## A.IV.1- POLÍMEROS

O plástico é uma substância fabricada a partir de resinas (polímeros), geralmente sintética e derivada do petróleo.

Polímeros são compostos químicos, macromoléculas, formadas pela união de unidades fundamentais (meros) em seqüência repetida, que geram longas cadeias (poli – muitos + meros = polimeros). Segundo Gorni (2003), os meros são dispostos um seguido ao outro, formando uma espécie de cordão. São formados principalmente por átomos de carbonos, e o tamanho das cadeias é que atribui a esses materiais grande quantidade das características que eles possuem.

De acordo com Gorni (2003), podemos observar a composição de uma molécula de polietileno (ou PE), um tipo de plástico de utilização bastante extensa, da seguinte forma:



**Figura A.IV.1 - Representação da molécula de Polietileno**

Fonte: <http://www.gorni.eng.br/intropol.html> - 01/04/2007

A molécula é composta por milhares de unidades da molécula de etileno (ou eteno), repetidas vezes ( $n$ ), onde  $n$ , de acordo com Gorni (2003), é superior a 10.000.

A variável  $n$  é definida como sendo o Grau de Polimerização do polímero – quantas vezes o número de meros é repetido para formar a cadeia da macromolécula.

Segundo Gorni (2003), a definição formal de polímeros é: “*materiais, cujo elemento essencial é constituído por ligações moleculares orgânicas, que resultam da síntese artificial ou transformação de produtos naturais*”.

Os copolímeros são formados pela repetição de dois ou mais meros diferentes, e os homopolímeros, da repetição do mesmo mero por toda a cadeia.

O monômero é a matéria prima que origina o polímero. Como já foi visto

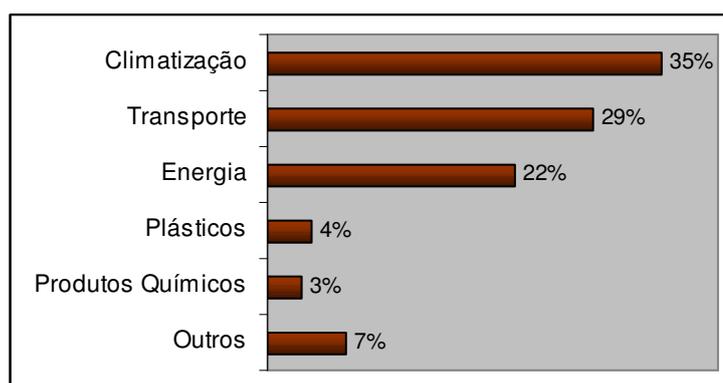
anteriormente, ele normalmente é obtido a partir do petróleo ou gás natural, devido ao custo mais baixo. De acordo com Gorni (2003), pode-se obter monômeros a partir da madeira, do carvão, do álcool, e até do CO<sub>2</sub>, pois todos são ricos em carbono, porém o alto custo da extração tornaria o produto não competitivo.

O petróleo é formado por uma mistura complexa de compostos. Segundo informações obtidas no site da Plastivida, cada um desses compostos possui uma temperatura diferente de ebulição, e isso torna possível um processo conhecido como destilação, ou craqueamento, que é a separação desses compostos.

As substâncias resultantes desse craqueamento são enviadas para as centrais petroquímicas, onde são transformadas nos principais monômeros.

Segundo Gorni (2003), os monômeros eram obtidos de resíduos do refino do petróleo, porém, devido à sua crescente participação no mercado e aumento da sua importância econômica, atualmente eles são produzidos intencionalmente nas refinarias, para que a demanda mercadológica seja atendida.

Entretanto, mesmo com todas as aplicações existentes, e com o grande consumo de plásticos em todo o mundo, apenas uma pequena parcela da produção mundial de petróleo é destinada a produção de plásticos, como é possível perceber no gráfico a seguir.



**Figura A.IV.2 - Utilização de petróleo**

Fonte: [http://www.plastivida.org.br/os\\_plasticos/materiaprima.htm](http://www.plastivida.org.br/os_plasticos/materiaprima.htm), acesso em 26/02/2007

Como características principais, os polímeros são pouco resistentes à altas temperaturas, possuem baixa condutividade elétrica e térmica, baixa densidade, são leves e flexíveis.

Devido a todas essas características, enquadram-se nos mais variados usos,

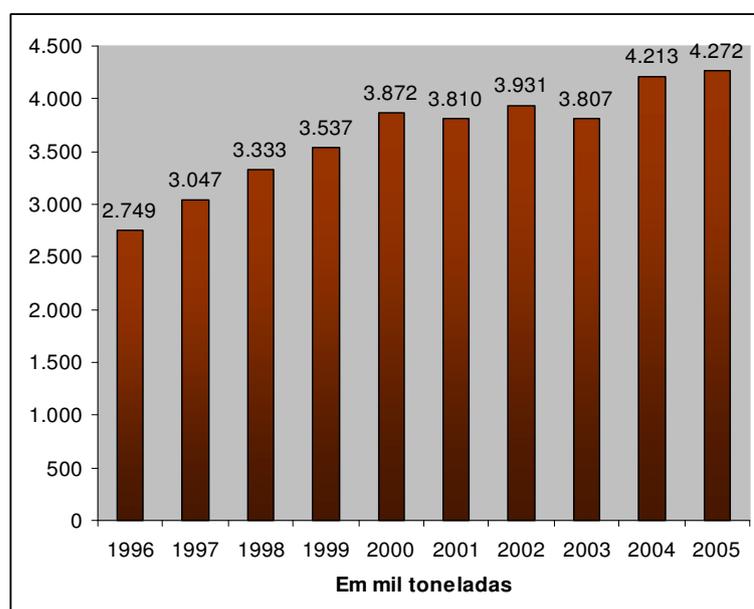
entretanto, por não ser biodegradável, e ter uma grande aplicabilidade no dia-a-dia de todas as pessoas, esse material passou a sofrer críticas de setores ambientais.

#### A.IV.1.1- Tipos de polímeros

Os plásticos dividem-se duas categorias importantes: termoplásticos e termofixos.

Os termofixos são plásticos que, após serem transformados não podem participar de novos ciclos de processamento, pois não voltam a se fundir. São responsáveis por cerca de 20% do total de plásticos consumidos no Brasil. Como exemplo, podemos citar caixas d'água e piscinas, na forma de plástico reforçado (fiberglass).

Os termoplásticos são materiais que podem passar várias vezes pelo mesmo, ou por outros processos de transformação. Quando devidamente aquecidos, eles amolecem, fundem-se e podem ser novamente moldados. São os responsáveis pelo maior percentual de utilização no mercado atualmente. Podemos citar como exemplo o Polietileno de Baixa Densidade (PEBD), Polietileno de Alta Densidade (PEAD), Polipropileno (PP), entre outros.



**Figura A.IV.3 - Consumo Aparente no Brasil**

Fonte: [http://www.abiquim.org.br/resinastermoplasticas/estatisticas\\_32.asp](http://www.abiquim.org.br/resinastermoplasticas/estatisticas_32.asp), acesso em 01/04/2007

O gráfico acima, de Consumo Aparente no Brasil, representa o resultado do volume de produção somado com o volume das importações, menos o volume exportado, referentes

aos termoplásticos polietileno (PE), Polipropileno (PP), Poliestireno (OS), Cloretos de polivinila (PVC), tereftalato de polietileno (PET) e copolímero de etileno e acetato de vinila (EVA).

Os plásticos da categoria termoplásticos são identificados baseados em algumas de suas características físicas e de degradação térmicas, e a cada um deles é associado um símbolo de reciclagem:



### **Tereftalato de polietileno - PET**

Características: Alta densidade (afunda na água), transparentes, muito resistentes, impermeáveis, e leves. Amolece a baixa temperatura (80° C)

Utilização: Fabricação de garrafas de água mineral e refrigerante, embalagem para produtos alimentícios, bandejas para microondas, filmes para áudio e vídeo, entre outros.



### **Polietileno de alta densidade - PEAD**

Características: Queimam como vela, liberando cheiro de parafina, resistentes a baixa temperatura, flutuam na água, impermeável, rígido e com resistência química.

Utilização: Fabricação de tampas de refrigerante, potes para freezer, brinquedos, eletrodomésticos, embalagens para alimentos, cosméticos, embalagens descartáveis, fita adesiva, entre outros.



### **Cloretos de polivinila - PVC**

Características: Rigidez, impermeabilidade, resistência a temperatura, queima com dificuldade, liberando cheiro de cloro, afunda na água.

Utilização: Tubos, conexões, cabos elétricos, brinquedos, chinelos, cartões de crédito, tubos para máquinas de lavar, caixas de alimentos, materiais de construção como portas, janelas, esquadrias e cabos de energia, entre outros.



**Polietileno de baixa densidade – PEBD e Polietileno linear de baixa densidade - PEBDL**

Características: Leves, flexíveis, transparentes e impermeáveis.

Utilização: O PEBD é usado para produzir filmes termocontroláveis, como caixas para garrafas de refrigerante, sacaria industrial, embalagens flexíveis, impermeabilização de papel (tetrapak), entre outros. O PEBDL é usado para produção de embalagens de alimentos, fraldas, absorvente higiênico e sacaria industrial.



**Polipropileno - PP**

Características: São brilhantes, resistentes a mudança de temperatura e conservam o aroma, são rígidos e inquebráveis.

Utilização: Embalagens para alimentos, tecidos, cosméticos, tampas de refrigerante, garrações de água mineral, potes para freezer, produtos hospitalares descartáveis, tubos para água quente, fraldas, entre outros.



**Poliestireno - PS**

Características: São impermeáveis, leves, transparentes e rígidos.

Utilização: Produção de copos descartáveis, eletrodomésticos, brinquedos, potes para iogurte, sorvete, doces, pratos, tampas, aparelhos de barbear descartáveis, autopeças, entre outros.



**Copolímero de etileno e acetato de vinila – EVA**

Características: Flexibilidade, leveza, resistência à abrasão.

Utilização: Fabricação de calçados, colas, fios, cabos, entre outros.

*Fonte: Abiquim e Plastivida, acesso em 01/04/2007*

## **A.IV.2- POLIETILENO DE BAIXA DENSIDADE (PEBD)**

De acordo com as informações constantes no site do IAP (Instituto Avançado do Plástico), o polietileno é o plástico mais vendido no mundo, devido a sua grande versatilidade. Pode ser translúcido, ou quase transparente, rígido ou flexível, natural ou pigmentado. Possui a grande qualidade de ser não tóxico, e principalmente, possui um preço bastante reduzido.

Os tipos de polietileno que se destacam no mercado consumidor são: Polietileno de alta densidade, polietileno de baixa densidade, polietileno de média densidade e polietileno de baixa densidade linear.

O alvo deste estudo é o polietileno de baixa densidade, matéria-prima para a produção de sacos plásticos de diversas espessuras e cores.

O polietileno de baixa densidade (PEBD) possui densidade de 0,910 a 0,925g/cm<sup>3</sup>.

Segundo o Instituto Avançado do Plástico, o PEBD possui uma grande variação de processos de transformação e de aplicações, pois é o dono de uma das mais simples estruturas de todos os polímeros, e pode ser transformado através de diferentes processos, que permitem que haja variações em suas características de densidade, de peso molecular e de distribuição de peso molecular.

Obtém-se o PEBD através da polimerização do etileno (CH<sub>2</sub>=CH<sub>2</sub>), sob determinadas condições de pressão e temperatura.

O processo de alta pressão gera o PEBD e alguns PEMD, cujas características principais são um grande número de ramificações longas e curtas na cadeia principal.

De acordo com o site do IAP, o índice de fluidez dos polietilenos no processo de sopro varia de 0,01g/10min até 2,0g/10 min.

O PEBD é utilizado no processo de sopro porque apresenta características como flexibilidade, boa dureza, boa resistência química, boas propriedades elétricas, é inerte e atóxico, e facilmente processável.

É utilizado para a produção de brinquedos, utilidades domésticas, ampolas de soro, embalagens de produtos medicinais, sacos plásticos, entre outros.

**Tabela A.IV.1- Produção e consumo de PEBD**

<b>PEBD</b>	<b>Capacidade instalada(2)</b>	<b>Produção</b>	<b>Importação</b>	<b>Exportação</b>	<b>Vendas internas</b>	<b>Consumo aparente</b>
1995	683	595	22	119	456	498
1996	709	561	26	108	461	479
1997	729	664	41	177	478	528
1998	779	649	24	184	472	489
1999	779	659	28	140	522	547
2000(1)	779	647	50	116	512	581

(1) 2000: estimativas preliminares da Abiquim.

(2) Capacidade multipropósito com EVA.

# Livros Grátis

( <http://www.livrosgratis.com.br> )

Milhares de Livros para Download:

[Baixar livros de Administração](#)

[Baixar livros de Agronomia](#)

[Baixar livros de Arquitetura](#)

[Baixar livros de Artes](#)

[Baixar livros de Astronomia](#)

[Baixar livros de Biologia Geral](#)

[Baixar livros de Ciência da Computação](#)

[Baixar livros de Ciência da Informação](#)

[Baixar livros de Ciência Política](#)

[Baixar livros de Ciências da Saúde](#)

[Baixar livros de Comunicação](#)

[Baixar livros do Conselho Nacional de Educação - CNE](#)

[Baixar livros de Defesa civil](#)

[Baixar livros de Direito](#)

[Baixar livros de Direitos humanos](#)

[Baixar livros de Economia](#)

[Baixar livros de Economia Doméstica](#)

[Baixar livros de Educação](#)

[Baixar livros de Educação - Trânsito](#)

[Baixar livros de Educação Física](#)

[Baixar livros de Engenharia Aeroespacial](#)

[Baixar livros de Farmácia](#)

[Baixar livros de Filosofia](#)

[Baixar livros de Física](#)

[Baixar livros de Geociências](#)

[Baixar livros de Geografia](#)

[Baixar livros de História](#)

[Baixar livros de Línguas](#)

[Baixar livros de Literatura](#)  
[Baixar livros de Literatura de Cordel](#)  
[Baixar livros de Literatura Infantil](#)  
[Baixar livros de Matemática](#)  
[Baixar livros de Medicina](#)  
[Baixar livros de Medicina Veterinária](#)  
[Baixar livros de Meio Ambiente](#)  
[Baixar livros de Meteorologia](#)  
[Baixar Monografias e TCC](#)  
[Baixar livros Multidisciplinar](#)  
[Baixar livros de Música](#)  
[Baixar livros de Psicologia](#)  
[Baixar livros de Química](#)  
[Baixar livros de Saúde Coletiva](#)  
[Baixar livros de Serviço Social](#)  
[Baixar livros de Sociologia](#)  
[Baixar livros de Teologia](#)  
[Baixar livros de Trabalho](#)  
[Baixar livros de Turismo](#)