

SÉRIE ESTUDOS E DOCUMENTOS

Tendências da reciclagem de materiais na indústria automobilística

FLÁVIO DE OLIVEIRA MARQUES

LUIZ ANTONIO DE MEIRELLES

SÉRIE ESTUDOS E DOCUMENTOS

**Tendências da reciclagem de materiais na indústria
automobilística**

PRESIDÊNCIA DA REPÚBLICA

Luiz Inácio Lula da Silva

José Alencar Gomes da Silva

Vice-Presidente

MINISTÉRIO DA CIÊNCIA E TECNOLOGIA

Sérgio Rezende

Ministro da Ciência e Tecnologia

Luís Manuel Rebelo Fernandes

Secretário Executivo

Avílio Franco

Secretário de Coordenação das Unidades de Pesquisa

CETEM – CENTRO DE TECNOLOGIA MINERAL

Adão Benvindo da Luz

Diretor do CETEM

Ronaldo Luiz Correa dos Santos

Coordenador de Processos Metalúrgicos e Ambientais

Zuleica Carmen Castilhos

Coordenadora de Planejamento, Acompanhamento e Avaliação

João Alves Sampaio

Coordenador de Processos Minerais

Antônio Rodrigues de Campos

Coordenador de Apoio à Micro e Pequena Empresa

Arnaldo Alcover Neto

Coordenador de Análises Minerais

José da Silva Pessanha

Coordenador de Administração

SÉRIE ESTUDOS E DOCUMENTOS

ISSN 0103-6319 ISBN 978-85-61121-08-2

SED-71

Tendências da reciclagem de materiais na indústria automobilística

Flávio de Oliveira Marques

Engenheiro de Produção pela UERJ, M.Sc. em Engenharia de Produção pela COPPE/UFRJ. Desde 2001, vem atuando na indústria automobilística, tendo experiências de estágio na Volkswagen e na PSA Peugeot Citroen e de Engenheiro de Produto na Ford do Brasil. Atualmente, trabalha junto a Michelin Participações S.A. o interesse pela reciclagem e remanufatura vem desde a época da graduação, em 2000, e sua linha de pesquisa é voltada para o desenvolvimento sustentável de produtos e inovação tecnológica.

Luiz Antonio de Meirelles

Engenheiro de Produção pela Escola de Engenharia UFRJ, M.Sc. em Engenharia de Produção pela COPPE/UFRJ e D.Sc. em Engenharia Elétrica pela PUC-Rio. É professor da Escola Politécnica da UFRJ. Desenvolve pesquisas sobre o tópico “Tendências Tecnológicas” e colabora na orientação de teses de mestrado e doutorado sobre a tendência de Remanufatura e Reciclagem desde 1995, na COPPE/UFRJ.

CETEM/MCT

2006

SÉRIE ESTUDOS E DOCUMENTOS

Carlos César Peiter

Editor

Zuleica Castilhos

Subeditora

CONSELHO EDITORIAL

Francisco E. de Vries Lapido Loureiro (CETEM), Francisco R. C. Fernandes (CETEM), Gilson Ezequiel Ferreira (CETEM), Alfredo Ruy Barbosa (consultor), Gilberto Dias Calaes (ConDet), José Mário Coelho (CPRM), Rupen Adamian (UFRJ), Saul Barisnik Susick (UNICAMP).

A Série Estudos e documentos publica trabalhos que busquem divulgar estudos econômicos, sociais, jurídicos, de gestão e planejamento em C&T, envolvendo aspectos tecnológicos e/ou científicos relacionados à área minero-metalúrgica.

O conteúdo deste trabalho é de responsabilidade exclusiva do(s) autor(es).

Jackson de Figueiredo Neto

Coordenação editorial

Thatyana Pimentel Rodrigo de Freitas

Revisão de Provas

Maria Helena Hatschbach

Revisão

Ana Sofia Mariz

Capa, projeto gráfico e diagramação

Marques, Flávio de Oliveira

Tendências da reciclagem de materiais na indústria automobilística / Flávio Oliveira Marques, Luiz Antônio Meirelles. - Rio de Janeiro: CETEM / MCT, 2007.

98p. (Série Estudos e Documentos, 71).

1. Reciclagem de materiais automotivos. 2. Indústria Automobilística. I. Centro de Tecnologia Mineral. II. Meirelles Luiz Antônio. III. Título. IV Série

CDD – 620.112

APRESENTAÇÃO

A reciclagem é um setor industrial em plena expansão que, pela produção de matérias-primas secundárias, confere maior sustentabilidade à produção e uso dos recursos minerais, complementando a produção de matérias-primas primárias. Nesse sentido, o CETEM vem, atualmente, finalizando um amplo estudo prospectivo sobre tendências tecnológicas do Setor Mineiro-Metalúrgico, onde a reciclagem é um dos temas abordados.

O estudo de Marques e Meirelles se insere nesse tema apontando as tendências tecnológicas e ambientais ligadas ao setor automotivo, grande consumidor de materiais e gerador de sucatas de todos os tipos. Além disso, o setor automotivo tem sido objeto de estudos e desenvolvimentos Tecnológicos no CETEM nos últimos 10 anos, destacando-se: corrosão e ciclo de vida de catalisadores, reciclagem de baterias, reciclagem de plásticos automotivos e eco-design reciclagem de veículos em fim de vida.

A linha de estudos sobre eco-design e reciclagem vem sendo coordenada pela pesquisadora Heloisa Medina, que participou da banca de mestrado de Flavio Marques na COPPE/UFRJ, em dezembro de 2005, e que deu origem ao trabalho ora publicado. Nele os autores focalizam os impactos da regulamentação ambiental e das mudanças tecnológicas ligadas aos materiais e processos de produção. Mostram, ainda, como a Diretiva Européia sobre Reciclagem e Veículos de Fim de Vida, adotada em outubro de 2000, vem repercutindo na indústria automobilística nacional e aumentando a reciclabilidade dos veículos.

Carlos César Peiter
Editor

SUMÁRIO

RESUMO | ABSTRACT ▶ 7

1 | INTRODUÇÃO ▶ 9

2 | A EVOLUÇÃO DOS AUTOMÓVEIS ▶ 11

2.1 | O automóvel ▶ 11

2.2 | Concepção dos automóves ▶ 13

2.3 | Análise de Ciclo de Vida – AVC ▶ 18

2.4 | Obsolescência planejada ▶ 25

3 | A INDÚSTRIA AUTOMOBILÍSTICA: MATERIAIS MAIS UTILIZADOS ▶ 31

3.1 | Contextualização ▶ 31

3.2 | Materiais e desenvolvimento para o meio ambiente ▶ 41

3.3 | Remanufatura: uma atividade a ser desenvolvida ▶ 48

3.4 | Materiais Sustentáveis ▶ 51

3.5 | Processos de Reciclagem ▶ 57

4 | A LEGISLAÇÃO AMBIENTAL E O AVANÇO DA RECICLABILIDADE DO AUTOMÓVEL ▶ 68

4.1 | Contextualização ▶ 68

4.2 | A diretiva ambiental para veículos em final de vida – 2000/53 - EC ▶ 70

4.3 | Atingir 85% de reciclabilidade ▶ 72

4.4 | Eliminar substâncias tóxicas ▶ 75

4.5 | Marcação de 100% das peças Poliméricas ▶ 80

4.6 | Aumentar o uso de material reciclado na composição dos veículos ▶ 82

5 | CONCLUSÃO ▶ 87

6 | REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS ▶ 92

RESUMO

Em sua versão original, este trabalho foi apresentado como monografia de mestrado em Engenharia de Produção na COPPE/UFRJ em dezembro de 2005. Em forma de livro, o trabalho foca o estudo de caso realizado em uma montadora no Brasil e compara o avanço da reciclabilidade do automóvel face as legislações ambientais européias e seus reflexos no Brasil.

Assim, as ações voltadas para o cumprimento da diretiva ambiental 2000/53/EU foram retratadas através do acompanhamento das atividades do departamento de desenvolvimento de produtos de uma das maiores montadoras de automóveis mundial instalada no Brasil.

Procurou-se, também, identificar as motivações que levaram essa montadora a cumprir tais determinações legais no Brasil, uma vez que essa legislação é válida apenas para os países membros da Comunidade Européia. Indo além, o trabalho descreve a aplicação prática de alguns conceitos teóricos relativos ao tema levantados ao longo da pesquisa bibliográfica.

Ao final do trabalho foi proposto um futuro desdobramento do mesmo, aprofundando-se o desenvolvimento de projetos voltados para o meio ambiente na indústria automobilística, tendo três pilares em equilíbrio: Econômico, Tecnológico e o Ambiental.

Palavras-chave: Reciclagem, Indústria Automobilística e Legislações Ambientais

ABSTRACT

This paper is based on Marques Master thesis research, presented at COPPE/UFRJ in December 2005, on the performance of the automobile sector in face of the enforcement of an environmental directive on End of Life vehicles 2000/53/EU. This book focus the case study conducted in a Brazilian automotive plant and compares the advances on car recyclability promoted by the European Directive and its impacts in Brazil.

The actions and activities aiming at obeying the environmental directive 2000/53/EU, were studied while accompanying the development of products in one of the largest world car manufacturers established in Brazil.

It also presents the motivations that led this car manufacturer to carry out such directive, once it is valid only for the countries members of the European Union. And besides, this work describes the practical application of some theoretical concepts concerning the subject, which came out during the bibliographic research.

It is proposed, at the end of the work, a future continuation of it, and it is mentioned that the success of the development concerning the environment in the automotive industry is a consequence of the balance of three factors: Economic, Technological and Environmental.

Keywords: Recycling, Automobile Industry, Environmental Legislation

1 | INTRODUÇÃO

A partir do final da década de setenta, começaram a surgir as primeiras preocupações com a preservação do meio-ambiente levando, assim, à elaboração de legislações ambientais em alguns países europeus. Pode-se constatar uma grande evolução entre as primeiras diretivas ambientais e as que vigoram hoje em dia, principalmente pela mudança da abordagem dada aos sistemas de produção. Antigamente, o foco estava centrado somente no final dos processos produtivos, e, atualmente, abordam-se as questões ambientais desde as primeiras fases de concepção dos produtos. É nesse cenário atual de máxima conscientização ambiental que a indústria automobilística, mais uma vez, surge como foco das atenções. O Estado da Arte e da Técnica em termos de legislações ambientais voltados para bens duráveis é aplicado a essa indústria. Os países membros da União Européia exigem que os fabricantes de veículos recebam, de volta do mercado, os veículos por eles produzidos, que não apresentem mais condições de operação. Em outras palavras, os veículos, em final de vida útil, são devolvidos aos seus fabricantes e estes realizam a destinação final adequada.

Somente na União Européia, segundo a própria diretiva ambiental em vigor (2000/53/EC), aproximadamente 9 milhões de toneladas de resíduos são geradas em função da destinação dos veículos em final de vida. Esse número é considerado bastante expressivo, uma vez que as montadoras tornaram-se responsáveis pela administração desse passivo. A administração dos volumes de resíduos representa um custo adicional aos sistemas produtivos das montadoras, já que estes não estavam, até então, preparados para nenhuma das fases do ciclo de vida dos seus produtos posterior à produção.

Sendo assim, a minimização da geração de resíduos associados aos veículos que são descartados passa a ser uma questão central, a qual só é possível ser realizada através da adoção de medidas de adequação ao novo contexto de legislações e de mudanças de abordagem na atividade de desenvolvimento de novos automóveis. Além disso, aos novos projetos deverão ser incorporados os

atributos ambientais voltados para a reciclagem de materiais e remanufatura de componentes, além das alterações em peças e componentes que permitam a incorporação de materiais reciclados oriundos dos veículos que foram descartados.

Dessa forma, as questões ambientais assumem um papel de relevância no que diz respeito ao desenvolvimento de novos produtos automobilísticos, passando a ter um valor tão importante quanto o de outros aspectos, como segurança, estética, desempenho, etc. A Engenharia de Produção passa a desempenhar uma atividade centralizadora de funções, pois as mudanças necessárias para a adequação dos novos veículos envolvem diversas áreas dentro de uma equipe responsável pelo desenvolvimento de um veículo. Cabe ao profissional da Engenharia de Produção, não só traçar objetivos que sejam claramente condizentes com as metas de custos e que atendam aos prazos estabelecidos para o lançamento de um novo produto, mas também respeitar os objetivos preconizados pelas diretivas ambientais. No Brasil, essas atividades ainda se encontram em fase inicial entre os engenheiros de produção.

2 | A EVOLUÇÃO DOS AUTOMÓVEIS

2.1 | O automóvel

É difícil responder a pergunta sobre quem projetou ou desenvolveu o primeiro automóvel. Assim como a humanidade, o automóvel é fruto de um processo evolutivo, tendo como seu antecessor o carro puxado a cavalos, as carroças, e depois a motorização através do motor a vapor e, em seqüência, os motores a combustão interna, os quais são até hoje utilizados em nossos veículos.

Segundo Giucci (2004), entre 1860 e 1890 diversas experiências isoladas em toda a Europa e nos EUA deram enorme contribuição para o aparecimento de algo muito semelhante ao automóvel que se conhece atualmente. Dentre essas experiências, está a construção de um pequeno carro movido por um motor a vapor, construído por Siegfried Markus, em Viena, em 1874. Várias outras tentativas de se aprimorar o automóvel iam surgindo, assim como novas descobertas caminhavam em paralelo com a busca do aprimoramento do deslocamento via serviços de mobilidade. A vários ramos da ciência foram atribuídas descobertas diversas, e não havia dúvidas de que, o automóvel se tornaria essencial para a humanidade, como é nos dias de hoje.

Diversas experiências bem sucedidas contribuíram para a criação do automóvel, faltava apenas reunir tudo isso em um único produto. Gottlieb Daimler e Karl Benz, cada um a seu modo, utilizaram um novo combustível, a gasolina, para alimentar seu novo motor e, em 1885, Karl Benz adaptou um motor de 4 tempos alimentado por gasolina e o instalou na parte de trás de um triciclo. Duas características desse veículo persistem até hoje: a válvula de haste curta e o sistema de refrigeração à água (a água não circulava, ficava armazenada num compartimento) que tinha de ser constantemente abastecido para manter-se cheio e compensar as perdas por ebulição. Assim, segundo Giucci (2004), surgia, o pai do automóvel, o alemão Karl Benz que, em 1887, iniciou a venda de um veículo de três rodas, colocando pioneiramente à disposição da sociedade o

veículo que mais tarde iria modificar todos os conceitos de mobilidade até então conhecidos pelo ser humano.

Em 1902, surge a primeira fábrica de carros nos EUA, a Dureya Motor Wagon Company, de Illinois, de propriedade dos irmãos Dureya. É, também, nessa época que Henry Ford desenvolve o seu quadriciclo motorizado a partir de um motor de 2 cilindros e 4 cv de potência. Desde esse momento até os dias de hoje, e principalmente no século passado, a indústria automobilística é um agente responsável por grandes investimentos industriais, geração de renda e principalmente provedora de empregos. Ao longo do último século, essa indústria passou por diversas mudanças e uma série de evoluções. Passou-se, por exemplo, da produção artesanal, onde os veículos eram fabricados sob encomenda, manualmente, tendo suas peças feitas dedicadamente para cada unidade fabricada, para o sistema de produção em série de Henry Ford, cujo idealizador é lembrado até hoje como pai da produção em série e da linha de montagem. Ford revolucionou a noção de linha de montagem, tornando-a ininterrupta e introduzindo a esteira transportadora, que determina o ritmo das operações de forma intermitente. Isso obrigava uma elaboração e planejamento da produção muito mais acurado, pois as linhas que estavam perpendiculares à esteira principal, onde o chassi do automóvel seguia sendo montado a cada etapa, não podiam interromper o fornecimento de peças. A montagem do automóvel se tornou uma seqüência, onde todas as operações estavam sincronizadas, as esteiras ditavam o ritmo e a cadência da produção, de modo que, a cada curto intervalo de tempo, um automóvel era ejetado da linha de montagem pronto para ser enviado para as revendas. E segundo Ford (1922), em 1927 o complexo industrial de River Rouge contava com 75.000 trabalhadores, os quais produziam 6 mil automóveis por dia, um carro a cada 45 segundos.

Em um novo surto de evolução, surge a indústria automobilística japonesa. Os japoneses, que viviam um momento de pós-guerra, com seus parques industriais falidos, desenvolveram técnicas de produção e ferramentas de gestão que maximizaram suas ca-

pacidades produtivas. Foram desenvolvidas ferramentas como o sistema Toyota de Produção, e logo a seguir vieram o KANBAN e o sistema de produção JUST-IN-TIME. A grande comprovação do sucesso dessas ferramentas se deu durante a crise do petróleo na década de 70, quando os consumidores demandavam veículos que consumissem menos combustível. O modelo do Toyota Corolla tornou-se o carro mais vendido entre a classe média dos Estados Unidos, no início dos anos 70, até então dominada pelas três grandes – Ford, Chrysler e General Motors. O sucesso dessas ferramentas foi provado quando, em meio a uma grande demanda, foi possível atender ao mercado de maneira eficiente e com produtos com qualidade.

Chegando aos dias atuais, segundo palavras de Medina e Gomes (2002) “... até chegar ao que é hoje, um produto inovador o automóvel passou de herói a vilão do ponto de vista ambiental. Herói, em seus primeiros 70 anos como solução tecnológica arrojada, transporte rápido, ágil e seguro. Vilão, pois nos últimos 30 anos, é responsável pela degradação ambiental do planeta.”

2.2 | Concepção dos automóveis

Segundo suas próprias palavras em: Ford (1922)

“... Eu irei construir um carro para as grandes multidões. Ele será grande o suficiente para a família, mas pequeno o bastante para que um indivíduo possa operar e cuidar. Será construído com os melhores materiais, pelos melhores homens disponíveis, segundo os projetos mais simples desenvolvidos pela engenharia moderna. Mas terá um preço tão baixo que nenhum homem que receba um bom salário não seja capaz de possuir um, e assim desfrutar, com sua família das belezas da natureza”.

Desde o início do século xx até hoje, os conceitos e metodologias de projeto de um veículo mudaram bastante. Da invenção da produção em série com a padronização dos produtos, até hoje, quando se busca, ao máximo, a diferenciação dos veículos, houve uma grande evolução. Do ponto de vista técnico, as inovações conti-

nuam surpreendendo a todos. Temos hoje carros cada vez mais econômicos e menos poluentes. Pelo lado estético, o apelo visual é cada vez mais cativante e futurista. Ao longo deste trabalho serão mostrados os princípios de concepção de autos, a questão ambiental nos novos materiais entrantes, as diversas variações de demanda por parte dos consumidores, os avanços das legislações ambientais, muitas vezes questionadas, e os impactos da preocupação ambiental nos processos produtivos.

2.2.1 | A CONCEPÇÃO DE UM VEÍCULO

A concepção de muitos produtos, segundo Baxter (1998), surge através da identificação de uma demanda de mercado por um determinado serviço ou produto. A partir dessa detecção, é iniciado um processo de geração de idéias no sentido de atender a essa carência de mercado. Muitas das idéias e tentativas de criação de um produto são frustradas por aspectos técnicos, econômicos e legais que se tornam determinante na etapa inicial de qualquer projeto.

Em relação aos automóveis não é diferente, inicia-se o processo de desenvolvimento de um carro através da elaboração de um plano de ciclo de vida do produto, onde é determinada uma faixa de mercado em que se atuará e quais os requisitos que esse novo veículo deverá atender. Em outras palavras: como um novo carro deverá atender aos consumidores de determinada classe econômica, com um determinado apelo visual, sendo líder em sua categoria em aspectos como consumo, conforto interno, manutenção, ruído etc. Essas necessidades são levantadas em um trabalho conjunto das áreas de Marketing, Vendas e Planejamento do Produto. Um plano de ciclo de produto também tem como função determinar quais as tecnologias que deverão ser empregadas, por quanto tempo o novo veículo permanecerá no mercado e quantas serão as modificações ao longo do seu ciclo de vida que prolongarão sua presença no mercado.

Uma vez definido o segmento de mercado em que se pretende atuar, é necessário definir como será feita essa abordagem. Elaborase, então, o plano estratégico de negócios, no qual será feito um

levantamento do comportamento dos competidores que atuam nesse mesmo segmento de mercado, seus produtos e suas estratégias. E também, as legislações existentes, tendências de consumo e das tecnologias aplicadas pelos concorrentes.

Compiladas as informações dos anseios e expectativas emanadas do novo mercado consumidor que se deseja atingir e somadas com os requerimentos legais e normativos que regulam sua atuação, desenvolve-se a conceituação do veículo que irá atender a esse mercado. Conforme ilustra a Figura 1, são 14 os atributos usados na divisão de conceituação / projeto de um veículo. Cada um desses atributos deverá ser conceituado para atender às demandas levantadas no Plano de Ciclo de Vida do Produto. O resultado do somatório desse conjunto de tentativas de suportar essas demandas é a geração de diferentes carros conceito, que serão avaliados e no final somente um será produzido.

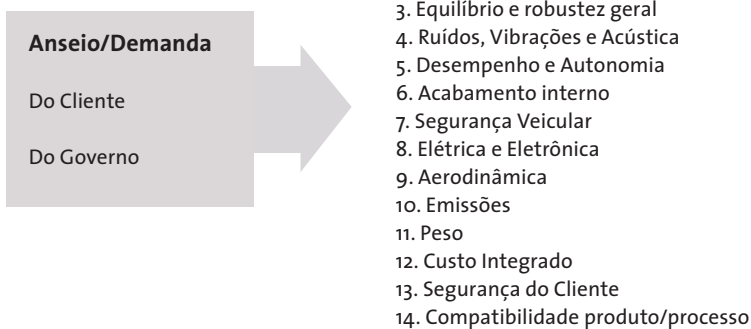


FIGURA 1: Adequação das demandas para os atributos internos da empresa.

A escolha do carro conceito que se tornará um projeto e posteriormente um veículo é dada através de um somatório de todas as informações coletadas no Plano Estratégico e de Negócios, incluindo a avaliação de lucratividade de mercado e análise do preço de venda do veículo de referência do segmento de mercado. Assim,

determina-se o custo máximo do carro conceito a ser selecionado para se ter uma maior lucratividade. Uma melhor visualização dessa equação pode ser feita na Figura 2.

$$\text{Preço de Mercado} - \text{Margem de Lucro} = \text{Custo Aceitável do Projeto}$$

FIGURA 2: Equação básica para partida de um projeto.

A partir desse ponto, inicia-se o projeto do novo veículo, onde todas as áreas de engenharia que compõem o time de desenvolvimento de produto trabalharão voltados para os conceitos previamente estabelecidos no carro conceito.

2.2.2 | O DESENVOLVIMENTO DE AUTOS E MEIO AMBIENTE

Traçando um paralelo entre o perfil do mercado de automóveis do início do século XX e o atual, constata-se que a mudança desse mercado, em termos de anseios dos consumidores, foi radical. Por exemplo, segundo Manzini e Vezzoli (2002), " ... um veículo projetado hoje deverá ter agregado a sua concepção não só os quesitos necessários para sua utilização ao longo de sua vida útil, mas também deverá ser previsto o destino de cada componente quando da sua inutilização, no seu final de vida útil ...". Isso não acontecia no início do século passado, quando os consumidores, em sua maioria, buscavam no automóvel, apenas um meio de locomoção individual.

De forma comparativa entre diversos seguimentos industriais Medina (2003) constata que:

" ... empresas, tanto do setor automobilístico como de eletrodomésticos e computadores têm sido conduzidas a conceber produtos de menor impacto ambiental. Novos produtos passam a ser tão mais eficientes, quanto mais permitirem uma recuperação e uso racional de materiais e energia, assim como o reaproveitamento de seus componentes. Passa-se, assim, a projetar não só o produto, mas o chamado sistema-produto, considerando todo o ciclo de vida do produto ...".

Dessa forma vemos surgir um conjunto de novas formas, métodos e instrumentos de desenvolvimento de projetos que chamamos de eco-design ou DFE (Design for Environment), ou seja, uma abordagem que integra o componente ambiental na concepção de novos produtos. Inclui-se nessa nova abordagem ferramentas como o DFA/DFD (Design for Assembly and Dissassembly), DFR (Design for Recycling). Ao longo deste trabalho, a ferramenta Eco-Design será descrita de forma mais detalhada. A tabela 1 apresenta essas ferramentas e práticas de ações:

TABELA 1: Ferramentas de Eco-Design.

Atividade	Prática	Principais Ações
DFA/DFD (Design para Montagem/Desmontagem)	<ul style="list-style-type: none"> ▶ Facilitar a identificação dos componentes ▶ Design para reposição ▶ Projetar para o reuso 	<ul style="list-style-type: none"> ▶ reduzir o tamanho das peças para facilitar o manuseio ▶ evitar colas, adesivos e soldas desnecessários ▶ facilitar a troca de componentes de vida curta ▶ facilitar a limpeza dos componentes ▶ facilitar o teste dos componentes
DFR (Design para Recycling)	<ul style="list-style-type: none"> ▶ Design para separação de material para reciclagem ▶ Reduzir o número de partes ▶ Evitar materiais compostos 	<ul style="list-style-type: none"> ▶ usar materiais compatíveis ▶ identificação dos materiais constituintes de peças poliméricas ▶ redução das variedades de materiais ▶ usar materiais reciclados ▶ evitar partes de metal inseridos em peças de plástico

Fonte: Adaptado de OLIVEIRA, (2000).

Em relação aos automóveis, esses novos métodos de concepção de produtos e as novas formas de projetar já fazem parte do processo de concepção veicular. E a inclusão de mais um atributo junto aos

14 já existentes passa a ser uma realidade no dia-a-dia das equipes de projeto e inovação tecnológica das montadoras.

As montadoras sabem que, de agora em diante, é preciso inovar sempre para produzir de forma “mais limpa”, utilizando materiais e métodos menos poluentes e, além de tudo, recicláveis. Essa inovação por sua vez, segundo Behitz (1999) apud Oliveira (2000), pode variar desde o emprego de tecnologia completamente nova até a seleção e combinação de princípios conhecidos em diferentes graus. Portanto, para esse autor, o projeto é original, quando envolve inovações muito radicais, adaptativos, quando implica em ajuste de sistemas já conhecidos, ou ainda rotineiro, quando apresenta apenas uma melhoria do produto, por alterações morfológicas ou em seus componentes e materiais. Em qualquer dos níveis dessas mudanças ou tipos de projetos, pode-se encontrar a variável ambiental pela redução de materiais ou energia contida e/ou a melhoria da reciclabilidade do produto final.

2.3 | Análise do Ciclo de Vida – ACV

A análise de ciclo de vida, ACV, pode ser brevemente descrita como um estudo do balanço de energia e massa, através do qual são identificados os impactos ambientais associados a todas as etapas envolvidas com o produto ou serviço: desde suas concepção até o seu destino final. Inclui-se, também, o planejamento do produto, a extração de matérias-primas, os gastos energéticos, transformações industriais, montagem e fabricação, transporte do produto, utilização e descarte. Segundo Medina e Naveiro (2000), não é apenas o produto final que conta, mas todo o sistema projeto / produção / produto, que consome energia e materiais em larga escala, afetando com impactos diretos e indiretos o meio ambiente, a vida das pessoas e a economia local.

O uso da análise do ciclo de vida é uma forma de se tentar avaliar todos os possíveis impactos ambientais causados por um produto e por sua cadeia produtiva, compreendida desde a extração de matérias-primas até o destino final do produto pós-consumo. Ainda

segundo Medina (2003), um estudo de LCA desenvolve-se esquematicamente em três partes:

- ▶ identificação e mensuração da energia e matérias-primas empregadas na fabricação do produto, bem como das emissões de poluentes para o meio ambiente na produção, uso e disposição final do produto;
- ▶ avaliação dos danos ambientais que o uso de energia e dos materiais causam ao meio ambiente;
- ▶ identificação de melhorias possíveis dos sistemas produtivos e de reciclagem ou descarte final que levem à otimização do desempenho ambiental do produto.

As duas primeiras etapas são a base para geração de informações e dados para a avaliação da sustentabilidade de um novo produto, e a terceira utiliza essas informações para propor melhorias focando a sustentabilidade do produto. Contudo, a Acv é um método bastante complexo, pois requer uma grande quantidade de informações que, muitas das vezes, não está disponível para empresas ou acessível em algum banco de dados. Como bem apresenta Chebebe (2002), a Acv passará por cinco fases da vida de qualquer produto, sendo elas:

- ▶ extração mineral e produção de materiais;
- ▶ tratamento de materiais e fabricação de peças e produtos;
- ▶ distribuição e venda;
- ▶ uso e consumo;
- ▶ descarte ou reciclagem.

Esses cinco estágios englobam todo o ciclo de vida de um produto, da pré-manufatura à remanufatura. Observamos que, a Acv se faz presente na seleção dos materiais, quando ainda na concepção de um novo modelo, onde os diversos materiais possíveis para uso automotivo são escolhidos para as peças e os sistemas. São considerados quesitos de escolha, a reciclabilidade de um material, os impactos causados pelo seu descarte e sua compatibilidade com outros compostos. A aplicação da Acv pela indústria automobilística acontece, exatamente, porque o automóvel

é um produto com fases de projeto e produção bem definidos, assim como o consumo é padronizado quanto a materiais e processos de fabricação.

Passa-se então a ter meios de se projetar todo o ciclo de vida do veículo, conhecido também “do berço à reencarnação” fazendo uso da Acv, onde se busca fechar o ciclo de vida do produto prevendo a reintrodução, como matéria prima secundária, de toda ou parte da matéria prima extraída, no início do ciclo, diretamente da natureza. A recuperação da energia contida nos materiais e/ou o descarte de materiais biodegradáveis, que podem ser reabsorvidos pela natureza sem prejuízo do eco-sistema, já podem ser considerados satisfatórios do ponto de vista maior dessa abordagem que é minimizar os impactos ambientais de toda a atividade industrial. Nos diversos seguimentos da cadeia de fornecedores, já existem programas voltados para o reaproveitamento de materiais não utilizados no processo produtivo.

2.3.1 | ANÁLISE DO CICLO DE VIDA E DESIGN FOR ENVIRONMENT

A questão da reciclagem surge de maneira pertinente, uma vez que o fechamento do ciclo de vida de um automóvel deverá incluir a destinação final (remanufatura ou reciclagem) de seus componentes. Para se alcançar esse objetivo, duas ferramentas são usadas em conjunto: a Análise do Ciclo de Vida e o Design para o Meio Ambiente (Design for Environment - DFE). Apesar de ambas as ferramentas terem em comuns conceitos básicos, elas diferem na sua utilização, como será visto a seguir.

A Acv possui uma relação bastante estreita com o trabalho de geração de informações relativas à produção e uso de diversos materiais, dessa forma sua aplicação em produtos como o automóvel é facilitada. Acv é uma metodologia para análises ambientais comparativas que determina quanto um produto/ material consome de energia a mais que outro, e também mensura o impacto ambiental gerado ao longo das 5 (cinco) fases citadas por CHEBEBE (2002) no item 1.3. Tais resultados, provenientes de uma Análise do Ciclo de Vida, são bastante utilizados para gerar informações ambien-

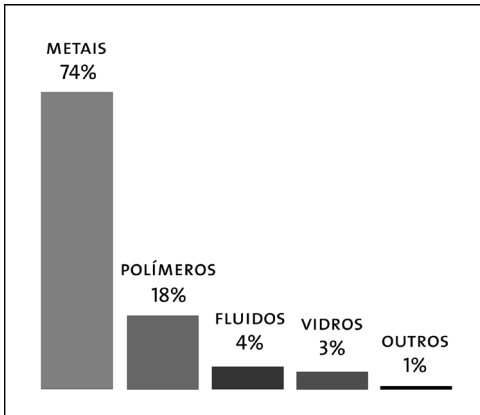
tais sobre um determinado produto que devem ser apresentadas à sociedade e aos órgãos ambientais.

É importante notar que a ACV não aborda questões ligadas a custos financeiros, portanto, a tomada de decisões relacionadas ao uso de um material fazendo-se uso apenas de dados ambientais, não é uma prática aconselhável. Com isso, surge a questão da aplicabilidade do DFE, que conjuga tanto questões técnicas/ambientais quanto as questões econômicas. Isso é possível uma vez que o DFE atuando no design de um produto usa as informações geradas pela ACV e as conjuga com dados relacionados à fabricação e montagem, tendo dessa forma uma visão global de todo o produto. DFE pode ter sua aplicação limitada quando utilizado para mensurar o impacto causado pela introdução de novos materiais em produtos já em fabricação, ou seja, o DFE não é flexível o bastante para mensurar um ganho ambiental em um produto que não teve na sua concepção um estudo de ACV.

2.3.2 | O CICLO DE VIDA DO AUTOMÓVEL

Até o começo dos anos 90, acreditava-se que o ciclo de vida de um automóvel se iniciasse em sua fase de concepção e design e tivesse seu fim decretado quando ele fosse descartado. Esse conceito ainda poderia ser considerado verdade, mas com o avanço das legislações ambientais estendeu-se o ciclo de vida do automóvel até a reincorporação de materiais/peças, novamente, na cadeia produtiva. Ou seja, a fase de reciclagem passou a ser incorporada ao ciclo de vida do veículo.

Segundo SCHIMIDT (2004), atualmente, um veículo é constituído de cerca de 30.000 peças, podendo chegar a até 50.000 em determinados modelos, conforme relatos levantados pelo autor, sendo os materiais constituintes de maior representatividade o aço, o ferro fundido, os plásticos e as ligas não-metálicas. Esses materiais supracitados correspondem a mais de 90% da composição dos veículos, conforme o Gráfico 1.



Fonte: Adaptado de SCHMIDT (2004) .

GRÁFICO 1: Composição de um automóvel por tipo de materiais.

Uma tendência percebida praticamente em todos os fabricantes é a opção pelo uso de materiais mais leves, como os polímeros (plásticos em geral) e o alumínio e suas ligas. Em consequência dessa adoção de materiais mais leve, observou-se uma clara redução do peso do automóvel, dos anos 50 até hoje. Pode-se perceber uma redução de cerca de 50% em média no peso dos autos conforme a Tabela 2.

TABELA 2: Peso dos automóveis.

	Anos 50 kg	Anos 90 kg	Anos 00 kg
Aço	1373	831	510
Zinco	25	10	15
Borracha	85	61	64
Vidro	54	38	31
Chumbo	23	15	11
Cobre	25	22	12
Fluidos	96	81	48
Ferro	220	207	150
Alumínio	0	68	77
Plásticos	0	101	150
Total	1901	1434	1070

Fonte: Adaptado de KIPERSTOK (2000) .

Conforme observamos, as quantidades de aço e ferro diminuíram, sensivelmente, entre os anos 50 e 90. Já nos projetos mais recentes, observamos uma redução de mais de 50% do uso de aço e suas ligas. Já o alumínio e os polímeros passam da condição de não utilizado nos anos 50, para um estado de inovação nos últimos anos. Pode-se ver que as questões ambientais passam a influenciar os materiais usados na indústria automobilística também em função da reciclabilidade dos mesmos. O aço pode ser reciclado com facilidade, mas não apresenta tanto valor no mercado reciclado quanto o alumínio. Ambos podem ser usados em parte nas mesmas funções do material original. Já no caso dos polímeros, isto dificilmente acontece, uma vez que os plásticos em geral perdem muitas de suas propriedades ao passarem por um processo de reciclagem. A utilização de polímeros será discutida com mais detalhes no desenvolver do trabalho, mas neste ponto de nosso trabalho é pertinente observar que, se por um lado, o aumento da utilização de

plásticos reduz o peso do veículo contribuindo para a redução do consumo de combustíveis e conseqüentemente de emissões de CO₂ responsáveis pelo efeito estufa, por outro lado, os plásticos automotivos são um problema ambiental, uma vez que mesmo recicláveis em sua maioria, acabam não sendo reciclados por inviabilidade econômica.

Para atender à demanda por matérias-primas, uma grande cadeia de suprimento se faz necessária e grandes volumes de minério de ferro e petróleo necessitam ser extraídos e processados. A extração dessas matérias brutas envolve geralmente enorme movimentação e processamento de terra e rochas, fazendo uso intenso de energia e causando danos ao meio ambiente. No caso de petróleo, que leva milhões de anos para se formar, estamos a cada novo poço descoberto indo a maiores profundidades buscar esse recurso, o que encarece o custo desse combustível. Segundo Chehebe (2002), 80% da energia que é consumida no ciclo de vida de um automóvel é gasta na sua utilização, ou seja, fazendo uso de combustíveis fósseis, um recurso não renovável.

Entendemos como recurso não renovável aquele cujo ciclo de renovação leva alguns milhões de anos, muito além da breve existência humana. Além disso, esses materiais, como os minerais, existem no subsolo em quantidade finita. Uma vez exaurido o potencial das minas existentes, ou eventualmente as que venham a ser descobertas, essa matéria prima só estará disponível através de reciclagem. Já as matérias primas renováveis, que são aquelas de origem animal ou vegetal, podem ser produzidas através de criação ou plantio. Mas, normalmente, não se considera nessas matérias primas renováveis a dependência de outras matérias primas não renováveis para sua produção. Por exemplo, ao se considerar a cana de açúcar uma matéria renovável, normalmente não é lembrado o emprego de fertilizantes, pesticidas, máquinas agrícolas e o respectivo consumo de petróleo necessário para operacionalizar os processos de plantio e transformação.

2.4 | Obsolescência planejada

A seguir, apresentaremos um resumo comentado do trabalho de mestrado de Abreu (1994), “ Uma análise crítica do conceito de obsolescência planejada”, conceito esse que julgamos pertinente na evolução recente dos automóveis. A obsolescência planejada é um processo que, de forma lenta e gradual, se instalou nos sistemas de produção atuais. Ela é vista por muitos como sendo a fonte causadora de desperdício e responsável por um aumento da poluição e esgotamento dos recursos naturais, enquanto outros teimam em desconhecê-la e não fazem qualquer diferença entre a obsolescência tecnológica ou o processo de diferenciação dos produtos, usado como recursos de marketing. O conceito de obsolescência tecnológica na vida moderna, é familiar a todos, pois seu efeito é sentido, indiretamente, no dia-a-dia. Segundo Abreu (1994), a tecnologia progrediu de forma tão rápida na segunda metade do século xx, que alguns dos objetos mais usados, foram sendo substituídos de forma bastante acelerada por outros, que executam a mesma função de modo mais eficiente e isto já não causa mais espanto. É vista, hoje, a substituição dos aparelhos de vídeo cassete pelos de DVD, e até, entre outros lançamentos, novas filmadoras já geram imagens e gravações em formato digital. A obsolescência tecnológica decorre do esforço de aperfeiçoamento, que se manifesta em redução de custos e melhoria de qualidade dos produtos e está inserida num processo, complexo e dinâmico, que regula a marcha das relações industriais, do desenvolvimento do sistema capitalista e influencia a renovação das instituições. Percebemos que os prejuízos causados durante a transição de um degrau tecnológico para outro superior, são desprezíveis diante dos benefícios alcançados no final do ciclo.

Falemos agora do alvo da nossa preocupação, a obsolescência planejada: ela pode ser comparada de forma desvantajosa com a obsolescência tecnológica, pois traz consigo todos os malefícios e não apresenta nenhuma das vantagens desta. Ainda segundo ABREU (1994), como no caso dos fabricantes de roupas norte-americanos,

que ao enfrentarem uma progressiva queda das vendas, em meados da década de 70, decidiram modificar o feitio das roupas. Estas modificações deveriam ser tais que não permitissem a adaptação das roupas antigas. Assim foi lançada a moda da calça boca de sino, levando os consumidores a comprarem novas roupas para se sentirem na moda. E a cada mudança de estação, novos modelos eram lançados e a constante necessidade de se manter na moda fazia e ainda faz com que os consumidores se sintam na obrigação de comprar novas roupas pelo simples fato de que suas antigas ficaram fora de moda. É um tanto difícil alguém encontrar alguma vantagem para os consumidores com o estabelecimento da obsolescência planejada, apesar de sabermos, que para a indústria existe a vantagem da criação de demanda forçada e que esta, portanto, pode ser uma solução na direção de uma melhor estabilidade econômica. Porém, do ponto de vista ecológico essa atividade é vista como um fator de desperdício que aumenta a poluição e acelera a taxa de exaustão das fontes de recursos naturais. Por esta razão, ninguém se atreve a defendê-la e os que o fazem, usam a estratégia de negar a sua existência, tentando camuflá-la de obsolescência tecnológica.

2.4.1 | A OBSOLESCÊNCIA PLANEJADA APLICADA A BENS DURÁVEIS: OS AUTOMÓVEIS

Conforme disse Abreu (1994),

“... as sociedades modernas, a norte-americana, em particular, ainda não conseguiram fugir do dilema de ou continuar aumentando o consumo, ou viver longos períodos de recessão, ocorre através de dois pontos chave; a crescente eficiência das forças produtivas, conseqüência da automação, dos novos métodos de racionalização do trabalho nas fábricas e nos escritórios que fazem com que a produtividade não pare de crescer; e a grande expansão das instalações produtivas em conseqüência do fato de que praticamente todas as nações do mundo adotaram políticas industriais...”

Dessa forma a expansão dos mercados, já saturados por milhares de produtos à disposição dos consumidores, se torna problemática. Uma vez que a maioria das famílias já tem um determinado bem durável de um fabricante (como é o caso dos aparelhos de tv), restam a essas empresas três possibilidades para fazer novas vendas:

- a) Vender peças de reposição
- b) Vender mais de um produto para cada família
- c) Lançar um novo produto/modelo ou o mesmo aperfeiçoado

Percebe-se que grande parte do esforço para criar os chamados novos produtos, não passa de estratégia, para ganhar espaço nas prateleiras dos supermercados. É comum a existência de mais de uma marca do mesmo produto, fabricada pela mesma empresa, aparentemente concorrendo consigo mesma. A maior parte dos casos não passa de um novo conceito de embalagem com a introdução de modificação inócuas para as características dos produtos, como cor e forma. A idéia de tornar os produtos menos duráveis, para alargar o mercado, sempre despertou certo entusiasmo nos que se encarregavam do escoamento e planejamento dos produtos. Isso nem sempre foi visto com bons olhos, segundo Abreu (1994), na década de 70 o governo americano abriu processo contra a GE diante de provas indiscutíveis de que a vida das lâmpadas de lanternas havia sido encurtada.

Os desenhistas de automóveis também não escapam deste sentimento geral de criar modificações estéticas, apesar de que, como será visto a seguir, a indústria automobilística encontrou uma forma tão ou mais eficiente de obsolescência com a desatualização anual dos modelos. Em vários países onde essa indústria encontra-se instalada, foi instituído o “salão do automóvel”, uma feira anual cheia de pompa, onde as indústrias expõem os novos modelos, com raras alterações úteis, mas cheios de mudanças de estilo, de modo a desvalorizar os veículos lançados no ano anterior. Aliada a essa desatualização dos modelos ano-a-ano, os projetistas tendem a projetar carros com sua vida útil limitada, assim como suas

peças, que devem ter sua durabilidade planejada e reduzida, ambas sugestões estimulando as vendas e fazendo com que o mercado fique aquecido.

Porém a filosofia inicial da indústria automobilística não era essa. Até onde sabemos, ela se implantou inspirada nos ideais de Henry Ford, que almejava a produção de um carro barato e durável. Segundo Giucci (2004) em quinze anos de produção do modelo T ele conseguiu uma redução de preço de USD\$ 780,00 para USD\$ 290,00, mantendo o desenho básico, ao qual se acrescentavam melhorias tecnológicas. Mas o que aconteceu com os ideais de Ford?

Seu concorrente, ou melhor, a GM, pensava à frente e resolveu explorar um outro filão de mercado, bem mais rico que o da luta pela redução de preços. A GM passou a dar ênfase à mudança anual estética de seus modelos e ao fornecimento de uma variedade de linhas de produto que permitisse ao consumidor ter um espectro mais amplo de escolha. A estratégia da GM não consistiu em oferecer preços mais vantajosos que os da Ford, mas sim superá-los, procurando conquistar a faixa de mercado que estaria disposta a pagar um preço mais elevado, por um carro melhor. Através de sucessivas alterações de itens via mudanças anuais de modelos, a GM conquistou a maior faixa de mercado, fazendo uso do conceito de diferenciação do produto tendo por base a contraposição do “estilo” frente a “utilidade” vencendo o velho Ford, fazendo com que ele se rendesse a essa nova onda. Na verdade, a GM adotou os métodos de produção de Ford e mais tarde este acabou adotando o esquema mercadológico da GM. Surgia então a união de dois princípios essenciais da economia moderna, que são a produção em série e a obsolescência planejada de bens duráveis.

2.4.2 | OBSOLESCÊNCIA PLANEJADA E A RECICLAGEM

Conforme vimos anteriormente, o desuso de produtos justificado apenas pela desatualização estética é uma ferramenta de marketing amplamente adotada pelas indústrias de bens duráveis e de consumo em geral. A cada ano, “novos” produtos são lançados e aqueles que estavam em uso, deixam de estar na moda, adqui-

rindo um status de obsoleto. Fazendo com que seus proprietários desejem novos produtos, e para atender a esses anseios, novos produtos deverão ser fabricados, novas matérias-primas deverão ser extraídas, energia de diversas fontes deverá ser utilizada, efluentes serão lançados nos rios e na atmosfera. Após a fabricação e utilização do produto final pelo consumidor, obtém-se como resultado a sua satisfação pessoal e mais lixo e poluição em função do seu descarte.

É importante lembrar que os gastos energéticos e a extração de matérias-primas estão diretamente relacionados com o equilíbrio das atividades econômicas industriais. Porém, esses dois fatores vêm sendo ignorados na elaboração final dos preços de bens duráveis em geral. Hoje em dia é cada vez mais necessário fazer a incorporação, mesmo que teórica, da poluição e do nível de esgotamento e substituição dos recursos naturais.

Percebemos que o exercício das atividades antrópicas não está restrito a um ciclo monetário, como até hoje tinha sido apresentado, mas produz também uma interferência na natureza, e até há pouco tempo não vinha sendo contabilizado. Nos novos produtos que são projetados, os cuidados com o meio ambiente estão presentes. Em vários setores industriais percebemos ações voltadas para a minimização dos impactos ambientais e redução do consumo de energia, a exemplo dos fabricantes de automóveis que lançam veículos cada vez menos poluentes e com menor consumo de combustível. E se fazem, também presentes, em alguns novos projetos de automóveis, o emprego de matérias-primas menos agressivas aos operadores responsáveis pela manipulação/montagem dos produtos e também na destinação final, a recuperação de material reciclado a ser incorporado a novos componentes e seu futuro processo de desmonte.

A obsolescência planejada dos automóveis é vista como um agente catalisador do processo de esgotamento das fontes energéticas e de matéria prima, além de, também como um fator de desperdício que pode estar contribuindo para o comprometimento do futuro da raça humana na Terra. À medida que novos carros são produ-

zidos, outros tantos ainda em condição de uso, tornam-se obsoletos, apenas por fatores estéticos e não por avanços tecnológicos. E como destinar esses carros de forma correta, sem causar mais impactos à natureza? Em países como o Brasil esses veículos “desatualizados” continuam sua vida útil por mais um longo tempo. A média de idade de nossa frota é de quinze anos segundo a publicação da ANFAVEA (Associação Nacional dos Fabricantes de Veículos Automotores) de 2005. Porém na Europa e nos EUA a idade média dos carros não passa dos três anos. Como resposta a essa indagação surge a possível reciclagem dos veículos, foco deste trabalho, onde ao se recuperar peças e materiais dos veículos fora de circulação, diminui-se a quantidade de matéria prima virgem para ser retirada da natureza e poupa-se uma grande quantidade de energia necessária para a transformação desse material em produto acabado. Mas a reciclagem como forma de destinação final de veículos não foi adotada por livre iniciativa pelas montadoras, mas sim por ser a melhor resposta a uma imposição legal, que prega uma forma correta de destinar esse passivo ambiental.

3 | A INDÚSTRIA AUTOMOBILÍSTICA: MATERIAIS MAIS UTILIZADOS

3.1 | Contextualização

Segundo Manzini e Vezzoli (2002), as matérias primas se dividem em renováveis e não renováveis. À princípio, as chamadas não renováveis são aquelas que só se renovam através de ciclos que demoram alguns milhares de anos, como é o caso do petróleo e alguns minerais, o que é um tempo enorme para nossa breve existência. Já as renováveis são aquelas de origem animal ou vegetal que podem ser produzidas através de criação ou de seu plantio, como é o caso das matérias-primas vegetais. A grande parte das matérias-primas usadas na fabricação dos automóveis se enquadra na qualidade das não renováveis (vide a Tabela 2 da página 14), como os metais. Porém, apesar de suas fontes estarem se esgotando, é pertinente ressaltarmos que esses metais supracitados, tendem a se tornar cada vez menos utilizados na composição dos automóveis, como veremos mais à frente.

A realidade da extração e da transformação das matérias-primas para indústria automobilística mudou muito, desde o início da revolução industrial até hoje. As tecnologias de extração evoluíram, as formas de processamento tornaram-se mais eficientes, e o consumo evoluiu e, também, se diversificou. Dessa forma cada vez mais materiais são extraídos e produzidos à medida que o consumo é crescente.

As novas tecnologias de transformação de materiais e o desenvolvimento de novos materiais possibilitaram uma redução no peso final de certos produtos, entre eles as embalagens de refrigerantes e cervejas, que pesam de 30% menos do que as produzidas há 20 anos. Essa redução foi obtida graças à substituição do Aço, material anteriormente usado, pelo alumínio. Para a aplicação em bens duráveis, também constatamos uma considerável redução da quantidade de materiais, como no caso dos automóveis. É evidente a evolução tecnológica ocorrida nos veículos nos últimos anos,

em grande parte, correspondendo a uma redução do impacto ambiental gerado por unidade produzida, assim como por quilômetro rodado. Um dos indicadores dessa evolução está relacionado aos novos materiais empregados na constituição dos veículos. Da metade do século passado até nossos dias, observa-se uma redução de cerca de 25% do peso total dos veículos.

Pode-se observar, ainda na Tabela 2, que alguns materiais, como vidro e a borracha, tiveram uma pequena variação do total de seu peso empregado nos veículos. Em contra partida, materiais como o aço e ferro fundido passaram, tanto por uma racionalização de uso, tanto pela sua substituição por peças plásticas, quanto e, principalmente, pelas feitas em ligas de alumínio. A seguir será descrito como os materiais usados pelas indústrias automotivas sofreram alterações com relação ao seu uso nos veículos na última década e será citada sua aplicação nos principais conjuntos que compõem a estrutura de um veículo moderno. Exemplos esses, registrados ao longo do acompanhamento do trabalho junto à montadora em questão.

Pneus: os avanços obtidos nos últimos anos pela indústria de pneumáticos, tornaram os pneus muito mais resistentes, confiáveis e duráveis, se comparados com os dos anos 50. As substituições de cabos metálicos por cabos de fibras sintéticas, como o nylon, possibilitaram uma considerável redução de peso e aumento de sua performance. Porém, apesar dos consideráveis avanços percebidos nos pneus atuais, ainda é relativamente difícil seu processo de reciclagem. Atribuímos essa dificuldade à complexa composição de produtos químicos, que impossibilitam sua separação e posterior aproveitamento.

Rodas: o uso de rodas feitas através do processo de estampagem do aço ainda é predominante, porém novas ligas feitas à base de alumínio surgem como alternativa na busca da redução de peso dos veículos, sem prejudicar o desempenho e durabilidade dos mesmos.

Bancos e estofados: os sistemas de bancos empregados nos veículos atuais agem de forma complementar ao sistema de suspensão. Seja

no trabalho de absorção dos impactos gerados pelas imperfeições dos terrenos e transmitidas aos passageiros, seja na segurança em caso de colisões. Os avanços obtidos no processo de fabricação das espumas (à base de poliuretano-PU) proporcionaram respostas rápidas quanto a aspectos de densidade ou de conformação. Dessa forma, os gastos com manutenção desse equipamento são praticamente nulos e, quando existentes, não representam grandes valores.

Sistema de aquecimento e condicionador de ar: os sistemas de climatização aplicados nos veículos atuais são extremamente sofisticados, se comparados com os empregados nos veículos dos anos 50. Nos últimos anos, eliminou-se o uso de fluidos refrigerantes à base de CFC, ofensivos a camada de ozônio. A operação do sistema não demanda tanta energia quanto a dos modelos anteriores, o que possibilitou uma redução no consumo de combustíveis. Com relação ao seu acionamento, em alguns modelos já são empregados controles automáticos que permitem um controle automático da temperatura no interior do veículo.

Pára-choques: este item é merecedor de total atenção, uma vez que sua performance sofreu grande alteração dos anos 50 até hoje. Naquela época, a composição dessa peça era feita, totalmente, de aço. Dessa forma, em uma colisão todo o impacto era transmitido aos passageiros do veículo. Hoje, com uma melhor compreensão do comportamento de cada peça constituinte do veículo, foi possível, em caso de colisões, projetar sistemas de pára-choque supereficientes. Sistemas esses que chamamos de deformação programada que, em situações de colisão, absorvem a maior parte da energia produzida pelo impacto, se deformando e impedindo a transmissão da energia para outras partes do veículo, permitindo assim manter a integridade dos seus ocupantes. Tal avanço foi possível devido ao emprego de novos materiais poliméricos, tais como o Polipropileno reforçado com uma carga de um outro polímero, ou também o emprego de uma “alma” de aço previamente demarcada com pontos de quebra e revestida por um polímero.

Acabamento interno: dos antigos componentes metálicos usados nas peças de acabamento interno nos veículos dos anos 50, restaram apenas os parafusos. Presenciamos a massificação do uso de peças plásticas, passando pelo conjunto de peças que compõem o painel, até as outras peças de acabamento interno da cabine. A utilização de peças plásticas possibilitou uma considerável redução do tempo de montagem do painel, uma vez que foram eliminadas diversas peças metálicas de montagem individual. Os acabamentos de porta também passaram por similar evolução, em especial, as melhorias obtidas no isolamento acústico. Deve-se lembrar que esses novos materiais plásticos são submetidos a rigorosos testes: intemperismos, raios uv, ponto de ignição etc.

Sistemas de suspensão e motorização: esses dois sistemas complexos submetem seus componentes a situações de extremo esforço e fadiga. Uma das características inerentes desses sistemas é a grande demanda por ligas metálicas ferrosas (aço e ferro fundido), como os componentes das suspensões e as peças constituintes dos motores em geral. Constatamos que, em sua grande maioria, as matérias-primas dessas peças podem ser substituídas por materiais mais eficientes e bem mais leves, como as ligas de alumínio, e fibra de carbono. Porém, os custos em determinadas aplicações ainda são um impeditivo para aplicações em produção seriada, ficando seu uso restrito a certos nichos de mercado, como os carros esportivos e de alto desempenho. Mesmo assim, em aplicações pontuais como nos cabeçotes de alguns motores e na maioria das caixas de marcha, constata-se a presença do alumínio, como material substituto ao aço. Justifica-se essa substituição em função dos ganhos de rendimento e redução de peso.

Peças metálicas estampadas: alta resistência à compressão e tração é característica das ligas de aço empregadas nas peças estampadas que constituem a carroceria dos veículos. Peças tradicionalmente confeccionadas em aço vêm sendo substituídas pelo alumínio e até pelos materiais poliméricos. Os polímeros reforçados, como o polipropileno reforçado com fibra de vidro (Polipropileno+GF), apesar de se apresentarem como uma alternativa, ainda apresen-

tam limitações com relação a sua fabricação em série nesse tipo de aplicação, ficando sua aplicação restrita a algumas partes sem maiores necessidades de esforços estruturais.

3.1.1 | NOVO CENÁRIO DE APLICAÇÃO DOS MATERIAIS

Como constatamos nos exemplos anteriores, é claro o emprego dos novos materiais e das novas formas de aproveitamento dos já existentes. Assim, é pertinente questionar-se quais foram os motivos para tais mudanças na matriz constituinte dos materiais automotivos. Segundo Edwards (2003), tais mudanças se devem a dois fatores: o surgimento de novas diretivas ambientais e a redução de custos de fabricação dos veículos, através do emprego de materiais tecnologicamente avançados. Esses dois aspectos são explicados do seguinte modo:

DIRETIVAS AMBIENTAIS: As legislações ambientais da União Européia, em especial a que trata dos veículos em final de vida (2000/53 EU) têm papel fundamental, no sentido de nortear as atividades de desenvolvimento de novos veículos, objetivando a redução do impacto ambiental causado pela sua produção, uso e descarte. Tal papel pode ser evidenciado pela reação das montadoras e de seus fornecedores. Dentre elas podem ser citados o empenho na redução do peso dos veículos para diminuir o consumo de combustíveis e em consequência reduzir o nível de emissão de gases e o aumento da taxa de reciclabilidade dos veículos, que passa a ser estabelecido e estimulado. Na Europa, por exemplo, essa taxa está projetada para 85% em 2006 e 95% em 2015, vide a legislação 2000/53 EU.

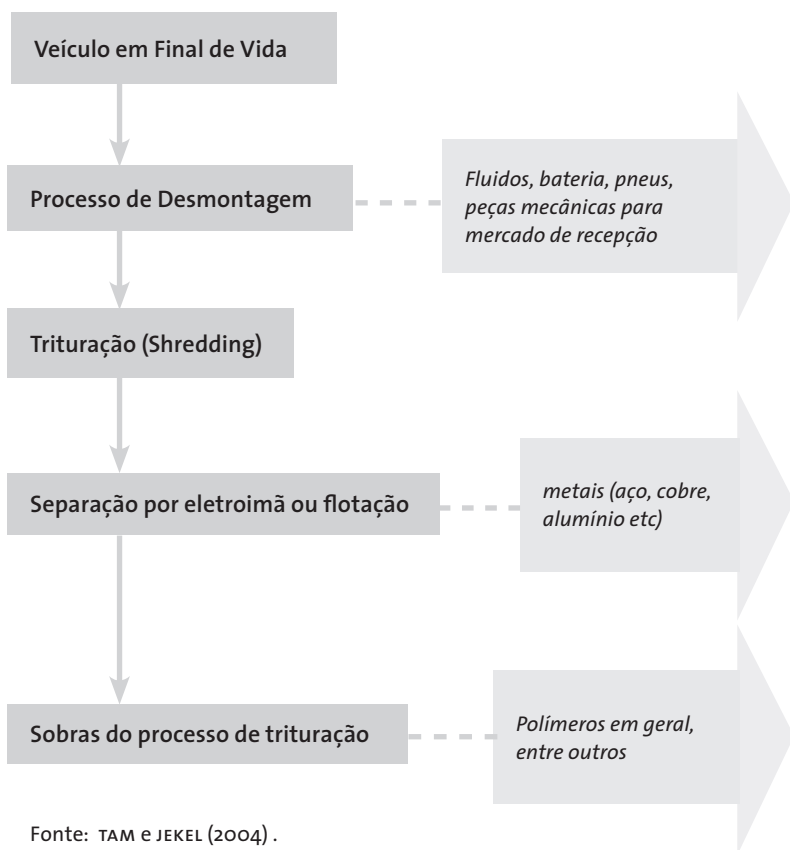
Existem severas restrições relacionadas à emissão de gases provenientes da queima de combustíveis fósseis na fase de utilização dos veículos. Dessa forma os fabricantes de veículos, no intuito de atender a essas diretivas, buscam, cada vez mais, aumentar a eficiência dos automóveis. Esse aumento de eficiência pode ser atingido por um ganho termodinâmico, fruto de uma queima de combustíveis mais eficientes, reforçado pela redução do peso final do veículo. Para atingir resultados significativos na redução do peso final de um veículo, são necessários materiais especiais e de excelente per-

formance. Como os de alta dureza específica e resistência à tração, a exemplo das ligas de alumínio, que permitem a substituição das ligas ferrosas em inúmeras aplicações veiculares.

A grande contribuição para a reciclagem é exercida pelos metais que assumem, em média, 3/4 da composição total de massa de um automóvel. Segundo Mildenberger (1999), após seu uso, esses são reciclados e não apresentam perdas significativas de propriedades, podendo voltar a ser aplicados nas mesmas funções da sua primeira aplicação, fechando o ciclo de uso desse material.

Porém, o grande desafio na busca pelo objetivo das metas de percentual de reciclabilidade será dado na aplicação e descarte dos polímeros. Os plásticos empregados hoje na indústria automobilística se dividem em duas classes: os termoplásticos e os termorrígidos. Sendo somente os termoplásticos possíveis de serem reprocessados após sua a primeira utilização (primeira vida), ou seja, são recicláveis, entre eles o Polipropileno que é o de mais amplo uso. O uso crescente de materiais plásticos em diversos sistemas automotivos deve-se principalmente a sua versatilidade e algumas vantagens, tais como resistência à corrosão e flexibilidade, superiores a dos metais, além da baixa densidade, que proporciona uma redução significativa no peso final do veículo. Segundo França (1999), os plásticos permitem o emprego de temperaturas de processamento mais baixas do que os metais na sua transformação, reduzindo o consumo de energia, bem como propiciando a liberdade de criação de novas formas, mais harmônicas e arrojadadas. Dessa forma, como já se mostrou na Tabela 2, o consumo e aplicação de plásticos cresceram em toda a indústria automobilística tendo quase que dobrado entre 1990 e 2000. Destaque para as composições a base de Polipropileno (PP), Butadieno Estireno Acrilonitrila (ABS), Poliamida (Nylon) (PA). Sendo o principal desses o Polipropileno, que trás consigo vantagens em relação aos outros polímeros como, tempo reduzido de produção, resistência ao impacto e, principalmente, a possibilidade de reprocessamento e reciclagem. Sua aplicação em peças injetadas de grande porte, como pára-choques e

painéis de instrumentos, é altamente explorada, em destaque nos veículos populares, nicho esse onde a relação custo benefício dos compostos à base de polipropileno mostra-se mais eficiente. À aplicação nessas peças de grande porte, mais precisamente nos pára-choques, além das exigências de estilo e de absorção de impactos, deve-se acrescentar um novo requisito, que é a facilidade de reciclagem. Os fabricantes de veículos, ainda segundo França (1999), estão voltando suas atenções para a redução do tempo de desmontagem e separação das peças de idêntica composição. Essa situação será mais bem detalhada no próximo capítulo. No momento é importante frisar que, devido a essa massificação da sua utilização e o crescente aumento na participação final no peso do veículo, os plásticos passam a representar uma parcela marcante nos resíduos finais dos veículos em final de vida. Outra observação, também importante, é que, segundo Tam e Jekel (2004), os processos de desmontagem de veículos praticados atualmente na Europa são capazes de remover 12% do peso de um veículo, entre peças destinadas para uso de reposição, peças plásticas de grande porte e fluidos em geral.



Fonte: TAM e JEKEL (2004).

FIGURA 3: Fluxo de materiais no processo de reciclagem.

A Figura 3 ilustra, de forma simplificada, o processo de separação de materiais, tendo como ponto importante a ser observado perante as questões dos plásticos, a geração de resíduos após o processo de trituração conhecido como ASR (Automotive Shredder Residue). O caso dos materiais plásticos vem consumindo grande atenção por parte da União Européia por serem, em sua maioria, pouco recicláveis. Um dos pontos mais discutidos quanto à utilização dos plásticos hoje pelos projetistas é que, se por um lado o aumento da presença de plásticos reduz o peso final do veículo, contribuindo assim para a redução das emissões de CO₂ e do efeito estufa, por

outro lado tem-se uma grande quantidade de materiais poliméricos que vem sendo descartados sem qualquer tipo de reaproveitamento, abarrotando ainda mais os aterros sanitários.

Percebemos que os resíduos plásticos se fazem presente tanto em maior volume, quanto em resíduos provenientes dos processos de reciclagem veicular. Segundo Fang (2001), a diversidade de polímeros e materiais presentes no ASR faz com que seu valor comercial seja relativamente baixo, comparado com os dos metais, uma vez que não existem processos de separação economicamente viáveis que possibilitem a separação desses polímeros. A possibilidade de liberação de polímeros de diferentes qualidades que foram usados na composição de uma única peça e a coleta de um outro material que não polimérico é cara e custosa, gerando assim uma enorme miscelânea de materiais ASR que, inevitavelmente, serão enviados para aterros sanitários. Essa dificuldade de separação é diretamente relacionada às formas de junção e fixação utilizadas na estrutura da peça e ou ao veículo. Porém, de acordo com Medina e Naveiro (2000), vale a pena ressaltar que nos novos projetos, já vem sendo dedicada atenção às formas de fixação de peças plásticas. Cada vez menos são utilizados mecanismos de fixação permanente para peças plásticas, como colas e soldas. Dessa forma, busca-se diminuição do tempo de separação antes do processo de trituração, otimizando assim a geração de resíduos.

Serão observados agora os meios e formas de reaproveitamento dos materiais plásticos obtidos como fruto da etapa de desmontagem que precede a trituração da carcaça do automóvel. Ainda segundo França (1999), o polipropileno proveniente dos pára-choques reciclados, mostrou-se aplicável como carga de enchimento em peças de baixa função estrutural, onde o consumidor final não tenha contato visual. Como exemplo dessa aplicação temos os dutos de ar-condicionado feitos com polipropileno virgem e adicionados de 25% de Polipropileno reciclado. Outro exemplo é sua aplicação em compósitos quando da utilização de fibras naturais como o coco e sisal sendo adicionadas a taxas de baixo percentual em peças de Poliamida (PA) e Polipropileno (PP). Compósitos são materiais

reconstituídos a partir de um ou mais polímeros que formam a matriz e são reforçados com fibras sintéticas ou naturais. Se por um lado, estes materiais permitem o aproveitamento de resíduos plásticos de diferentes fontes, por outro são ainda mais difíceis de serem reciclados, podendo ser apenas incinerados para aproveitamento energético, quando não são descartados diretamente nos aterros sanitários.

REDUÇÃO DE CUSTOS: Na outra linha de raciocínio apontada por Edwards (2003) surgem questões relativas aos custos de fabricação, as quais se ocupam do fato de que todo investimento em materiais ou em novas tecnologias dependa dos objetivos de cada projeto. Por exemplo, para um projeto de veículo popular que será comercializado em países emergentes (China, Brasil e Índia) a margem de lucro é bastante reduzida, ou seja, os projetos deverão apresentar custos o quanto menores possíveis. E o lucro será em função da quantidade de veículos comercializados. Em suma, de nada adiantará um grande investimento em projetos que se destinam a países emergentes, cujo mercado consumidor é caracterizado por reais limitações financeiras e baixas margens de lucro.

Segundo Steinhilper (2000), os gastos com novos ferramentais (tooling), ou seja, os meios produtivos que irão confeccionar as peças e componentes dos veículos, correspondem hoje à cerca de 40% dos custos de um novo projeto. A crescente demanda por novos veículos e a constante necessidade de renovação da linha de produtos faz com que sejam necessários materiais de alta processabilidade em escala industrial, aliados a um baixo custo unitário. Atualmente, a resposta a essas necessidades é dada pelos materiais poliméricos, que não dispõem grandes investimentos em ferramental e são altamente eficazes quanto a sua reprodutibilidade. Porém, ainda existem algumas limitações quanto ao seu emprego nos veículos, ficando restrito ao uso em acabamentos e peças de pouca função estrutural. Aliada a essas limitações de aplicação, temos as metas de reciclabilidade impostas pela diretiva de retorno garantido, que limitam ainda mais o uso de materiais poliméricos, devido às dificuldades de realização de sua reciclagem. Ainda de acordo com Steinhilper

(2000), uma tendência que vem sendo observada nas montadoras é a de investir em peças/materiais que tenham um ciclo de vida tão grande quanto o do veículo, pois dessa forma, os gastos com peças de reposição seriam minimizados e sua reciclabilidade estaria sendo estimulada (cadeia reversa de suprimentos).

3.2 | Materiais e desenvolvimento para o meio ambiente

Conforme será visto no Capítulo 3, o Eco-Design (Design for the Environment) passou a ser adotado por várias montadoras de veículos como uma ferramenta voltada para atender a crescente exigência das regulamentações ambientais. Uma vez que esta consegue conjugar indicadores ambientais e econômicos e produzir resultados balanceados entre esses, que até então se apresentavam como antagonísticos. Esse conceito apresentou grande receptividade no mundo automotivo no final da década de 90, pois através de seus resultados as empresas conseguem expressar a inofensividade de seus sistemas de produção, produtos e serviços junto ao meio ambiente. Dessa forma percebe-se a iniciativa de se reverter a imagem poluidora dos veículos. Caminhando nesse sentido as empresas tendem a buscar a eco-eficiência através de condutas voltadas para a minimização do consumo de matérias-primas primárias (matérias virgens) substituindo-as por matérias-primas secundárias, concentrando esforços em pesquisa para diminuição da toxicidade de seus produtos e meios de prolongar a vida útil de seus produtos; além de buscar reduzir o consumo de energia nas diversas fases de manufatura do veículo.

O desenvolvimento sustentável pode ser definido como aquele que conjuga os anseios da sociedade no cenário presente sem prejudicar o desenvolvimento das atividades das gerações futuras, assim como sua sustentabilidade, conforme explicitou Bill Ford, presidente do conselho de Diretores da Ford Motor Company, em recente congresso nas Nações Unidas na Comissão Mundial para Desenvolvimento e Meio Ambiente citado por Schmidt (2004). Dessa forma, percebemos que a humanidade está diante de um

grande momento histórico onde, em prol do consumo de massa, estamos depreciando os recursos naturais, causando impactos ambientais irreversíveis e submetendo muitos de nossos semelhantes a condições precárias de subsistência.

É difícil definir quais são os indicadores sociais que caracterizam uma nação ou conjunto de países que estejam completamente voltados para o desenvolvimento sustentável, pois ainda não é possível usar apenas um dos aspectos, seja o econômico, o ambiental ou o social para tal finalidade. Poderíamos quantificar qual o percentual do PIB (Produto Interno Bruto) aplicado em iniciativas ambientais, ou medir o consumo de matérias-primas primárias gastas anualmente por determinado país, ou, então, a existência local de legislações ambientais rigorosas. Mas isso seria, na nossa concepção, muito superficial na tentativa de se estabelecer um *ranking* das nações mais empenhadas para a sustentabilidade.

Sabe-se que, de alguma forma, muitos países caminham nesse sentido, pois de acordo com o plano de diretivas da Comissão Econômica das Nações Unidas na Europa (UNECE), uma das ações citadas é o incentivo à redução do uso e consumo de energia ao longo de toda a vida útil dos produtos. Tal iniciativa vem sendo estimulada na Europa pelos órgãos governamentais e aplicada pelas indústrias automobilísticas.

3.2.1 | A APLICAÇÃO DO DESIGN PARA O MEIO AMBIENTE NA INDÚSTRIA AUTOMOBILÍSTICA

A percepção da aplicação do design para o meio ambiente (DFE) junto à indústria automobilística é constatada quando o veículo é observado como parte de um grande sistema, que tem seu início a partir da extração de matérias primas, passando pela produção, uso e descarte, conforme Figura 4. Ou seja, quando visualizamos todo seu ciclo de vida e buscamos iniciativas que reduzam a energia gasta na sua fabricação, o menor consumo de combustíveis para sua operação e a aplicação de materiais que, após a vida útil do veículo, permitam e facilitem seu reaproveitamento.

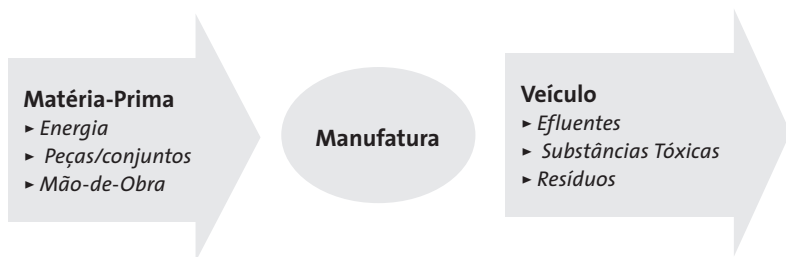


FIGURA 4: Entradas e saídas na visão sistemática de fabricação do automóvel.

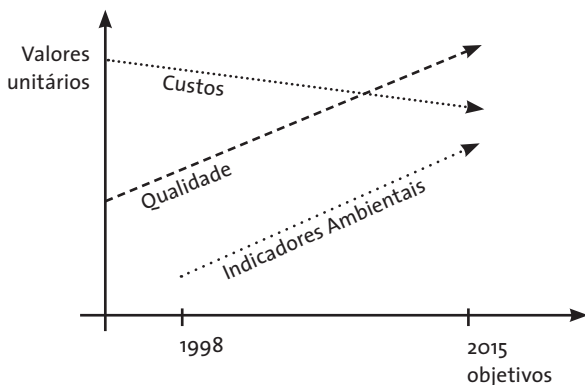
Em cada uma das fases da vida de um veículo existe uma quantidade de energia que é demandada e que será consumida, assim como a escolha dos materiais que serão usados na sua composição. Nos momentos de ideação do veículo, são feitas escolhas de materiais e processos, em busca de tornar menos agressivo o impacto ao meio ambiente nas diversas fases de sua vida útil. Segundo Lawrence (1998), a essa atividade atribui-se o nome de Design para o Meio Ambiente.

Mas nem sempre esses aspectos ambientais tiveram seu papel de destaque no processo de concepção veicular. Por iniciativa voluntária, em meados dos anos 90, um dos maiores fabricantes de veículos do mundo destina lugar de destaque no seu planejamento estratégico para as questões ambientais, fazendo com que todas as questões relacionadas a aspectos ambientais passem a ser tratadas nas fases embrionárias dos novos projetos. Essa mudança consistiu em mudar o foco das atenções para as questões dos resíduos, efluentes, emissões e descarte não sendo mais tratados como soluções no final dos processos, mas sim como consequência de uma escolha feita na fase de projeto. Assim, ao adotar o conceito de DFE, a empresa passou a evitar algumas formas de poluição já nas escolhas que são feitas nas fases iniciais dos projetos.

Mas essa transição foi demorada e dispendiosa, iniciada nos EUA e depois aplicada na filial Européia, sem perspectivas definidas de implantação no Brasil. Contando com a participação de grandes consultorias e do apoio interno das equipes de engenharia, esse

projeto iniciado em 1995 conseguiu o feito de incorporar e aplicar o DFE nas atividades de ideação dos novos projetos nas mais diversas peças e produtos dessa montadora.

Atualmente, os objetivos da empresa vão além dos preconizados pelas diretivas ambientais que legislam sobre emissões de efluentes e taxas de reciclabilidade. O objetivo é fazer com que o consumidor final perceba os atributos ambientais do veículo, de forma a tornar a empresa líder para os assuntos relacionados ao meio ambiente. Para isso, é necessário criar uma forma de gerenciamento do processo para as questões do meio ambiente similar ao hoje já existente para as questões custos x qualidade. A Figura 5, dá uma idéia de como deverá se comportar o desempenho de um indicador ambiental ao longo do tempo.

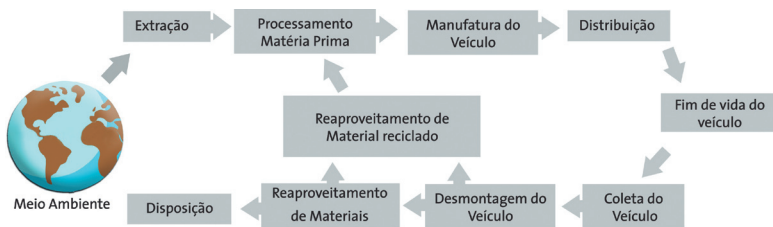


Fonte: Adaptado de LAWRENCE (1998).

FIGURA 5: Indicadores de Desempenho.

Fazendo parte dos objetivos estratégicos da corporação, as iniciativas ambientais passam a ser tratadas com igualdade de importância na fase de concepção do produto. Dessa forma, detalhamentos do projeto que são definidos na fase de concepção passam agora a ser analisados sob a óptica da redução do consumo de energia, junto com os potenciais danos causados pelo processo de manufatura e do processo de desmontagem etc.

Em suma, os aspectos relacionados com o DFE são percebidos como uma fonte valiosa de informação que poderá ajudar a evitar malefícios ao meio ambiente ao longo da vida útil do automóvel. Assim, as decisões tomadas no processo de concepção afetarão diretamente a escolha dos materiais constituintes dos veículos, o processo de manufatura, os consumidores finais e, também, seu processo de descarte que só irá acontecer dentro de 15 ou 20 anos.



Fonte: Adaptado de BELLMANN e KHARE (1999).

FIGURA 6: Do berço à reencarnação.

Na Figura 6, tem-se a ilustração do conceito de que o carro faz parte de um grande sistema. Serão observadas suas etapas de vida útil, assim como seu processo de tratamento em final de vida. Em cada uma das suas fases de vida, percebe-se o grau de importância que a escolha por um material ou sistema de produção assume. É nesse momento que os envolvidos no processo de desenvolvimento veicular fazem uso de uma das ferramentas do DFE, conhecida como Processo de Avaliação Ambiental. No Capítulo 3 serão detalhados com exemplos levantados os pontos importantes dessa ferramenta. Será feito aqui somente um breve apontamento das questões que precedem a seleção de materiais quando se desenvolve um projeto de automóvel orientado para o meio ambiente. São três etapas importantes que compreendem a escolha dos materiais empregados em um novo produto, essas etapas são precedidas por outras perguntas chaves que atuam de forma decisiva na escolha de um novo material.

1 - O produto ou processo em desenvolvimento contém substâncias restritas (Cádmio, Cromo, Chumbo e Mercúrio)?

Caso a resposta a essa pergunta seja afirmativa, inicia-se um processo de busca de materiais ou processos alternativos, no qual, primeiramente, buscam-se os materiais tecnicamente similares que estejam disponíveis para substituição imediata. Em seguida, os fornecedores deverão ser envolvidos a fim de buscar meios de operacionalizar o emprego desses materiais. É comum que seja feito um *benchmark* entre montadoras concorrentes e até em indústrias de ramos diferentes das da automobilística. Uma vez encontradas alternativas capazes de substituir as substâncias restritas previamente empregadas ou cogitadas para uso, passa-se para a segunda etapa.

2 - Qual dos materiais apresenta maior reciclabilidade?

Dentre as opções de material que não são classificadas como substâncias restritas, deve-se optar pela que apresente maior potencial de reciclabilidade. Nesse quesito é dado maior valor para as ligas metálicas, pois como já foi mencionado, essas são as que se mostram mais recicláveis. Um outro aspecto que também será levado em conta é os tipos de embalagens usadas no transporte e acondicionamento desses produtos. Deve-se optar por embalagens de fácil reciclabilidade, como as confeccionadas em papelão. Ou em maiores escalas, optar-se por embalagens de uso retornável.

3 - Avaliação do consumo de energia.

A última etapa do processo de comparação e escolha de materiais que entrarão na composição do produto, deverá considerar o consumo de energia, seja na fase de manufatura, uso, ou descarte. A Tabela 3 exemplifica alguns produtos e seus respectivos percentuais de consumo de energia. É importante ressaltar que ao se referir ao consumo de energia, faz-se um somatório das diversas fontes de energia envolvidas no ciclo de vida de um produto, seja ela proveniente de combustíveis fósseis, como o caso do petróleo e seus derivados, ou de usinas termoelétricas ou hidráulicas, como a eletricidade.

Segundo Manzini e Vezzoli (2002), dentre os insumos necessários para a fabricação de um chip de computador que no final do processo de fabricação pesará apenas 2 gramas, são necessários 3200 gramas de água, 1600 gramas de combustíveis fósseis e 72 gramas de produtos químicos em geral. Ou seja, o consumo de combustíveis fósseis, representa 800 vezes a massa final do chip. Só para termos uma referência comparativa, a produção de um automóvel necessita de algo em torno de uma a duas vezes a sua massa em combustíveis fósseis. Em termos comparativos a produção de um chip nos faz pensar primeiramente que sua fabricação demanda uma quantidade de energia muito maior que a de um automóvel, porém, se analisarmos o peso do automóvel, que em média é de mais de uma tonelada, tem-se que, apenas no seu processo de fabricação, são necessárias duas toneladas de algum tipo de combustível (petróleo, gás natural, carvão mineral etc).

TABELA 3: Demanda de energia ao longo do ciclo de vida.

	Manufatura	Uso	Reciclagem
Carro	13	97	0
Caminhão	2,6	97,4	0
Lampada	1,4	96,7	1,9
Lata Al	91	0	9
TV	13	87	0

Fonte: STEINHILPER (2000).

Portanto, o grande mérito de uma equipe responsável pela decisão dos materiais que entrarão na composição de um novo automóvel será no acerto da escolha dos materiais. Uma forma de se ilustrar o quanto é ganho com um processo de reciclagem é que, na reciclagem do Alumínio, se gasta 10 vezes menos energia do que quando se produz esse metal a partir da Bauxita, segundo Carraba apud Oliveira (2000). Obter o êxito nessas escolhas significa atender aos novos imperativos legais previstos nas diretivas de retorno garantido dos automóveis, assim como suprir as necessidades de mercado impostas, tanto por clientes, quanto por concorrentes.

3.3 | Remanufatura: uma atividade a ser desenvolvida

É importante se destacar uma questão bastante notada na literatura e que não foi abordada pela montadora alvo do acompanhamento de atividades, no que se refere aos aspectos relacionados a remanufaturabilidade de peças de veículos em final de vida. Diferentemente do reuso, a remanufatura tem como objetivo recondicionar uma peça que seria descartada, através de um processo de análise inicial de quais componentes necessitam ser trocados. Dessa forma, ao torná-la, novamente, em condições de uso, seria prolongada sua existência e seria reduzido assim o consumo de matérias-primas virgens.

Entre as vantagens que podem ser atribuídas a remanufatura, acreditamos que a remanufatura aponta mais benefícios em termos energéticos, ambientais e de aumento do teor de reciclabilidade de um veículo, do que a recuperação de material proveniente das etapas de um processo de reciclagem. Hartman (2000) faz uma estimativa da quantidade de matéria-prima virgem que poderia ser poupada, através do número de veículos descartados e da quantidade de peso por veículo que poderia ser economizada. Seus cálculos são baseados em função do número de carros descartados no continente europeu ano de 2000, cerca de 12.000.000 de veículos. Ele estima que de 20 a 25 Kg de material poderiam ser reaproveitados, evitando que novas peças fossem fabricadas e, em consequência, mais matérias-primas virgens fossem extraídas. Então, anualmente, segundo seus cálculos, (12.000.00 veículos x 25 Kg) 300 milhões de Kg de matéria prima deixariam de ser produzidos.

Porém, os assuntos relacionados a remanufatura implicam em uma série de questionamentos como custos, qualidade e mercado para consumo. HARTMAN (2000) também sinaliza que uma peça remanufaturada deverá apresentar uma qualidade muito próxima da peça original, assim como o seu custo e preço de venda deverão ser significativamente menores do que os apresentados na peça sem uso. Assim, ele acredita que haveria um público consumidor

disposto a optar por essas peças, contanto que elas alcancem qualidade e preços competitivos. Para garantir que essas condições sejam atendidas, ele sugere alguns passos a serem seguidos para a implementação de um processo de remanufatura em peças de veículos em final de vida, como segue:

- A) Identificar as peças que ainda apresentem condições de uso, ou seja, não tenham nenhum tipo de imperfeição ou dano que impeçam seu recondicionamento. E, é claro, focar em peças que tenham demanda de mercado, pois de nada adiantará ter-se uma peça em condições de ser re-trabalhada se não houver consumo para a mesma.
- B) Estabelecer critérios de controle de qualidade para a peça que será re-manufaturada, lembrando que o sucesso de um produto re-manufaturado está ligado, diretamente, com a sua capacidade de conseguir ser tão bom quanto o produto original.
- C) Avaliação da rentabilidade do processo em questão. Deverá ser levantado o número de veículos disponíveis para serem desmontados e retiradas suas peças, os custos de remanufatura, desmontagem e um comparativo entre os custos de fabricação de uma peça nova e os de uma remanufaturada. Devendo ser lembrado que os custos envolvidos no processo de remanufatura deverão ser menores que os de produzir uma peça nova.
- D) Estabelecer métodos de processo de desmontagem que garantam a integridade das peças que serão alvo de processos de remanufatura, assegurando que essa atividade deverá ser realizada no menor espaço de tempo possível, pois um longo tempo de desmontagem significa um acréscimo nos custos operacionais. Assim não serão admitidos tempos de desmontagem muito longos, pois isso estaria acarretando um custo de processo acima do tolerável.
- E) Produção: deverão ser estabelecidos os tipos de ferramentais necessários ao processo de remanufatura, assim como os métodos para a realização das etapas dos processos de recuperação das peças.
- F) Análise do impacto ambiental do processo de remanufatura: deverá ser verificado se o processo demandará o uso de algum tipo

de substância que cause algum impacto ambiental. Dessa forma deverão ser previstos meios de tratar essa geração de materiais perigosos.

G) Cálculo dos custos relacionados à embalagem, estocagem, transporte e distribuição dessa peça remanufaturada: deve-se lembrar que esses custos poderão sofrer variações, uma vez que o lugar de desmonte do carro não será, necessariamente, o mesmo onde ocorrerá o processo de remanufatura, o que contribuirá para o aumento dos custos de transporte.

Ainda, segundo Hartman (2000), um outro diferencial bastante inovador, relacionado à questão da remanufatura de peças de ELV's, é o de se considerar os veículos em final de vida como sendo um “grande depósito de peças ambulante”, cabendo apenas às montadoras estimular seu reaproveitamento, e ao governo criar estímulos fiscais e legais para tal.

Porém, ele deixa de lado um importante questionamento relacionado à base operacional desse “negócio”. Em uma atividade como a de remanufatura é de extrema importância que seja garantido o fluxo de matéria-prima na entrada do processo, ou seja, que seja garantida uma alimentação constante de peças a serem remanufaturadas. Uma vez que os veículos que são descartados hoje têm, em média, 12 anos de uso, e que eles não foram projetados para serem reciclados no final de suas vidas, menos ainda remanufaturados, não sendo previstas as etapas de uso pós-final de vida do veículo. Dessa forma, é importante que os novos projetos automobilísticos façam uma abordagem no projeto de novas peças, que seja voltada para o prolongamento da vida útil de alguns componentes do veículo.

Um conceito observado ao longo do acompanhamento das atividades na montadora em questão, e que é proposto no trabalho de Manzini e Vezzoli (2002), é o de projetos em módulos, já adotado em algumas peças e conjuntos montados dos veículos. Por exemplo, no caso da bomba d'água dos motores usada para realizar a circulação de água de arrefecimento dos motores. A principal causa de pane, é o desgaste das aletas plásticas responsáveis por mo-

vimentar a água. Em alguns modelos nacionais no caso de pane dessa peça, já é possível realizar o seu conserto efetuando-se apenas a troca dessas aletas, ao contrário de outros modelos onde é necessário trocar todo esse componente. Para isso encontra-se à venda um conjunto de peças conhecido como “reparo da bomba d’água”, possibilitando que apenas a parte danificada seja substituída, e as que ainda se encontram em condições de uso, continuem em operação, evitando-se que sejam descartadas peças e materiais, e que novas peças sejam produzidas.

3.4 | Materiais Sustentáveis

Schmidt (2004) definiu como materiais sustentáveis

“... aqueles que atendem às necessidades de demanda de produção dos produtos onde são empregados, sem que causem a extinção de suas fontes de material primário ou gerem algum impacto ao meio onde esses se encontram...”.

Essa definição é aplicada, não somente aos tipos de materiais e seus recursos associados, mas também às conseqüências relacionadas ao seu uso e descarte, como por exemplo, os pneus inseríveis, aqueles que depois do encerramento de sua vida útil serão descartados sem nenhum tipo de controle ou normatização em aterros sanitários e outros lugares não adequados.

Do ponto de vista da preservação dos recursos naturais, a escolha dos materiais constituintes de um veículo tenderá para os de fontes renováveis e / ou recicláveis. Porém, apesar de já existirem no mercado, materiais de fontes naturais capazes de substituírem os chamados *comoditties*, a escala de produção da indústria automobilística são encontrados problemas relacionados com a ausência de uma cadeia de suprimentos eficaz, que seja capaz de suprir toda demanda dos fabricantes de autos apenas com esses “materiais verdes”. Dessa forma, será necessário, ainda, o consumo de materiais virgens, e que se arque com as conseqüências dos processos de extração e descarte dos mesmos. Segundo Graedel(1996) *apud* Oliveira (2000) mantidos os padrões de consumo da socie-

dade moderna, exceto o minério de ferro e o alumínio, os demais metais não conseguirão mais atender a demanda de mercado por mais 100 anos. Dessa forma, é importante que sejam compreendidas as potencialidades dos materiais sustentáveis, que poderão substituir os que estão em uso hoje, assim como suas fontes de obtenção e meios de reciclagem. Os materiais ditos sustentáveis e que são aplicados na indústria automobilística são divididos em três classes:

- 1) Materiais ambientalmente neutros no ciclo de vida do automóvel
- 2) Materiais reciclados
- 3) Materiais Renováveis e Fibras Vegetais

Materiais ambientalmente neutros no ciclo de vida do automóvel:

em virtude do grande número de materiais e substâncias empregados hoje na fabricação de um veículo, nota-se uma variedade de compósitos e ligas que representam a base da composição de um automóvel. Seria pertinente então perguntar por que não são empregados apenas os materiais que se mostram imparciais em relação ao consumo de energia, amenizando assim os impactos para o meio ambiente ao longo de sua vida útil. Pois bem, a resposta a essa indagação não é simples assim, conforme dito anteriormente. Deve-se considerar o veículo como parte integrante de um grande sistema, vide Figura 7, onde devem ser contabilizadas todas as demandas energéticas ao longo das diversas fases do seu ciclo de vida. Por exemplo, a performance do ciclo de vida de um caminhão provido de um motor de baixo rendimento, pode ser otimizada tentando-se reduzir seu peso (sem carga). Para isso seria necessário o aumento do uso de peças fabricadas em alumínio. Pelo lado da eficiência durante sua fase de uso, os ganhos seriam inegáveis, porém se for analisada a demanda de energia necessária para a fabricação dessas novas peças com alumínio, percebe-se que esse material demanda uma quantidade muito grande de energia elétrica no seu processo de fabricação.

Um outro exemplo que ilustra de maneira bastante enfática por que devemos adotar uma visão sistêmica do automóvel, é o problema

da redução da espessura das chapas que compõem os pilares de sustentação do teto do carro (A, B e C pillar). Essa redução é feita objetivando-se a redução do peso do carro, para assim aumentar sua eficiência de consumo de combustíveis. Essa redução da espessura das chapas de aço é seguida por um processo de injeção de material polimérico, uma espuma de poliuretano que, uma vez injetada no interior desses pilares, se torna um material rígido e consistente. Ao final desse processo de injeção, temos uma peça metálica cujo interior está preenchido com material plástico de alta resistência. Essa peça, então, é capaz de atender aos mesmos atributos de resistência à tração e aos diversos esforços mecânicos da peça original com chapas de espessura maior.

Os ganhos na redução de peso são bastante interessantes, porém esse processo enfrenta uma grande resistência por parte dos designers, pois uma vez que a espessura das chapas de aço é reduzida e injeta-se poliuretano no interior dos pilares, automaticamente, se está reduzindo a quantidade de metal e aumentando a quantidade de material plástico. E, como é sabido, a reciclabilidade do metal é infinitamente maior do que a do polímero. Porém, ao ser elaborado um estudo de análise do ciclo de vida com automóveis que sofreram essa modificação, foi constatada que para cada grama de polímero que foi injetado no interior da peça metálica, foi obtida uma redução de 13 gramas de aço. E, assim, constatou-se uma redução de 75% na emissão de hidrocarbonetos diversos durante o uso dos veículos. Assim, fica claro que devemos considerar o automóvel não apenas como um produto isolado, mas sim como parte de um sistema.

Materiais reciclados: conforme foi visto no capítulo 1, a composição média de materiais de um automóvel contemporâneo é basicamente feita de 75% de ligas metálicas, 15% de materiais poliméricos e 10% de outros (diversos). Não existem muitos desafios, quanto menos grandes inovações relacionadas ao processo de reciclagem de materiais metálicos. Presencia-se, hoje, uma rede de coletores e recicladores de peças metálicas presente em quase todo território.

rio nacional, assim como um forte mercado de cotação de preços para as mais diversas ligas metálicas.

Existe, porém, um grande desafio relacionado à reciclagem dos materiais não metálicos. Nessa categoria temos os materiais plásticos e suas diversas combinações. Esses, uma vez oriundos dos processos de reciclagem veicular, apresentam sérias dificuldades de separação, dificultando sua processabilidade nos processos de reutilização. Os materiais reciclados sejam eles metálicos, poliméricos, papel ou papelão são classificados de duas formas: (1) PCR – Reciclagem Pós-Consumo, ou seja, todo material que seja recuperado de produtos que já foram utilizados pelo consumidor final; (2) PIR – Reciclagem Pós-Processo Industrial, que é a forma de reaproveitamento de refugos que foram gerados ao longo de um processo de fabricação e que ainda se apresentam em condições de reutilização. Segundo Schmidt (2000), certos tipos de refugos provenientes de processos de produção não são classificados como PIR. Um exemplo é a injeção de peças plásticas que gera uma certa quantidade de perda de matéria-prima nos momentos iniciais de injeção e que é reincorporada imediatamente após sua geração. Essas obtêm uma classificação diferenciada e são classificadas como reaproveitamento de matéria-prima.

Porém, em uma indústria de fabricação de pneus, onde algumas toneladas de resíduos de borracha são geradas todos os meses, esses refugos são vendidos como matéria prima para outras indústrias, como a de calçados, por exemplo. Tem-se, nesse caso, um exemplo de PIR, pois o material que foi classificado como refugo, foi comercializado e reaproveitado como matéria-prima em um outro processo industrial que não possuía nenhuma relação com o da fonte geradora de resíduos caracterizando assim um processo de reciclagem pós-industrial.

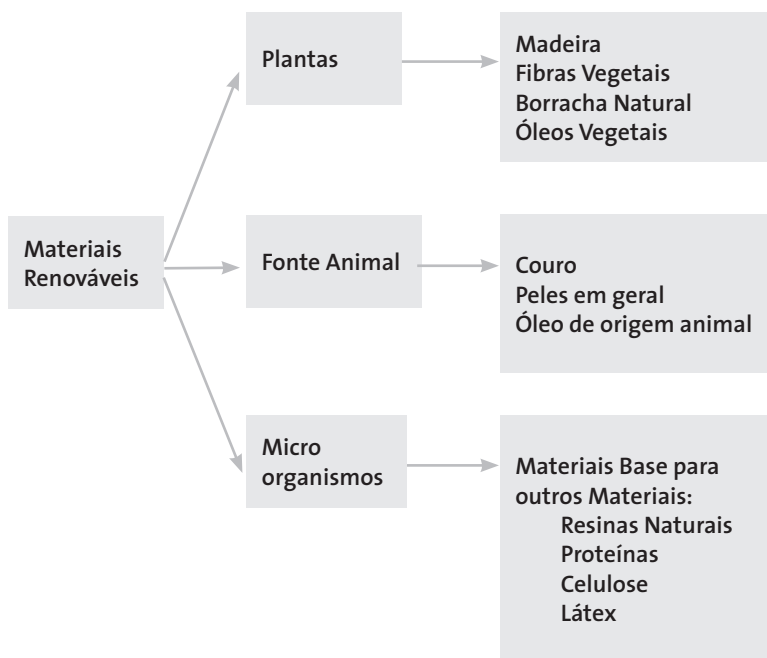
Vale lembrar que, ao se contabilizar a quantidade de material reciclado empregado na fabricação de um veículo, serão considerados apenas os classificados com PCR e PIR, não sendo contabilizados os materiais que foram classificados como reaproveitamento de matéria prima. Conforme dito no início desta seção, devido à alta pre-

sença de metais na composição de um veículo contemporâneo, o percentual de reciclabilidade de um veículo, atualmente, gira em torno de 75%. A reciclabilidade de um material ou produto é definida de acordo com sua capacidade de ser reaproveitado de uma disposição final e reincorporado novamente em processos de fabricação, seja essa participação como única fonte de matéria prima ou sendo ele adicionado em quantidades limitadas na fabricação de novos produtos.

Assim, o conteúdo de material reciclado empregado em um veículo pode ser mensurado de acordo com o número de peças/ produtos que trazem em sua composição materiais reciclados, especificamente, os classificados com PCR e PIR.

Materiais Renováveis e Fibras Vegetais: todo e qualquer tipo de material pode ser classificado como natural, pois sua origem é inevitavelmente percebida da natureza. Porém, aqui são destacados apenas aqueles de fontes renováveis. Conforme já foi definido no capítulo 1, os materiais renováveis são aqueles cuja origem se encontra em fontes como plantas, animais, ou microorganismos, (vide Figura 7).

O termo “material renovável” ainda é muito confundido com a expressão “material reciclado”. Portanto, é de suma importância que essa definição seja assimilada, pois existe uma forte diferença, tanto técnica, quanto qualitativa, entre esses dois tipos de classificação de materiais, além de uma importante observação: nem sempre materiais originários de fontes naturais renováveis podem ser classificados entre aqueles ditos como sustentáveis, como é o caso das madeiras nobres que são extraídas ilegalmente de nossas florestas tropicais e exportadas ilegalmente, caracterizando uma exploração meramente extrativista sem a conscientização de preservação dessas espécies.



Fonte: Adaptado de SCHMIDT (2000) .

FIGURA 7: Divisão dos materiais renováveis.

O uso desses materiais no acabamento interno dos automóveis já é presenciado há algum tempo, na aplicação de couro como revestimento de bancos, painéis de porta e de instrumento, assim como o uso de borracha natural para a fabricação de pneus e borrachas, em geral. E também o uso de madeira em alguns detalhes mais sofisticados em modelos de veículos mais específicos, assim como a aplicação de fibras naturais, como a fibra de coco em substituição ao uso de materiais sintéticos, como o caso das espumas de assentos de bancos.

O uso e a aplicação desses materiais passou por uma série de modificações, tanto no processo de extração e beneficiamento, quanto no aumento de propriedades (físicas, mecânicas e químicas). Na sua aplicação, devem ser considerados aspectos relacionados a diversos fatores, como: a) **Peso**: nem sempre a adoção de uma material de fonte renovável atinge objetivos de redução de peso, vide

o exemplo das fibras vegetais aplicadas nos assentos dos bancos, substituindo a espuma de Poliuretano. Para a mesma função, foi necessário usar uma quantidade de material, em peso, maior que a do material original. b) **Emissão de odores:** a aplicação de fibras naturais em certas peças, cujo processo de fabricação faz uso da aplicação de cozimento ou calor, cria novos problemas devido a constatação da emissão de odores desagradáveis na percepção dos consumidores finais. c) **Reciclabilidade:** a aplicação de fibras naturais, assim como qualquer outro tipo de material renovável mesclado em conjunto com materiais tradicionais, compromete a reciclabilidade da peça ao final de sua vida útil. Pois, uma vez mesclados esses materiais, torna-se bastante difícil separá-los fazendo uso dos processos disponíveis hoje no mercado.

3.5 | Processos de Reciclagem

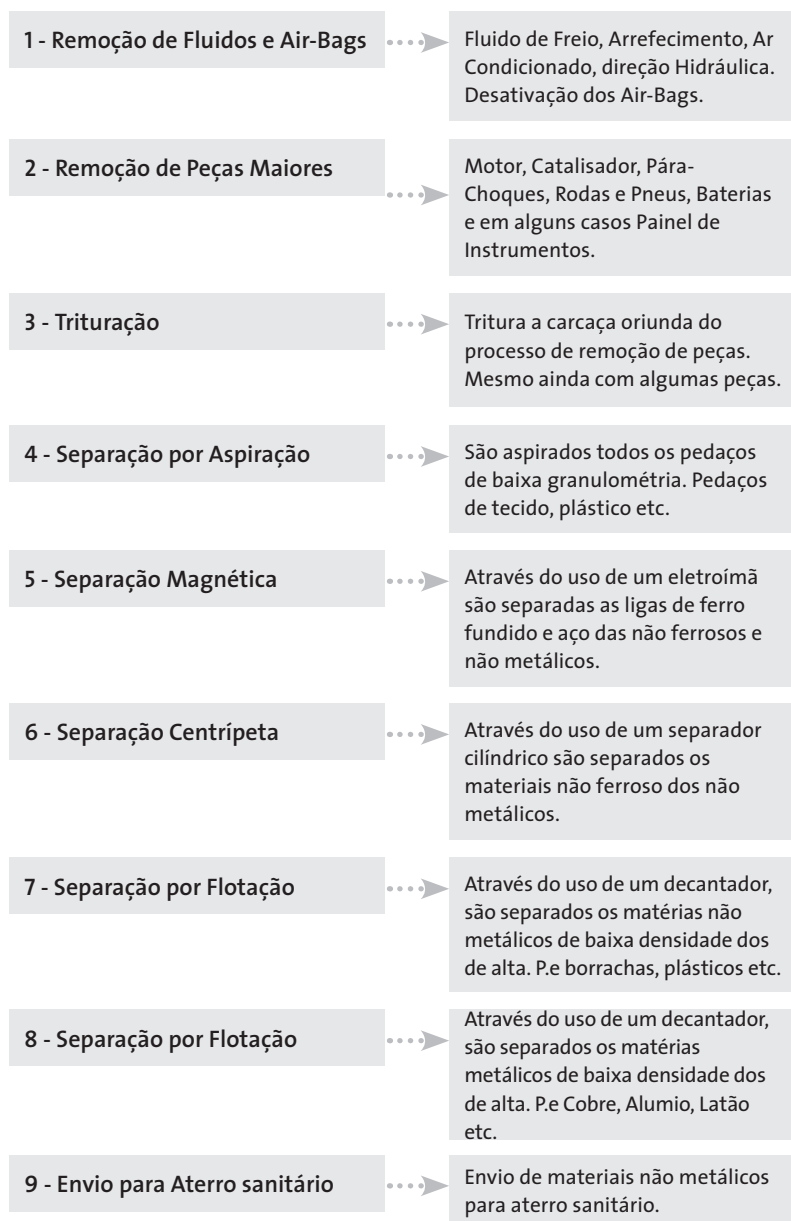
Diante das questões apresentadas ao longo do Capítulo 2, pode-se observar que o automóvel passa a ser considerado um sistema. A atividade de desenvolvimento de um novo projeto veicular passa a tratar as questões ambientais como peça chave. Sendo assim, aspectos como escolha de materiais, níveis de emissões de efluentes, uso de substâncias restritas e o percentual de reciclabilidade passam a ser tratados como atributos do produto. De forma contrária ao procedimento adotado com as questões ambientais relacionado à geração de efluentes ao longo do processo de manufatura do veículo e de suas peças, onde havia uma abordagem de “final de linha”, ou seja, tratava-se apenas do resultado final, não se atuando de maneira preventiva a fim de se evitar a geração de efluentes. Um caso bastante curioso que serve de modelo para exemplificar essa mudança de atitude é o caso das linhas de pintura. Até pouco tempo atrás, os processos de pintura automobilística usavam como matéria-prima diversos tipos de tintas, sendo algumas delas a base de Chumbo (Pb), material conhecido como carcinogênico. Por essa razão, foram desenvolvidos equipamentos capazes de evitar que os resíduos de Pb presente nos efluentes dos processos

de pintura fossem despejados nos lençóis freáticos e mananciais. A mudança na abordagem desse problema é constatada, na medida em que passou a ser analisado nas suas origens. Buscou-se uma forma de eliminar essa substância tóxica da fórmula das tintas disponíveis no mercado. Com isso, depois vários anos de estudos e pesquisas, foi desenvolvida uma tinta capaz de atender aos quesitos técnicos, econômicos e ambientais, tendo como resultado um produto à base de água que vem se mostrando imparcial com relação às questões ambientais. Essa mudança de abordagem dos problemas ambientais também pode ser útil com relação aos volumes de resíduos destinados aos aterros sanitários. Os chamados Resíduos Pós-Processo de Trituração ou ASR (Automotive Schredder Residue) são apontados hoje como um dos grandes desafios para o sucesso da diretiva ambiental dos veículos em final de vida. Segundo Tam e Jekel (2004), cerca de 3 milhões de m de ASR são gerados anualmente nos EUA e quantidade similar também é produzida nos países membros da comunidade Européia. Os polímeros têm presença marcante no total de volume de materiais que são destinados aos aterros sanitários. A outra parte tem sua origem através da recuperação de material metálico proveniente dos processos de trituração. Segundo Duranceau e Winslow (2004), nesses processos removem-se até 80% do peso de um veículo, uma parte através da retirada inicial de peças inteiras, que, teoricamente, ainda se apresentam em condições de uso. Dessa forma, diminui-se a quantidade de materiais que resultará do processo de trituração, facilitando assim as etapas de separação.

Algumas abordagens relacionadas com as metas de reciclabilidade: 85% até 2006 e 95% em 2015 em relação ao seu peso (vide diretiva 2000/53/EC), já fazem parte do dia-a-dia das equipes de desenvolvimento de novos veículos. Mas como será visto no capítulo 3, foram concedidas algumas derivas nesses prazos, de forma que as montadoras possam ganhar mais tempo para se adaptarem a esse novo cenário dos veículos em final de vida útil. Deve-se estar alerta para um detalhe relativo a nomenclatura dos veículos chamados de “veículos em final de vida”, (ELV- End of Life Vehicle).

Qualquer veículo pode ser considerado um ELV, desde que seu proprietário assim o decida considerar (carros antigos, envolvidos em acidentes, ou que não apresentem mais condições seguras de operação). Mas a idade média, segundo Magnani (2000), dos ELV que já vem sendo submetidos aos processos de reciclagem é de 10 a 15 anos de vida.

Como proceder para se otimizar o processo de obtenção de materiais para reaproveitamento/reciclagem dos veículos que foram projetados 15 anos atrás, quando ainda não havia a perspectiva de que esses fossem reciclados? Considerando o fluxo de operações exemplificado pela Figura 8, autores como Birat e Guérin (2004), expõem alguns meios de se aprimorar os processos de separação dos resíduos pós- trituração (ASR), através do uso de novos equipamentos e técnicas mais eficazes.



Fonte: DURANCEAU e WINSLOW (2004).

FIGURAS 8: Etapas do processo de reciclagem e seus resíduos.

Com outra abordagem, Magnani (2000) também aponta meios de se otimizar o rendimento nos processo de reciclagem, encontrando-se um ponto de equilíbrio entre a quantidade de peças/ materiais que são retirados antes do processo de trituração e a quantidade de peças que não é retirada e que acabam sendo trituradas para depois passarem por um dispendioso e demorado processo de separação. A seguir será apresentado, de forma resumida, seu trabalho sobre o desmonte e o cálculo do percentual de reciclabilidade dos veículos em final de vida.

3.5.1 | DESMONTE DE VEÍCULOS E O CÁLCULO DO PERCENTUAL DE REICLABILIDADE

Magnani (2000) propõe que os ELV sejam considerados como uma valiosa fonte de materiais, e que sejam desenvolvidas formas de se obter esses materiais de maneira eficaz. Busca-se um ponto de equilíbrio entre o processo de desmontagem e a quantidade de materiais que é triturada em forma de carcaça, pois uma vez que um número maior de peças seja retirado do veículo antes do processo de trituração, melhores são os resultados obtidos na recuperação de materiais provenientes dessas peças. A discussão gira em torno de até onde é economicamente viável desmontar o carro, retirando-se peças e componentes, sem que sejam comprometidos os custos de mão-de-obra, tempo de desmontagem e geração de resíduos. A autora propõem três cenários conforme abaixo:

Primeiro Cenário: a etapa de retirada de peças é limitada e somente algumas delas são sacadas do veículo. Nesse primeiro cenário são apenas drenados os fluidos e retirada a bateria. E, em seguida, são retirados os pneus juntamente com as rodas do veículo. Todo o restante de peças, que ainda resta no ELV, vai para o processo de trituração, para depois serem segregados os materiais metálicos dos não metálicos e assim por diante. Dessa forma, o percentual de reciclabilidade tende a ser baixo, pois o volume de material que será gerado no processo de trituração é significativamente grande, o que compromete a separação do que é material reciclável do que é resíduo.

Segundo Cenário: considera as mesmas etapas e peças retirados do cenário 1, só que agora são realizadas operações de desmontagem do veículo, de onde serão retirados vários componentes e conjuntos. Nessa etapa, são usadas ferramentas que são comuns a todos os recicladores, como parafusadeiras pneumáticas, ferramentas de corte e dispositivos de remoção de fluidos.

Terceiro Cenário: difere do cenário 2 apenas nos dispositivos empregados para realização da retirada de peças. Foi feito uso de equipamentos automáticos para a retirada e drenagem de fluidos. A atividade de desmonte dos ELV's pode ser considerada como demorada, uma vez que requer, muitas das vezes, um processo manual de retirada das peças.

Ainda segundo Magnani (2000), o *break-even point*, ou seja o ponto a partir de onde se começa a obter lucro, utilizando as ferramentas geralmente usadas numa oficina de desmonte de veículos (elevadores pneumáticos, parafusadeiras pneumáticas e outras ferramentas manuais), é com um volume de 1000 ELV's desmontados por ano. Acima desse número, com algo em torno dos 2000 ELV's /ano, já é possível um investimento maior em ferramental automatizado, como ferramentas que permitam a retirada do conjunto motor e caixa de transmissão em apenas 4 minutos, ao invés dos 20 normalmente empregados nesse trabalho.

A Tabela 5 expõe os tempos que são empregados na atividade de retirada de peças para cada um dos três cenários propostos. Para o primeiro desses foi estabelecido que seria aquele em que o menor número de peças seria retirado. Analisando a Tabela 5, percebemos que o número de peças que são retiradas é bem menor do que nos outros dois propostos. Em consequência desse menor número de peças, esse cenário apresenta o menor tempo de operação antes de ser iniciada a etapa de trituração. Para os outros dois cenários, a quantidade de peças retiradas é bem maior, uma vez que esses se propõem a reduzir a quantidade de material que será gerada no processo de trituração.

TABELA 5: Tempo de desmontagem de peças

Peça	Tempo necessário (min)		
	Cenário 1	Cenário 2	Cenário 3
AirBags	10	10	3
Bateria	2	2	1
Fluidos	50	50	25
Pneus	6	6	3
Pára-Choques	...	4	3
Painel	...	15	12
Dutos de Ar	...	3	3
Acabamento de Porta	...	5	5
Bancos	...	8	8
Vidros	...	15	8
Catalisador	...	5	1
Fáris	...	2	2
Motores elétricos	...	15	10
Chicotes	...	16	14
Radiador	...	4	3
Motor e Caixa	...	20	4
Total	68	180	105

Fonte: MAGNANI (2000).

Precisamos saber, porém, qual desses apresentará índices de reciclabilidade que atendam ou superem os objetivos impostos pela diretiva ambiental. Dessa forma, precisamos compreender como é calculado o percentual de reciclabilidade apresentado por um veículo. Existem várias formas de se calcular esse percentual, que podem variar de montadora para montadora. Mas, apesar de

algumas montadoras adotarem seus próprios métodos de cálculo desse indicador ambiental, já é possível utilizar um método padrão para sua obtenção.

Para isso, foi criada a norma “ISO 22628 -Método de cálculo de reciclabilidade e reaproveitamento para veículos terrestres” que resumidamente será apresentado a seguir:

$$R_{cyc} = \frac{M_p + M_d + M_m + M_tR}{M_v}$$

Onde:

R_{cyc} : Índice de reciclabilidade

M_p : Peso de todo o material e peças que são removidos no pré-tratamento do processo de desmontagem. Por exemplo, a drenagem dos fluidos e a retirada da bateria

M_d : Peso de todas as peças que são desmontadas do carro antes desse ser encaminhado para o processo de trituração

M_m : Peso da carcaça depois de essa ter sido submetida aos processos de drenagem de fluidos e desmontagem.

M_tR : Peso final dos resíduos não aproveitados após o processo de trituração.

Dessa forma, para cada um dos cenários foi calculado seu respectivo percentual de reciclabilidade, para um veículo de porte médio, como mostra a Tabela 6:

TABELA 6: Cálculo do percentual de Reciclabilidade.

Materiais	Peso (Kg)		
	Cenário 1	Cenário 2	Cenário 3
M_p	34,3	34,3	34,3
M_d	73,4	353,9	353,9
M_m	711,1	519,5	519,5
M_tR	0	0	0
M_v	1038,8	1038,8	1038,8
% reciclabilidade	78,8	87,4	87,4

Fonte: MAGNANI (2000)

Os valores de M_p são constantes para todos os cenários, pois esse parâmetro faz referência à quantidade de fluidos e à retirada da bateria do automóvel, sendo esses itens constantes e obrigatoriamente retirados do veículo antes que esse seja submetido ao processo de trituração. Já os valores correspondentes aos pesos obtidos pelo desmonte de peças após o pré-tratamento, variam do cenário 1 para o 2. Isso é justificado, uma vez que no segundo cenário tinha-se como objetivo diminuir ao máximo o número de peças/ componentes que seriam deixados no veículo para que esse fosse triturado. Comparando-se as peças que foram retiradas do veículo no cenário 1 com as que foram desmontadas do cenário 2, constatamos que: apenas os pneus com suas respectivas rodas, totalizaram $M_d = 73,4$ Kg para o cenário 1 e Pneus, Catalisador, Pára-Choques, Acabamento de Porta, Vidros, Painel, Dutos de A/C, Motores Elétricos, Motor e Caixa de Transmissão, Radiador, Faróis entre outros totalizaram $M_d = 353,9$ Kg para os cenários 2 e 3.

Magnani (2000) não apresentou dados sobre custos para realização dos processos de desmontagem, porém sabemos que os custos de mão-de-obra em países da Europa costumam ser bastante elevados se comparados com os praticados aqui no Brasil. De forma positiva, a autora levantou, junto a alguns recicladores europeus (www.stiba.nl), os custos relacionados aos processos de trituração 0,023 €/Kg, processo de separação metálica é de 0,015 €/Kg e o que apresenta maior valor é de separação de material polimérico, da ordem de 0,102 €/Kg.

Evitar que sejam gerados resíduos no processo de trituração, assim como reduzir o peso do veículo que será enviado para a trituração são artifícios eficientes no caminho de se buscar a redução dos custos de destinação final de um veículo. E também, uma vez que sejam desmontados esses componentes, (vide tabela 4), pode-se estar alimentando, de forma legal, o mercado de peças de reposição usadas, uma vez que essas podem ser remanufaturadas e disponibilizadas para reutilização/ consumo, evitando-se, assim, que uma nova peça seja fabricada e, conseqüentemente, todos os seus danos ao meio ambiente sejam gerados. Porém, vale lembrar que

a viabilidade para a prática da reutilização/ remanufatura de peças/ componentes estará diretamente ligada com a idade média dos ELV que forem desmontados. A autora acredita que não exista na Europa um mercado promissor para peças de reposição usadas, provenientes de veículos com mais de 10 anos. Ela acredita que esse mercado seja muito mais oportuno em um país como o Brasil, que tem a idade média de sua frota perto dos 20 anos.

De maneira conclusiva, a mesma autora elegeu os cenários 2 e 3 como sendo os mais vantajosos, sua aplicação ficando dependendo apenas do volume anual de veículos superior a 1500 unidades para que esse processo consiga justificar os investimentos em novos ferramentais.

Porém atentamos para o fato de que, em uma determinada etapa desses cenários, que se apresentaram mais vantajosos, foi despendido um tempo considerável para retirada de alguns componentes, (vide Tabela 5). E sendo gasto mais tempo, diretamente associa-se a esse fator o consumo de mão-de-obra que, como se sabe, muitas das vezes pode ser o maior custo em determinadas operações industriais. Assim, foi traçado um paralelo entre as realidades do nosso país e as do continente europeu. E, chegou-se à conclusão que, para uma realidade como a nossa é mais apropriado que seja retirada o maior número possível de peças, estimulando assim o mercado legal de peças de reposição, gerando empregos que a princípio não exigem muitas qualificações e ainda reduzindo-se o volume de material que seria necessário a ser segregado após o processo de trituração. De maneira contrária ao proposto por Magnani (2000), concluiu-se que as operações manuais de retirada de peças/ componentes observadas nos cenários 2 e 3 são altamente impactantes para as operações relacionadas ao negócio de reciclagem na realidade européia.

A atividade de desenvolvimento de novos veículos deverá atender a todos aqueles conceitos previamente apresentados e os carros que forem projetados hoje deverão trazer consigo conceitos de desmontagem que permitam a retirada de peças de grande porte sem que seja gasto um tempo muito longo com essa atividade.

A “desmontabilidade” é, sem dúvidas, um fator que influenciará as chances e condições de um produto, partes, componentes ou matérias primas terem seu ciclo de vida prolongado. Um problema é que um bom processo de desmontagem para o reuso ou a remanufatura não é, necessariamente, um bom processo de desmontagem para a reciclagem. Neste último caminho pode ser utilizado um processo de desmontagem destrutivo, com a destruição parcial das peças e componentes, enquanto o processo de desmonte para reuso e remanufatura necessita que as partes estejam em boas condições de uso. Por outro lado, pode-se encontrar em um mesmo descarte de produto, como nos automóveis, diferentes tipos de desmontagem simultâneos, onde uma determinada parte seja desmontada para reuso e outra para reciclagem de material. Um outro item que representa potencial impactante para a otimização dos processos de desmontagem dos ELV é a falta de informação sobre a composição básica de cada peça, roteiros de desmontagem, tipos de fixação usados para determinada peça etc. Conforme será mostrado no capítulo 3, já existem iniciativas voltadas para facilitar a identificação das peças constituintes dos veículos.

4 | A LEGISLAÇÃO AMBIENTAL E O AVANÇO DA RECICLABILIDADE DO AUTOMÓVEL

4.1 | Contextualização

Se na sua fase de utilização os veículos são responsáveis por grande parte das emissões de gás carbônico para atmosfera, na sua destinação final não poderia ser diferente a sua parcela de agressão ao meio ambiente. Assim, nada mais pertinente do que o surgimento de legislações que abordem todos os aspectos dessa indústria. Ao longo deste capítulo, acompanharemos a trajetória evolutiva dos aspectos legais do automóvel.

Várias legislações voltadas para a indústria automobilística estão sendo aprovadas e implementadas. Não só nas nações mais desenvolvidas, como também no Brasil, os cuidados com autopeças e veículos se tornaram uma nova preocupação. O surgimento de legislações ambientais teve seu início em meados dos anos 70, em diversos países, indo contra as formas de poluição mais visíveis, como fumaça, fuligem, descarga de efluentes químicos nos rios, sendo seguidas por leis de controle de outros tipos de poluição como a sonora. No Brasil, com cerca de 10 anos de defasagem, surgem normas e regulamentações ambientais que focalizam a fase de uso e consumo dos produtos como, por exemplo, as resoluções do CONAMA (Conselho Nacional de Meio Ambiente), que tratam de limites de emissões de CO₂ sobre o uso de Chumbo na gasolina etc.

Num terceiro momento, no final dos anos 90, inicia-se a atual fase na história ambiental quando as novas diretivas da União Européia passam a focar a fase de descarte dos produtos. Gradualmente, vem sendo atribuída aos produtores e, indiretamente, aos consumidores a responsabilidade de arcar com a destinação final dos produtos com ciclo de vida encerrado. Dentre as diversas legislações ambientais incluídas nessa terceira fase, destaca-se a legislação conhecida pela expressão *takeback* ou retorno garantido. Neste tipo de legislação, as empresas são obrigadas a recolherem,

de graça, produtos em final de vida e descartá-los de forma correta. Originária na Alemanha, a lei do retorno garantido já é aplicada a diversos produtos e bens duráveis, como máquinas de lavar roupa, geladeiras e o nosso objeto de estudo: os automóveis. Essa lei pretende, não apenas reduzir o volume de matéria que vai para os aterros sanitários e meio ambiente, como também melhorar a eco-eficiência das indústrias, fazendo com que a reciclagem de produtos / materiais seja um procedimento assimilado e aplicado em benefício do ambiente coletivo.

4.1.1 | LEGISLAÇÕES DE RETORNO GARANTIDO

No trabalho de Oliveira (2000), foram levantadas algumas das formas de aplicabilidade das diretivas de “retorno garantido” implantada na Alemanha em meados de 1993, mais precisamente, as embalagens de produtos em geral, que foram divididas em três grandes grupos: embalagens de transporte de atacado, como *palletes*, grandes caixas, que ficam sob responsabilidade do fabricante; embalagens secundárias, que são aquelas usadas para expor os produtos, e que são de responsabilidade do varejista; e as embalagens usadas para transporte como sacolas, caixas, latas, etc. que devem ser devolvidas ao varejista ou à indústria. As prerrogativas dessa lei surtiram efeitos imediatos e muitas empresas abandonaram o uso de embalagens à base de polivinil e outras passaram a usar embalagens que fossem constituídas de material reciclado.

Porém, alguns problemas foram encontrados no processo de implementação dessa diretiva: em primeiro lugar, houve uma receptividade muito grande por parte da população e em consequência dessa reação uma quantidade de matéria para ser reciclada bem maior do que a capacidade alemã de reciclagem, ocasionando um aumento brusco na oferta de material reaproveitável, alterando o equilíbrio de mercado interno de reciclados, obrigando os recicladores a buscar mercados externos para escoar seus estoques. Um outro ponto também observado foi o grande e desnecessário aparato montado para suportar o transporte de embalagens de plástico e o seu consequente impacto ambiental, uma vez que ca-

da fabricante tomou a iniciativa de criar sua própria rede de coleta e transporte de retorno para suas embalagens, o que se mostrou inviável. Para tentar sanar esses derivas de implementação, alguns fabricantes se uniram e criaram um consórcio que centralizava as coletas dessas embalagens e comutavam os transportes. Para isso os custos eram divididos entre os participantes.

Até onde sabemos, essa legislação implantada na Alemanha obriga de forma incondicional os produtores a reciclarem o material recolhido. Muitos dos materiais aplicados na fabricação dessas embalagens apresentam, nesse país, um Custo X Benefício de reciclagem não satisfatório. Por exemplo, os polímeros reciclados oriundos das diversas aplicações nos automóveis (ABS, PP, PVC, PEAD) têm baixa cotação no mercado de materiais reciclados, aliados a um processo de reciclagem não muito eficiente em alguns casos. Esses polímeros são também encontrados nas embalagens de bens de consumo em geral. Indiretamente, as empresas repassarão esses custos para o produto ou para o mercado consumidor, através de um estímulo para que sejam criados agentes recicladores comuns a diversas empresas que prestarão esse serviço para as indústrias responsáveis legalmente pela destinação final dos produtos.

4.2 | A diretiva ambiental para veículos em final de vida-2000/53-EC

A repercussão da entrada em vigor da Diretiva Européia de retorno garantido para veículos em final de vida ELV 2000/53-EC, que passou a ter efeito de lei nos países da União Européia a partir de 21 de outubro de 2000, teve reflexos não só para os fabricantes de veículos, mas também para os países membros da UE, onde esses países passam a arcar com a responsabilidade de fiscalizar o cumprimento dessa lei e, de maneira regulatória, garantir ao consumidor final de um ELV o não pagamento de nenhuma quantia pela sua correta destinação final. O papel dos órgãos fiscalizadores nesses países é composto de sete missões, que são:

- ▶ Garantir que todos os ELV's sejam enviados a recicladores oficiais.
- ▶ Disponibilizar a destinação final dos ELV's sem custo para o últi-

mo proprietário de todos os veículos colocados no mercado antes de 2002.

- ▶ Restringir e garantir a eliminação do uso de metais pesados, a partir de 2003.
- ▶ Garantir índices de reciclabilidade maiores ou iguais a 85% para veículos fabricados a partir de 2006.
- ▶ Garantir índices de reciclabilidade maiores ou iguais que 95% para veículos fabricados a partir de 2015.

O papel a ser desempenhado pelos órgãos governamentais é mais abrangente do que a fiscalização do seguimento dessas diretivas, sendo agora exigido que esses órgãos estimulem a realização dos processos de reaproveitamento dos resíduos gerados pelo processo de reciclagem.

Deixando de lado o papel de fiscalização, será focalizada a seguir a reação das montadoras frente a esse novo cenário de restrição de uso de metais pesados, percentuais de reciclabilidade etc. No exemplo que será apresentado, acompanharemos a equipe de Desenvolvimento de Produto, mais precisamente na área de Engenharia de Materiais, em uma montadora de carros brasileira, buscando respostas a duas perguntas:

- ▶ de que forma as montadoras estão se adequando a essas novas diretivas impostas pelo parlamento europeu?
- ▶ como o Brasil ainda não regulamentou diretivas ambientais que abordem os veículos em final de vida, e por que uma montadora instalada aqui se preocuparia com esse assunto?

Vale destacar que a área de Engenharia de Materiais da empresa foi criada com duas missões bem definidas:

- ▶ Suportar as outras áreas que compõem o setor de Desenvolvimento de Produto daquela montadora como, por exemplo, Engenharia de motores, Chassis, Acabamento Interno e Externo entre outras, gerando soluções na escolha dos materiais constituintes das diversas peças nas suas várias aplicações.
- ▶ Adequar aos novos produtos as imposições geradas pela diretiva ambiental de retorno garantido dos ELV's.

No seu organograma, havia seis colaboradores, que estavam diretamente subordinados ao diretor do setor de Desenvolvimento de Produto. Cinco deles eram especialistas, um para cada aplicação, que eram: materiais poliméricos, materiais metálicos, materiais têxteis, reciclagem e um outro, exclusivamente, com os mecanismos de fixação, sendo supervisionados por mais uma pessoa. Coube, então, a essa equipe de profissionais, a função de gerir as atividades voltadas para a reciclagem veicular, fazendo com que essa fosse assimilada no cotidiano operacional da montadora.

De forma a tornar mais claras essas restrições impostas pela diretiva ambiental 2000/53-EC, foram traçados quatro objetivos. Esses objetivos, assim como na Europa, serão implementados de acordo com os tempos limites impostos pela diretiva, e fazem parte do plano estratégico de adequação dos veículos da montadora frente à diretiva. De maneira abrangente, abordam todos os aspectos impostos pela diretiva, como segue:

- (a) atingir 85% de reciclabilidade;
- (b) eliminar substâncias tóxicas;
- (c) obter 100% das peças plásticas identificadas e;
- (d) aumentar o uso de material reciclado na composição de peças em geral.

Para que, cada um desses quatro objetivos, possa ser mais claramente compreendido será feita uma relação direta dos parágrafos da diretiva ambiental com cada um deles.

4.3 | Atingir 85% de reciclabilidade

“Artigo 7, Parágrafo 2: a partir de 1º de Janeiro de 2006, os veículos que fabricados ou comercializados nos países membros deverão ser no mínimo 85% recicláveis em peso...” (2000/53/EC).

Atualmente não é muito difícil descobrir o percentual de reciclagem de um veículo. Sem que seja necessário lançar mão dos cálculos indicados pela norma ISO 20628, sabemos que, na grande maioria, os veículos são compostos de materiais metálicos e suas ligas. Uma

vez que esse percentual hoje atinge cerca de 75% de sua composição, então é possível buscar 75% de reciclabilidade.

O grande desafio está em vencer o *gap* que resta para atingir a meta de 85%, em função da utilização dos materiais poliméricos. Com as tecnologias existentes hoje no mercado e com o grande incentivo à utilização de materiais poliméricos, percebemos que existe uma dificuldade para se tentar atingir este percentual de reciclabilidade, pois, uma vez que aumentamos o percentual de utilização desses, diminuímos indiretamente o índice de reciclabilidade dos veículos. Fazendo um comparativo da composição de um veículo dos anos 70 com a composição de um veículo dos dias atuais, percebe-se que a utilização desses materiais aumentou muito. No início dos anos 70 os plásticos representavam apenas 5% do peso total do veículo e hoje representam cerca de 15% do peso final do veículo. Conforme se percebe, a utilização de materiais plásticos pode trazer uma grande diminuição do peso final do veículo, o que tenderá a diminuir o consumo de combustíveis e a tornar os veículos menos poluentes. Mas devemos considerar o veículo como um sistema complexo e analisar todo o seu ciclo de vida. Este pensamento foi adotado pelas equipes de desenvolvimento e planejamento de produtos nas indústrias automobilísticas.

“Parágrafo 13 – Os objetivos de reciclagem, reuso, remanufaturabilidade e desmontabilidade dos veículos e de suas peças deverão estar integrados nas atividades de desenvolvimento de novos produtos” (2000/53/EC).

Uma outra prática que também visa a aumentar o teor de reciclabilidade dos veículos é feita através da adoção de meios de fixação que não sejam permanentes. É cada vez menor o uso de agentes de fixação permanentes, que impedem um futuro desmonte, sem que seja necessária a ruptura das partes envolvidas. Para isso, nos casos onde é tecnicamente viável, a fixação feita através de soldas e colas vem sendo substituídas por parafusos e arrebites. Esses permitem um fácil acesso aos pontos de fixação das peças nos pontos de aplicação no automóvel, viabilizando assim sua desmontagem.

Outro indicador do índice de reciclabilidade do veículo é a quantidade de material polimérico que se consegue retirar do automóvel num curto espaço de tempo. Esse processo é bastante simples e consiste em se mensurar a quantidade de peças que são retiradas no intervalo de tempo de 30 minutos. No caso estudado, chegou-se a computar esse indicador de forma bastante conclusiva. Para a realização desse processo de desmontagem recorreu-se à ajuda de uma equipe que tem a desmontagem de veículos como sua missão. Essa equipe pertence também ao setor de desenvolvimento de produtos e leva o nome de *Tear Down*, que, em português, seria algo como, desmontagem até a última peça. Porém, os objetivos dessa equipe nada têm a ver com os de reciclagem, pois quando essa desmonta um veículo está em busca de informações comparativas. Por exemplo, geralmente são desmontados veículos de mesma classe de mercado, porém de fabricantes diferentes, para que se possa comparar como são construídas as peças com os mesmos atributos. Assim busca-se aproveitar o que há de melhor em cada modelo fabricado pela concorrência.

Na Europa, já foram realizados muitos estudos de desmontagem para se mensurar os percentuais de reciclabilidade e quantidade de material plástico que se consegue retirar num curto intervalo de tempo. Para podermos ter uma visão comparativa entre um veículo brasileiro e um europeu, foi selecionado um modelo que apresentasse as mesmas características e que tivesse um maior número de peças em comum com um modelo semelhante analisado na Europa.

Apesar da existência de um roteiro de desmontagem pré-estabelecido para os modelos da Europa, não era possível saber se esse mesmo roteiro seria adaptável ao modelo brasileiro, uma vez que, entre outros fatores, poderia haver variações no número de pontos de fixação de algumas peças e até a inexistência de alguma delas.

Esse roteiro de desmontagem consistia na retirada dos pára-choques, bancos, painel de instrumentos, acabamentos de porta, rodas, *dress up* do motor e, finalizando, peças da parte inferior do veículo, lembrando que o objetivo não era o de retirar todas essas peças em

30 minutos, mas sim quantificar o quanto em peso se conseguia retirar de peças nesse intervalo de tempo. Para o modelo europeu já havia um estudo que apontava uma quantidade de cerca de 150 Kg, e para o modelo brasileiro chegou-se a um valor inferior, algo próximo de 138 Kg.

Buscando a resposta para essa diferença no total de peso retirado, uma vez que foram adotados as mesmas ferramentas e roteiros de desmontagem, viu-se que essa diferença acontecera em função dos tipos de uniões e de juntas que são usadas nos veículos estudados. Os veículos eram parecidos, porém não idênticos e algumas peças como o painel, o pára-choque e, até mesmo, a canopla que é usada para revestimento da caixa de marcha possuíam fixações diferentes. Isso gerou um impacto negativo na hora de se fazer a retirada dessas peças. Apesar de esse estudo ter sido feito com a ajuda da equipe de *Tear Down*, a inexperiência em uma operação de desmontagem com um roteiro pré-definido pode também ser apontada como causa para essa diferença na quantidade final de peças que foram retiradas.

4.4 | Eliminar substâncias tóxicas

Parágrafo 11 – *“É muito importante que sejam tomadas medidas preventivas com relação ao uso de metais pesados, dessa forma a eliminação do seu uso deverá ser incorporada à atividade de desenvolvimento de novos veículos. Ficando assim proibido o uso de Chumbo, Mercúrio, Cádmio e Cromo Hexavalente, em aplicações automotivas, salvo em algumas aplicações”* (2000/53/EC).

Conforme explicitado acima, a eliminação de substâncias restritas é um tema bastante delicado que demandará uma enorme quantidade de recursos e esforços. Primeiramente, serão definidas, como substâncias restritas, aquelas que apresentam algum potencial carcinogênico ou qualquer outro tipo de característica agressiva ao ser humano e ao meio ambiente. Dessa forma materiais como Zinco, pvc, Manganês, etc passam a ter sua aplicação restringida a certos percentuais. E de forma mais rigorosa com certos me-

tais, os fabricantes deverão restringir o uso de substâncias como o Chumbo, Mercúrio, Cromo Hexavalente e Cádmiio, além da limitação do uso do PVC.

O Chumbo (Pb) é um dos metais pesados que despertaram maiores esforços para sua substituição. Assim como os outros metais pesados, o chumbo apresenta-se como um agente carcinogênico, principalmente nas fases de fabricação e de destinação final, também sendo altamente danoso ao meio ambiente. Sua aplicação nos veículos, mostra-se presente nas baterias, nos contrapesos de rodas, em algumas tintas e em ligas de aço e de alumínio. Para essas aplicações, o seu uso não foi alvo de restrições. É feito um importante controle com relação à coleta das baterias usadas, onde os fabricantes das mesmas são obrigados a disponibilizar pontos de coleta sem que haja nenhum custo para os consumidores. Com relação à aplicação em contrapesos de rodas, existe uma proposta, ainda em estudo, de eliminação dessa substância para esse tipo de aplicação. Para isso, seria empregada uma liga contendo aço e uma porção de alumínio. Para outras aplicações, seu uso fica limitado a 0,001% do peso da peça final. Essa restrição é válida para algumas ligas de aço e alumínio que trazem o Chumbo como elemento reforçante. Salvo essas exceções, todo e qualquer tipo de aplicação fica proibida sendo necessária a elaboração, por parte do fornecedor, de um plano de ação que tenha como objetivo a substituição desse metal por um outro inerte.

Na utilização do Mercúrio assim como do Cádmiio, que têm suas aplicações em pré-tratamentos de pintura e em componentes eletrônicos, fica proibida toda forma e qualquer tipo de aplicação que exceda os mesmos 0,001% do peso da peça final. Para as aplicações onde esse percentual seja extrapolado, será necessária a elaboração, por parte do fornecedor, de um plano de ação que tenha como objetivo a substituição desse metal por um outro inerte.

O ponto de maior polêmica e atenção está relacionado com o uso do Cromo Hexavalente (Cr+6). Considerado o metal de maior impacto na utilização automobilística, uma vez que é largamente empregado nos tratamentos superficiais de todo tipo dos meios de fixação.

Ou seja, usa-se Cromo Hexavalente nas pinturas das superfícies da maioria dos parafusos, porcas, arruelas e qualquer outro tipo de peça que seja usada como meio de fixação. Todos os conjuntos do veículo são afetados, quando se decide eliminar esse metal pesado. O risco ao meio ambiente e ao ser humano se apresenta nas fases de produção e destinação final. Porém, sua alta aplicabilidade nos veículos é devido ao seu excelente desempenho em resistir às ações de intempéries causadoras de corrosão. Aliado a isso, temos uma outra importante justificativa que é o seu baixo custo. Devido a essa complexidade, que envolve sua substituição, o prazo estabelecido pela diretiva ambiental, 1º de Janeiro de 2003, foi alterado para que soluções mais adequadas sejam alcançadas. Uma vez que as soluções de substituição desse tratamento superficial à base de Cr+6 são mais custosas e de difícil operacionalização, pois, uma vez alterados os acabamentos superficiais de um agente de fixação (porca ou parafuso), necessita-se validar um novo torque de aperto para cada uma das aplicações, uma vez que se alterou o atrito entre as partes envolvidas. E, além disso, o mercado de mecanismos de fixação para a indústria automobilística é atualmente dominado por poucos fornecedores e esses se mostram bastante receosos com a proibição desse material. Pois, além de causarem impacto nos custos das peças, demandam investimentos em novos ferramentais. E a capacidade de adaptação a esse novo cenário será decisiva para a permanência no mercado de algumas dessas empresas.

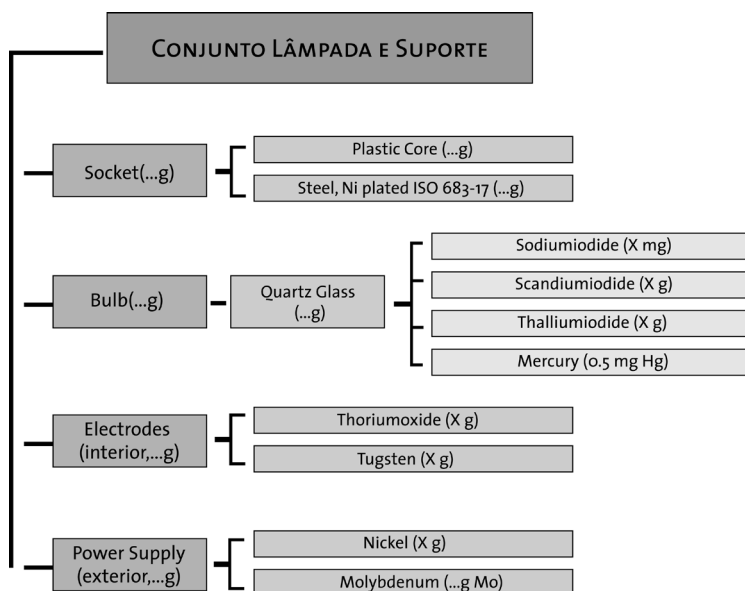
4.4.1 | O CONTROLE DO EMPREGO DE SUBSTÂNCIAS RESTRITAS

“Artigo 8, Parágrafo 2 – Países membros deverão requisitar aos fabricantes que esses disponibilizem informações a respeito do teor de reciclabilidade, assim como do conteúdo entrante de substâncias na composição dos veículos” (2000/53/EC).

Conforme preconizado em lei, os fabricantes deverão disponibilizar, para seus consumidores, informações sobre a composição de cada peça utilizada na fabricação de um veículo, assim como informações sobre o percentual de material restrito usado na sua fabricação.

Vale lembrar que estamos falando de informações sobre a aplicação de substâncias restritas em um automóvel que possui em média cerca de 30 mil componentes. E que essas informações deverão ser disponibilizadas com os materiais e suas substâncias empregadas na fabricação, contendo os valores de peso (em gramas) para cada uma delas. Dessa forma, os maiores fabricantes de veículos do mundo se uniram e criaram um banco de dados, conhecido como IMDS - Sistema Internacional de Dados de Materiais (*IMDS-International Material Data System*). O IMDS foi desenvolvido para a coleta e sistematização de dados, referente ao uso de substâncias e materiais de uso restritos em seus produtos. Nesse grande banco de dados, as montadoras impõem condicionadamente aos seus fornecedores que sejam disponibilizadas as informações relativas à composição de cada peça ou conjunto que lhes é fornecido. Parte-se primeiro das peças e depois para os materiais que entram na sua composição. Depois de identificados seus materiais, são cadastradas as substâncias que entram na composição de cada uma delas. A seguir, na Figura 9 é apresentada uma estrutura de entrada de dados para um conjunto de peças. É dessa forma que todas as peças e componentes deverão ser cadastradas na base de dados IMDS. Uma vez que todas as peças já se encontram no IMDS, é possível detectar onde estão sendo empregadas as chamadas substâncias restritas e traçar um plano para eliminá-las da composição do automóvel. Vale lembrar que esse banco de dados é comum a várias montadoras, e cada uma delas estabeleceu ou estabelecerá planos internos para eliminação dessas substâncias.

Contudo, exigir que cada fornecedor cadastre suas peças nessa base de dados não é tarefa das mais simples, uma vez que uma única peça pode ser composta de partes fornecidas por diversos outros fabricantes, o que acarretará um trabalho extra para o fornecedor que está em contato direto com a montadora, os chamados “*tier 1*”, pois uma vez que a montadora exija dos seus fornecedores “*tier 1*” o cadastro de 100% de suas peças no IMDS, aqueles fornecedores que não detiverem em seus processos de fabricação a totalidade das peças fornecidas à montadora, também, exigirão dos seus fornecedores



Fonte: Adaptação IMDS.

FIGURA 9: Estrutura Árvore de Componentes e Subcomponentes.

que essas estejam cadastradas. Esse efeito é comparado ao efeito dominó, e, dessa forma, toda a cadeia de suprimentos estará envolvida no processo de eliminação do uso de substâncias restritas.

É importante destacar-se que a base de dados é comum a várias montadoras, assim se uma mesma peça é fornecida a mais de uma montadora não necessitará ser cadastrada duas vezes, o que reduz bastante o trabalho dos fornecedores e o cadastro serve apenas como uma valiosa base de dados, não cabendo ao IMDS a recusa de uma peça ou fornecedor em virtude da presença de substâncias restritas acima do permitido. Caberá a cada uma das montadoras, integrante da base de dados, que, individualmente, criem mecanismos capazes de compilar esses dados. E que possibilitem identificar em cada projeto os pontos carentes de intervenção.

Esse trabalho de cadastramento de peças na base de dados IMDS é uma atividade pioneira desenvolvida pela montadora, objeto de

nosso estudo de caso em nível nacional, logo não é de se estranhar que existam dificuldades inerentes ao pioneirismo de tal atividade. Uma das grandes barreiras encontradas na implantação desse sistema foi, sem dúvida, o trabalho de treinamento e capacitação dos fornecedores para fazer o cadastro de suas peças e assim alimentar o banco de dados. Ao terminarmos o estudo, um percentual não muito significativo de fornecedores havia realizado o cadastro de suas respectivas peças.

4.5 | Marcação de 100% das peças Poliméricas (como alocar as atualizações)

Artigo 8, parágrafo 1 - “... os fabricantes deverão adotar códigos de identificação nas peças e nos materiais que se destinem a reutilização e reciclagem ...”

Em um processo de separação de peças/ materiais, a forma de se alcançar uma melhor eficiência é através da velocidade com a qual se consegue identificar os diferentes tipos de materiais que se encontram juntos. Pensando nesse sentido, a diretiva ambiental 2000/53/EC estabelece que as peças destinadas a reuso e reciclagem deverão ser identificadas com o código dos seus materiais. Entretanto, não há uma especificação de quais materiais e peças deverão ser identificados. Assim, como outros fabricantes, essa montadora em estudo traça como objetivo alcançar a totalidade de peças plásticas identificadas. Dentre todas essas peças plásticas, é feita uma classificação por peso, sendo desnecessária a marcação em peças poliméricas que contenham menos de 25 gramas. A partir dessa faixa de peso, todas as peças deverão trazer uma identificação do polímero que entra na sua composição.

Essa identificação deverá ser padronizada entre todos os fabricantes, de modo a facilitar sua compreensão em um processo de desmontagem futura. Essa padronização estabelece que a abreviação do nome comercial do polímero deverá ser marcado em uma das superfícies da peça, não sendo essa a que fica exposta ao consumidor. Essa identificação deverá ser precedida de sinais de maior e menor, como neste exemplo:

>PP< ; >PVC<

No exemplo da montadora, que acompanhamos, não se conseguiu mensurar o percentual de peças poliméricas que apresentavam identificação nos veículos nacionais. Porém, tivemos acesso a informações relativas a alguns modelos comercializados na Europa e constatamos que ainda não existe uma totalidade de peças poliméricas identificadas, o que demonstra que existe dificuldade em se conseguir realizar um trabalho junto aos fornecedores dessas peças, seja pelo modo como essas foram fabricadas, com moldes que não permitam alterações sem grandes intervenções ou mesmo por insucessos comerciais relacionados à questão dos custos da alteração dessas peças. Mesmo nos veículos onde esse percentual apresentou-se baixo ou praticamente inexistente, será necessária a realização de um trabalho adicional para alcançar a totalidade de peças identificadas, pois a norma que trata dos veículos em final de vida estabelece que cabe aos fabricantes providenciar meios de informação sobre o conteúdo de cada peça, sendo essas poliméricas ou não. Essas informações deverão ser disponibilizadas em até seis meses após o lançamento de cada modelo. Deverão, também, ser providas informações a respeito dos processos de desmontagem e meios de fixação. Dessa forma, os fabricantes mais uma vez se uniram e foi criado um grande banco de informações a respeito de cada um dos seus modelos. Esse banco de dados é chamado de IDIS – (International Disassembly Information System) e disponibiliza informações através de um CD-ROM distribuído gratuitamente para todos aqueles que demonstrarem interesse sobre o assunto. Nesse CD-ROM estão informações sobre os materiais de todas as peças de um veículo, assim como informações sobre os meios de fixação e ferramentas necessárias para a desmontagem dessas peças. Ainda não foi possível identificar-se, nesse banco de dados, veículos nacionais, mas espera-se que para a próxima versão a ser lançada haverá a inclusão de alguns modelos aqui fabricados e que são exportados para mercados consumidores onde já está em vigor essa diretiva. A Figura 10 mostra como são disponibilizadas essas informações, que são divididas por fabricantes e seus modelos.



Fonte: Adaptado de IDIS.

FIGURA 10: Exemplo de veículo cadastrado no IDIS.

Observa-se que, através dos relatórios para cada veículo, são colhidas informações relativas ao tipo de material que compõe cada peça, a ferramenta que é necessária para sua remoção, o número de parafusos usados na fixação de cada peça etc. Com essas informações é possível prever o tempo de desmontagem que será necessário para realização da desmontagem de um determinado veículo, identificar e segregar os diferentes tipos de materiais poliméricos e, assim, buscar um aprimoramento do processo de reciclagem dos ELV's.

4.6 | Aumentar o uso de material reciclado na composição dos veículos

Artigo 4, Parágrafo 1C- *“Os produtores de veículos deverão desenvolver programas que estimulem a incorporação de material reciclado, e outros materiais para estimular o desenvolvimento do mercado de material reciclado”* (2000/53/EC).

No parágrafo acima, transcrito da norma de tratamento dos veícu-

los em final de vida, vê-se que tanto o uso de materiais renováveis quanto o de materiais reciclados deverá ser estimulado. Conforme definimos no Capítulo 2, um material para ser considerado renovável deverá ter sua origem a partir de alguma planta, animal ou bactéria. É importante distinguir-se o termo renovável do termo reciclável, uma vez que esses costumam ser confundidos, pois, involuntariamente, associamos a reciclagem à idéia de preservação de recursos. E ainda, um material mesmo tendo como origem uma fonte renovável pode ainda não ser considerável sustentável, como é o caso das madeiras de lei que se encontram em extinção. Dessa forma, é importante que se preste atenção à denominação dos materiais sustentáveis. De maneira correta muitas fibras naturais são classificadas como materiais sustentáveis, como o caso das fibras de sisal, coco, juta etc. Para que possamos efetivar a substituição de um material sintético por um de origem renovável, faz-se necessário a análise de alguns pontos, que se mostram decisivos para a realização dessa substituição, como segue:

- ▶ O material dito renovável não deverá, de maneira alguma, acrescentar peso ao veículo, ou seja, no caso de possível aplicação de uma fibra natural, essa deverá apresentar peso igual ou inferior ao do material original que se pretende substituir.
- ▶ Não deverá comprometer a qualidade do ar no interior da cabine, uma vez que, para garantir a longevidade de algumas fibras naturais, são utilizados pesticidas, substâncias essas que, muitas das vezes, exalam um odor desagradável que compromete a qualidade do ar e também o descaracteriza.
- ▶ Um ponto bastante importante, relacionado com a aplicação de fibras naturais é a questão dos percentuais de reciclabilidade do veículo, pois a aplicação desse tipo de material, muitas das vezes, demanda a associação de um material sintético. Por exemplo, a aplicação da fibra de coco em encostos e assentos junto com Poliuretano, o que inviabiliza a reciclagem desse novo composto, à vista das tecnologias hoje disponíveis.

Podemos, então, criar uma divisão baseada na reciclabilidade dos materiais e das tecnologias disponíveis:

- ▶ **Atualmente recicláveis:** são os materiais hoje reciclados, uma vez que há disponíveis tecnologias e existe mercado para consumo desses materiais: metais em geral (ferrosos ou não ferrosos), baterias e fluidos em geral.
- ▶ **Potencial para serem reciclados:** materiais para os quais já existe tecnologia de reciclagem disponível, porém não é praticada: vidros (excluindo-se vidros de pára-brisa), alguns termoplásticos (os que são retirados em até 30 minutos).
- ▶ **Potencial para reaproveitamento:** materiais para os quais não está disponível tecnologia de reciclagem ou outra forma de reaproveitamento: alguns termoplásticos (aqueles que demandam mais de 30 minutos para serem retirados), plásticos incompatíveis, plásticos termorrígidos e borrachas.
- ▶ **Material destinado aos aterros sanitários:** materiais que não apresentam justificativa para sua separação e são descartados nos aterros como lixo: todos os não citados anteriormente.

4.6.1 | IMPLEMENTAÇÃO DE MATERIAIS RECICLADOS EM PEÇAS AUTOMOTIVAS

Durante o acompanhamento junto à montadora em questão, tivemos acesso a pesquisas relacionados à implementação de um programa de uso de materiais reciclados em novos veículos. Tratava-se do uso de materiais reciclados pós-consumo – PCR (conforme definimos no Capítulo 2, os materiais reciclados são divididos entre os PCR e PIR) mais precisamente poliamida (PA) no coletor de admissão dos motores aplicados em um veículo sedam, líder de mercado na Europa, primeiramente desenvolvido para aplicação exclusiva na Europa e não tendo ainda data de aplicação em veículos comercializados pela montadora em questão aqui no Brasil. Estudos de eficiência termodinâmica demonstraram que era necessário desenvolver melhorias nessa peça. O coletor de admissão utilizado nos motores tipo ciclo Otto desempenha duas funções: a de recepção do ar atmosférico e, posteriormente, a mistura do ar com o combustível (álcool ou gasolina) para que esses sejam admitidos na câmara de combustão. Estudos de eficiência e rendimento

realizados nesse motor constataram, porém, perdas no fluxo de passagem do ar devido a elevadas temperaturas no interior dessa peça, aliado a imperfeições superficiais nas paredes internas dessa peça. A potencial causa para esse problema estava no material aplicado para sua fabricação, o alumínio. Dessa forma, decidiu-se pela troca do alumínio, por um polímero que garantisse um melhor desempenho da peça, ou seja, que melhorasse o fluxo de ar e não transmitisse calor para a mistura (ar + combustível).

Escolher o melhor polímero que se adequasse a essa aplicação seria determinante para o sucesso dessa modificação de material. Inicialmente, foram sugeridos outros polímeros, como o ABS e até mesmos o PVC, porém esses não se mostraram capazes de atender aos atributos técnicos demandados pela peça em questão. Durante as fases iniciais de desenvolvimento, foram realizadas simulações aerodinâmicas do fluxo de ar no interior do novo coletor assim como a elaboração de estudos sobre o gradiente de temperatura que estaria sendo gerada no interior dessa peça. Partiu-se, então, para a escolha da poliamida - PA, comumente conhecida como “nylon”, reforçada com fibra de vidro (PA-GF). A outra etapa do processo de desenvolvimento foi a escolha do processo de fabricação dessa nova peça que, devido às condições elevadas de temperatura, foi escolhido o processo por injeção.

A escolha desse processo de fabricação teve relação direta com a necessidade de utilização de material reciclado. Para que fossem garantidas as propriedades físicas e mecânicas, tanto da matéria prima quanto da peça final, adotou-se um limite máximo de 15% de poliamida reciclada.

Uma vez escolhido o material, o processo e o percentual de utilização de material reciclado, que seriam utilizados, necessitava-se conhecer a viabilidade ou não, do ponto de vista ambiental, da aplicação dessa matéria-prima virgem associada com material reciclado. Dessa forma, era necessário que fosse feito um estudo de análise do ciclo de vida dos materiais em questão. Escolheu-se uma empresa externa para a realização de um estudo comparativo entre os três tipos de material envolvidos nesse projeto, que eram

o Alumínio, a PA virgem e a PA adicionada de 15%. Os resultados finais da análise do ciclo de vida apontam que no processo de fabricação da peça com Al, que pesa cerca de 2,5 Kg, são gerados cerca de 178 Kg de CO₂. Para a peça feita unicamente com poliamida, e pesando agora cerca de 1,6 Kg, são gerados cerca de 99 Kg de CO₂ e para que fosse fabricada a peça contendo material reciclado, com o mesmo peso, a emissão foi de apenas 96 Kg de CO₂.

Assim, percebe-se que existem ganhos significativos, não só pela redução da quantidade de CO₂ emitido na fabricação de uma nova peça, quando é feito uso de material reciclado, mas também quando se está reduzindo a quantidade de material que é descartada em forma de resíduo para os aterros sanitários. E mais, com o uso de material polimérico, observa-se uma redução do peso final dessa peça, o que contribui, segundo Schmidt (2004), para uma redução de aproximadamente 1000 Kg de CO₂ na quantidade total desse gás que é emitido ao longo da vida útil de um veículo como esse sedam. Outros exemplos de aplicação de material reciclado pós-consumo – PCR, em peças que compõem os veículos dessa montadora, podem ser percebidos em outros modelos europeus em que embalagens de bebidas feitas em alumínio são transformadas em componentes e as partes plásticas que compõem a carcaça das baterias, ao invés de serem descartadas, são recicladas viram componentes do painel de instrumentos. Um outro grande projeto é o que busca reciclar carpetes de uso doméstico que são descartados anualmente por várias famílias dos países europeus. Através da recuperação desse material, peças como hélices de ventiladores, dutos de ar condicionado e alguns porta-pacotes estão sendo fabricados com o uso, em parte, de carpete reciclado.

5 | CONCLUSÃO

Ao ser iniciado o acompanhamento das atividades de desenvolvimento de produtos da montadora tomada como exemplo neste trabalho, estava-se em busca de respostas a duas perguntas sobre o desenvolvimento de novos produtos voltados para a reciclagem. Em primeiro lugar, como as diretivas ambientais estavam sendo incorporadas nas atividades de desenvolvimento de novos projetos, e, posteriormente, o porquê uma montadora instalada no Brasil buscaria adequar seus produtos com os princípios estabelecidos pela diretiva de veículos em final de vida útil (2000/53/EC).

A resposta à primeira das perguntas foi obtida através dos exemplos mostrados ao longo do Capítulo 3, no qual verificamos que as prerrogativas dessa norma são incorporadas ao desenvolvimento de novos projetos através de diferentes perspectivas. Percebe-se que a adequação a esse novo cenário não foi e nem será uma atividade simples, uma vez que é exigido um grande esforço para realização da incorporação desses novos conceitos. Também foi constatado que a questão relacionada aos custos dessas modificações e das atribuições de responsabilidades representa um sério entrave ao sucesso dessa atividade.

Há uma orientação no sentido de realizar as adequações com o menor custo possível. Entre esses custos, existem os relacionados às adequações das peças e produtos às novas regulamentações de uso de substâncias e aqueles relativos às negociações junto aos fornecedores para que os outros pontos da norma sejam atendidos. Há também custos relacionados à destinação final dos ELV's. Uma vez que se estabeleceu a obrigatoriedade de retorno dos veículos para seus fabricantes, se impôs que esses fabricantes arcassem com todas as despesas, tanto de recepção como de transporte, até os locais onde esse veículo será desmontado, assim como da posterior destinação final dos resíduos. E esse custo não pode ser desprezado. Em um levantamento feito nos carros que estão sendo projetados hoje nessa montadora, os custos por unidade são

da ordem de 90 Euros por veículo. Para aqueles fabricados em data anterior a esse estudo, não se conseguiu apontar um valor que representasse os custos de descarte.

Porém, existe um trabalho que vem sendo desenvolvido junto à rede de desmontadores e trituradores de veículos instaladas na Europa que visa estabelecer parcerias para a amortização desses custos. Essa parceria visa, principalmente, a reduzir os custos operacionais das montadoras. Essas ficariam com todas as responsabilidades de coleta e envio dos ELV's para os locais onde esses seriam descartados. E os desmontadores/ trituradores arcariam com as responsabilidades de destinação final e descarte desses ELV's. Em nossa opinião, essa poderá ser uma saída para a resolução da diminuição dos custos. Mas os desenvolvedores de novos produtos devem propor soluções de menor impacto ambiental, tanto de uso quanto de descarte dos novos veículos, pois, como foi apontado ao longo deste trabalho, não adiantará continuar enxergando o veículo como uma peça isolada. Deve-se seguir uma linha de raciocínio que aborde as questões ambientais na fase de planejamento e desenvolvimento dos veículos, buscando o seu desenvolvimento sustentável.

Assim, segundo Schmidt (2004), a busca do desenvolvimento sustentável tem seu alicerce em três indicadores, que conjugam fatores econômicos, ambientais e sociais. Já Oliveira (2000) cita uma definição da Agência de Proteção Ambiental dos EUA (EPA- Environment Protection Agency), na qual o desenvolvimento voltado para o meio ambiente envolve basicamente duas metas genéricas, que são a prevenção do lixo e o melhor controle do consumo de materiais. Foi decidido, neste estudo, rever essas duas citações, pois, em nossa opinião, as iniciativas voltadas para o desenvolvimento sustentável são mais abrangentes e devem contemplar, de modo integrado, três grandes fatores - econômicos, técnicos e os de sustentabilidade ambiental. Para um novo material com o qual se pretende substituir um outro, que já venha sendo utilizado, em produtos em fabricação em série, os seguintes critérios devem ser atendidos:

O novo material deve ser economicamente mais vantajoso. Os novos materiais substitutos a algum outro já em utilização nos veículos deverão apresentar menores custos de fabricação, manufatura, processabilidade e reciclabilidade. A viabilidade econômica da inclusão de um novo material em processos industriais, que atenda aos requisitos técnicos e que seja ecologicamente sustentável, deve contemplar o ônus de investimentos em novos ferramentais de produção, modificações de instalações e treinamento de mão de obra associada à nova matéria-prima. Altera-se, também, sua matriz de suprimentos, pois em alguns casos, a oferta desse novo material pode ficar restrita a alguns poucos fornecedores, que irão forçar a cotação de preço desse novo material para valores maiores do que os das chamados *commodities*, além de uma possível falta de capacidade em atender as grandes demandas da indústria automobilística. Em suma, o novo material deverá apresentar vantagens econômicas em relação aos já utilizados, largamente, em escala industrial.

O novo material deve possuir características técnicas iguais ou superiores ao do substituído. Essa característica tem um aspecto fundamental, quase até excludente, na aplicação de um novo material. É importante partir-se do princípio de que qualquer iniciativa de substituição de algum material deverá trazer consigo os mesmos atributos técnicos ou de qualidade superior aos do material original. E mais, sendo o novo material capaz de atender a esses atributos, ele não deverá apresentar nenhuma outra desvantagem, como uma alteração significativa do peso final da peça, impactando não só no peso final do veículo, mas também causando alterações no formato da peça. O novo material também não pode ocasionar nenhuma perda de performance.

O novo material deverá apresentar sustentabilidade ambiental. Esse aspecto é merecedor de total atenção, pois uma vez já atendidos aos aspectos econômicos e técnicos, é possível que as questões relacionadas à sustentabilidade desse novo material sejam postas de lado ou até mesmo desprezadas. Deve-se pesar o impacto do novo

material ao longo do ciclo de vida do produto final, quantificando a sua demanda de energia nas fases de extração, beneficiamento, produção, distribuição, consumo e reciclabilidade. Entre as questões relacionadas à reciclabilidade, seria um erro cogitar a idéia de adotar um material que será mais barato, mais leve e de fácil processabilidade que o original, mas, que ao final da vida útil do veículo novo, será tratado como um resíduo sem possibilidades de reciclagem, penalizando os objetivos de reciclabilidade impostos pela diretiva de veículos em final de vida (2000/53/EC).

Portanto, ao exercer-se uma atividade de desenvolvimento de um novo veículo concluiu-se que a fase de escolha de materiais não deverá conjugar isoladamente cada um dos aspectos supracitados. Deverão ser considerados de mesma forma e importância os três aspectos relacionados à sustentabilidade. É importante lembrar que o veículo passará a ser concebido de modo sistêmico, ou seja, nenhum componente ou peça deverá ser avaliado pontualmente, e sim de forma global.

Com relação à resposta para a segunda indagação levantada no início do capítulo, onde era questionado o motivo para uma montadora instalada no Brasil buscar desenvolver seus novos produtos de maneira alinhada com os princípios da diretiva ambiental de veículos em final de vida (2000/53/EC) da União Européia, pode-se dizer que a resposta esteja relacionada muito mais com as questões comerciais do que com as ambientais. Alguns dos produtos fabricados no Brasil por essa montadora são exportados para diversos países e que, entre esses, estão incluídos os países membros Comunidade Européia. E caso esses produtos não estejam em conformidade com a diretiva de veículos em final de vida (2000/53/EC), sua comercialização dentro desses países estará comprometido.

Essas adaptações vêm sendo adotadas no produto como um todo. Porém, como foi constatado, está sendo dado maior enfoque à questão da eliminação do Cromo Hexavalente, uma das substâncias de uso restrito aplicado nos *fastners* - parafusos, porcas e aruelas. E em especial sua aplicação nos motores aqui produzidos, pois esses são compostos, basicamente, de ligas metálicas, ferro-

sas ou não, e emprega-se um grande número de *fastners*. Um fator determinante desse enfoque dado aos motores é que grande parte dessa produção feita em uma das unidades dessa montadora é destinada ao mercado europeu. Assim, caso exista a presença de algumas das substâncias restritas proibidas, como Chumbo, Mercúrio, Cádmio e Cromo, a comercialização desse produto estará seriamente comprometida. Logo se vê que, se por um lado são enfatizadas as questões ambientais, por outro são levadas muito mais à sério as questões comerciais. Acreditamos que é necessário encontrar-se um ponto de equilíbrio entre as atividades antrópicas e a preservação dos recursos naturais, em sua visão mais ampla. Assim, estimular o desenvolvimento sustentável de automóveis passará a ser uma questão de sobrevivência para todos os envolvidos nesse grande negócio que é a indústria automobilística.

É sugerido, como possível desdobramento para este trabalho, um estudo mais aprimorado dos problemas relacionados aos custos de processamento dos veículos em final de vida e de seus resíduos. Através de um levantamento junto aos recicladores de veículos que já estão em operação, podem ser avaliadas as técnicas de desmontagem veicular e de aproveitamento de materiais e dessa forma buscar um melhor desempenho nos novos projetos automobilísticos.

6 | REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABREU, E, 1994, *Uma análise crítica do conceito de obsolescência planejada*. Tese de M.Sc., COPPE/UFRJ, Rio de Janeiro, RJ, Brasil.
- BAXTER, M., 1998, *Projeto de Produto, Guia Prático para o design de novos produtos*. 2 ed. São Paulo, Edgard Blücher.
- BELLMANN, K., KHARE, U., A., 2000 “ Economic issues in recycling end-of-life vehicles ”, *Technovation* v 20, (Dec), pp. 677-690.
- BIRAT, J., P.GUÉRIN, V., 2004, “*Ecodesign of Automobiles based on the environmental properties of body materials*”. Automotive Engineering Association, 01-0050, Detroit, Michigan, USA, 8-11 March.
- CHEHEBE, J. R., 2002, *Análise do Ciclo de Vida de Produtos: uma ferramenta gerencial da ISO 14000*. 2 ed. Rio de Janeiro, Quality Mark.
- DURANCEAU, C., WINSLOW, G.,R., 2004 “*Screening study to evaluate shredder residue materials*”. Automotive Engineering Association, 01-0468, Detroit, Michigan, USA, 8-11 March.
- EDWARDS, K.L.(2003); “Strategic substitution of new material for old: Application in automotive product development” ; *Material & Design*, v. 40 (June), pp. 202-215.
- FANG, Y., ZHAN, M., WANG, Y., 2001 “ *The status of recycling of waste rubber*”, *Materials & Design*, v.22 (Oct), pp.123-127.
- FORD, H., 1922, *My life and work*. 1 ed. Nova York, Garden City Publishing Co.
- FRANÇA, A., M., 1999, *A reciclagem de plásticos provenientes de peças descartadas de automóveis*, Tese de M. Sc., IMA /UFRJ, Rio de Janeiro, RJ, Brasil.
- GIUCCI, G., 2004, *A vida cultural do automóvel, percursos da modernidade cinética*. 1ªed., Civilização Brasileira Rio de Janeiro.

- HARTMAN, H., 2000, "Increased Re-used of components form ELV's, a sign of consumer and environmental care". *Automotive Engineering Association*, 01-1513, Detroit, Michigan, USA, 8-11 May.
- KIPERSTOK, A., 2000, "Tendências Ambientais do setor automotivo: prevenção da poluição e oportunidades de negócio", *Revista Nexos Econômicos*, v.2 – n.1 (março), pp 123-145.
- LAWRENCE, P., R., 1998, "Design for the Environment (DFE) Process and Training at Ford Motor Company". *Automotive Engineering Association*, 98-2204, Detroit, Michigan, USA, 3-6 April.
- MAGNANI, M., 2000, "Finding a balance between dismantling and shredding process" *Automotive Engineering Association*, 01-2803, Detroit, Michigan, USA, 8-11 May.
- MANZINI, E., VEZZOLI, C., 2002, *O desenvolvimento de produtos sustentáveis*. 1 ed. São Paulo, Editora da Universidade de São Paulo.
- MEDINA, H. V. de., 2003, "Eco-Design na Indústria Automobilística: O conceito do carro urbano". In: *Anais do Congresso Internacional em Design*, Rio de Janeiro, Ag..
- MEDINA, H. V. de., 2001, "A gestão de projetos na indústria automobilística: uma organização integrada para a inovação contínua". In: *Simpósio de Gestão e Inovação Tecnológica*, São Paulo, Novembro.
- MEDINA, H. V. de, GOMES, D. E. B., 2002, "A indústria automobilística projetando para a reciclagem". In: *Anais do 5º Congresso Brasileiro de Pesquisa e Desenvolvimento em Design*, Brasília, Out.
- MEDINA, H. V. de; NAVEIRO, R. M., 2000, "A gestão Integrada do Projeto de veículos automotivos: Estudo de Caso sobre o Novo Clio da Renault" *Revista Produto & Produção*, v. 4 (Out) ,Nº 3,
- MILDENBERGER, U., KHARE, U., A., 1999 "Planning for environment-friendly car", *Technovation*, v. 20, (June), pp. 205-214.

- OLIVEIRA, A. de O., 2000, *Eco-design e remanufatura: algumas contribuições para o projeto de produtos eco – eficientes*. Tese de D.Sc., COPPE/ UFRJ, Rio de Janeiro, RJ, Brasil.
- SCHMIDT, W.,P., 2004, “*Screening study to evaluate shredder residue materials*” Automotive Engineering Association, 01-0468, Detroit, Michigan, USA, 8-11 March.
- SCHMIDT, W.,P., 2000, “*Sustainable Materials in Automotive Applications*” Automotive Engineering Association 01-0454, Detroit, Michigan, USA, 7-11 May.
- STEINHILPER, R, 2000, European Union Environmental Initiatives; www.lup.uni-bayreuth.de
- TAM, K., L., JEKEL, L., J., “*Separation and Liberation factors in Designing for Automotive Materials Recovery*”, Automotive Engineering Association 01-0471, Detroit, Michigan, USA, 8-11 March 2004
- UNECE – <http://www.unece.org/env/SustainableDevelopment/welcome.htm>
- IDIS – <http://www.idis.com>
- IMDS – <http://www.mdssystem.com/index.jsp>
- ANFAVEA - http://www.anfavea.com.br/Anuario2005/Capo4_2005.pdf

SÉRIES CETEM

As Séries Monográficas do CETEM são o principal material de divulgação da produção científica realizada no Centro. Até o final do ano de 2005, já foram publicados, eletronicamente e/ou impressos em papel, cerca de 200 títulos, distribuídos entre as seis séries atualmente em circulação: Rochas e Minerais Industriais (SRMI), Tecnologia Mineral (STM), Tecnologia Ambiental (STA), Estudos e Documentos (SED), Gestão e Planejamento Ambiental (SGPA) e Inovação e Qualidade (SIQ). A Série Iniciação Científica consiste numa publicação eletrônica anual.

A lista das publicações poderá ser consultada em nossa *homepage*. As obras estão disponíveis em texto completo para *download*. Visite-nos em www.cetem.gov.br/series.

ÚLTIMOS NÚMEROS DA SÉRIE ESTUDOS E DOCUMENTOS

SED-70 - *O nitrogênio na agricultura brasileira* Eurípedes Malavolta e Milton Ferreira de Moraes, 2006.

SED-69 - *Disponibilidade, suprimento e demanda de minérios para metalurgia* Eduardo Camilher Damasceno, 2006.

SED-68 - *Sustainable Indicators for the Extraction Minerals Industries* Roberto C. Villas Bôas, 2006.

SED-67 - *O fósforo na agricultura brasileira: uma abordagem minero-metalúrgica* Francisco Eduardo de Vries Lapido-Loureiro e Ricardo Melamed, 2006.

SED-66 - *A Indústria Brasileira de Gusa de Mercado* Gilson Ezequiel Ferreira e Gilberto Dias Calaes, 2006.

INFORMAÇÕES GERAIS

CETEM – Centro de Tecnologia Mineral
Avenida Pedro Calmon, 900 – Cidade Universitária
21941-908 – Rio de Janeiro – RJ

Tel.Geral: (21) 3867-7222 - Biblioteca: (21) 3865-7218 ou 3865-7233

Telefax: (21) 2260-2837

E-mail: biblioteca@cetem.gov.br

Homepage: <http://www.cetem.gov.br>

NOSSAS PUBLICAÇÕES

Se você se interessar por um número maior de exemplares ou outro título de uma das nossas publicações, entre em contato com a nossa biblioteca no endereço acima.

Solicita-se permuta.

We ask for interchange.

