

Reciclagem de automóveis: um novo conceito na produtividade ambientalmente correta

Luzia Dizulina Salla

Graduada em Tecnologia em Produção ênfase- Industrial pela Faculdade de Tecnologia de Taquaritinga - FATEC
e-mail: luziasalla@yahoo.com.br

Luiz Paulo Cadioli

Mestre em Ciências e Engenharia de Materiais - USP
Diretor da Faculdade Politécnica de Matão
e-mail: luiz.cadioli@unianhanguera.edu.br

Resumo

Após a percepção dos impactos ambientais, leis, normas e diretrizes foram criadas com o objetivo de minimizar os efeitos sobre o ambiente. A preocupação ambiental passa a gerar a busca por alternativas concretas, até mesmo na indústria automobilística, a qual passa a reavaliar e acompanhar o ciclo de vida do automóvel, desde a escolha do material adequado até sua reciclagem. Na União Européia criou-se uma diretiva específica que estabelece os procedimentos essenciais para a reciclagem. Esta passa a ser uma etapa econômica e ambientalmente correta na produtividade da indústria automobilística.

Palavras-chave: reciclagem, indústria automobilística, impactos ambientais.

Introdução

Caracterizada por grandes investimentos industriais, geração de empregos e renda, a indústria automobilística, constituiu-se alvo estratégico para o desenvolvimento da humanidade.

O automóvel é fruto de um processo evolutivo onde diversas experiências e tentativas de aprimoramento, foram fundamentais na concepção do que hoje o homem chama de automóvel. Em 1885, o alemão *Karl Benz*, que é considerado o pai do automóvel, adaptou um motor de 4 tempos alimentado por gasolina e o instalou na parte de trás de um triciclo.

Abstract

After the environmental impacts perception, laws, norms and directives were created with the objective of decreasing the effects on the environment. The environmental preoccupation starts to generate the search for concrete alternatives, even though in the automobile industry, which starts to reevaluate and to follow the life's cycle of the automobile, since the choice of the material adjusted until its recycling. In the Union European a specific directive was created that establishes the essential procedures for the recycling. It starts to be an economic and environmental correct stage in the productivity of the automobile industry.

Key-words: recycling, automotive industry, environmental impacts.

Logicamente este automóvel é muito diferente dos atuais: possuía apenas 3 rodas, e andava 13 Km/h. Porém é de fundamental importância para os atuais. Em 1902 nos Estados Unidos surge a primeira indústria de carros, identificada como *Dureya Motor Wagon Company*. Paralelamente nesta época *Henry Ford* desenvolve seu quadriciclo com um motor de dois cilindros e 4 CV de potência, fator este determinante para desenvolvimento do automóvel. *Henry Ford* foi responsável por idealizar a produção em série e a revolucionar a linha de montagem. O automóvel que antes era feito de modo artesanal, produzido apenas sob encomenda, passa a ser produzido nos padrões de uma linha de montagem,

na qual uma esteira transportadora era determinante no ritmo de montagem. Trabalhar com linha de montagem exigia elaboração e planejamento de produção, tornando-se uma seqüência, sendo que todas as operações eram sincronizadas.

A indústria japonesa também se destaca em relação à indústria automobilística. Conforme Ghinato (2000) mediante parques industriais fracassados, em virtude de um estado de pós-guerra, os japoneses começam a buscar técnicas e ferramentas de gestão estratégicas visando maximizar a sua capacidade produtiva e competir com a indústria automobilística americana. Surge neste contexto o Sistema *Toyota* de Produção, *Kanban* e *Just In Time*, consideradas ferramentas de extrema eficiência e alta qualidade para a produtividade, inclusive da indústria automobilística.

É notável que ao longo do tempo a concepção e metodologia do projeto de automóvel mudaram muito, mudou-se o conceito de estética, evoluiu-se o conceito de diferenciação e do uso de novos materiais.

Contudo o objetivo deste trabalho é evidenciar que evoluir, adaptar ou mudar não é suficiente nos dias atuais para a indústria automobilística. A indústria automobilística precisa ser revolucionária, no que tange a adequação deste setor em relação a questões ambientais. Escolher materiais adequados, planejar o ciclo de vida e reciclar, são questões essenciais e fundamentais da indústria automobilística, visando à garantia de manter-se de forma estratégica num cenário competitivo.

A relação do automóvel com o meio ambiente

A preservação do ambiente é questão global. Na década de 1960, começaram a surgir as primeiras preocupações com a preservação ambiental, onde diversas publicações passaram enfocar o assunto, e de acordo com Rose (1999) passando pela reunião do Clube de Roma, no final dos anos 60.

Em meados da década de 1980, o aumento da preocupação com o meio ambiente, fez com que a maioria dos países elaborasse leis ambientais ou tornou as existentes mais restritivas, regulando as atividades industriais e comerciais, no que confere a impactos sobre o solo, a água e o ar. Neste momento a sociedade passa a reconhecer, conforme Medina e Gomes (2003), que os impactos ambientais são resultados de um modelo econômico desequilibrado, que hoje já são reconhecidos como insustentáveis. Surge então o termo conhecido como desenvolvimento sustentável.

Contudo o avanço dos impactos ambientais,

gerado pelo desenvolvimento industrial, fez com que na década de 1990, a *International Organization for Standardization* (ISO), desenvolvesse normas relacionadas à questão ambiental, tendo como intuito padronizar os processos de empresas que utilizam recursos da natureza ou que de alguma maneira cause dano no ambiente, mediante sua atividade. A ISO 14000 é uma série de normas desenvolvidas, visando estabelecer diretrizes sobre a gestão ambiental. Dentre esta série de normas encontra-se a ISO 14001, que estabelece diretrizes fundamentais para o desenvolvimento de um sistema de gestão ambiental. Conforme o Sebrae (2004),

O Sistema de Gestão Ambiental consiste em um conjunto de atividades planejadas, formalmente, que a empresa realiza para gerir ou administrar sua relação com o meio ambiente. É a forma pela qual a empresa se mobiliza, interna e externamente, para atingir e demonstrar um desempenho ambiental correto, controlando os impactos de suas atividades, produtos e serviços no meio ambiente.

Surge também o conceito de gestão eco-eficiente, que conforme Medina e Gomes (2003), vem sendo adotado por empresas do mundo todo, com intuito de mostrar que seus sistemas de produção, produtos ou serviços possuem uma performance econômica e ambientalmente correta. A eco-eficiência também inclui a utilização de tecnologias menos poluentes ou perigosas, ou seja tecnologias limpas e técnicas operacionais de prevenção à poluição, tais como evitar o uso de matéria-prima primária, substituindo-a pela utilização de matéria-prima secundária, sendo estas obtidas através da reutilização ou reciclagem. Rose (1999) destaca alguns resultados práticos da gestão eco-eficiente para a empresa, tais como:

- Redução dos custos de produção;
- Melhoria no planejamento de estoque, da produção e das vendas;
- Redução do número de acidentes de trabalho;
- Redução dos custos de seguro;
- Aprimoramento do sistema de gerenciamento ambiental (SGA);
- Melhor relacionamento com os órgãos de controle ambiental;
- Melhoria da imagem da empresa perante os consumidores e a comunidade circunvizinha à empresa;
- Aumento da cotação das ações da empresa.

Marques e Meirelles (2006) chamam a atenção para a evolução entre as primeiras diretivas ambientais e as que vigoram até os dias atuais, principalmente pela mudança da abordagem dada aos sistemas de produção. Antigamente o foco centrava-se apenas no final do processo produtivo, e atualmente abordam questões ambientais desde as primeiras fases na concepção do produto.

As empresas passaram a identificar nas questões ambientais, um dos mais importantes fatores de sucesso e para a continuidade da aceitação dos seus produtos no mercado interno e externo. O dilema da empresa moderna é o de adaptar-se ou correr o risco de perder espaços arduamente conquistados, sendo imperativo aplicar princípios de gerenciamento ambiental condizentes com o desenvolvimento sustentável.

Neste contexto relacionado à questão ambiental, surge uma preocupação toda especial com a indústria automobilística. Conforme Medina e Gomes (2003), a frota de automóveis no mundo é de aproximadamente 800 milhões de veículos motorizados, tendo como perspectiva para 2030, chegar a 1 bilhão de automóveis, e cada automóvel atualmente conta com cerca de 20 a 25 mil produtos, autopeças e materiais. De acordo com a ANFAVEA, apud. (ZAPATA E NOGUEIRA 2004) “no final do seu ciclo de vida, o automóvel, por ser um produto de grande volume e composto por uma infinidade de materiais, apresenta um enorme potencial de dano ambiental”.

A preocupação ambiental leva a concluir que a reciclagem deve ser abordada como uma questão chave durante todo o ciclo de vida útil de um automóvel, desde a sua concepção até à fase de fim de vida. Conseqüentemente, deve-se buscar alternativas que viabilizem a redução dos resíduos e recicle tudo, desde as fases de desenvolvimento, produção, utilização e eliminação, utilizando desta maneira mais eficazmente os recursos não renováveis, implementando técnicas de concepção para reciclagem no princípio da fase de desenvolvimento. Notoriamente aos novos projetos deve-se incorporar atributos ambientais direcionados a reciclagem de materiais e remanufatura de componentes, além de que as peças e componentes devem permitir a incorporação de materiais reciclados. Conforme Marques e Meirelles (2006), cabe a Engenharia de Produção não só a traçar objetivos que sejam claramente condizentes com as metas de custos e que atendam os prazos estabelecidos para o lançamento de um novo automóvel, mas também respeitar os objetivos preconizados pelas diretivas ambientais.

Responsabilidade ambiental: da concepção ao fim de vida do automóvel

A preocupação com a concepção de um automóvel, é antiga. De acordo com Henry Ford apud. (MARQUES E MEIRELLES 2006), “...eu irei construir um carro para as grandes multidões... Será construído com os melhores materiais, pelos melhores homens disponíveis, segundo os projetos mais simples desenvolvidos pela engenharia moderna”.

Claramente que o conceito e metodologia do projeto de automóvel, mudaram muito ao longo do tempo. Por exemplo com a produção em série os automóveis eram padronizados e hoje se busca o máximo de diferenciação. Tecnicamente, os automóveis atualmente são mais econômicos e menos poluentes. O lado estético é mais cativante e é baseado num princípio futurista.

A concepção de um automóvel surge após identificar-se determinada demanda do mercado. Porém não basta apenas desenvolver um carro com um designer futurista, econômico e confortável, é também necessário implantar como critério essencial na concepção de um automóvel, o aspecto ambiental. Surge-se então, um novo conjunto de novas formas, métodos e instrumentos de desenvolvimentos de projetos, intitulado como *Eco-Design ou Design for Environment (DFE)*, conforme Marques e Meirelles (2006), trata-se de uma abordagem que integra o componente ambiental na concepção de novos produtos, além de integrar esta abordagem ferramentas tais como: *Design for Assembly and Dissassembly (DFA/DFD)* e *Design for Recycling (DFR)*. O quadro 1, visa mostrar essas ferramentas e suas respectivas práticas.

A busca por produtos com menor impacto ambiental, faz com que não só o produto passe a ser projetado, mas todo o sistema-produto, considerando todo ciclo de vida do produto. A análise do Ciclo de Vida do Produto (AVC) de acordo com Medina e Gomes (2003), é exatamente uma maneira de tentar-se avaliar todos os impactos ambientais causados por um produto e sua cadeia produtiva. De acordo com Marques e Meirelles (2006), inclui-se também o planejamento do produto, a extração de matérias primas, os gastos energéticos, transformações industriais, montagem e fabricação do produto, utilização e descarte do produto. Conforme (MEDINA E GOMES 2003), de maneira geral a análise do ciclo de vida do produto, tem como objetivo desenvolver-se em três passos, sendo eles:

Quadro 1- Ferramentas de Eco-Design

Atividade	Prática	Principais Ações
DFA/DFD Design para Montagem e Desmontagem	Facilitar a identificação dos componentes	<ul style="list-style-type: none"> • Reduzir o número de 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
	Design para reposição	
	Projetar para o reuso	
DFR / Design para Reciclagem	Design para separação de material para reciclagem	<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
	Reduzir o número de partes	
	Evitar materiais compostos	

Fonte: Marques e Meirelles (2006).

1. 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 e no uso final do produto;
2. Avaliação dos danos ambientais que o uso de energia e dos materiais causam no meio ambiente;
3. Identificação das melhorias possíveis dos sistemas produtivos e de reciclagem ou descarte final que levem a otimização do desempenho ambiental do produto.

Na indústria automobilística, as fases de projeto e produção são bem definidas. O automóvel é o produto cuja padronização é essencial na determinação do material, processo de fabricação e formas de consumo, pois não se pode fazer ou usar um automóvel de maneira diferente, a qual o mesmo foi concebido. Contudo de acordo com (ZAPATA E NOGUEIRA 2004) o ciclo de vida do automóvel apresenta cinco etapas bem definidas, sendo elas: “1. Extração e processamento de matérias-primas; 2. Produção de autopeças; 3. Montagem do automóvel; 4. Utilização do automóvel; 5. Final da vida do veículo”.

De acordo com Marques e Meirelles (2006), nos dias atuais acrescentou-se mais uma etapa no ciclo de vida do automóvel, sendo ela: a reciclagem, ou seja, é necessário reincorporar materiais e peças do automóvel na cadeia produtiva.

A análise do ciclo de vida do produto, na indústria automobilística tem como objetivo contribuir com a concepção de um automóvel mais ecológico, pois através

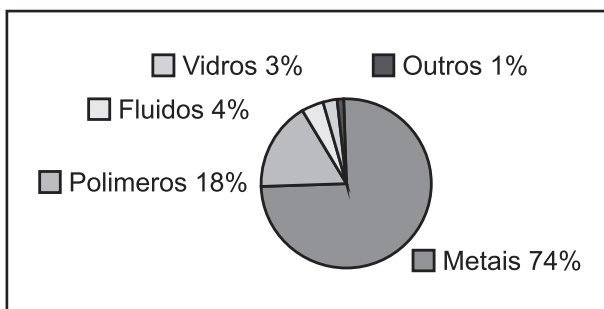
da análise do ciclo de vida do produto é possível determinar pontos essenciais na concepção de um automóvel ambientalmente correto.

Importância dos materiais para o automóvel

Os materiais são divididos em dois grupos, sendo eles: a matéria-prima primária e matéria-prima secundária. A matéria-prima primária refere-se ao material extraído diretamente da natureza, mesmo que tenha passado por transformações industriais em diferentes graus, sem ter passado por algum processo de reciclagem anteriormente. A matéria-prima secundária, refere-se ao material recuperado, através do processo de reciclagem ou reutilização de alguma forma nos processos industriais, sejam eles os mesmos utilizados inicialmente ou não.

No caso do automóvel, o mesmo é constituído por um conjunto de produtos intermediários e finais, montado a partir de dezenas de milhares de peças, compostas dos mais diversos materiais. Na busca pela sustentabilidade, a indústria automobilística passa incorporar em seu processo produtivo, materiais menos agressivos ao ambiente, mais fáceis de reciclar e materiais secundários.

São muitos os materiais utilizados na composição de um automóvel. Em termos de maior representatividade, os materiais utilizados são: aço, ferro fundido, polímeros e ligas metálicas. A grande quantidade de material utilizado em um carro é material metálico, porém vem sendo substituído pelo plástico. Num automóvel encontram-se presentes mais de 40 tipos de polímeros. A figura 1, evidência a composição do automóvel por tipo de materiais utilizados.



Fonte: Meirelles e Marques (2006).

Figura 1 - Composição do automóvel por tipo de materiais utilizados

A complexidade de materiais foi a mudança mais

marcante daquelas ocorridas no automóvel. A indústria automobilística ganhou dimensão estratégica pelo processo de inovação tecnológica e organizacional. Menciona-se o fato de que a indústria automobilística ao longo de sua história desenvolveu-se juntamente com a engenharia de materiais. De acordo com a cronologia de Bragg apud (MEDINA 2001), divide-se em nove períodos importantes, sendo eles:

1896-1906: O primeiro passo para a transição das carruagens e carroças para o automóvel foi a obtenção de ferro e aço de alta qualidade seguido da borracha para pneus. A tecnologia de fundição tornou o aço fundido disponível em termos comerciais e possibilitou os processos de produção de grandes peças em moldes, como juntas e eixos.

1907-1914: O automóvel se firma como meio de transporte: um produto do estado-da-arte da tecnologia da época. Em 1910 a SAE faz as primeiras normas técnicas para padronizar materiais (...). Nesse período a Ford começou a produzir (com tecnologia francesa do modelo “coupé” de 1905 da Renault) aço ligado com vanádio que triplicou a resistência do aço, rebaixou seu custo e reduziu o peso do automóvel. Em 1912, uma pequena fábrica de carroceria começou a fazer estruturas de alumínio para automóveis. Ao mesmo tempo os processos para construção dos sistemas elétricos foram desenvolvidos

1915-1925: Nessa época, de competição entre o transporte rodoviário e o ferroviário de carga, os avanços da indústria automobilística demandavam uma maior integração entre o desenvolvimento dos materiais e o projeto do automóvel. Uma quebra de eixo de transmissão não poderia ser tolerada num transporte de carga, por exemplo. Assim em 1915, projetistas e metalurgistas já discutiam sobre fadiga de materiais, resistência mecânica e rigidez dos aços, preocupados em manter o peso mínimo já alcançado pelo automóvel, garantindo economia, em termos de custo dos materiais, e durabilidade. Data desse período o projeto inglês de um carro em alumínio, mas o veículo pesava dois terços a mais do que os existentes. Nos Estados Unidos já estava sendo usado o alumínio em conexões de eixos e na Europa já havia blocos de motor em alumínio. Também o primeiro termoplástico começou a ser usado nessa fase, que se encerra com a Du Pont

inovando na produção de tintas e no processo de pintura o que reduziu-se de dias para horas, com acabamento superior ao processo antecedente, e maior variedade de cores.

1925-1939: É a era do modelo Ford T, da produção em massa e do aço martensítico no lugar da liga ferro-carbono primitiva. O alumínio chegou aos pistons, e saiu dos painéis exteriores em favor do novo aço. Nessa fase, a Volkswagen projetou um carro com 18 Kg de partes em magnésio, reduzindo seu peso em 50 Kg, cerca de 7% do total. Ainda em 1935 a Du Pont sintetizou o nylon, que só uma década depois foi introduzido no automóvel. Foi também o começo da utilização do aço inoxidável em radiadores, maçanetas, e frisos de faróis. Mas o baixo custo dos cromados ganhou a competição. Começou a era dos cromados para partes de acabamentos que chegou a durar cerca de 30 anos.

1939-1949: A chamada era moderna foi marcada pela moda dos plásticos coloridos. Com a escassez da II Guerra Mundial os padrões da SAE foram modificados para economizar materiais metálicos como aço, cobre, magnésio e alumínio. A falta de cobre especialmente forçou o desenvolvimento de ligas de zinco e alumínio como substitutos do bronze.

1950-1960: Nessa fase, intensificou-se a produção e a evolução dos materiais no sentido de melhor resistência mecânica e térmica, além da aparência final. A demanda era por carros cada vez maiores e mais confortáveis. Transmissão automática, ar condicionado, melhorias nos freios e na direção são marcas dessa época. Do ponto de vista dos materiais, o que mais se destacou nessa era foi o início do uso da fibra de vidro. Os termoplásticos começaram a ser reforçados para usos estruturais em modelos esportivos. Em 1955, os carros continham aproximadamente 5% de plástico. Isso abriu o leque de escolha de materiais, com opções de materiais mais leves, fortes e fáceis de serem moldados e montados. Outros materiais não diretamente destinados ao automóvel foram incorporados com grande impacto pela indústria automobilística. Foi o caso dos semicondutores, a partir de cristais de germânio, dos transistores e dos microchips, que possibilitaram os avanços da microeletrônica, hoje cada vez mais

miniaturizada. Já nessa época a indústria automobilística nos Estados Unidos caminhava para um novo carro, com rádios transistorizados e ignição eletrônica.

1960-1970: O primeiro salto tecnológico do período foi na potência do motor. Em 1963 foi lançado o primeiro carro com motor de V8 de grande potência num modelo compacto, protegido com materiais com tratamento térmico para resistir a altas temperaturas. Os plásticos continuam ganhando espaço, passando, entre 1960 e 1970, de 11 para 45 Kg num carro médio; no entanto seu uso maior era em funções decorativas e de acabamento interior. Também nessa época houve o despertar nos Estados Unidos para questões ambientais como a poluição do ar. A Califórnia começou a investir em pesquisas para o desenvolvimento de catalisadores. Essa fase iniciou mudanças radicais nos materiais automotivos.

1970-1985: Foram anos difíceis para a indústria automobilística norte americana e européia com o surgimento do modelo japonês de produção flexível. Havia muito a fazer pelo rendimento dos motores e pela economia de combustível e o caminho era o de projetos mais coesos com esses objetivos. O primeiro grande marco no campo dos materiais foi a primeira geração de catalisadores feitos com suporte cerâmico e metais do grupo da platina (índio, paládio) revestidos também com aço inoxidável. Mas os avanços continuaram a surgir como o soprador que aumentou a alimentação, tornando a combustão mais eficiente, a ponto de manter a compensar a perda de rendimento dos automóveis com catalisador mantendo os mesmos níveis, de desempenho e economia, dos modelos sem catalisador. O segundo marco pode ser visto como uma volta a preocupações da era inicial do carro, com redução de peso e melhoria de desempenho associados. Desde o início do século nunca foi dada tanta atenção a materiais mais leves, como alumínio, plásticos e até zinco com revestimento de estanho, para reduzir o peso do veículo. Ou

seja, as dificuldades dessa época e o desafio ambiental (Clean Air Act da Califórnia em 1975) foram incentivos na busca de maior durabilidade, maior eficiência e menor emissão de gases.

1981-1996: Eficiência computadorizada é o que marca produto e processo de produção nessa fase. Os últimos 15 anos caracterizaram-se pela integração dos componentes e dos materiais no carro como um todo. Os carros não são mais ferro, aço, alumínio, borracha e plásticos mas também, e cada vez mais, compósitos, fibra de vidro, eletrodos e sensores de zircônio. Os novos materiais começam a realizar os sonhos de 25 anos atrás.

Em termos de inovação tecnológica, a busca por materiais, inclusive ambientalmente viáveis, tem levado Clark e Fugimoto (1991) apud Medina e Gomes (2003) a considerar as inovações em materiais, como inovações invisíveis, ou seja, o cliente não vê ou não valoriza, senão pelo serviço adicional que prestam. Porém estas inovações em materiais não são menos importantes, ao contrário são meramente importantes, uma vez que faz parte de um projeto estratégico, capaz de alçar ultrapassar os níveis internos da indústria automobilística. O quadro 2, representa a visão dos clientes e das montadoras perante um novo material.

Quadro 2 - Os novos materiais automotivos na visão dos clientes e das montadoras

OS MATERIAIS	OS CONSUMIDORES	OS CONSTRUTORES
Disponibilidade a preço baixo	Automóveis baratos	Montagem a custo baixo
Insonorização	Conforto e isolamento acústico	Materiais insonorizantes
Deformação programável	Segurança e proteção Em caso de acidente	Absorção de choques
Resistência e facilidade de manutenção	Durabilidade e resistência a pequenos choques	Flexibilidade e resistência
Reciclabilidade	Respeito ao meio ambiente	Recuperação dos materiais
Melhorias técnicas e novas funções	Novidades tecnológicas, perfil higt-tech.	Materiais testados, garantia

Fonte: Medina e Gomes (2003)

Embora a visão de cliente e da montadora possa ser diferente, o fato marcante é que a presença de novos materiais, vem concedendo características satisfatórias.

Outro fator marcante e notório na existência do automóvel, é a variação de peso, devendo a necessidade de substituição de materiais, ou seja, hoje se busca

encontrar o material certo, para a necessidade certa. A tabela 2, indica o peso dos automóveis, de acordo com o uso de materiais em períodos distintos. Nota-se que em certos casos existe uma diminuição de determinado material, contudo um aumento de outro, isto é resultado da busca da combinação do veículo ambientalmente correto e eficiente.

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
Plástico	0	101	150
Total	1901	1434	1070

Fonte: Marques e Meireles (2006)

Contudo, sobre a preservação de recursos naturais, a escolha dos materiais constituintes dos veículos tenderá a fontes renováveis ou recicláveis.

Introdução à reciclagem de automóveis

A tomada de consciência ambiental, fez com que a reciclagem se apresente como um novo paradigma, na busca de uma solução importante para prolongar a vida dos recursos não renováveis. O termo reciclagem deriva da capacidade de produzir matéria-prima secundária a partir de rejeitos industriais e produtos em fim de vida para reintroduzi-los no processo produtivo, e ainda segundo Medina (2006), a maior vantagem é permitir o fechamento do ciclo de vida dos materiais fazendo-os retornar a novos produtos, como matéria-prima secundária, com grande economia de energia e de recursos naturais primários. No cenário atual, aspectos ligados a reciclagem passam assim a fazer parte da escolha de materiais para produtos e processos no desenvolvimento de novos projetos industriais. De acordo com (ZULUAF 2000) “a reciclagem é o conceito mais promissor e o fato mais importante que surgiu no setor de meio ambiente nos últimos anos”.

Na indústria automobilística, de acordo com a (TOYOTA 2002) “a reciclagem deve ser abordada

como uma questão chave durante todo o ciclo de vida útil de um automóvel, desde a sua concepção até à fase de fim de vida”, porém de acordo com Ginley; Greenpeace, apud (ZAPATTA E NOGUEIRA 2004) “a disposição final dos automóveis se constitui em um grande problema global”, isso por serem constituídos por componentes perigosos, tais como; óleos, baterias, componentes explosivos, entre outros, segundo o Instituto de Resíduos (2003).

A grande quantidade de carros abandonados em ferro-velho, a céu aberto fazem do conceito de reciclagem o grande alvo estratégico, no que tange a tomada de medidas, para a preservação ambiental. Além de que a reciclabilidade de acordo com Medina (2006) é resultado de:

- Um novo padrão de competitividade tecnológica que inclui inovações ambientais.
- Uma seleção de materiais direcionada por essa tendência global e irreversível.
- Um forte desenvolvimento de materiais de menor impacto ambiental, ou eco-materiais.
- Novos métodos de desenvolvimento de projetos: Eco-design, DFR - *Design for*
- *Recycling*, DFE - *Design for Environment*
- Tecnologias limpas para produção, tratamento e reciclagem de materiais.

Ecologicamente e economicamente a reciclagem é uma solução viável para indústria automobilística, uma vez que o dispêndio de energia para a obtenção do material reciclado é menor que para a obtenção da matéria-prima primária.

Diretiva sobre gestão de veículos em fim de vida na Europa

A preocupação com relação ao automóvel e o ambiente fez com que no âmbito da União européia fosse criada uma comissão específica para a indústria automobilística. Aprovada em setembro do ano de 2000, a União Européia adaptou a diretiva relativa aos Veículos em Fim de Vida (VFV) (2000/53/CE), que procura prevenir e limitar os resíduos e melhorar a reutilização, reciclagem e recuperação de VFVs e dos respectivos componentes. De acordo com *Directive 2000/53/EC Of The European Parliament And Of The Council* (2000), a diretiva aponta medidas, cuja prioridade esta prevenção do desperdício, adição, reuso e reciclagem, estão entre as formas de recuperação de veículos em fim de vida, visando melhorar o desempenho ambiental, em operações durante todo decorrer do ciclo de vida

do automóvel, porém em especial no fim de vida dos veículos.

Dentre os objetivos da diretiva, encontra-se:

- Responsabilizar as montadoras pelo ciclo de vida, da montagem à reciclagem dos veículos, e fixa em 95% a taxa de reciclabilidade (incluindo a reutilização e a recuperação energética) até 2015.

- Proibir a utilização de substâncias perigosas como, por exemplo, chumbo, mercúrio, cádmio e cromo, para novos veículos a partir de julho de 2003, com a exceção de peças nas quais a utilização destes materiais é essencial.

Conforme a *TOYOTA* (2002), “a diretiva promove igualmente a concepção ecológica, a utilização de materiais reciclados e a melhoria do desempenho ambiental de todos os operadores econômicos (por exemplo, trituradores, desmanteladores) envolvidos no ciclo de vida do veículo”.

A diretiva é importante ferramenta para adequação das indústrias automobilísticas, quanto à eficiência produtiva ambientalmente correta.

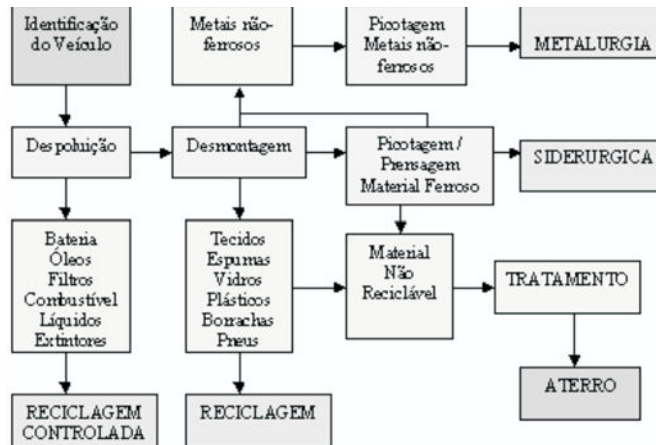
Como se recicla um automóvel

Quando um automóvel chega ao fim de sua vida útil, passando a não mais desempenhar sua função, o passo seguinte é a reciclagem. A vida útil dos automóveis varia muito, existem casos de 10, 15, 20 anos. Isso depende da legislação do país e também do estado de conservação.

São muitas as peças, componentes e materiais que podem ser reciclados atualmente. Apesar de que hoje em dia, quase todos os materiais automotivos serem recicláveis, efetivamente, segundo Medina e Gomes (2003), aproximadamente 75% do peso do automóvel é reciclado.

A reciclagem deve ser executada mediante uma infra-estrutura específica, que garanta a eficiência neste processo, sem comprometer o ambiente.

O processo de reciclagem de automóvel é criterioso, devido ao grande número de componentes, e a existência de materiais amplamente maléficis ambientalmente. A figura 3, apresenta a seqüência de operações realizadas, para a reciclagem de automóveis.



Fonte: Medina e Gomes (2003).

Figura 3 - Caminho do veículo na reciclagem

Descritivamente as etapas de reciclagem de um automóvel, de acordo com Medina e Gomes (2003), são:

- 1- Descontaminação ou despoluição veicular: nesta etapa é realizada a retirada de combustível e óleos, baterias e catalisadores. O local para execução desta etapa deve apresentar piso adequado, canaletas de contenção, para evitar contaminação da rede de esgoto, lençol freático, rede pluvial e solo, devendo posteriormente serem enviados para reservatórios especiais e identificados como recicláveis e não recicláveis.
- 2- Desmontagem e separação das peças: retirada de peças para um possível reaproveitamento posterior.
- 3- Separação e seleção de peças e materiais que não serão triturados na próxima etapa: tecido, espuma dos bancos, componentes eletrônicos, tapetes, pneus e materiais plásticos de fácil identificação.
- 4- Prensagem e trituração: requer o uso extensivo de máquinas de grande porte, como as prensas de compactação e os trituradores como os *Schredder*, para compactar o material a ser reciclado à 10 a 15 cm, facilitando seu armazenamento. A eficiência desse processo depende da existência de separação previa, já que o plástico, por exemplo, depois de triturado é difícil de ser identificado e separado na próxima etapa, gerando desta forma, uma perda processo de recuperação do material metálico.
- 5- Nova separação e separação magnética: acontece simultaneamente ao trituramento, pois no processo são aspiradas partículas de menor tamanho, presumidamente inertes, e então submetidas a um processo de separação magnética, onde o material ferroso é selecionado,

aumentando a pureza do material triturado.

6- Separação final por densidade ou solventes: da fase anterior o material não ferroso segue para um separador por densidade, baseado nas diferentes propriedades físicas de cada material, para realizar uma filtragem ainda maior, podendo inclusive encontrar e separar ainda materiais plásticos de vários tipos. Ainda nesta etapa, outros métodos podem ser utilizados, como a separação de solventes orgânicos diversos.

Concluída estas etapas de preparação recuperação de materiais, começa a reciclagem propriamente dita, que consiste na:

A redução de matéria-prima é tecnicamente a etapa final da reciclagem em si e corresponde ao momento na qual o material volta a ser matéria-prima, porém secundária.

A reutilização industrial fecha o ciclo em termos econômicos, ou seja, é quando a matéria-prima secundária, obtida a partir da reciclagem, volta a ser utilizada na produção de automóveis, ou outros produtos dentro ou fora da indústria automobilística.

O quadro 3 indica tecnologias de materiais desenvolvidas pela Toyota, através de materiais reciclados.

Quadro 3 - Tecnologias para reciclagem de materiais desenvolvidas pela Toyota.

Tipo	Artigo original	Peça reciclada
Resina termoplástica	Pára-choques de TSOP (Polímero de Olefina Super Toyota)	Para choques Frisos de bagageiro Apoio para os encostos dos bancos Coberturas das lâmpadas Cobertura inferior do motor Apoio dos pára-choques Protetor do depósito de combustível Protetor da bomba de combustível Coberturas inferiores dos bancos Cobertura do friso da porta traseira
	Frisos interiores, ornamentos	Cobertura a corrente de distribuição Defletor do ventilador
Resina de Termoendurecimento	Peças de FRP (Plástico Reforçado com Fibra)	Cobertura do teto de abrir Tampa das válvulas
Material compósito resinoso	Tapete	Base dos tapetes Peças de reforço dos tapetes
	Tecido dos bancos	Silenciador do rastro
	Cobertura do painel de instrumentos	Silenciador do quadro de instrumentos
	Revestimento do tejadilho moldado	Frisos de bagageiro
Borracha	Vedantes	Protetor para tubos Vedantes
ASR (Resíduos de Trituração Automóvel)	Fibras de espuma de uretano	PSPP (Produtos de Insonorização Reciclados)
Outros	Fios de cobre	Materiais de reforço para moldagem em alumínio
	Vidros	Materiais para reforço de ladrilhos
	Garrafas PET	Materiais para absorção de som

Fonte: Toyota (2002).

Apesar de complexas as etapas de reciclagem, as mesmas desempenham fundamental importância, dentro dos padrões de produtividade ambientalmente corretos.

Conclusão

Na busca de soluções ambientalmente corretas na produtividade da indústria automobilística destaca-se a reciclagem. A iniciativa da União Européia em criar diretivas relacionadas a veículos em fim de vida, deve ser considerada pelos demais países do mundo como um exemplo a ser seguido, inclusive pelo Brasil. Reciclar um automóvel no fim de sua vida útil, não significa a solução para todos os problemas que a indústria automobilística sofre em relação ao seu poder de agir destrutivamente em relação ao meio ambiente, porém é parte de um conjunto, que aliado a novas tecnologias em materiais, resultará num grande progresso ambiental.

Referências Bibliográficas

DIRECTIVE 2000/53/EC OF THE EUROPEAN PARLIAMENT AND OF THE COUNCIL. *Official journal of the european communities*. Europa, 2000. Disponível em: http://www.freescale.com/files/product/doc/ENV_ELVDIR.pdf Acesso em: junho 2007.

GHINATO, Paulo. *Produção e competitividade: aplicações e inovações*. Capítulo 2: *Elementos fundamentais do Sistema Toyota de Produção*. Editora Universitária da UFPE, Recife, Pernambuco, 2000.

Disponível em: <http://ssooweb01.univali.br/~cas/Mat%20C3%A9rias%20da%20Facu/Sistema%20de%20Produ%C3%A7%C3%A3o/Maykel/Elementos%20Fundamentais%20do%20Sistema%20Toyota%20de%20Produ%C3%A7%C3%A3o.doc>. Acesso em: maio 2007.

MARQUES, Flavio M; MEIRELLES, Luiz A. de. *Tendências da reciclagem de materiais na indústria automobilística*. Série de Estudos e Documentos, SED 71, ISSN 0103-6319, CETEM -Centro de Tecnologia Mineral - MCT, 2006. Disponível em: http://www.cetem.gov.br/publicacao/cetem_sed_71_p.pdf. Acesso em: junho 2007.

MEDINA, Heloísa V. de. *Inovação em materiais na indústria automobilística*. CETEM-MCT, Série Tecnológica Mineral 48, Rio de Janeiro, 2001. ISBN 85-7227-153-8. Disponível em: http://www.cetem.gov.br/publicacao/cetem_sed_48_p.pdf. Acesso em: junho 2007.

MEDINA, Heloísa V. de. *Reciclagem de materiais: tendências tecnológicas de um novo setor*. CETEM -Centro de Tecnologia Mineral, 2006. Disponível em: <http://www.cetem.gov.br/tendencias/diagnosticos/PARTE%20III%20QUESTOES%20SISTEMICAS/CAP%2003%20RECICLAGEM%20DE%20MATERIAIS.pdf>. Acesso em: junho 2007.

MEDINA, Heloísa V. de; GOMES, Dennys H. B. *Reciclagem de automóveis: estratégias, práticas e perspectivas*. CETEM-MCT, Série Tecnológica Mineral 27, Rio de Janeiro, 2003. ISBN 85-7227-184-8. Disponível em: http://www.cetem.gov.br/publicacao/cetem_sed_48_p.pdf. Acesso em: junho 2007.

ROSE, Ricardo. *A gestão empresarial e a questão ambiental*. Compam - Comércio de papéis e Aparas Mooca Ltda, Mooca, 1999. Disponível em: http://www.compam.com.br/artigo_gestao.htm. Acesso em: junho 2007.

SEBRAE, Santa Catarina. *Sistema de gestão ambiental (SGA)*. Santa Catarina (2004), Disponível: <http://www.sebraesc.com.br/sebraetib/hp/conceitos/certificacao/sisambiental.html>. Acesso em: junho 2007.

TOYOTA, Motor Marketing Europe. *Reciclagem automóvel Europa*. Portugal, 2002. Disponível: http://www.toyota.pt/Images/Brochura_Car_Recycling_Portugues_tcm270-202846.pdf. Acesso em: junho 2007.

INSTITUTO DE RESÍDUOS. *Veículos em fim de vida*. Portugal, 2003. Disponível em: www.inresiduos.pt/xeo_cm_inr/attachfileu.jsp?look_parentBoui=12181502&att_display=n&att_download=y. Acesso em: junho 2007.

ZAPATA, Clovis; NOGUEIRA, Jorge M. *Sistema de depósito-reembolso: uma aplicação potencial à Indústria Automobilística*. Departamento de Economia da Universidade de Brasília, Brasília, 2004. Disponível em: <http://www.unb.br/face/eco/jmn/trabalhos/2004/sistemadeposito.pdf>. Acesso em: junho 2007.

ZULUAF, Werner E. *O meio ambiente e o futuro*. Estudos Avançados. Volume 14, nº39, São Paulo, maio-agosto, 2000. ISSN 0103-4014. Disponível em: <http://www.scielo.br/pdf/ea/v14n39/v14a39a09.pdf>. Acesso em: junho 2007.

Recebido em 17 de julho de 2007 e aprovado em 30 de agosto de 2007.