

**HÉLIO ALVES DA SILVA**

**DESENVOLVIMENTO E GESTÃO DE SOLUÇÕES TECNOLÓGICAS  
PARA  
REDUÇÃO DO CONSUMO DE MATÉRIAS-PRIMAS DE EMBALAGEM  
E OTIMIZAÇÃO LOGÍSTICA  
(NOVOS DESAFIOS DE PROJETOS E ORIENTAÇÕES PARA  
FORNECEDORES)**

Monografia submetida à Universidade Federal Do  
Paraná para a obtenção do grau de Especialista em  
Gerência de Sistemas Logísticos

**Professor-orientador: Darli Rodrigues Vieira**

**CURITIBA, NOVEMBRO 2008**

**DEDICO ESTE TRABALHO**

Aos meus pais que tanto esforço  
desprenderam para educar-me e ao meu irmão  
pelo companheirismo de sempre.

## **AGRADEÇO**

**Primeiramente ao Senhor Deus**, único e exclusivo motivo da minha existência, estando sempre presente e iluminando-me em todos os momentos de minha vida.

**Aos meus familiares**, muitas vezes distantes fisicamente, mas sustentando-me com palavras e afeto, tornando-se sempre próximos.

**Aos professores** desta instituição, por sua dedicação e humildade, ensinando-me o maior dom do homem, que é a transmissão de conhecimento.

**Ao meu orientador Darli Vieira**, pelo direcionamento, auxílio e amizade, acreditando em meu trabalho, avaliando-me muito mais do que aluno.

E a todos que de alguma forma contribuíram com minhas conquistas e ideal, hoje uma vitória.

*"Ainda que eu ande pelo vale da sombra da morte, não temerei mal algum, porque Tu estás comigo; o Teu bordão e o Teu cajado me consolam!"*

(Salmo 23:4)

## SUMÁRIO

<b>LISTA DE FIGURAS.....</b>	<b>ix</b>
<b>LISTA DE TABELAS.....</b>	<b>x</b>
<b>LISTA DE ABREVIATURAS.....</b>	<b>xi</b>
<b>RESUMO.....</b>	<b>xii</b>
<b>ABSTRACT.....</b>	<b>xiii</b>
<b>1. INTRODUÇÃO.....</b>	<b>1</b>
<b>2. GERENCIANDO A REDUÇÃO NO CONSUMO DE MATÉRIAS-PRIMAS PARA EMBALAGENS.....</b>	<b>3</b>
<b>3. AVALIAÇÃO DO CICLO DE VIDA DAS EMBALAGENS E PRODUÇÃO LIMPA.....</b>	<b>13</b>
<b>4. PLÁSTICOS.....</b>	<b>19</b>
4.1. POLIETILENO DE BAIXA DENSIDADE (PEBD).....	21
4.2. POLIETILENO DE ALTA DENSIDADE (PEAD).....	24
4.3. POLIPROPILENO (PP).....	25
4.3.1. Polipropileno Bi-Orientado (BoPP).....	27
4.4. POLIESTIRENO (PS).....	29
4.4.1. Poliestireno Expandido (EPS).....	30
4.5. POLIURETANO (PU).....	30
4.5.1. Poli (CLORETO DE VINILA) (PVC).....	31
4.6. POLICARBONATO (PC).....	32
4.7. POLIÉSTER (PET).....	33
4.7.1. História do PET.....	34

4.8. PROCESSOS QUE AUMENTAM AS BARREIRAS DOS FILMES PLÁSTICOS.....	37
<b>5. PROJETO DE REDUÇÃO DE GRAMATURA DE EMBALAGEM EM PET PARA SUCO CONCENTRADO.....</b>	<b>37</b>
5.1. AVALIAÇÕES PRELIMINARES DO PROJETO.....	37
5.1.1. Avaliação das Propriedades Físicas e Mecânicas.....	40
5.1.2. Avaliação de Performance da Garrafa no Processo.....	41
5.1.3. Avaliação das Etapas de Manipulação Da Garrafa.....	41
5.1.4. Avaliação Industrial.....	43
5.2. CONFECÇÃO DO MOLDE DE SOPRO E AVALIAÇÃO DAS AMOSTRAS.....	43
5.2.1. Primeira Versão do Molde de Sopro Piloto: Avaliação das Garrafas..	43
5.2.2. Segunda Versão do Molde de Sopro Piloto: Avaliação das Garrafas.	44
5.2.3. Terceira Versão do Molde de Sopro Piloto: Avaliação das Garrafas...	46
5.3. TESTE INDUSTRIAL PILOTO.....	47
5.4. IMPLEMENTAÇÃO DO PROJETO.....	48
5.5. MONTAGEM DOS MOLDES PARA MÁQUINA DE SOPRO.....	48
5.6. REDIMENSIONAMENTO DE CAIXAS DE EMBARQUE E ARRANJO DE <i>PALLET</i> .....	49
5.7. IMPACTO EM OUTROS MATERIAIS DE EMBALAGEM.....	49
5.8. <i>START UP</i> DA LINHA COM A NOVA GARRAFA DE 18g.....	50
<b>6. ANÁLISE DO PROJETO.....</b>	<b>51</b>
6.1. OBSERVAÇÃO PRELIMINAR.....	51
6.2. IMPACTOS DA REDUÇÃO DE PESO NO <i>SHELF-LIFE</i> DO PRODUTO	51
6.3. CÁLCULOS DE <i>SAVINGS</i> .....	53

6.4. IMPACTO AMBIENTAL.....	54
<b>7. SOLUÇÃO TECNOLÓGICA PARA SUBSTITUIÇÃO DE MATÉRIA-PRIMA NA CONFEÇÃO DE EMBALAGENS PARA GANHOS PRODUTIVOS E LOGÍSTICOS.....</b>	<b>56</b>
7.1. ESTUDO DE CASO PARA POTES DE MAIONESE <i>HELLMANN'S</i> .....	56
7.1.1. Histórico do Produto.....	57
7.2. DADOS ECONÔMICOS E ESTIMATIVA DE <i>SAVING</i> .....	59
<b>8. CONCLUSÃO.....</b>	<b>60</b>
<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....</b>	<b>62</b>

## LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1 – Evolução do hábito de consumo.....	01
FIGURA 2 – Ações Para Implementação De Uma Produção Sustentável.....	04
FIGURA 3 – Gramatura Media Dos Papelões Ondulados.....	09
FIGURA 4 – Consumo Per Capita De Papelão Ondulado.....	10
FIGURA 5 – Fases da Análise do Ciclo de Vida.....	15
FIGURA 6 – Fluxo do Ciclo de Vida.....	16
FIGURA 7 – Metodologia de Implantação da Produção mais Limpa.....	19
FIGURA 8 – Polietileno.....	23
FIGURA 9 – Características do Polietileno.....	23
FIGURA 10 – Propriedades do PE.....	25
FIGURA 11 – Propriedades do PP.....	27
FIGURA 12 – Processo de Orientação.....	28
FIGURA 13 – Processos de Aumento de Barreira.....	37
FIGURA 14 – Diagrama de Possíveis Falhas e Limitações.....	38
FIGURA 15 – Tela apresenta software CATIA V-5.....	39
FIGURA 16 – Elementos Básicos de uma Garrafa PET.....	39
FIGURA 17 – Novo <i>Design</i> da Garrafa Rejeitado Após Avaliação em Laboratório.	45
FIGURA 18 – Comparativo entre a garrafa com 22g e a garrafa aprovada de 18g.	47
FIGURA 19 – Matriz de implementação do Projeto.....	48

## LISTA DE TABELAS

TABELA 1 – Evolução Cronológica do PET.....	36
TABELA 2 – Parâmetros das garrafas de 22g e 18g.....	40
TABELA 3 – Folha de dados obtida durante primeira avaliação em laboratório.....	44
TABELA 4 – Dados para cálculo de <i>Saving</i> .....	54

## LISTA DE ABREVIATURAS

**ABNT** Associação Brasileira de Normas Técnicas

**ASTM** *American Society for Testing and Materials*

**a.C.** antes de Cristo

**d.C.** depois de Cristo

**IDI/MAM** Instituto de Desenho Industrial / Museu de Arte Moderna

**INMETRO** Instituto Nacional de Metrologia e Qualidade Industrial

**ISO** *International Standardization Organization*

**ABPO** Associação Brasileira de Papelão Ondulado

**IMAM** Instituto de Movimentação e Armazenagem de Materiais

**FDA** *Food and Drug Administration*

**PEBD** Polietileno de Baixa Densidade

**PEAD** Polietileno de Alta Densidade

**PP** Polipropileno

**PS** Poliestireno

**EPS** Poliestireno Expandido

**PU** Poliuretano

**PVC** Poli(Cloreto de Vinila)

**ABS** Acrilonitrilo-Butadieno-Estireno

**CA** Acetato de Celulose

**PC** Policarbonato

**PET** Polietileno Teraftalato

**CETEA** Centro de Tecnologia de Embalagem

## RESUMO

Neste trabalho, a abordagem de um amplo projeto de pesquisa e desenvolvimento de embalagem será feita sistematicamente, mostrando-se todos os pontos relevantes que foram levados em consideração para correta interpretação das necessidades e possibilidades tecnológicas para solucioná-las. O envase de suco de frutas concentrado que, em épocas passadas era feito em resistentes embalagens de aço ou vidro, passou por etapas de desenvolvimento tecnológicos que permitiram a introdução de embalagens mais leves e competitivas, dentre as quais será destacada a embalagem PET. Na linha de aperfeiçoamento da embalagem PET, observa-se que, nos primórdios de sua utilização, considerando-se envase de fluidos aquecidos, a relação massa e resistência era diretamente proporcional, ou seja, quanto mais pesada a pré-forma do frasco, mais resistente aos fenômenos de deformação mecânica e térmica. Atualmente, com trabalhos focados em desenvolvimento e aprimoramento de resinas que formam o PET, é perfeitamente possível reduzir essa relação diretamente proporcional e, com embalagens sensivelmente mais leves, obter-se os mesmos resultados de resistência necessárias a toda a cadeia de produção e transporte do produto. Por fim, destaca-se também a importância econômica dessa redução de peso, tornando o projeto atrativo e viável para implementação, além dos impactos positivos nas questões ambientais, uma vez que a quantidade de resíduos sólidos na natureza foi reduzida em aproximadamente 20%. Em poucas oportunidades é possível agrupar tantas características positivas num mesmo projeto: alta tecnologia com menor custo, maior qualidade e menor impacto ao meio ambiente.

## ABSTRACT

On this work, the approach of a full packaging research and development will be done systematically, showing all relevant points that was considered to the true interpretation of needs and technological possibilities in order to solve it. The process of fill concentrated fruit juices that, in the past was done in resistant packaging of steel or glass, crossed for stages of technical development that allowed the introduction of lighter and competitive packaging, among the ones will be highlighted PET packaging. On this improvement line, observe that in the origin of PET utilization, regarding filling of hot fluid, the relation of mass and resistance was directly proportional, in other words, how much weighty the bottle preform, more resistant to the mechanic and thermal deformation phenomenon. Nowadays, with works based in development and improvement to the resins that formed the PET, is perfectly possible to reduce this relation directly proportional and, with packages sensitivity more light, to obtain the same results of resistance necessary to all chain production and transportation of the products. At last, we detached too the economic importance to the implementation, above the positives impacts in the environment topics, considering that the quantity of solids residues in the nature was reduced around 20%. In few opportunities is possible to group may positives characteristics in the same project: high technology with the low cost, higher quality and smaller impact to the environment.

## 1. INTRODUÇÃO

Quando analisamos toda a cadeia produtiva, verificamos que ela influencia a mudança no hábito de consumo das pessoas. Assim, podemos citar que passamos por algumas tendências e que estamos tramitando para um novo modelo, capacitando até mesmo sugerir esta evolução cronológica:

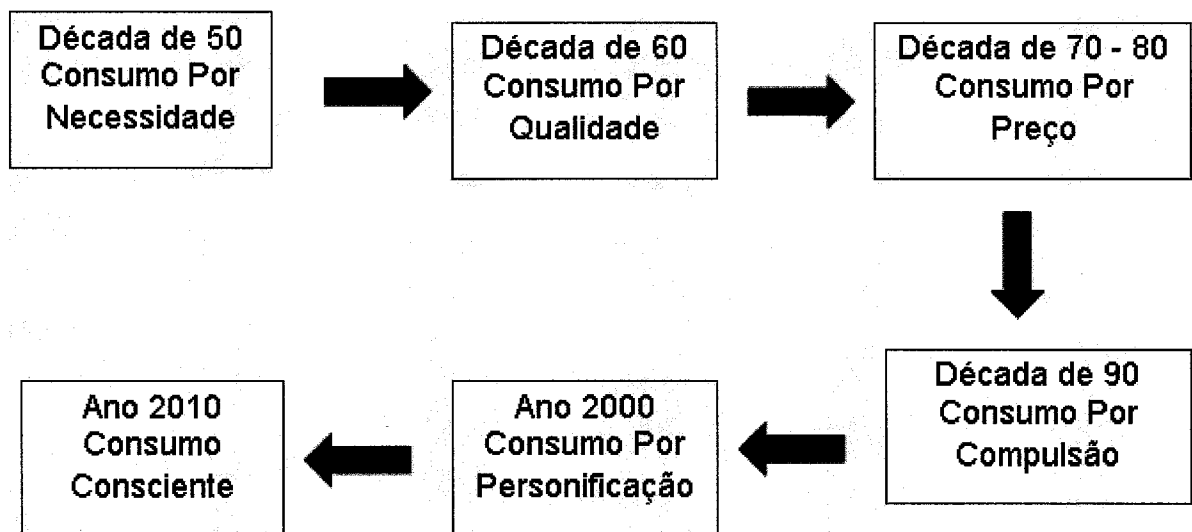


Figura 1: Evolução do hábito de consumo. Fonte: O autor (2008)

Com o uso de tecnologias, saímos da produção básica na década de 50 até a personalização que estamos hoje, onde cada pessoa pode entrar no site e “montar” o seu carro ou tênis como lhe convier. Além disso, em função destas mesmas mudanças nas necessidades dos consumidores, desenvolveu-se a indústria do modismo que é sustentada pela promoção nos meios de comunicação de massa e por técnicas sofisticadas de *marketing*. Porém, esta mesma evolução tecnológica está fazendo as pessoas (principalmente a próxima geração) a pensar muito mais consciente, isso

porque a tendência é fazer os mesmos produtos com menos recursos. Quando falamos em eficiência de uma companhia, sempre temos em mente alguns quesitos que são fundamentais para medir o desempenho de um negócio.

Como indicador de desempenho, podemos citar fatores como a ociosidade de equipamentos e pessoal (eficiência operacional), a lucratividade auferida ao produto (eficiência financeira), a otimização do tempo de produção de certo produto (eficiência temporal) e o arranjo físico da planta (eficiência espacial). Mas ultimamente, tem-se falado muito em competitividade consciente, e que a chave para uma empresa sobreviver num mercado de alta competitividade é a melhoria da eficiência no uso cada vez menor de matérias-primas, otimização logística e redução no tempo de operação. O emprego racional de recursos corresponde, portanto, à sua utilização da maneira mais econômica possível, visando atingir objetivos determinados pelo plano estratégico do negócio. Podendo ser chamada de funcional, esse tipo de racionalidade integra todo processo administrativo em qualquer tipo de organização.

Assim que analisamos as diversas experiências do mercado, podemos concluir que um aumento de eficiência em uma das áreas citadas, quase sempre corresponde um aumento, não proporcional de outro fator, gerando um *"Trade Off"* de operação se esta resultar em impacto negativo. Um aspecto da eficiência que ilustra isso muito bem, e que somente agora vem sendo encarado como aumento da eficiência empresarial de fato é a Eficiência Ambiental.

A Eficiência Ambiental é mostrada pela quantidade (neste caso, menores) de impactos que uma atividade industrial pode causar ao meio ambiente ao longo de um

ciclo produtivo, melhorando seu desempenho mercadológico ajudados com outras eficiências, como por exemplo, logística.

Logo, a flexibilidade, a pesquisa e a capacidade de produzir dentro da expectativa do consumidor e de manutenção do negócio é uma necessidade imperativa. Para tanto, as embalagens fabricadas através dos mais diversos tipos de materiais tornou-se cada vez mais presente e importante no contexto dos produtos, independente do seu tipo e finalidade. Além da sua utilização na proteção, *merchandising* e garantia da qualidade dos produtos, também tem suma importância como veículo de informação, otimização logística e produtiva, potencial fonte de redução de custos e facilitador na decisão do cliente e usuário final.

## **2. GERENCIANDO A REDUÇÃO NO CONSUMO DE MATÉRIAS-PRIMAS PARA EMBALAGENS**

Há pouco tempo atrás, quando observávamos o consumo consciente, ouvíamos muito falar de 3 R's do consumo consciente: Reduzir, Reutilizar e Reciclar. Hoje, estamos falando de 7 R's do consumo consciente, onde além dos 3 já citados, temos ainda:

- Reeducar, onde o foco é conscientizar as pessoas e mostrar uma nova realidade;
- Remover, retirando o excesso de matérias-primas dos produtos;
- Reinventar, mudando as atuais concepções para novas tecnologias e;

- Redesign, onde a idéia aqui é refazer desenhos, formas e tarefas com menor utilização de recursos.

Abaixo podemos visualizar o Impacto ambiental e financeiro em relação ao tempo e dificuldade de implementação das ações.

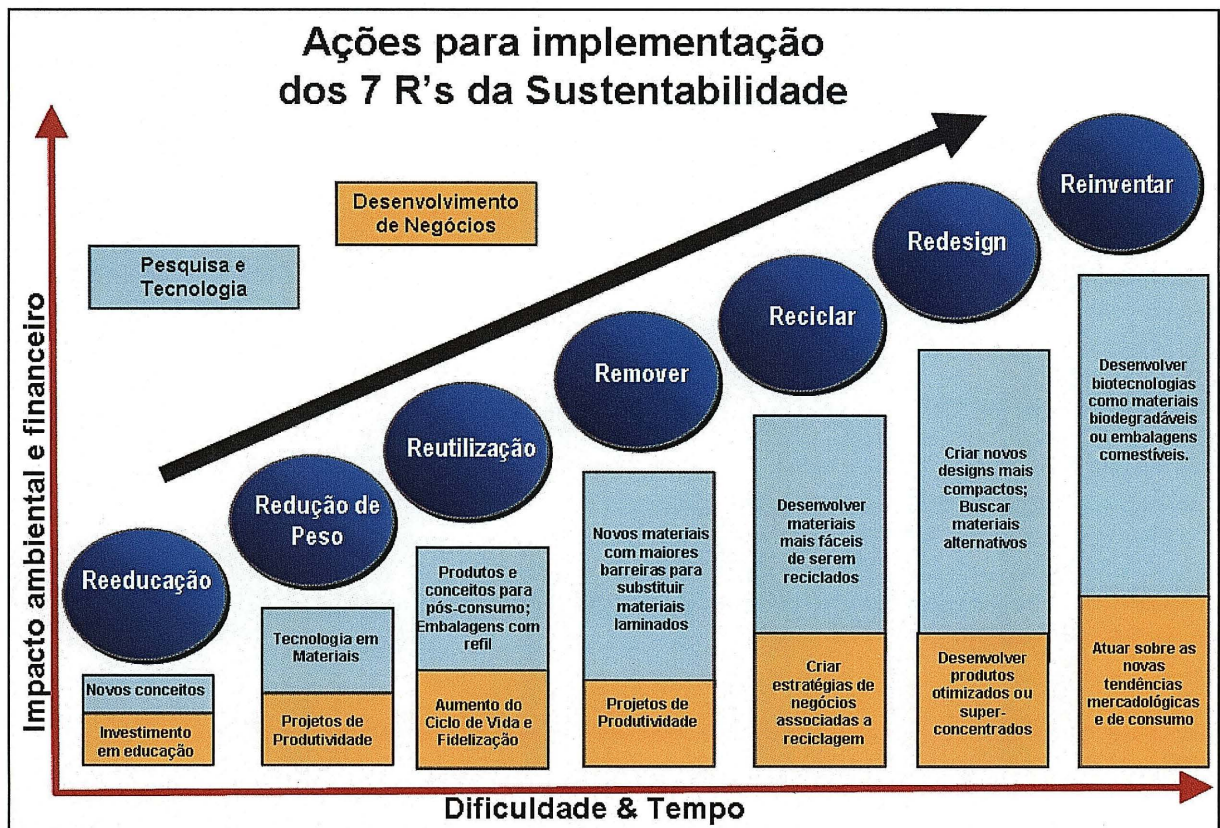


Figura 2: Ações para implementação de uma produção sustentável.  
Fonte: Sustainability Ecoprocess, adaptado pelo autor (2008)

Assim, ao analisar a relação entre matéria-prima, setor financeiro e o Meio Ambiente é preciso lembrar que todas as atividades de uma empresa possuem estes três pontos de discussão. Desde os materiais que compõe produtos e embalagens, os equipamentos e materiais até os insumos do setor administrativo são matérias-primas

que tem de ser custeada pelo resultado da venda dos produtos da companhia, e que é a base do cálculo de custo de conversão.

Em muitas atividades industriais, sobre o preço da matéria-prima é que podemos definir se o mercado paga pelo produto acabado com maior ou menor lucro, e principalmente, se um projeto pode ser considerado viável ou não, podendo não ser lançado por representar valor baixo de rentabilidade para os acionistas. Embora tenhamos sempre que considerar a origem e qualidade da matéria-prima é nítido que seu preço sempre é alvo da atenção na operação de qualquer indústria, e sua obtenção deve ser muito bem calculada. Normalmente, o setor de compras de uma empresa visa sempre negociar com vários fornecedores para obter melhores preços, e isso afeta diretamente a qualidade do produto e também as vantagens competitivas de produção, pois com qualidade inferior, presumi-se que em alguma etapa do processo o retrabalho ou nível de serviço será afetado. Fica claro então que qualquer redução no consumo de matéria-prima pode representar ou prejuízo na operação de uma empresa, se esta não for bem planejada, ou melhoria na eficiência da empresa, pois a quantidade de itens trabalhados será menor, impactando na administração otimizada dos itens, armazenagem e transporte. Mas qual a relação da nova tendência de consumo e o meio ambiente tem a ver com isso?

De certa forma é simples entender a relação do Meio Ambiente com o consumo de matérias-primas. Toda matéria-prima que compõe um produto gera impacto ambiental nos dois lados do seu ciclo de vida. Em uma das extremidades, na extração dos materiais na natureza, onde se busca todas as fontes de matéria-prima e que, se

descuidado pode causar sérios problemas ambientais, como exemplo podemos citar as extrações de madeira florestal para fabricação de celulose e a mineração ilegal de areia em rios causando mudanças no clima e enchentes, dentre outros impactos. O grande ponto aqui é a escassez de recursos, que ajuda a piorar a situação. No outro lado vemos que, após o uso, muitos produtos e suas embalagens são transformados em lixo comum, que são enviados para aterros sanitários sem cuidado físico, contaminando o meio ambiente e prejudicando a imagem da própria empresa que disponibilizou o produto para consumo.

A redução de matéria-prima em uma empresa é uma maneira de melhorarmos seu desempenho ambiental e ao mesmo tempo, aumentamos a eficiência em sua cadeia produtiva. Um exemplo disso é o setor automobilístico, que vem demonstrando isso muito visivelmente nos estudos onde cada vez mais se utiliza atividades e materiais para se fazer veículos mais leves. Tudo isso a fim de diminuir custos e demandar menos recursos da natureza, gerando menos lixo e tendendo a reduzir o tempo de produção, pois com materiais mais leves os processos são melhorados e customizados.

Além da redução, é importante pesquisar e estar sempre atento ao uso de novas tecnologias ou materiais que possibilitem a redução de custos e de impactos ambientais, pois com os avanços em pesquisas e desenvolvimentos, surgem todos os dias novas opções de materiais, isso na mesma proporção que aumentam as pressões do mercado consumidor e dos órgãos ambientais.

Pensando assim e tomando como base as matérias-primas para confecção das embalagens (até porque esse item é o que mais afeta o mercado de bens de consumo

não-duráveis), a redução do seu uso não somente remete à menor valor de aquisição de recursos, mas também a *savings* alcançados durante a produção, na área de logística e também no momento de comercialização.

Exemplo disso é o mercado de vidros, que ao longo dos anos está sendo remodelado e evoluindo tecnologicamente. O vidro possui muitos pontos positivos, oferecendo resistência mecânica, química e ao choque térmico, características que permitem vários tratamentos de pré-embalagem. O vidro também oferece grande resistência à tração, entre 4 e 10 kgf/mm<sup>2</sup>. Trata-se de uma matéria-prima que suporta quase todos os químicos em temperaturas normais. Além disso, é higiênico, asséptico e proporciona alta inércia química, ou seja, as reações químicas levam muito tempo para acontecer, o que garante maior preservação das características originais do conteúdo embalado. Sob o aspecto ambiental, o vidro pode ser reciclado infinitamente, sem perda quantidade, qualidade ou pureza do produto. Uma garrafa ou pote de vidro gera outro exatamente igual, independentemente do número de vezes que os cacos vão ao forno para ser reciclado. Outro ponto positivo é que a produção a partir do próprio vidro também reduz o consumo de energia (se comparado a primeira fabricação) e emite menos resíduos particulados e CO<sub>2</sub>, o que contribui significativamente para a preservação do meio ambiente.

Através deste avanço tecnológico, as embalagens de vidro tiveram uma redução em seu peso nominal de aproximadamente 26%. Isso porque os processos de injeção e sopro estão mais otimizados, fazendo com as suas paredes tenham uma espessura menor, porém mantendo a mesma resistência no teste chamado de *Top*

*Load*, que é representado através de uma força exercida no gargalo das garrafas e potes. Entretanto, comparando o vidro a outros materiais diversos, este é mais pesado e também relativamente mais caro. Além disso, é quebrável, podendo causar contaminações durante a produção ou transporte.

Outra mudança radical no mercado de embalagens são as chamadas de celulósicas, compostas de papel cartão e caixas de papelão ondulado. A principal evolução deste setor foi a modernização dos parques industriais, a utilização de recursos técnicos para agregar maior resistência as fibras e a conscientização da necessidade da implantação dos conceitos e atividades de Boas Práticas de Fabricação (focando nas indústrias alimentícias), a padronização da qualidade de fabricação e normatização dos métodos de testes.

Normalmente, os fornecedores de embalagem de papel cartão e papelão ondulado são tidos como uma extensão das indústrias de cosméticos, farmacêutica e de alimentos. Para a otimização do processo produtivo, os projetos em geral são tratados de forma global, desde o dimensionamento da embalagem primária, passando pela embalagem secundária, até a paletização. Desta forma, as novas tecnologias auxiliam o desenvolvimento de novos produtos e melhoria de produtos já existentes.

Os novos rumos na indústria de embalagens celulósicas sinalizam para avanços tecnológicos que aprimoram o desenvolvimento de diferentes tipos de papéis, conferindo alto desempenho e, ao mesmo tempo, reduzindo as gramaturas das estruturas. Neste contexto, surgem também tratamentos superficiais que melhoram a performance destas embalagens quando submetidas a um ambiente com alta umidade

relativa e temperaturas agressivas. Atualmente já existem no mercado equipamentos que resinam os papéis tornando-os resistentes à umidade e permitindo sua reciclagem depois de usados. Estas novas tecnologias vêm atender às necessidades de diversos produtos que devem ser mantidos a baixas temperaturas e alta umidade, garantindo sua integridade e maior *shelf-life*.

Outro ponto é que, novas tecnologias implementadas, como o uso de pasta mecânica com alto teor de fibra, garantem aos papéis reciclados propriedades semelhantes aos de fibra virgem, como: maior velocidade de máquina, menor peso, resistência à compressão e melhor acabamento superficial.

As principais razões para estas mudanças podem estar associadas a diversos fatores, como o crescimento do consumo de papel no mundo todo, em particularidade na China, a falta de terras para reflorestamento, sendo disputada com outras culturas agropecuárias, redução no consumo de energia, que pode chegar a 50% e também as questões de legislação.

Abaixo podemos verificar a evolução média da gramatura das caixas de papelão ondulado ao longo dos últimos dez anos e seu consumo médio por habitante em 2006.

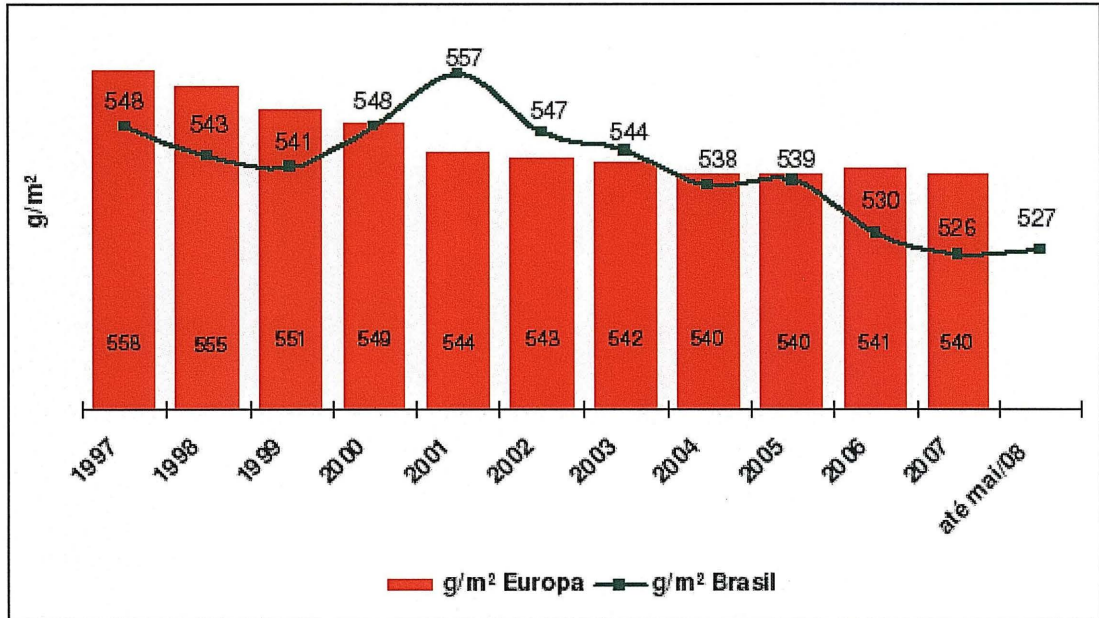


Figura 3: Gramatura Media Dos Papelões Ondulados

Fonte: FEFCO: European Federation of Corrugated Board Manufacturers

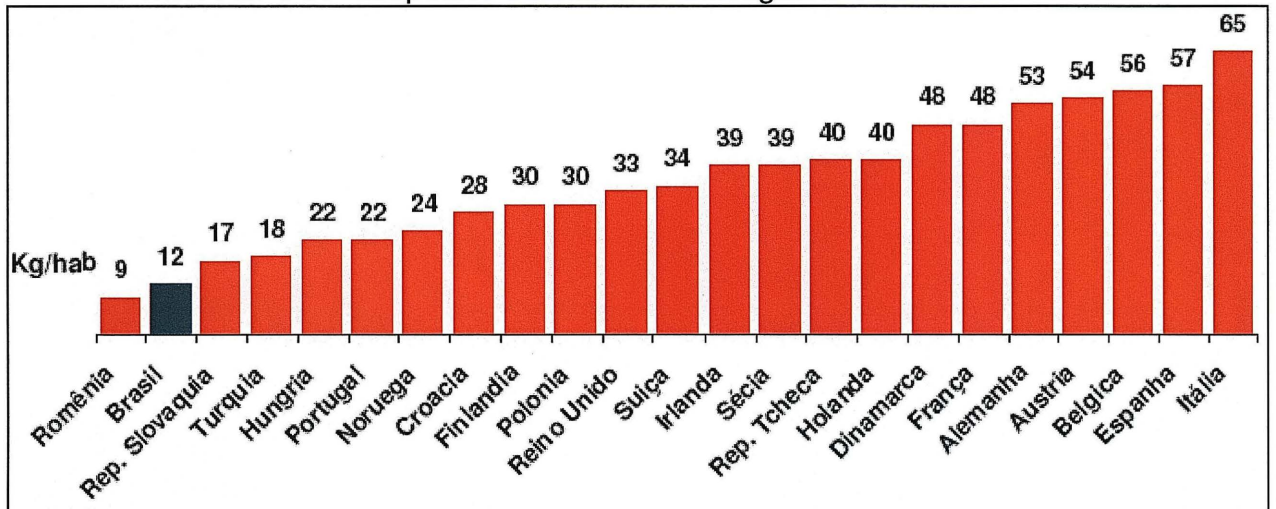


Figura 4: Consumo Per Capita De Papelão Ondulado

Fonte: FEFCO: European Federation of Corrugated Board Manufacturers  
(Annual Statistic 2006)

Essas mudanças estão alinhadas principalmente com os investimentos tecnológicos, a redução no tamanho das famílias, o grande número de pessoas morando sozinhas e também a nova tendência de produtos utilizarem a mesma

embalagem de transporte para serem expostas nas prateleiras. No ramo de papelão ondulado, por exemplo, a evolução prevê o aumento do volume de reciclagem, da utilização do microndulado nestas embalagens auto-expositoras e das embalagens display.

Quando ampliamos para o mercado celulósico em geral, os sacos multifoliados também deverão ter sua gramatura reduzida, além de alterações como sacos de uma só folha (alinhado com o conceito de remover) ou combinados com plásticos. O setor de papel cartão, que está vindo em constante crescimento, também busca se adaptar às novas tendências, com o aumento da utilização de barreiras (umidade, gordura e vapor), além da redução da gramatura com aplicação de pastas de alto rendimento.

Neste mesmo caminho estão as embalagens plásticas, que com o avanço das tecnologias de termo-formação, injeção e sopro, tiveram seus pesos reduzidos. Um exemplo são os frascos de detergente, que quando lançados tinham o seu peso em 300 gramas e atualmente estão com 100 gramas. O uso de tecnologias como aditivos para agregar barreiras aos polímeros estão cada vez mais disponíveis, aumentando o *shelf life* dos produtos e diminuindo os custos operacionais.

Outro aspecto que também deve ser levado em conta é a logística para cobrir a distância a ser percorrida por grandes volumes, da fábrica até o varejo. As embalagens atendem dois mercados, o doméstico e o exportador. Suas funções vão desde o armazenamento, o manuseio, a estadia em centros de distribuição e a viabilização do consumo, por meio da conservação dos produtos. Neste e em outros aspectos, a termoplastia oferece uma série de vantagens. Permite planejamento, criatividade do design, além de diversos processos de adaptação às necessidades do produto. Em

outros pontos são economicamente imbatíveis. Um recipiente de alumínio consome nove vezes a energia de um similar em polietileno. Se o material for o aço, a energia é três vezes superior à resina termoplástica.

Nas últimas décadas, o plástico vem substituindo o vidro em diversos setores, sendo que, nas embalagens, o plástico já representa 30% dos materiais utilizados. Hoje, pode-se dizer que o plástico substituiu largamente o vidro nas áreas de Limpeza e Higiene, Farmacêutica e Alimentícia. As comparações entre vidro e plástico passam pela redução do peso, pela facilidade de moldagem e modificação de design e pela redução do risco de acidentes provocados pela quebra da embalagem. A redução dos riscos é verificada não só quando da utilização pelo usuário, como na linha de produção, devido ao risco de contaminação cruzada e também pela praticidade logística.

O International Trade Center UNCTAD/GATT, através de sua publicação "InternationalPackaging News", edição de Março de 1993, apresenta cinco definições para embalagem, a saber:

A. Embalagem é a arte, a ciência e tecnologia preparar produtos para transporte e vendas;

B. Embalagem pode ser definida como um meio de assegurar a remessa do produto ao consumidor final, em condições ótimas e a baixo custo;

C. A embalagem deve proteger o que vende e vender o que protege;

D. Produto e embalagem são companheiros de fato;

E. Para o consumidor, a embalagem é o produto. É aquilo que ele vê e seleciona dentre um elenco de produtos oferecidos a ele na prateleira do supermercado;

A publicação cita a terceira definição como sendo a mais objetiva e, portanto, a preferida pelo autor.

HANLON (1992) afirma que a embalagem tem várias facetas. Na sua forma mais usual é a caixa de doces, o papel de embrulho, a proteção para uma máquina complexa ou ainda o "container" para produtos químicos. A embalagem é arte e ciência; é material e equipamento; é proteção, promoção, lei, logística, manufatura e manuseio de materiais. É, ao mesmo tempo, muitos aspectos para uma série de pessoas e um conceito difícil de descrever e definir. O importante é encarar a embalagem como um processo ou uma etapa de um processo de preservação de alimentos desde a produção até o consumo final.

O autor realmente apresenta uma ampla conceituação do tema. Porém, a essência da mesma encontra-se na frase "a embalagem é arte e ciência; é material e equipamento; é proteção, promoção, lei, logística, manufatura e manuseio de materiais". Sim, porque ao mesmo tempo em que toda uma ciência está envolvida na seleção de materiais, construção. De equipamentos, projeto e especificação técnica de embalagens, a arte é a responsável direta pela apresentação dos produtos ao consumidor, pela riqueza de formas e cores ou pela objetividade e simplicidade que o fará decidir-se pela compra deste ou daquele produto.

SACHAROW e GRIFFIN (1998) definem embalagem como sendo a estrutura desenhada para conter um alimento de modo a:

- a) facilitar o transporte e, ao mesmo tempo, torná-lo mais seguro;
- b) proteger o produto contra contaminações e perdas;
- c) proteger o produto contra danos ou deteriorações;
- d) facilitar o consumo.

### **3. AVALIAÇÃO DO CICLO DE VIDA DAS EMBALAGENS E PRODUÇÃO LIMPA**

A ACV surgiu das necessidades de se estabelecer uma metodologia que facilitasse a análise e os impactos ambientais entre as atividades de uma empresa, incluindo seus produtos e processos. A partir dessa metodologia pode-se verificar que a prevenção à poluição se torna mais racional, econômica e efetiva do que uma ação na direção dos efeitos gerados.

Um dos objetivos da ACV é estabelecer uma sistemática confiável e que possa ser reproduzida a fim de possibilitar a decisão entre várias atividades, aquela que terá menor impacto ambiental.

Pela SETAC (Society of Environmental Toxicology and Chemistry), a avaliação do ciclo de vida é um processo objetivo de avaliar e analisar as cargas ambientais associadas com um processo, produto ou atividade através da quantificação, identificação e avaliação de impactos quanto ao uso de energia e matéria e de emissões ambientais, e a determinação de oportunidades de melhorias ambientais. A

avaliação inclui todo o ciclo de vida do produto, processo ou atividade, envolvendo extração e processamento de matérias-primas; fabricação, transporte, e distribuição; uso/reuso/manutenção; reciclagem; e disposição final (Duarte, 1997).

As buscas constantes pelos desenvolvimentos sustentáveis é um dos maiores desafios para sobrevivência da humanidade. Em decorrência disso, considerando no âmbito internacional, surgiu a necessidade de estabelecer alguns padrões normativos para regulamentar os aspectos de controle ambiental. A norma ISSO 14040 (2001) padronizou e estabeleceu internacionalmente a definição para Avaliação do Ciclo de Vida, sendo: a compilação e avaliação das entradas, das saídas e dos impactos ambientais potenciais de um sistema de produto ao longo de seu ciclo de vida, desde a aquisição da matéria-prima ou geração de recursos naturais à disposição final.

Segundo a Norma ISO 14040, o estudo da ACV está dividido em quatro etapas: definição do objetivo e escopo; análise do inventário; avaliação de impacto; e interpretação dos dados e resultados.

Estas etapas foram estabelecidas a fim de se obter uma visão geral do processo. Chehebe (1998) faz a inter-relação entre estas fases através da Figura 1, onde:

a) a determinação do objetivo e do escopo engloba a delimitação do sistema relacionado ao produto,

b) a análise do inventário estabelece as categorias da preparação, dados, coleta e validação destes dados, quantificando as necessidades de energia e matérias-primas, resíduos sólidos, líquidos e gasosos, e outros danos ou perdas durante a vida de um produto,

c) a avaliação do impacto seleciona e define as categorias ambientais incluindo, classificação e caracterização dos impactos ambientais existentes;

d) a interpretação identifica e avalia a integridade, a sensibilidade e a consistência das informações.

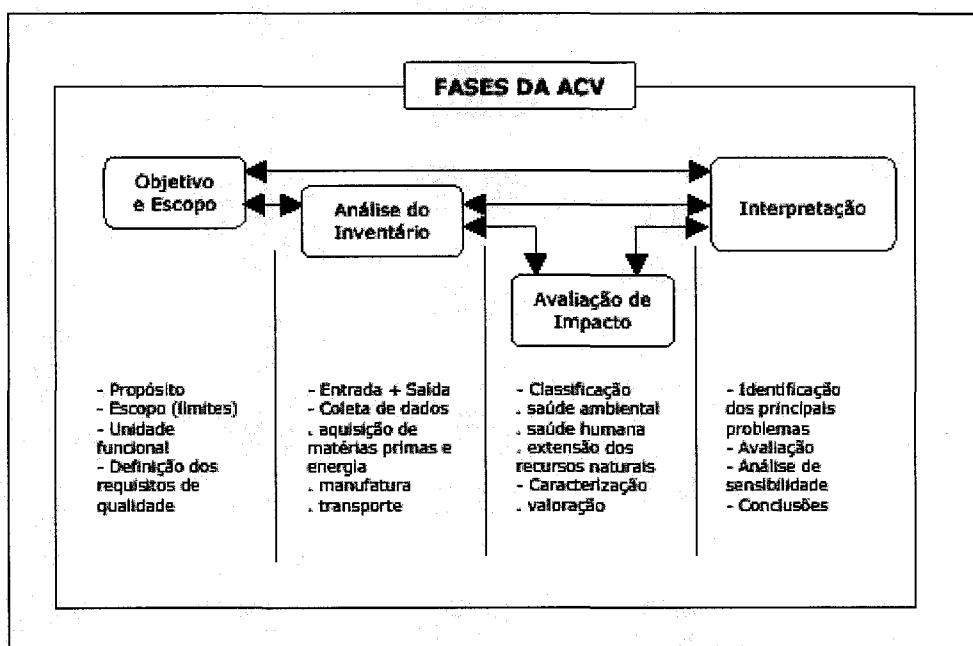


Figura 5: Fases da ACV. Fonte: Chehebe (1998)

Dessa forma, a ACV supera o foco apenas ao processo produtivo, no tratamento e disposição dos dejetos gerados durante a fabricação, para uma visão holística de todos os impactos ambientais associados a todas as fases do ciclo de vida, conforme Figura 6.

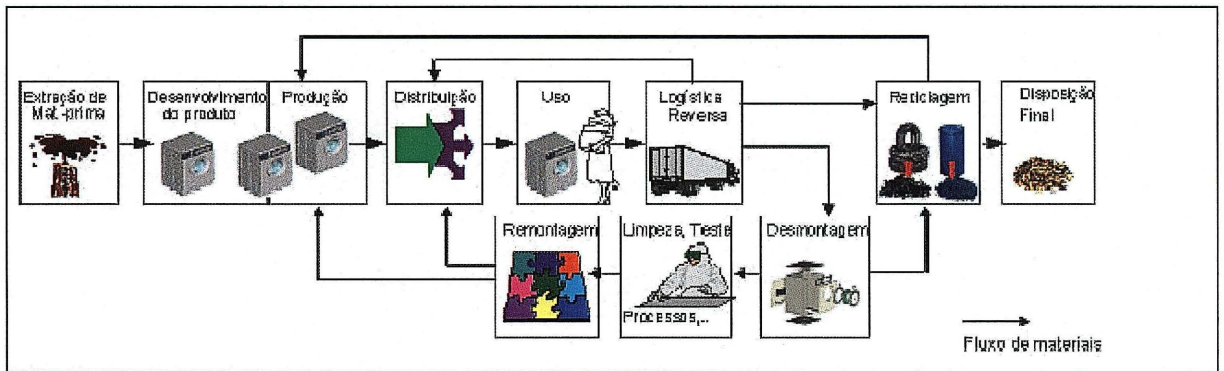


Figura 6: Fluxo do Ciclo de Vida. Fonte: Collaborative Research Center 281 in AMA (2004).

Para se calcular a quantidade de emissões e resíduos gerados durante o ciclo de vida de um produto é necessário um grande número de informações, algumas delas podem estar disponíveis em bancos de dados genéricos ou específicos (por produto ou por processo). Existem softwares que apresentam modelos para a Avaliação do Ciclo de Vida que foram desenvolvidos para auxiliar nos cálculos dos impactos ambientais gerados relativos ao ciclo de vida, entre eles: Boustead, SimaPro, GaBi4 e Umberto. Como são necessárias muitas informações, e nem sempre todas são encontradas em um único modelo, o estudo de ACV pode tornar-se extremamente complexo. (O'Neill, 2003) Uma metodologia mais simples, que também traz resultados de proteções ambientais definitivos, com vantagens técnicas e econômicas é a Produção mais Limpa, cuja prioridade de sua implantação está baseada na origem da geração de resíduos, buscando soluções nos processos produtivos da empresa.

A P+L é uma estratégia aplicada na produção e nos produtos a fim de economizar e maximizar a eficiência do uso de energia, matérias-primas e água e ainda minimizar ou reaproveitar resíduos gerados.

Ela tem alguns procedimentos simples e econômicos podendo chegar a um número maior de empresas, pois a análise é feita compreendendo apenas a unidade fabril em questão, sem considerar a cadeia produtiva como um todo, ou seja, fornecedores e clientes não é foco de estudo.

Segundo o Comitê Empresarial Brasileiro de Desenvolvimento Sustentável (CEBDS, 2005), a P+L com seus elementos essenciais adotam uma abordagem preventiva em resposta à responsabilidade financeira adicional trazida pelos custos de controle da poluição e dos tratamentos de “fim de tubo”, assim como auxilia as empresas a adotarem práticas de fabricação através de um novo conceito de produção e consumo.

Com a finalidade de promover e analisar o desenvolvimento sustentável nas micro e pequenas empresas do país, foi criada a Rede Brasileira de Produção mais Limpa, que difunde o conceito de ecoeficiência e a metodologia como instrumentos para aumentar a competitividade, a inovação e a responsabilidade ambiental no setor produtivo brasileiro. O programa visa desenvolver uma nova consciência ambiental, evidenciando que a preocupação com as questões ambientais é uma forma inteligente de se obter ganhos econômicos também.

A Produção mais Limpa é uma forma de produzir melhor, gastando menos, e que nem sempre a alteração em um processo depende de investimentos financeiros. Desta forma, ela propõe que as empresas invistam em tecnologias para redução de resíduos. Para isto, existe uma metodologia que auxilia este processo.

De acordo com o Centro Nacional de Tecnologias Limpas (2005), o desafio das empresas é colocar entre seus planos estratégicos a P+L que, comprovadamente traz benefícios ambientais, econômicos e de saúde ocupacional.

A metodologia da P+L envolve algumas etapas, e o SEBRAE (2004) as apresentam da seguinte forma:

- a) planejamento e organização: comprometimento da direção e dos funcionários, e formação de equipes de trabalho;
- b) pré-avaliação e diagnóstico: estabelecimento de metas para P+L e elaboração de fluxogramas, com avaliação de entradas e saídas;
- c) avaliação da P+L: identificar as ações que podem ser implementadas imediatamente e as que necessitam de análises adicionais mais detalhadas, através de balanços materiais e de energia e informações das fontes e causas da geração de resíduos e emissões;
- d) estudo de viabilidade técnica, econômica e ambiental: selecionar as oportunidades viáveis e documentar os resultados esperados;
- e) implementação e plano de continuidade: implementar as opções selecionadas e assegurar atividades que mantenham a P+L, monitorar e avaliar as oportunidades implementadas, assim como planejar atividades que assegurem à melhoria contínua com a P+L. A figura 7 demonstra a metodologia de implantação da Produção mais Limpa.

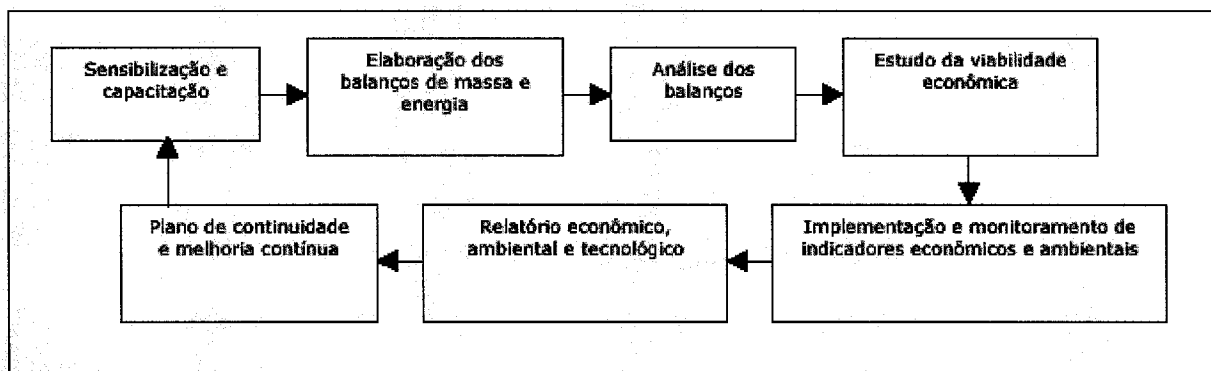


Figura 7: Metodologia de Implantação da Produção mais Limpa. Fonte: Adaptado de Kraemer (2002).

Evidencia-se que a Produção mais Limpa é uma metodologia de fácil implementação, pois com a participação de uma equipe coesa e com a cultura disseminada na organização, resultados extremamente positivos podem ser obtidos, entre eles: a minimização dos resíduos gerados, através da redução, reuso, reciclagem e a minimização dos recursos empregados.

Nascimento (2005) apresenta muitas outras vantagens provenientes da P+L: aumento na eficiência dos processos, aumento da produtividade, redução dos custos operacionais e logísticos, melhoria da imagem pública, redução dos riscos ambientais e melhoria do desempenho financeiro.

#### 4. PLÁSTICOS

A utilização dos materiais plásticos para os mais diversos fins com vantagens funcionais e econômicas vem crescendo nos últimos tempos e, por conseqüência, vem a deslocar os materiais clássicos de muitas aplicações tradicionais. Porém para um

projeto visando seu máximo desempenho, deve-se ter conhecimento específico sobre eles devido ao fato destes materiais atenderem a um comportamento diferente dos materiais clássicos. “Materiais plásticos são materiais artificiais, geralmente de origem orgânica sintética, que em algum estágio de sua fabricação adquiriram condição plástica, ou seja, capacidade de ser moldado, geralmente com a ajuda de calor e pressão, e muitas vezes, com o emprego de moldes.”

BLASS (1988). Os materiais artificiais são resultantes de misturas e reações, são diferentes dos materiais de ocorrência natural (madeira, areia, minérios, etc.), citando ainda os materiais de origem organo-sintética que são resultantes de processos químicos e de sínteses a partir de matérias primas orgânicas simples. Os materiais plásticos são constituídos por um componente básico, chamado de resina, ou blenda, que, em certas condições definidas pode amolecer e escoar, adquirindo características de moldabilidade, a qual é elaborada por processos de síntese química. Tais processos são conhecidos como reações de polimerização, realizadas a partir de um produto químico simples, o monômero.

Conforme BLASS (1988), o comportamento dos materiais plásticos à moldagem, determina a sua classificação em duas grandes categorias: termoplásticos e termoestáveis. Diz-se que um material é termoplástico, quando este amolece, ou se plastifica, ou seja, a cada novo aquecimento ele plastifica o material, permitindo novamente a deformação e a moldagem.

Logo, podem ser endurecidos ou amolecidos reversivelmente. Já os termoestáveis, também conhecidos como termofixos ou termoduros, possuem um comportamento muito diferente em relação ao aquecimento, ou seja, durante a

moldagem ocorre uma reação entre as moléculas ou com o agente de cura, de tal forma que, uma vez ocorrida a cura, o material endurece e não pode mais ser remoldado. Por isso, os materiais termoestáveis apresentam melhor resistência à temperatura, estabilidade dimensional, resistência química, e propriedades elétricas superiores às dos termoplásticos, entretanto, os processos de moldagem são economicamente mais dispendiosos.

#### 4.1. POLIETILENO DE BAIXA DENSIDADE (PEBD)

Segundo BLASS (1988), o polietileno é um termoplástico tenaz e coriáceo, com aparência untuosa, usado na confecção de filmes para embalagens e recipientes produzidos por extrusão, injeção ou sopro.

HANLON (1984), para o PEBD descreve:

a) Aplicações: suas aplicações mais conhecidas são em filmes e lâminas, injeção de molde, coberturas, moldagem por sopro, possuindo ainda diversas aplicações que não embalagens.

b) Características: flexibilidade, impermeabilidade, baixo custo e pouco peso do material, são as características mais marcantes. Ele tem boa transparência em finas camadas, mas em recipientes de paredes espessas ele é translúcido e de aparência cerosa. Polietileno é praticamente inodoro e insípido na maioria das aplicações, mas deve ser cuidadosamente checado quando usado com alimentos.

c) Vantagens e desvantagens: a maleabilidade do polietileno o torna útil como embalagem para roupas e alimentos e como material para garrafas flexíveis, mas ele se

torna quase sem uso para embalagens rígidas. As embalagens flexíveis feitas de filmes de polietileno são difíceis de abrir devido ao fato de se alongarem muito sem que haja a ruptura.

d) Propriedades: o polietileno é resistente a maioria dos solventes, mas em temperaturas acima de 60°C ele é atacado por alguns hidrocarbonetos aromáticos, óleos e gorduras que levam o recipiente a tornar-se pegajoso por fora, tornando-se necessário checá-lo cuidadosamente antes de usá-lo com este tipo de produtos. O polietileno não é afetado por ácidos e alcalinos, com a possível exceção do ácido nítrico concentrado quente. O polietileno é uma boa barreira para a umidade mas ele permite a passagem de gases um tanto facilmente. Sua temperatura de amolecimento é por volta de 98°C para materiais de baixa densidade e 126°C para altas densidades. A superfície do polietileno é apolar, o que significa dizer que é de difícil aderência de adesivos e tintas. Tratamento com chama ou descarga de corona é necessário antes de ser impresso.

e) Aprovação FDA: o polietileno propriamente é aceitável para embalar alimentos e medicamentos, contanto que nenhum aditivo e agentes desmoldantes sejam usados no processo de fabricação. O FDA, *Food and Drug Administration*, é uma agência do Departamento de Saúde e Serviços Humanos dos E.U.A., que administra leis federais sobre gêneros alimentícios, medicamentos e cosméticos para garantir sua pureza, segurança e, que rótulos e embalagens de produtos sejam apropriados, informativos e verdadeiros. (INFOPEDIA, 1995).

■ PE (Polietileno)

Densidade / Estrutura Molecular:

- \* PEBD - polietileno de baixa densidade (~0,910 - 0,925g/cm<sup>3</sup>)
- \* PEMD - polietileno de média densidade (~0,926 - 0,940g/cm<sup>3</sup>)
- \* PEAD - polietileno de alta densidade (~0,941 - 0,965g/cm<sup>3</sup>)
- \* PEBDL - polietileno de baixa densidade linear (~0,905 - 0,925g/cm<sup>3</sup>)
- \* PELUBD - polietileno linear ultra baixa densidade (~0,890 - 0,915g/cm<sup>3</sup>)
- \* mPE - polietileno linear obtido com catalisador metalloceno (~0,88 - 0,92g/cm<sup>3</sup>)

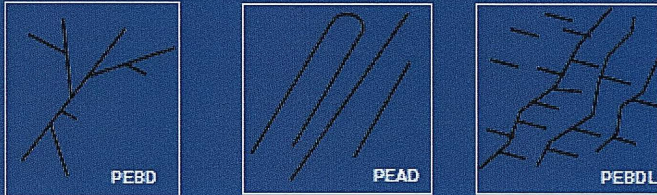


Figura 8: Polietileno, ALCAN (2006)

■ PE (Polietileno)

	PEBD	PEBDL	PEAD	mPE
SELAGEM	☆☆	☆☆☆	☆	☆☆☆☆
BARREIRA A UMIDADE	☆	☆	☆☆☆	☆
BARREIRA A GASES	☆	☆	☆	☆
RIGIDEZ	☆	☆	☆☆☆	☆
TRANSPARÊNCIA	☆☆	☆☆☆	☆	☆☆☆☆
APLICAÇÕES	Selante – sachets, flow packs	Selante – pillow bags, pouches	Coextrusão – sacarias, bags	Selante – pouches, big bags

**COEXTRUSÃO:**  
Combina diferentes materiais para obter melhores propriedades:

- \* Rigidez
- \* Barreira
- \* Boa selabilidade
- \* Easy open

**ADITIVOS:**  
Alguns aditivos usuais são:

- \* Deslizantes (amidas);
- \* Pigmentos;
- \* Anti-fogging;
- \* Anti-bloqueio

Figura 9: Características do Polietileno, ALCAN (2006)

## 4.2. POLIETILENO DE ALTA DENSIDADE (PEAD)

HANLON (1984), para o PEAD, descreve:

a) Características: este plástico de baixo custo, moderadamente flexível é usado em larga extensão para garrafas moldadas por sopro. Ele é mais rígido e tem melhores propriedades de barreira que o polietileno de baixa densidade. O acabamento da superfície é inferior ao do polietileno de baixa densidade. Ele é translúcido em seu estado natural e pode ser tingido com qualquer cor opaca. O PEAD é essencialmente inodoro e insípido.

b) Vantagens e desvantagens: tem boa barreira a umidade mas relativamente pobre para o oxigênio e outros gases. Ele irá atingir sua tensão de ruptura na presença de alguns detergentes, a menos que seja formulado com outras resinas para minimizar essa tendência. Algumas vezes o produto absorverá oxigênio da parte superior do recipiente causando deformação ou colapso do recipiente. Essa reação pode ser minimizada ou ocultada com um desenho adequado do recipiente. Quanto mais alta a densidade, mais rígido é o material, o que significa que uma parede de espessura menor pode ser usada.

c) Propriedades: a maioria dos solventes não atacará o polietileno, que por sua vez também não é afetado por ácidos fortes e alcalinos com exceção do ácido nítrico concentrado quente. Ele é uma boa barreira para a umidade, mas gases passam através dele um tanto facilmente. A superfície do polietileno é apolar e portanto deve ser tratada com uma chama de gás ou descarga de corona antes de ser impresso ou usar adesivos.

d) FDA: encontra os requerimentos do governo para plásticos em contato com alimentos, sob a Regulamentação 121.2501, desde que não possuam aditivos ou agentes desmoldantes que não obedeçam a lei.

■ **PE (Poliétileno)**

**Principais propriedades**

- Excelente selante
- Bom equilíbrio (tração/ impacto / rasgamento)
- Transparência inferior ao PP
- Baixa permeabilidade ao vapor d'água (superior ao PP)
- Alta permeabilidade a gases
- Densidade, estrutura molecular, aditivos e processo de extrusão influenciam nas características físicas e químicas do filme

**Principais aplicações**

- Em estruturas laminadas para: cafés, Pet food, sachets diversos, bags, stand ups, stick packs, snacks
- Em estruturas monocamada para: grãos, sabão em pó, pet food, açúcar, sal





Melo 2005 Alcan Packaging School slide 18



Figura 10: Propriedades do PE, ALCAN (2006)

#### 4.3. POLIPROPILENO (PP)

“Desenvolvimento mais recente da família do polietileno, apresenta propriedades similares ao mesmo, mas com menor densidade e maior resistência ao calor. É obtido pela polimerização do propileno. Sua temperatura de amolecimento é da ordem de 160°C. Sua alta cristalinidade lhe confere elevada resistência mecânica, rigidez e dureza, que se mantém a temperaturas relativamente elevadas”. BLASS (1988).

HANLON (1984), para o PP, descreve:

a) Características: é o mais leve de todos os plásticos. Ele não é transparente exceto na forma de filme. O PP tem a interessante propriedade de formar uma dobradiça em finas seções, que parecem tornar-se mais fortes com o uso. Uma das maiores deficiências do PP, entretanto, é sua fragilidade a baixas temperaturas. Em sua forma mais pura ele é completamente frágil por volta de 17°C e deve ser misturado com polietileno ou outro material para dar a resistência ao impacto que é requerida às embalagens.

b) Vantagens e desvantagens: o baixo peso e custo por kg tornam este plástico muito útil para propósitos de embalagens. Ele é largamente usado para tampas com roscas. Como filme tem excelente claridade, embora a fragilidade a baixa temperatura possa causar fendas no inverno. Seu alto ponto fusão, o torna adequado para embalagens térmica e produtos esterilizáveis. A resistência ao impacto do filme não é boa, não sendo recomendado o carregamento de objetos pontiagudos em sacolas.

c) Propriedades: tem boa resistência a ácidos fortes e álcalis, não sendo afetado pela maioria dos solventes a temperatura ambiente, exceto os hidrocarbonetos clorados. Resiste a óleos e graxas e não rompe sob qualquer condição. O PP tem razoável barreira a umidade e gases. Para impressão ou uso de adesivos é necessário um tratamento à chama porque a superfície é apolar.

d) FDA: existem alguns tipos de PP que são da especificação 121.2501. Salvo os que contém aditivos ou agentes desmoldantes que não atendam a regulamentação.

**■ PP (Polipropileno)**

**FILME PP**

↓

**Não orientado**      **Orientado**

**Principais propriedades**

- Transparência
- Boa resistência térmica (processamento térmico)
- Média resistência ao furo e ao rasgo
- Boa resistência química
- Excelente barreira à gordura
- Boa barreira ao vapor d'água (inferior ao Bopp e superior ao PE)
- Selagem

**Principais aplicações**

- Massas secas
- Sachets (Ketchup)
- Retortable




Figura 11: Propriedades do PP, ALCAN (2006)

#### 4.3.1. Polipropileno Bi-Orientado (BoPP)

È o filme de polipropileno com dois sentidos de orientação, melhorando suas características físicas e de barreira. Suas principais propriedades são:

- Coextrusado /Transparente /Opaco /Fosco /Perolado (brilhante) /Metalizado /Revestido
- Boa barreira ao vapor d'água
- Baixa barreira ao oxigênio
- Termo-selável
- Boa estabilidade dimensional
- Boa printabilidade

- Bom brilho e transparência
- Baixa resistência à altas temperaturas

### Principais aplicações

- Chocolates
- Biscoitos
- Snacks
- Sorvetes
- Rótulos
- Cereais

O processo de orientação do polipropileno se dá como na figura:

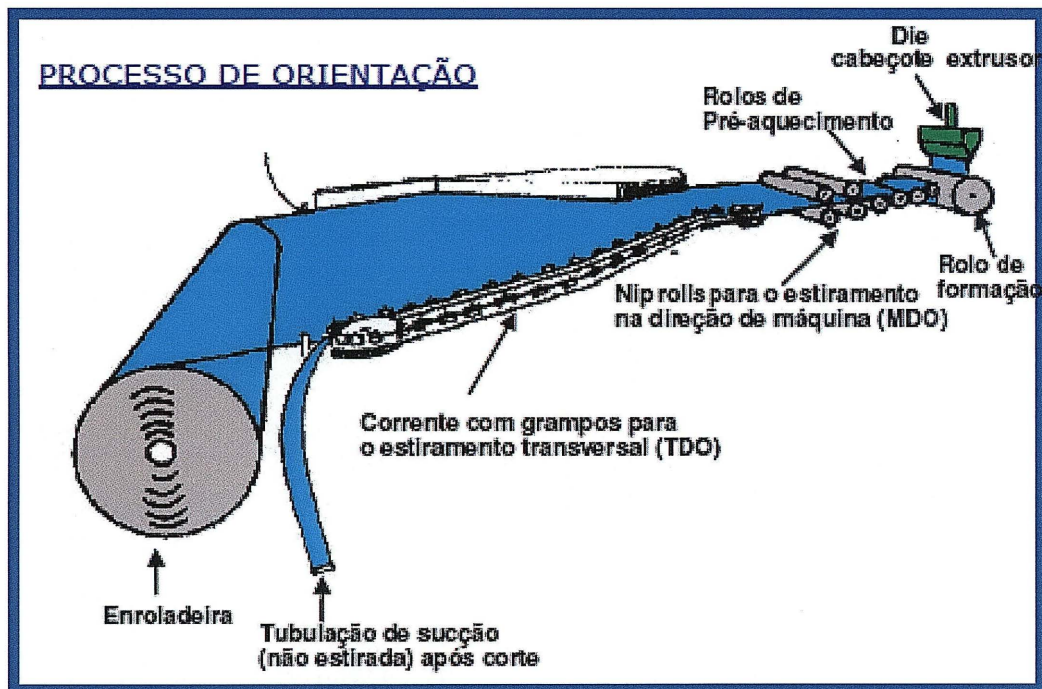


Figura 12: Processo de Orientação, ALCAN (2006)

#### 4.4. POLIESTIRENO (PS)

“Material que se adapta excelentemente às condições de produção em massa. É resistente à água, dimensionalmente estável e apresenta reduzida densidade o que o torna mais facilmente moldável do que os outros plásticos. Apresenta possibilidades ilimitadas no que diz respeito a cor. Tem, contudo, limitada resistência a quente e à exposição ao tempo, é frágil e sujeito ao ataque de solventes orgânicos.” (BLASS, 1988).

HANLON (1984), para o PS, descreve:

a) Características: cristal transparente, muito duro e frágil. O acabamento superficial é excelente, e tem um brilho sem igual entre os plásticos. Ele é atacado por muitos elementos químicos os quais causam trincas, e é usado, geralmente, somente com produtos secos.

b) Vantagens e Desvantagens: este material cristalino e transparente é brilhante como o vidro, e também parecido, pois é muito frágil. Há uma leve tendência de encolher com o tempo e sob luz forte desbota. Quando o poliestireno está em contato com alguns solventes, ou seus gases, ele trincar-se-á e tornar-se-á escuro.

c) Propriedades: o PS tem um baixo ponto de fusão, 87°C, e não pode ser usado para alimentos quentes ou para aplicações com altas temperaturas. O alongamento sob tensão é nulo e por este motivo a resistência ao impacto é pobre. Estireno é resistente à ácidos e alcalinos, exceto ácidos oxidantes fortes. Não é afetado por baixos álcoois, ésteres, cetona e hidrocarbonetos aromáticos e clorados. O

poliestireno não é uma boa barreira para umidade ou para gases. É inodoro e insípido e pode ser usado com alimentos.

d) FDA: a maioria dos PS obedecem os requerimentos da *Food Additive Regulation 177.1640*.

#### 4.4.1. Poliestireno Expandido (EPS)

O poliestireno, de acordo com BLASS (1988), é também usado na forma de espuma. É isolante térmico para baixas temperaturas, imune ao apodrecimento, à decomposição ou aos efeitos da umidade.

Segundo MOURA & BANZATO (1990), possui ainda boa resistência a choques, flexão, vibração; e à maior parte dos produtos químicos, impermeável ao vapor d'água, além de boa apresentação. Oferece pouca resistência a cortes e materiais como derivados de petróleo, óleos vegetais e solventes. Versátil e fácil de moldar, adapta-se às formas dos produtos que embala. Como é fornecido em forma de espuma, pode cobrir objetos de grande tamanho.

#### 4.5. POLIURETANO (PU)

Segundo HANLON (1984), a aplicação de poliuretano em embalagem tem duas formas: sólido e espuma. O material sólido como um filme ou como um material moldado tem excepcional resistência a abrasão, junto com elasticidade e resiliência que o colocam junto à borracha para alguns casos.

a) Características: espumas de poliuretano são disponíveis numa larga variedade de densidades.

b) Vantagens e Desvantagens: espuma de PU pode ser tingida, mas no seu estado natural ele é um branco creme. Ela rapidamente volta à marrom amarelado quando exposto a luz, e por essa razão ele é normalmente colorido para cobrir essa mudança.

c) Propriedades: a espuma de PU é inodora e resistente à oxidação, óleos, graxas e fungos. É afetada por ácidos fortes e alcalinos, halogênios, hidrocarbonetos aromáticos, ésteres, cetonas e álcoois.

#### 4.5.1. Poli (CLORETO DE VINILA) (PVC)

Segundo BLASS (1988) o PVC é um dos mais importantes termoplásticos sintéticos em uso. Sua resina pura é caracterizada pela dureza e rigidez, mas a introdução de modificadores permite qualquer grau desejado de amolecimento, fornecendo materiais coriáceos e em alguns casos bastante flexíveis.

HANLON (1984) descreve, para o PVC, o que segue:

a) Características: em seu estado natural o PVC é um cristal transparente e rígido mas tem uma pobre resistência ao impacto, sendo raramente usado em sua forma pura.

b) Vantagens e Desvantagens: o PVC é consistente e transparente, sendo um material facilmente processado. O PVC amarela quando exposto ao calor ou a luz ultravioleta a menos que um estabilizante seja fornecida na resina. Do ponto de vista da

aparência os melhores estabilizantes são os compostos de estanho, mas muitos destes não podem ser usados com alimentos ou com medicação. Estes aditivos tem um leve odor que é percebido em garrafas recém produzidas. Assim como qualquer plástico transparente, riscos aparecerão caso ele seja usado abusadamente na produção ou engarrafamento.

c) Propriedades: o PVC é uma excelente barreira para óleos, álcoois e solventes de petróleo.

O PVC retém odores e sabores muito bem e é uma boa barreira para o oxigênio. O PVC rígido é, razoavelmente, uma boa barreira para umidade e gases em geral. Ele é afetado por hidrocarbonetos aromáticos, hidrocarbonetos halogenados, cetonas, aldeídos, ésteres, éteres aromáticos, anidridos e moléculas contendo nitrogênio, enxofre ou fósforo. O PVC não é afetado por ácidos ou alcalinos, exceto alguns ácidos oxidantes.

#### 4.6. POLICARBONATO (PC)

Conforme HANLON (1984), o uso do PC em embalagem tem sido um tanto limitado devido ao seu alto custo, entretanto onde dureza e alta temperatura de amolecimento (132°C) são requeridas, ele serve muito bem. Ele é adequado para embalagem de comida, sendo inodoro e não mancha, mas a resistência a álcalis é pobre. Permeabilidade a umidade e a gases é alta, e produtos sensíveis a oxigênio e a dióxido de carbono não devem ser embalados em garrafas de PC. O peso leve e a

resistência à quebra são suas vantagens principais. Desde que o PC é atacado por álcalis, detergentes especiais devem ser usados para limpeza.

Descreve-se a seguir, mais alguns aspectos relevantes:

a) Características: o PC possui excelente trabalhabilidade, e uma ductibilidade rara. Ele é um material de alto preço, mas para aplicações especiais, ele tem excepcionais propriedades mecânicas e é, às vezes, substituto para o metal. Ele absorve umidade mas não incha significativamente. O policarbonato deve ser absolutamente seco quando ele é processado, ou bolhas e marcas de fluxo prateado aparecerão na peça acabada. Ele tem muito pouca fluência a frio ou deformação sob carregamento.

b) Propriedades: policarbonato é resistente a ácidos diluídos, agentes oxidantes e redutores, sais, óleos, graxas e hidrocarbonetos alifáticos. Ele é atacado por álcalis, aminas, cetonas, ésteres, hidrocarbonetos aromáticos e alifáticos clorados, e alguns álcoois.

c) FDA: a aprovação de certas resinas de policarbonato foi publicada em 1963. Se peças moldadas são feitas a partir de resinas aprovadas, e se elas atendem os requisitos exigidos, elas podem ser usadas em contato com: carne, leite e derivados e com outros alimentos.

#### 4.7. POLIÉSTER (PET)

Um poliéster que se destaca no campo das embalagens é o polietileno teraftalato, conhecido por PET. HANLON (1984) descreve que o PET, tem sido usado

para fabricar filmes de embalagem desde os anos 20, entretanto, ele tem sido usado como material de garrafas em larga escala somente a partir 1977. Quando a FDA anulou provisoriamente a aprovação dos polímeros de acrilonitrilo para recipientes de bebidas, várias companhias iniciaram fazendo garrafas PET por processos de moldagem por injeção-sopro patenteados pela DuPont em 1974. Descrevem-se, ainda, alguns aspectos importantes:

a) Características: o poliéster é resistente, duro, e transparente. Garrafas de 2 litros cheias, deixadas cair sobre o concreto de 1,8 metros de altura tem um grau de sobrevivência maior do que 97%. O PET não é uma boa barreira para gases, não sendo apropriado para cerveja ou vinho por causa da sua permeabilidade ao oxigênio. Um (01) cm<sup>3</sup> de oxigênio é suficiente para estragar o sabor da maioria das cervejas.

b) Vantagens e Desvantagens: poliéster é um material razoavelmente rígido. O índice de permeabilidade para gases é somente adequado para bebidas carbonatadas, e não bom o suficiente para garrafas de cervejas ou vinhos, sendo satisfatório para uísque. O PET pode não ser bom o suficiente para gin, vodka, e outras mercadorias "brancas" as quais são mais sensíveis a perder sabor. Para bebidas distribuídas regionalmente, o peso economizado sobre a garrafa de vidro pode não ser importante, mas para óleos comestíveis, sucos de fruta e outros produtos que são carregados através do país, isto pode ser significativo.

Garrafas de PET não são adequadas para enchimento à quente (*hot fill*) de xaropes e refrigerantes.

c) Propriedades: o poliéster é resistente à ácidos fracos, bases e a maioria dos solventes.

d) FDA: a maioria das resinas PET estão em conformância com a 21CFR177.1315 para aplicações de contato com alimentos.

#### 4.7.1. História do PET

Os materiais poliméricos não são novos. Eles têm sido usados desde a Antiguidade. Contudo, nessa época, somente eram usados materiais poliméricos naturais. A síntese artificial de materiais poliméricos é um processo que requer tecnologia sofisticada, pois envolve reações de química orgânica, ciência que só começou a ser dominada a partir da segunda metade do século XIX. Nessa época, começaram a surgir polímeros modificados a partir de materiais naturais.

Somente no início do século XX os processos de polimerização começaram a ser viabilizados, permitindo a síntese plena de polímeros a partir de seus meros.

A primeira amostra desse material foi desenvolvida pelos ingleses Whinfield e Dickson, em 1941. As pesquisas que levaram à produção em larga escala do poliéster começaram somente após a Segunda Grande Guerra, nos anos 50, em laboratórios dos EUA e Europa. Baseavam-se, quase totalmente, nas aplicações têxteis. Em 1962, surgiu o primeiro poliéster pneumático. No início dos anos 70, o PET começou a ser utilizado pela indústria de embalagens. Tais processos estão sendo aperfeiçoados desde então, colaborando para a obtenção de plásticos, borrachas e resinas cada vez mais sofisticados e baratos, graças a uma engenharia molecular cada vez mais complexa. As características deste tipo de plástico proporcionam embalagens que se mostraram ideais para o mercado de bebidas mas, no decorrer do tempo conquistaram

também outros segmentos e transformaram-se num sucesso, graças aos benefícios para o consumidor.

O PET chegou ao Brasil em 1988 e seguiu uma trajetória semelhante ao resto do mundo, sendo utilizado primeiramente na indústria têxtil. Apenas a partir de 1993 passou a ter forte expressão no mercado de embalagens, notadamente para os refrigerantes. Atualmente o PET está presente nos mais diversos produtos. Na Tabela 1, observa-se a evolução cronológica do PET no mundo.

ANO	EVOLUÇÃO
1941	J.R. Whinfield e J.T. Dickson (Calico Printers Association) conseguem produzir fibras de PET - poli (tereftalato de etileno), sendo lançado com o nome comercial de Terylene.
1952	A Du Pont inicia a comercialização de filmes de PET orientados.
1970	A Coca-Cola inicia testes de mercado usando garrafas de plástico transparentes. Tratava-se da primeira garrafa plástica do mundo para acondicionar bebidas carbonatadas, feita de metacrilonitrila/estireno - AN. Este, sem dúvida, é um marco histórico dos mais importantes na história do plástico, quando se considera o enorme impacto que a garrafa de plástico teve no mercado de refrigerantes, substituindo totalmente as garrafas de vidro no final da década de 1970 nos E.U.A. e no final da década de 1990 no Brasil. A garrafa de AN, infelizmente, foi proibida em 1977 pela Food and Drug Administration para uso em bebidas carbonatadas. Foi a oportunidade para que o projeto de garrafa da Du Pont, que usava o PET como resina, ganhasse o mercado. Um aspecto vital para a viabilização dessa aplicação do plástico foi o desenvolvimento do processo de sopro de garrafas com estiramento biaxial, processo que a Du Pont desenvolveu neste ano e patenteou em 1973.

**1976** As primeiras garrafas de PET para refrigerantes são produzidas em escala comercial pela Amoco para a Pepsi-Cola

**1990** Começa a era dos plásticos biodegradáveis: a Warner Lambert desenvolve o Novon, resina a base de amido; a I.C.I. lança o Biopol.

A Eastman Chemical Co. e a Goddyear conseguem reciclar com sucesso garrafas de PET pós-consumo, transformando o polímero em monômero puro.

---

TABELA 1 – Evolução Cronológica do PET. Fonte: ABFI (2006)

#### 4.8. PROCESSOS QUE AUMENTAM AS BARREIRAS DOS FILMES PLÁSTICOS

Abaixo comparativo entre filmes com processos onde se tem uma melhora de barreira:

Processos que aumentam as propriedades de barreira dos materiais plásticos:

- Metalização
- Revestimentos

	UMIDADE	OXIGÊNIO	AROMA
METALIZAÇÃO BOPP	☆☆☆	☆☆	☆
METALIZAÇÃO PET	☆☆	☆☆☆	☆
PVDC (Saran)	☆☆☆	☆☆☆	☆☆
EVOH	-	☆☆☆	☆☆☆

Figura 13: Processos de Aumento de Barreira, ALCAN (2006)

## 5. PROJETO DE REDUÇÃO DE GRAMATURA DE EMBALAGEM EM PET PARA SUCO CONCENTRADO

### 5.1. AVALIAÇÕES PRELIMINARES DO PROJETO

Num primeiro momento, foram realizados estudos de todas as possíveis limitações para a redução de peso da garrafa de 22g para 18g, bem como definidas ações que, teoricamente, pudessem solucionar essas limitações.

Esse estudo gerou um diagrama de falhas (Figura 13), onde cada etapa representa um ponto importante que foi observado durante as avaliações práticas.

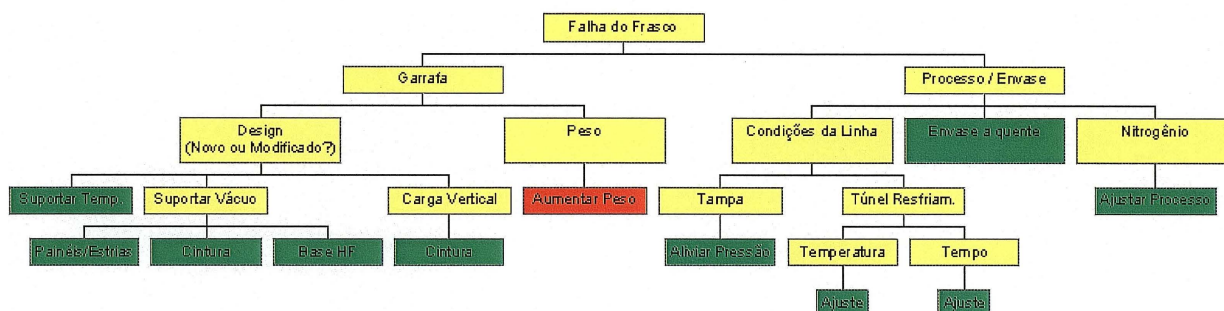


Figura 14: Diagrama de Possíveis Falhas e Limitações. Fonte: autor (2007)

Nesse diagrama, as principais limitações identificadas são: resistência à carga vertical (min. 13 kgf), resistência à temperatura de envase do produto, resistência ao vácuo produzido durante o processo de envase, resistência ao amassamento.

O design da garrafa de 22g apresentava pontos que, aparentemente fragilizam a resistência da garrafa, principalmente à carga vertical aplicada. Dessa forma, um novo design foi estudado, observando-se a inovação desejada pela área de *Marketing* e os aspectos técnicos que permitissem aumentar a resistência da garrafa. Os estudos foram conduzidos em *software* de engenharia CATIA V-5, que apresenta modelos em 3-D e cálculos matemáticos que determinam as propriedades físicas e mecânicas das propostas, permitindo avaliar virtualmente o melhor protótipo (Figura 15).

Uma garrafa possui elementos geométricos básicos que, em conjunto, compõem harmonicamente uma unidade com as características físicas e mecânicas desejadas, sem desconsiderar a apresentação visual.

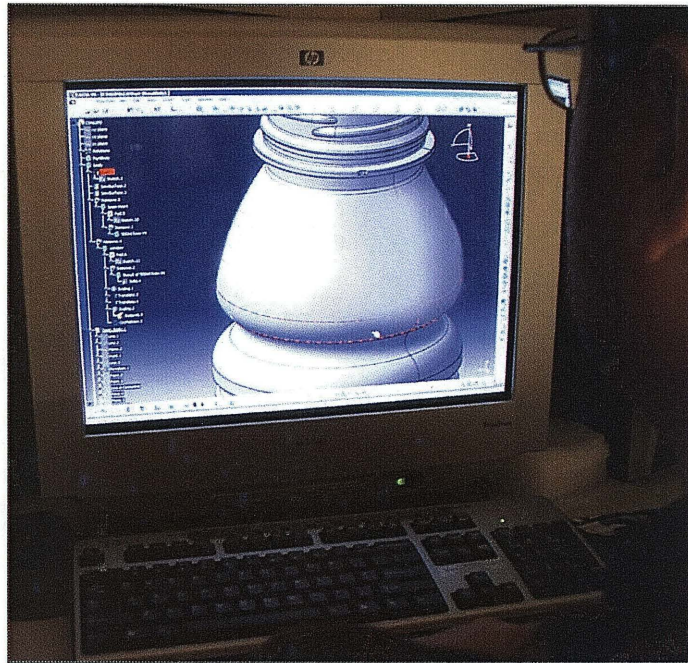


Figura 15: Tela apresenta software CATIA V-5. Fonte: Autor (2005)

Esses elementos, apresentados na Figura 16, são: ombro, pescoço, estrias, cintura, *bumper* e fundo. (SALLES, 2005).

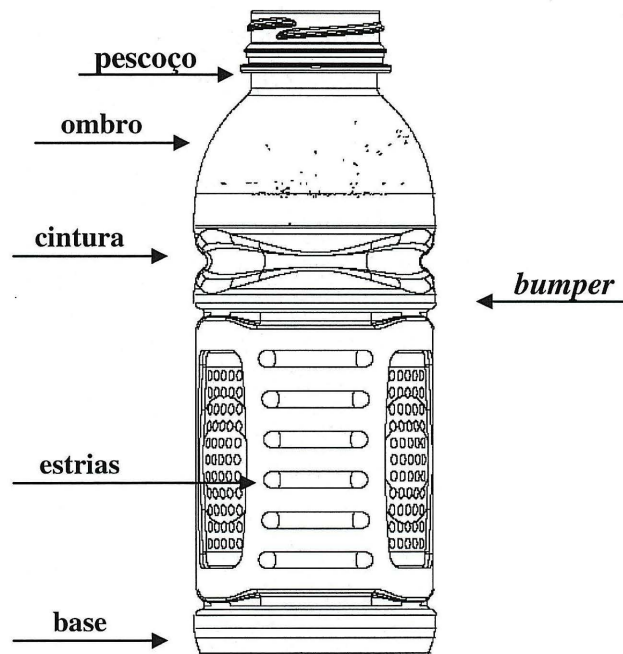


Figura 16: Elementos Básicos de uma Garrafa Pet. Fonte: Amcor (2005)

### 5.1.1. Avaliação das Propriedades Físicas e Mecânicas

De posse de um protótipo virtual, foi possível comparar as propriedades físicas e mecânicas da garrafa de 22g e da garrafa proposta de 18g, observando teoricamente quais seriam os resultados dessa nova garrafa.

Na Tabela 2, observaram-se lado a lado os parâmetros das duas versões, verificando que a nova garrafa ofereceria um ganho em resistência à carga vertical, apesar de sua massa reduzida.

Característica	Garrafa	Garrafa
	22g	18g
Peso (g)	22,0	18,0
Altura Total (mm)	203,3	200,3
Diâmetro Maior (mm)	66,25	66,25
Volume Total (ml)	524	524
Resistência carga vertical (kgf)	15,0	15,7
Corte de seções (num. de partes)	3	4

Tabela 2: Parâmetros das garrafas de 22g e 18g. Fonte: Amcor (2005)

### 5.1.2. Avaliação de Performance da Garrafa no Processo

A garrafa com 22g apresentava um percentual de perda de 0,8%, considerando deficiências na resistência à carga vertical, resistência à temperatura de envase, resistência ao vácuo e resistência ao amassamento. Estava claro que o desenho geométrico dessa garrafa apresentava possibilidades de melhoria, principalmente na relação de distanciamento das estrias e da distribuição da massa de PET durante o sopro da pré-forma. Essa observação permitia deduzir que, mesmo reduzindo o peso da garrafa, era possível aumentar os índices de resistência através de novo estudo dessa relação geométrica.

### 5.1.3. Avaliação das Etapas de Manipulação da Garrafa

Na etapa de sopro da pré-forma, alguns ajustes na haste de estiramento e na regulagem da temperatura das resistências de aquecimento seriam necessários para permitir uma melhor distribuição da massa de PET no corpo da garrafa.

As garrafas que saem da máquina de sopro, são conduzidas por esteira para um silo de armazenamento de garrafas vazias que, posteriormente, são enviadas por esteira para a máquina de envase. Esse silo tem altura de aproximadamente 5m e, as quedas das garrafas nesse silo poderiam provocar amassamentos na garrafa com menor peso.

Na esteira de transporte, que conduz as garrafas através de arraste por ar comprimido, poderíamos ter amassamento da garrafa com peso menor e espessura de parede lateral menor.

Em função da capacidade limitada do silo de armazenagem, é necessário em alguns momentos, paletizar garrafas e armazená-las em outros locais, permitindo manter um estoque pulmão de garrafas, assegurando que a falta de garrafas para alimentar a linha de envase seja remota. Essas garrafas são paletizadas em várias camadas de altura. Para a utilização na linha de envase, é necessário um despaletizador automático que, com auxílio de um braço mecânico, retira as garrafas do *pallet*, camada por camada. Com menor peso, as garrafas poderiam amassar durante esta operação. (HIRANO & DE ALMEIDA, 2001).

A lavagem da garrafa ocorre na etapa imediatamente antes do envase do produto. A máquina realiza um rápido movimento de inversão da garrafa e um jato de produto apropriado para lavagem e higienização da mesma. Assim, a garrafa poderia não resistir à pressão do jato de lavagem nesta etapa.

Na fase de enchimento, o suco concentrado é envasado à quente. Dessa forma, caso as estrias não suportassem o vácuo ocasionado pelo efeito da temperatura e aplicação de gás inerte nesta etapa, o colapso da garrafa seria inevitável. A garrafa já com o produto e tampa, passa por um túnel de resfriamento. Neste momento, pode-ser observar se as garrafas estão estáveis ou sofreram colapso devido às condições da etapa anterior.

A aplicação do rótulo é realizada por equipamento em alta velocidade (aproximadamente 24.000 garrafas por hora). A resistência lateral da garrafa é

imprescindível para permitir perfeito contato com o rolo aplicador do rótulo, garantido assim alinhamento do rótulo e colagem adequada. O menor peso da garrafa poderia dificultar essa aplicação.

O encaixotamento é realizado de maneira automática, com caixas de papelão do tipo *wrap-around* (que envolve as garrafas em conjuntos de 12 ou 24 unidades). Assim, o braço mecânico que agrupa as garrafas poderia danificá-las, caso a resistência fosse insuficiente para suportar a pressão.

#### 5.1.4. Avaliação Industrial

Previamente à avaliação industrial, um protótipo em resina é elaborado, utilizando-se uma resina especial para modelagem espacial. Esse protótipo permite a visualização física da garrafa proposta, podendo-se estudar em detalhes o design e a harmonia do conjunto.

Após os estudos preliminares, elaboração do desenho técnico e aprovação do design pela equipe de *Marketing* foram determinadas em um cronograma para as etapas necessárias à avaliação prática industrial

Uma avaliação industrial é necessária para: identificar oportunidades de melhoria no protótipo proposto; permitir envase de amostras para avaliações físico-químicas e microbiológica, além dos estudos de transporte e armazenamento.

## 5.2. CONFECÇÃO DO MOLDE DE SOPRO E AVALIAÇÃO DAS AMOSTRAS

### 5.2.1. Primeira Versão do Molde de Sopro Piloto: Avaliação das Garrafas

Um molde de sopro piloto é desenvolvido de acordo com os dimensionais estudados nas fases preliminares. Esse molde é acoplado ao equipamento de sopro e, permite a obtenção da quantidade de amostras necessárias aos primeiros testes industriais. Na primeira avaliação piloto, 1000 amostras foram necessárias.

Após avaliações em laboratório das amostras obtidas no molde de sopro piloto, verificou-se que o *design* não atende aos requisitos de resistência do processo. Em anexo, Tabela 3 com parâmetros e dados analisados.

<b>Característica</b>	<b>22g</b>	<b>18g</b>
Peso (g)	22,0	18,0
Altura Total (mm)	203,3	200,3
Diâmetro Maior (mm)	66,25	66,25
Volume Total (ml)	524,0	524,0
Resist. Carga Vertical (kgf)	15,0	13,7

Tabela 3: Folha de dados obtida durante primeira avaliação em laboratório. Fonte: autor (2005)

Devido à baixa performance da garrafa, constatada nas análises, o *design* inicialmente proposto (Figura 17) foi revisto e, uma garrafa com alterações mais conservadoras foi apresentada. O molde de sopro piloto foi alterado de acordo com os novos estudos geométricos, alterando *bumper*, cintura, estrias e altura da base.

#### 5.2.2. Segunda Versão do Molde de Sopro Piloto: Avaliação das Garrafas

Para esse teste foram utilizadas 1000 garrafas, sopradas previamente com o molde de sopro piloto ajustado. Neste teste, foi possível observar o comportamento da garrafa em todas as etapas, desde a alimentação da envasadora até o encaixotamento.

Observou-se: boa performance no trajeto de envase; dificuldades na rotulagem em função do tamanho reduzido da área disponível.

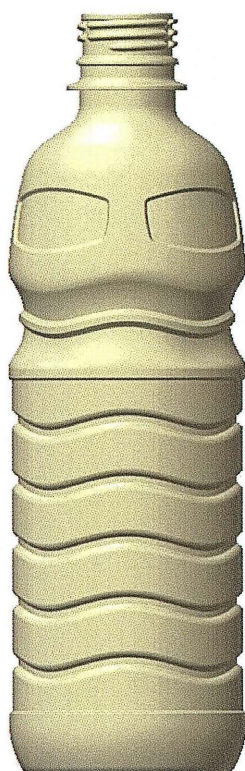


Figura 17: Novo *Design* da Garrafa Rejeitado Após Avaliação em Laboratório. Fonte: Amcor (2005)

Para sanar as deficiências apontadas no teste, foram propostas alterações na altura da área de rotulagem, bem como realizados ajustes nas dimensões do rótulo. Uma nova alteração foi realizada no molde de sopro piloto.

### 5.2.3. Terceira Versão do Molde de Sopro Piloto: Avaliação das Garrafas

Nesse último teste piloto, realizado com 3000 amostras, foi possível verificar que a garrafa apresenta ótimo comportamento em todas as etapas do processo. Foram montados 02 *pallets* para avaliação de transporte (*shipping test*) e armazenamento. Também foram coletadas amostras para avaliação de *shelf-life*, avaliação sensorial e microbiológicos, considerando uma garrafa com menor barreira à efeitos externos (menor espessura da garrafa).

Observou-se: boa performance na aplicação do rótulo; 1,5% de amassamentos, que deverá ser melhorado com ajustes na distribuição da massa no corpo da garrafa.

Após essa avaliação piloto, um teste em escala industrial foi programado, objetivando conclusão final sobre a performance da garrafa em todas as etapas do processo.

Pode-se perceber que a avaliação de um design diferenciado para compensar as oscilações de temperatura e movimentação do material foi determinante para o novo peso da garrafa. (Figura 18)

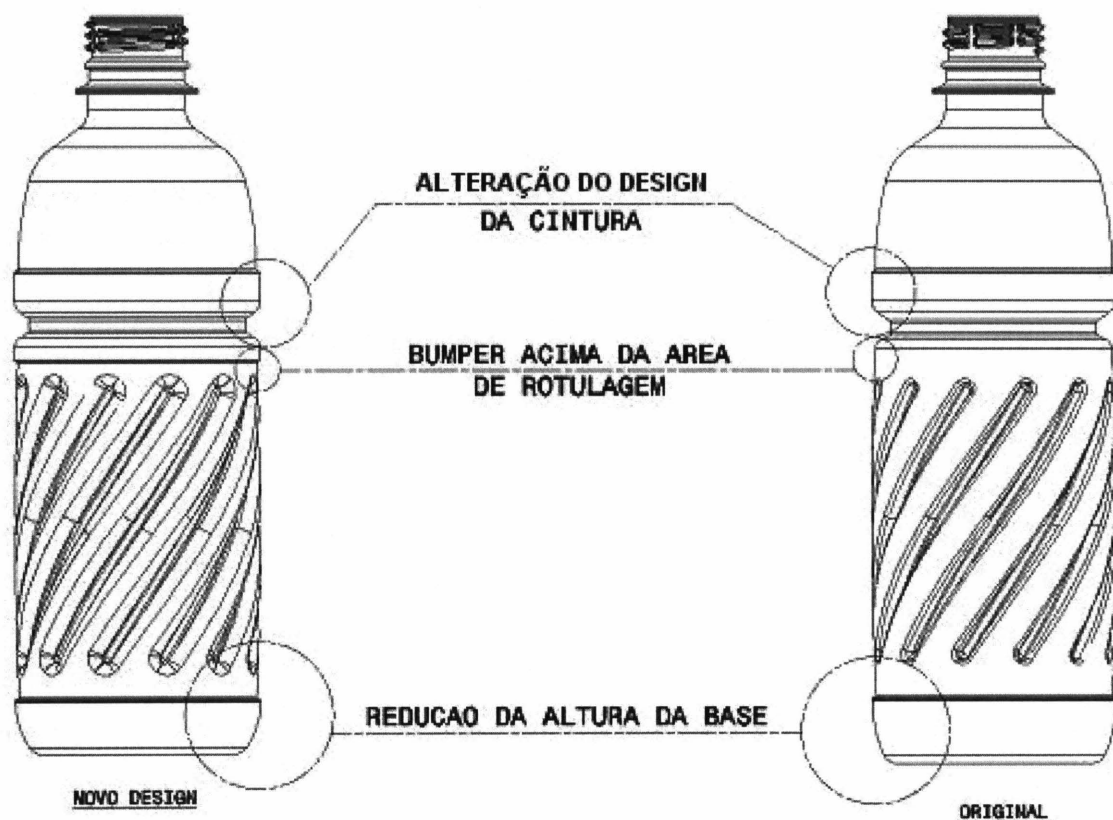


Figura 18: Comparativo entre a garrafa com 22g e a garrafa aprovada de 18g. Fonte:

Amcor (2005)

### 5.3. TESTE INDUSTRIAL PILOTO

O teste industrial piloto é fundamental para avaliação em larga escala do desempenho da nova embalagem. As melhorias propostas nas primeiras avaliações industriais serão observadas neste teste. Foram utilizadas 30.000 garrafas, permitindo avaliação por pouco mais de uma 1 hora na linha de envase. Não foram identificados problemas em nenhuma das etapas do processo e a garrafa foi finalmente aprovada.

As providências para implementação do projeto começaram a ser providenciadas.

#### 5.4. IMPLEMENTAÇÃO DO PROJETO

Na fase de implementação do projeto, algumas etapas críticas foram identificadas e devidamente monitoradas. Uma matriz de itens foi elaborada para facilitar a visualização dos pontos críticos (Figura 19).

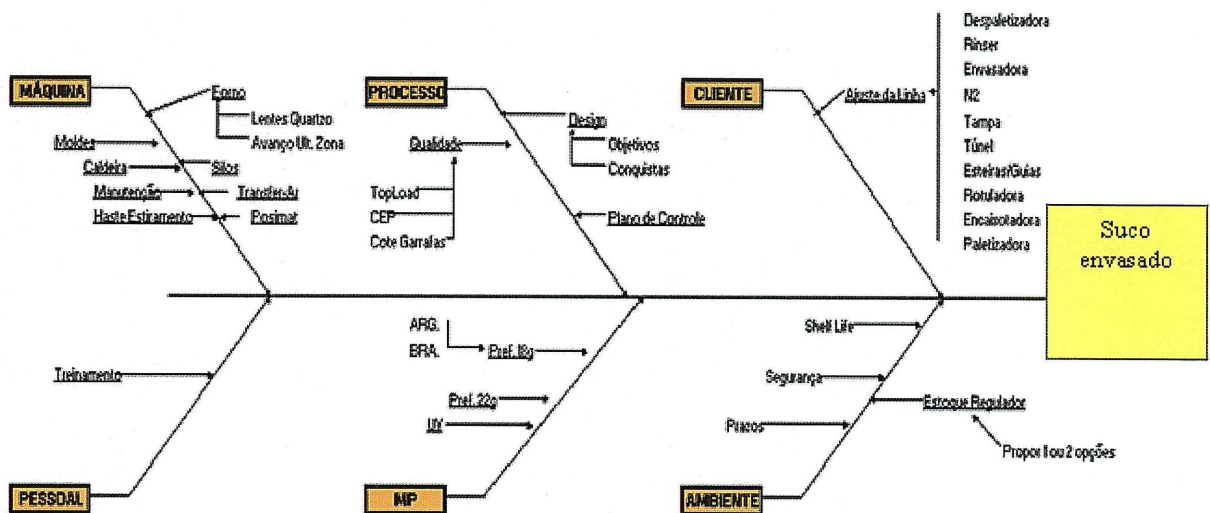


Figura 19: Matriz de implementação do Projeto. Fonte: Autor (2006)

## 5.5. MONTAGEM DOS MOLDES PARA MÁQUINA DE SOPRO

O molde piloto utilizado no teste final foi o modelo para a confecção dos demais moldes da máquina sopradora. A máquina utilizada para o sopro das garrafas tem 10 cavidades, ou seja, dez moldes são necessários para atender à configuração dessa máquina. Após a montagem dos moldes foi necessário configurar a máquina de forma que temperatura nestes moldes ficasse em torno de 125 °C. A elevação da temperatura no molde aumenta a cristalinidade e o relaxamento do material nas paredes da garrafa. Isto contribui para a estabilidade térmica da garrafa e reduz a contração durante o enchimento à quente.

## 5.6. REDIMENSIONAMENTO DE CAIXAS DE EMBARQUE E ARRANJO DE *PALLET*

A nova garrafa de 18g tem altura diferente da garrafa anterior de 22g. Dessa forma, foi necessário redimensionar as caixas de embarque. O produto apresenta-se em caixas de 12 unidades e 24 unidades. A altura de ambas as caixas foram reduzidas em 04 mm, proporcionando uma economia de consumo de papelão e consequente redução de custo.

O arranjo do *pallet* permaneceu o mesmo, uma vez que a largura e comprimento das caixas permaneceram os mesmos. A quantidade de camadas de caixa por lastro também foi mantida. Cada *pallet* comporta 152 caixas de 12 unidades ou 80 caixas de 24 unidades.

## 5.7. IMPACTO EM OUTROS MATERIAIS DE EMBALAGEM

Os materiais básicos para embalagem de suco concentrado, além da garrafa em PET são: tampa plástica, rótulo, caixa de embarque, adesivo para colagem rótulo e caixa, filme *stretch* entre outros insumos de codificação. Além da caixa de papel já comentada no item anterior, o rótulo também sofreu ajustes decorrentes das dimensões da nova garrafa. A redução foi de 01 mm na altura. Uma vez que o rótulo é comprado em bobinas e por kg, essa redução trouxe redução de consumo de material de embalagem e de custo.

#### 5.8. *START UP* DA LINHA COM A NOVA GARRAFA DE 18g

Após os ajustes na linha de sopro da nova garrafa de 18g, a realização de todos os ajustes na linha de envase e nos materiais de embalagem, estava na hora de iniciar as produções normais. O início da primeira produção foi marcada por um controle de qualidade diferenciado, aumentando-se a frequência das análises e observações das etapas do processo. Cinco amostras de garrafas já envasadas foram separadas a cada 30 minutos e durante 03 dias. Essas garrafas foram submetidas à avaliações de torque e vácuo, além de avaliação de resistência à carga vertical.

## 6. ANÁLISE DO PROJETO

### 6.1. OBSERVAÇÃO PRELIMINAR

Durante o *start-up* da linha com a nova garrafa de 18g, um acompanhamento intensivo foi realizado, objetivando coletar dados e avaliar, comparativamente com a garrafa anterior de 22g, o comportamento e resistência da nova garrafa. Os resultados foram obtidos após análise de garrafas que, após coleta na linha de envase, repousaram por 72 horas. As amostras de garrafas foram retiradas em intervalos de 30 minutos durante 3 dias de produção ininterruptos, incluindo avaliação inicial no momento zero da produção.

O principal parâmetro de controle, a resistência à carga vertical, apresentou resultados extremamente satisfatórios, sendo superior à média da garrafa anterior de 22g. Dessa maneira, o valor médio obtido para esse parâmetro foi de 15,7 kgf, contra 15 kgf da garrafa anterior.

Essa combinação (menor peso da garrafa com maior resistência à carga vertical) só foi obtida graças aos ajustes de design da garrafa, com inclusão de *bumper* e melhorias na distribuição de massa da garrafa. Uma comparação entre o desenho técnico das duas garrafas será demonstrado no Anexo A.

### 6.2. IMPACTOS DA REDUÇÃO DE PESO NO *SHELF-LIFE* DO PRODUTO

O *shelf-life* de um alimento é o seu tempo de vida útil, considerando que suas características organolépticas estejam de acordo com padrões previamente estabelecidos e que suas características físico-químicas e microbiológicas ainda permitam o consumo sem afetar a saúde do consumidor. (AIKAWA, 2003).

Para o estudo de interação entre a nova garrafa de 18g e o produto, uma minuciosa avaliação físico-química e sensorial do produto ao longo do tempo foi proposta pelos engenheiros de desenvolvimento de produto. Basicamente essa avaliação consiste em comparar o produto envasado na garrafa de 22g com o produto envasado na garrafa nova de 18g. Essa comparação foi realizada em algumas condições pré-estabelecidas.

No caso da avaliação sensorial, onde aspectos como cor, sabor, odor são avaliados com base em métodos científicos e estatísticos, três condições diferentes foram consideradas para compor a avaliação final do resultado. Em condição ambiente as garrafas foram armazenadas em local seco, com temperatura em torno de 25 °C. A avaliação foi realizada a cada 15 dias, durante todo o tempo de vida útil teórico do produto. Com o produto congelado, as garrafas foram mantidas em freezer à -15 °C. A avaliação foi realizada a cada 15 dias, durante todo o tempo de vida útil teórico do produto. Já com o produto em condições aceleradas de deterioração as garrafas foram mantidas em câmara com temperatura controlada em torno de 45 °C e umidade relativa em torno de 65%. A avaliação dessas garrafas foi realizada mensalmente, durante todo o tempo de vida útil teórico do produto.

Já para a análise físico-química, somente as amostras armazenadas em condição ambiente foram consideradas para avaliação. As análises realizadas foram: pH, teor de SO<sub>2</sub> e sensoriais.

O limite máximo de SO<sub>2</sub> permitido no produto a ser consumido é de 40 ppm. O suco de maracujá foi analisado durante toda sua vida útil e foi observada uma redução de 220ppm para 70ppm, ao final de 13 meses.

### 6.3. CÁLCULOS DE SAVINGS

A nova garrafa de 18g tem um custo 18% menor que a garrafa anterior de 22g. Dessa forma, considerando o consumo de 5 milhões de garrafas mensais e um custo referência por unidade de: R\$ 0,187 para garrafa anterior de 22g e R\$ 0,170 para a nova garrafa de 18g; houve uma redução de custo anual de R\$ 1 milhão. Na Tabela 7 seguem informações utilizadas para este cálculo.

Em função da redução de tamanho rótulo, o consumo de material de embalagem também foi reduzido, apesar do custo por kg manter-se o mesmo. Assim, neste insumo temos mais uma economia de R\$ 216.000,00 anual.

Em relação à caixa de embarque, cuja altura foi reduzida e, conseqüentemente o custo por unidade foi reduzido de R\$0,30 por unidade para R\$0,28 por unidade. A economia neste item foi de R\$ 100.000,00 por ano.

No processo tivemos uma redução do percentual de perda de 0,80% para 0,45%. Dessa forma, considerando o custo unitário por garrafa, essa redução gerou mais R\$ 44.000,00 de economia anual

No total a economia gerada pelo projeto foi de R\$ 1.380.000,00 por ano, sem afetar aspectos de qualidade do produto e melhorando substancialmente as características de resistência da embalagem PET.

<b>Garrafa</b>	<b>Custo por milheiro (R\$)</b>	<b>Volume Anual Garrafas (milheiros)</b>	<b>Custo total (R\$)</b>
22g	187,00	60.000	11.220.000,00
18g	170,00	60.000	10.200.000,00

<b>Rótulo</b>	<b>Custo por kg (R\$)</b>	<b>Consumo anual (kg)</b>	<b>Custo total (R\$)</b>
22g	18,00	240.000	4.320.000,00
18g	18,00	228.000	4.104.000,00

<b>Caixa de Embarque</b>	<b>Custo por unidade (R\$)</b>	<b>Consumo anual (kg)</b>	<b>Custo total (R\$)</b>
22g	0,30	5.000.000	1.500.000,00
18g	0,28	5.000.000	1.400.000,00

Tabela 4: Dados para cálculo de *Saving*. Fonte: Estimativa de valores do autor (2006)

#### 6.4. IMPACTO AMBIENTAL

Na sociedade contemporânea vem se acentuando cada vez o uso dos plásticos. A abundância de produtos plásticos no mundo, por outro lado, tem criado sérios problemas ambientais. A não biodegradabilidade da maioria dos plásticos e os

gases produzidos durante a incineração são algumas das dificuldades para o problema do resíduo plástico. Esse fator se contrapõe ao sucesso da indústria dos plásticos em fabricar seus produtos com propriedades funcionais magníficas. Plásticos constituem uma grande porção, especialmente no volume, dos resíduos sólidos coletados pelas municipalidades do mundo. Para diminuir os impactos ambientais desde a extração do petróleo até a sua disposição em aterros sanitários e lixões, necessita-se da formação de dados com enfoque do ciclo de vida completo, que inclui diferentes estágios tais como extração, processamento da matéria-prima, manufatura, transporte, distribuição, uso, reuso, reciclagem e disposição final.

No Brasil, o destino principal desses resíduos tem sido vazadouros, rios, manguezais, lagoas, aterros etc. Sem maiores preocupações técnicas, econômicas e ambientais, tal prática ocasiona um desperdício irracional desses materiais. Além de poluição visual, pode ocasionar deslizamentos de encostas, entupimentos de canais e valas. (BORGES, 2000).

Os plásticos se degradam muito lentamente no meio ambiente. Possuem como características a resistência a radiações, calor, ar e água. Os tipos mais encontrados no lixo urbano são: Polietileno de Alta Densidade (PEAD) – usado em embalagens para detergentes e óleos automotivos, sacolas de supermercados, garrafeiras, tampas, tambores para tintas, potes, utilidades domésticas; Polietileno de Baixa Densidade (PEBD) – sacolas para supermercados e lojas, filmes para embalar leite e outros alimentos, sacaria industrial, filmes para fraldas descartáveis, bolsa para soro medicinal, sacos de lixo etc; Polietileno Tereftalato (PET) – frascos e garrafas para uso alimentício/hospitalar, cosméticos, bandejas para microondas, filmes para áudio e

vídeo, fibras têxteis,; Policloreto de Vinila (PVC) – embalagens para água mineral, maioneses, perfis para janelas, tubulações de água e esgoto, mangueiras, embalagens para remédios, brinquedos; Polipropileno (PP) – filmes para embalagens e alimentos, embalagens industriais, cordas, tubos para água quente, fios e cabos, frascos, caixas de bebidas, autopeças, fibras para tapetes, utilidades domésticas, potes, fraldas, seringas descartáveis; Poliestireno (PS) – potes para iogurtes, sorvetes, doces, frascos, bandejas de supermercados, geladeira (parte interna das portas), pratos, tampas, aparelhos de barbear descartáveis, brinquedos etc.

No projeto em questão, a redução de peso da garrafa gera uma significativa redução do consumo de PET e, conseqüentemente, contribui para a emissão deste resíduo ao meio ambiente. Considerando-se que o peso de uma garrafa foi reduzido de 22g para 18g, temos um percentual de redução de 18%. A média anual de garrafas consumidas na empresa é de 60 milhões de unidades que, multiplicado pela massa individual de cada garrafa (22g), mostra que 1320 tons. de PET eram utilizadas para a produção dessas garrafas. Com a nova garrafa de 18g, essa massa passa a ser de 1080 tons, gerando uma excepcional redução de 240 tons. de potencial resíduo que seria descartado no meio ambiente. (LIMA, 2001).

## **7. SOLUÇÃO TECNOLÓGICA PARA SUBSTITUIÇÃO DE MATÉRIA-PRIMA NA CONFEÇÃO DE EMBALAGENS PARA GANHOS PRODUTIVOS E LOGÍSTICOS**

### **7.1. ESTUDO DE CASO PARA POTES DE MAIONESE *HELLMANN'S***

Nesse estudo de caso, apresentamos o projeto recentemente implementado da Maionese Hellmann's, cujo principal objetivo foi substituir a atual embalagem de vidro da Maionese *Hellmann's* por embalagem em PET, com menor peso e características mecânicas diferenciadas. A seu favor, o PET trouxe a vantagem do baixo peso necessário para obter-se a resistência à carga vertical desejada, dentre outras vantagens que podem ser comparadas na Tabela 8.

Para embasar o projeto e propor vantagens que justificassem o projeto, a equipe de *marketing* da Unilever realizou pesquisas com consumidor, onde apontou que fatores como o aumento número de mulheres trabalhando fora de casa e, um número crescente de crianças manuseando embalagens poderia ser a chave para propor uma mudança, retirando a “perigosa” embalagem de vidro e substituindo-a por uma embalagem inquebrável de PET.

Os aspectos financeiros apontados também motivaram a decisão da unidade de negócio, uma vez que haveriam reduções significativas em embalagem primária, embalagem secundária e custo de logística (aumento da quantidade de caixas / *pallet*).

Na parte operacional as reduções de perda durante o processo (quebra), a descomplexidade e a redução de estoque (as embalagens seriam produzidas *in-house*) deixaram claro que o projeto era atrativo em todos os aspectos avaliados.

#### 7.1.1. Histórico do Produto

A maionese foi criada em 1756 pelo *chef* francês do Duque de Richelieu. Enquanto o Duque derrotava os ingleses no Porto Mahon, o *chef* francês criava uma

festa vitoriana que incluía um molho feito de creme de ovos. Quando o *chef* percebeu que não havia mais creme na cozinha, ele improvisou substituindo-o por óleo. Nascia uma nova técnica culinária e o *chef* chamou-a de '*mahonnaise*' em homenagem a vitória do Duque.

Em 1905 um imigrante alemão, Richard Hellmann, foi aos EUA levando a receita de maionese e abriu uma *delicatessen* em Nova Iorque. A maionese ficou tão popular que começou a ser vendida em potes acondicionados em caixas de madeira.

No início, eram vendidos dois tipos de receitas e para diferenciar as duas, eles utilizavam um laço azul em uma das receitas. Como havia uma demanda muito grande pela receita 'do laço', em 1912 Hellmann batizou seu produto de 'A Maionese do Laço Azul', símbolo que acompanha até hoje a marca. Em 1962, *Hellmann's* chega ao Brasil revolucionando o mercado.

Depois de 41 anos no Brasil, a 'Verdadeira Maionese' muda seu visual e traz uma nova embalagem inquebrável, produzida em material PET, muito mais prática e segura para o consumidor. Este benefício é percebido especialmente pelos consumidores que têm filhos pequenos, pois agora podem deixá-los manusear o produto com tranquilidade. (MARTINS, 2007).

Com investimento R\$ 7 milhões e resultado de dois anos de pesquisas, a alteração de embalagem se dará nas três versões de maioneses da marca. A expectativa da marca com a alteração da embalagem é manter a posição conquistada no ano passado, quando a Maionese *Hellmann's* obteve 51,3% de participação em valor.

Desde 1994, a maionese não tinha um resultado de mercado tão expressivo. A liderança invicta de *Hellmann's* no Brasil durante quatro décadas é reflexo de vários fatores: pioneirismo da marca - *Hellmann's* foi a primeira maionese industrializada do País, qualidade do produto e o sabor incomparável da 'Verdadeira Maionese'.

Vale ressaltar que a formulação da Maionese *Hellmann's*, seu sabor e consistência não sofreram qualquer alteração.

O preço do produto também continua o mesmo, em torno de R\$ 3,90 o pote de 500g. (MARTINS, 2007).

O PET é uma grande inovação da indústria de embalagens, confirmando seu compromisso de promoção do desenvolvimento sustentável, *Hellmann's* incluiu várias ações ambientais neste lançamento como por exemplo: inclusão do símbolo de reciclagem no fundo do novo frasco, gravando o símbolo do PET na própria embalagem, facilitando a identificação do material; apoio a programas de educação ambiental, destacando conscientização em relação à reciclagem. (MARTINS, 2007).

## 7.2. DADOS ECONÔMICOS E ESTIMATIVA DE *SAVING*

Considerando-se as reduções de custo propostas tanto em material de embalagem quanto na cadeia produtiva e logística, a economia anual deste projeto gira em torno de R\$ 14 milhões, um valor significativo e que, por si só, já torna o projeto extremamente atrativo. Não pode-se esquecer que outros materiais de embalagem estão diretamente relacionados ao tamanho da mesma.

Considerando um investimento de R\$ 7 milhões declarados pela empresa, o *pay-back* do projeto é de aproximadamente 6 meses. Os dados economicos comparativos podem ser visualizados na Figura 20, onde estão, lado-a-lado, a embalagem anterior em vidro e a nova embalagem proposta em PET.

OPORTUNIDADES	VIDRO			PET		
	Consumo (milheiros / ano)	Custo (R\$/milheiro)	Custo (R\$/ano) <sup>11</sup>	Consumo (milheiros/ano)	Custo (R\$/milheiro)	Custo (R\$/ano) <sup>12</sup>
Embalagem Primária (garrafa)	200.000	160,00	32.000.000,00	200.000	110,00	22.000.000,00
Embalagem Primária (rótulo)	200.000	25,00	5.000.000,00	200.000	20,00	4.000.000,00
Embalagem Secundária (caixa corrugada)	8.333	400,00	3.333.333,33	8.333	240,00	2.000.000,00
Redução de Perdas (quebras no processo) <sup>13</sup>	16.000	160,00	2.560.000,00	8.000	110,00	880.000,00
Logística (custo por pallet - armazenagem e transporte) <sup>14</sup>	93	11.000,00	1.018.518,52	83	11.000,00	916.666,67
<b>Custos Totais</b>			<b>43.911.851,85</b>			<b>29.796.666,67</b>

Figura 20: Dados econômicos estimados para o projeto.

## 8. CONCLUSÃO

O projeto de redução de peso da garrafa foi implementado com sucesso. A garrafa de 18g já era utilizada para envase de produtos em outros segmentos, como por exemplo água mineral. O grande diferencial deste projeto e que o torna pioneiro mundial, são as características do processo de envase à quente. Nunca uma garrafa tão leve havia sido submetido à condições de envase com temperaturas superiores a 60°C.

As empresas envolvidas no projeto apresentam este projeto hoje como *show case* em suas galerias tecnológicas. O presente trabalho foi premiado no Brasil com o

prêmio Tecnobebidas 2004 e internacionalmente com o prêmio *President Award* e pela companhia aos colaboradores que participaram do projeto.

A possibilidade de re-design e as tecnologias no processo de testes e avaliações de novas matérias-primas auxiliam na exploração de tendências voltadas ao hábito de consumo da população e da preocupação com a sociedade em geral.

Além disso, a contribuição para o meio ambiente com a redução de consumo de PET é uma demonstração clara de que, o uso da tecnologia deve voltar-se também para as questões ambientais, não só gerando lucros para as empresas, mas também fortalecendo a percepção de uma vida melhor para o planeta e para as pessoas.

O conhecimento tecnológico em resinas e embalagens PET também não ficarão limitadas aos trabalhos de redução de peso das embalagens e materiais, mas poderão adentrar às zonas ainda pouco exploradas que, certamente, auxiliarão na árdua tarefa de preservar o mundo e as condições de sobrevivência dos seres que o habitam.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALABY, M.A., **O papel da embalagem na exportação**. [S.l.] : Logistech Brasil' 1988.

AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS. **Selected ASTM standards on packaging** / sponsored by ASTM Committee D-10 on Packaging. 4th Ed. Philadelphia, 1994.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **Acondicionamento e embalagem: terminologia brasileira**, TB - 77. Rio de Janeiro, 1972.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE PAPELÃO ONDULADO/INSTITUTO DE MOVIMENTAÇÃO E ARMAZENAMENTO DE MATERIAIS. **Embalagem de papelão ondulado: Manual de transporte, movimentação e armazenamento de materiais**. São Paulo : SENAI - DRD, 1993. 110p.

BACK, N. **Metodologia de projeto de produtos industriais**. Rio de Janeiro : Guanabara Dois, 1983. 389 p.

BLASS, A. **Processamento de polímeros**. 2. ed. Florianópolis : UFSC, 1988. 312 p.

BRAUN, H.G. ,MADI, L. Embalagem e o meio ambiente: realidade e tendências mundiais. In: VI CONGRESSO BRASILEIRO DE EMBALAGEM (1994 : São Paulo). **Anais...** São Paulo : ABRE, Associação Brasileira de Embalagens, 1994. p.93-96.

BUTZKE, I.C. **Auditoria ambiental**. Blumenau, 1994. Fichas de leitura.

CENTRO BRASILEIRO DA QUALIDADE, SEGURANÇA E PRODUTIVIDADE. ISO 14000 não é mais mistério. **Jornal Madeira & Cia.** , São Paulo, out. 1995. p. 25.

CHIESA, C. As novas tendências de materiais flexíveis. In: VI CONGRESSO BRASILEIRO DE EMBALAGEM (1994 : São Paulo). **Anais...** São Paulo : ABRE, Associação Brasileira de Embalagens, 1994. p.147-152.

CORDARO, V.M. Programa auto sustentável de reciclagem. In: VI CONGRESSO BRASILEIRO DE EMBALAGEM (1994 : São Paulo). **Anais...** São Paulo ABRE, Associação Brasileira de Embalagens, 1994. p.89-92.

CORTES, W. **Metodologia do valor: nova visão para o projeto da criatividade.** Multibras S.A. Eletrodomésticos, Joinville, 1995.

DISKTRANS COMERCIAL LTDA. **Movimentação de materiais..** São Paulo, 1996. Catálogo de exposição.

DOUGLAS MACHINE. **Continuous motion case packers.** Minnesota, 1996. Catalogue.

GIOSA, J.R. Reciclagem de latas de alumínio no Brasil: histórico e perspectivas. In: VI CONGRESSO BRASILEIRO DE EMBALAGEM (1994 : São Paulo). **Anais...** São Paulo : ABRE, Associação Brasileira de Embalagens, 1994. p.97-102.

GRUENWALD, G. **Como Desenvolver e Lançar um Produto Novo no Mercado.** São Paulo: Makron Books, 553 p., 1993.

GRUPO DE APOIO À NORMALIZAÇÃO AMBIENTAL. **O Brasil e a futura série ISO 14000.** Rio de Janeiro, 1994.

HANLON, J.F., **Handbook of package engineering.** 2. ed. Baskerville : McGraw-Hill, 1984.

HUTHWAITE, B. E.; SCHNEBERGER, D. **Design for Competitiveness: The Teamwork Approach To Product Development**, USA, Institute For Competitive Design, 1992.

INFOPEDIA. **Food and drug administration**. Cambridge : Softkey International Inc, 1995. 1 disco compacto : CD-ROM. INP344AE-5CD.

INFORMATIVO CETEA. Análise de ciclo de vida. Campinas: CETEA, v. 8, n. 1, jan.-fev. 1996.

INSTITUTO DE DESENHO INDUSTRIAL/MUSEU DE ARTE MODERNA. **Manual para planejamento de embalagem**. Rio de Janeiro : Atelier de Arte e Edições MG, 1976.

JURAN, J. M. **A qualidade desde o projeto**. São Paulo : Pioneira, 1992. 551 p.

MACHLINE, C.; SÁ MOTTA, I.; WEIL, K. E. et al. **Manual de administração da produção**. 2. ed. Rio de Janeiro : Fundação Getúlio Vargas, 1971. 617 p. 1. v. Cap. 5, p. 205-246: Gestão de estoque.

MANO, E.B., **Polímeros como materiais de engenharia**. São Paulo : Edgard Blücher, 1991.

MERCEDES-BENZ DO BRASIL S.A.. **Administração do transporte de carga: distribuição e acomodação da carga**. São Bernardo do Campo, 19--. Manual.

\_\_\_\_\_. **Carroçarias e equipamentos**. São Bernardo do Campo, 1994. Catálogo.

MESTRINER, F. **Design de Embalagem: Curso Básico**. São Paulo: Makron Books, 2001. il. Color.

MIYARES, B. How to profit from the forces driving packaging toward the next century. In: VI CONGRESSO BRASILEIRO DE EMBALAGEM (1994 : São Paulo). **Anais...** São Paulo : ABRE, Associação Brasileira de Embalagens, 1994. p.15-21.

MOREIRA, P.F., **Como planejar e desenvolver um sistema modular de embalagem**. Trabalho apresentado no III Logistech Brasil'90 - Conferência Nacional de Logística, Distribuição, Transportes, Embalagem e Movimentação de Materiais, São Paulo, 1990.

MOURA, R.A., BANZATO, J.M., **Embalagem: acondicionamento, unitização & containerização - Manual de movimentação de materiais**. São Paulo : IMAM, 1997. 3. v.

MOURA, R.A., **Sistemas e Técnicas de Movimentação e Armazenagem de Materiais: materials handling**. São Paulo: Câmara Brasileira do Livro, 1979.

MÜLLER, M. O impacto da estética da embalagem junto ao consumidor. In: VI CONGRESSO BRASILEIRO DE EMBALAGEM (1994 : São Paulo). **Anais...** São Paulo: ABRE, Associação Brasileira de Embalagens, 1994. p.169-170.

NORMA TÉCNICA BRASMOTOR. **Simulação laboratorial de transporte em produtos embalados: método de ensaio**, NTB 83033. Joinville, 1995.

\_\_\_\_\_. **Simulação prática de transporte em produtos embalados: método de ensaio**, NTB 83011. Joinville, 1995.

PACKAGING. Design library series. Massachusetts: Rockport Publishers, 1995.

PRIMEIRA PESQUISA SOBRE EMBALAGENS. São Paulo : DIL/Research International, 1992.

REVISTA EMBANEWS. A embalagem e o futuro. São Paulo, out. 1994. p. 32.

Tendência.

\_\_\_\_\_. A globalização das embalagens. São Paulo, ed. 16, nov. 1991. p. 18-30.

Reportagem,

\_\_\_\_\_. Balanço: sob o signo da estabilidade - Pesquisa Datamark. São Paulo, ed. 75, out. 1996. p. 30-36. Reportagem.

\_\_\_\_\_. Embaquim. São Paulo, ed. 67, fev. 1996. Anúncio.

\_\_\_\_\_. PET: menor preço. São Paulo, ed. 74, set. 1996. Resenha.

REVISTA LOGÍSTICA MODERNA. Águia: sistemas de armazenagem. São Paulo, n.39, ago. 1996. Anúncio.

REVISTA PLÁSTICO MODERNO. Mercado. São Paulo, jun. 1996, p. 4-6.

SCANIA. **Lei da balança: aspectos técnicos legais.** São Paulo, 1994.

SEAWAYS AGÊNCIA MARÍTIMA S.A.. **Relação dos contêineres Sea-Land.** São Paulo, 1996.

SEGUNDA PESQUISA SOBRE EMBALAGENS E CONSUMO. São Paulo : DIL/Research International/Alusa, 1994. p. 18-21.

SERAGINI, L. Design dá retoque final na competição. Revista Plástico Moderno, São Paulo, nov. 1994. p. 20-25. Reportagem de Marcelo Rijo Furtado.

\_\_\_\_\_. **Inteligência de embalagem para o crescimento dos negócios.** Trabalho apresentado na Logistech Brasil'88 - Conferência Nacional de Logística, Distribuição, Transportes, Embalagem e Movimentação de Materiais, São Paulo, 1988.

STARRETT IND. E COM. LTDA. **Folheto trenas e estiletes.** São Paulo, 1995. Catálogo.

UCIMA. **Directory of italian association of automatic packing and packaging machinery manufacturers: from the heart of the packaging world.** Milano, 1996.

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA MARIA. Pró-Reitoria de Pós-Graduação e Pesquisa. **Estrutura da dissertação/tese e sua apresentação gráfica.** 4 ed. Santa Maria, 1995. 48 p.

UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ. Biblioteca Central. **Normas para apresentação de trabalhos.** 3 ed. Curitiba, 1994. 8 V..