

CETEM

Centro de Tecnologia Mineral
Ministério da Ciência e Tecnologia

Coodenação de Desenvolvimento Sustentável- Cods

**RECICLAGEM DE AUTOMÓVEIS: ESTRATÉGIAS, PRÁTICAS E
PERSPECTIVAS**

SÉRIE TECNOLOGIA AMBIENTAL

Heloisa Vasconcellos de Medina

**Rio de Janeiro
Dezembro/2003**

CT2003-084-00

**Comunicação Técnica elaborada para as
Séries do CETEM/MCT**

27

CETEM

Série Tecnologia Ambiental

Reciclagem de Automóveis: estratégias, práticas e perspectivas

Heloisa Vasconcellos de Medina

Presidência da República

LUIZ INÁCIO LULA DA SILVA

JOSÉ ALENCAR GOMES DA SILVA

Vice-Presidente

Ministério da Ciência e Tecnologia

ROBERTO AMARAL

Ministro da Ciência e Tecnologia

WANDERLEY DE SOUZA

Secretário Executivo

MILTON COELHO DA SILVA NETO

Secretário de Coordenação das Unidades de Pesquisa

CETEM - Centro de Tecnologia Mineral

GILDO DE ARAÚJO SÁ CAVALCANTI DE ALBUQUERQUE

Diretor do CETEM

ARNALDO ALCOVER NETO

Coordenador de Análises Minerais

AUGUSTO WAGNER PADILHA MARTINS

Coordenador de Planejamento e Gestão Operacional

CARLOS CESAR PEITER

Coordenador de Apoio a Pequenas e Médias Empresas

COSME ANTONIO DE MORAES REGLY

Coordenador de Administração

FERNANDO FREITAS LINS

Coordenador de Inovação Tecnológica

ROBERTO CERRINI VILLAS BÔAS

Coordenador de Desenvolvimento Sustentável

SÉRIE TECNOLOGIA AMBIENTAL

ISSN 0103-7374

Reciclagem de Automóveis: Estratégias, práticas e perspectivas

HELOISA VASCONCELLOS DE MEDINA

Pesquisadora do CETEM, economista pela FEA/UFRJ, Mestre e Doutora em Engenharia de Produção pela COPPE/UFRJ, desde 1991 vem desenvolvendo estudos sobre novos materiais e meio ambiente. Sua linha de pesquisa atual tem como ênfase inovação tecnológica e industrial, desenvolvimento sustentável, reciclagem e eco-concepção de materiais. É também colaboradora do Programa de Pos-Graduação em Engenharia de Produção da COPPE, em gestão da inovação na indústria automobilística, desde 1996.

DENNYS ENRY BARRETO GOMES

Engenheiro Mecânico pela URFJ, atualmente cursando o mestrado em Engenharia Automotiva na Chalmers University of Technology, na Suécia (2002-2003). Foi bolsista de iniciação científica do CNPq no CETEM entre 2000 e 2001 e estagiário da Shell do Brasil entre 2001 e 2002.

CETEM / MCT
2003

SÉRIE TECNOLOGIA AMBIENTAL

RICARDO MELAMED

Editor

LUIZ GONZAGA SANTOS SOBRAL

Subeditor

CONSELHO EDITORIAL

Juliano Peres Barbosa (CETEM), Marisa B. de M. Monte (CETEM),
Paulo Sérgio Moreira Soares (CETEM),
Saulo Rodrigues P. Filho (CETEM),
Vicente Paulo de Souza (CETEM)
Antonio Carlos Augusto da Costa (UERJ),
Fátima Maria Zanon Zotin (UERJ), Jorge Rubio (UFRGS),
José Ribeiro Aires (CENPES), Luis Enrique Sánchez (EPUSP), Virginia
Sampaio Ciminelli (UFMG)

A Série Tecnologia Ambiental divulga trabalhos relacionados ao
setor minero-metalúrgico, nas áreas de tratamento e
recuperação ambiental, que tenham sido desenvolvidas, ao
menos em parte, no CETEM

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

Jackson de F. Neto COORDENAÇÃO EDITORIAL

Vera Lúcia Ribeiro CAPA

Dayse Lúcia Moraes Lima EDITORAÇÃO ELETRÔNICA

Medina, Heloisa Vasconcellos de

Reciclagem de automóveis: estratégias, práticas e perspectivas/Heloisa
V. de Medina. Rio de Janeiro: CETEM/MCT, 2002.

60 p. (Série Tecnologia Mineral, 27)

1. Metais pesados - Aspectos Ambientais. 2. Poluição. I. Rodrigues
Filho, Saulo. II. Centro de Tecnologia Mineral. III. Série. IV. Série.

ISBN 85-7227-184-8

ISSN 0103-7374

CDD 620.112

Sumário

Resumo	7
Abstract	8
1. Introdução: a reciclagem na estratégia ambiental das empresas	9
2. O automóvel e o meio ambiente	11
2.1 O automóvel nas cidades	14
2.2 A análise do ciclo de vida do produto	19
3. A evolução dos materiais automotivos	24
3.1 Os novos materiais automotivos na visão dos clientes e das montadoras	25
3.2 Exemplos de inovações em materiais dentro do novo paradigma ambiental	27
4. Introdução à reciclagem de automóveis	30
4.1 Materiais recicláveis X reciclados	32
4.2 Aspectos técnicos e econômicos da reciclagem	36
5. A reciclagem de automóveis passo a passo	40
5.1 Reciclagem de baterias e metais	42
5.2 Reciclagem de plásticos automotivos	47
6. Perspectivas e limitações da reciclagem de automóveis	52
Glossário	56
Bibliografia	59

Resumo

Este livro baseia-se em um estudo de dois anos sobre reciclagem de materiais automotivos desenvolvido pelos autores no CETEM, dentro do programa de Tecnologia Ambiental e Reciclagem como parte de um estudo de caso do projeto Reciclagem e Recuperação de Materiais. Este trabalho é também uma versão expandida e adaptada de um curso criado pelos autores para o projeto GINA – Gestão da Inovação na Indústria Automobilística- e está sendo oferecido no site <http://www.gina.coppe.ufrj.br>.

O livro apresenta a estratégia ambiental para reciclagem da indústria automobilística em nome da qual as empresas estão projetando novos modelos buscando fazer uma “produção ecológica” de “carros ecológicos”, para garantir sua sustentabilidade e competitividade. Ele explora os impactos ambientais do automóvel e as novas formas de inovar na produção e na reciclagem que estão conduzindo à reestruturação dessa indústria. Nesse contexto a abordagem do ciclo de vida do produto, das inovações em materiais e dos processos de reciclagem são bons exemplos desse nova estratégia que está impulsionando a sustentabilidade do automóvel no século XXI. O livro destaca ainda as principais aspectos técnicos e econômicos da reciclagem de automóveis. Finalmente apresenta algumas perspectivas e limitações do processo de evolução da reciclagem.

Abstract

This book is based on a one two years research on automotive materials recycling that has being conducted by the authors, connected to CETEM's research program on Environmental Technologies and Recycling as a part of a case study on the project Materials Recovering and Recycling. The book is an extended and revised version of a distance course created for the project GINA _ Gestão da Inovação na Indústria Automobilística – that is available at: <http://www.gina.coppe.ufrj.br>.

The book presents the environmental strategy for recycling of the automotive industry on behalf of which car companies are designing new models seeking for cleaner plants and "greener cars" to keep sustainability and competitiveness. It explores the cars' environmental impacts and the new forms of innovation on car production and recycling that are restructuring the car industry. In this context the automobile life cycle approach and the materials innovation and recycling are some good examples of this new strategy that is fostering the sustainability of the automobile for the 21st century. The book also points out the main technical and economic aspects of automobile recycling. Finally some perspectives and problems of the recycling evolution process are presented.

1. Introdução: a reciclagem na estratégia ambiental das empresas

O processo de globalização da indústria automobilística, que se acelerou no final do século XX, trouxe grandes oportunidades para a difusão de novos materiais, mesmo os de uso ainda hoje restrito como as cerâmicas, e vem incentivando e direcionando pesquisas para se produzir o “veículo verde” ainda no século XXI. Nesse sentido vem sendo fortemente impulsionado o desenvolvimento de materiais com novas funções, novas peças e sistemas, resultado de programas pesquisas de longo prazo e em parceria entre montadoras e seus fornecedores, que aproximam a pesquisa de sua utilização industrial. Essa proximidade, até mesmo entre empresas concorrentes, no desenvolvimento de materiais, produtos e processos é tão grande que hoje novos materiais chegam a ser produzidos ao mesmo tempo que peças ou componentes, quase que sob medida para eles, dentro dos novos projetos, como foi o caso dos pára-lamas de compósito de base polimérica do Scenic e do Clio da Renault ou da carroceria em alumínio do Audi A4, entre outros.

Exemplos de parcerias desse tipo encontra-se também no Brasil quando o negócio é tornar técnica e economicamente viável a reciclagem do automóvel e de suas peças, ao longo e ao fim de sua vida útil. Montadoras como a Fiat e a General Motors já trabalham no Brasil em parceria com fornecedores de produtos siderúrgicos como a Gerdau, em um projeto da primeira usina piloto de desmontagem e reciclagem de veículos. Esse projeto dá seqüência a um processo iniciado e desenvolvido nas matrizes Italiana e Americana, que viabiliza a reciclagem de partes metálicas e não metálicas do veículo que normalmente não são aproveitadas.

Nos EUA, a Associação Nacional dos Fabricantes de Veículos (American Automobile Manufacturing Association), que reúne empresas como a GM, a Ford e a Chrysler, realiza um programa que anualmente recicla parte dos 11 milhões de veículos americanos com idade superior a 10 anos.

Mas apenas pequena parte (menos de 30%) dos materiais automotivos reciclados (metais ferrosos e não ferrosos, vidros, plásticos, pneus, etc.) podem ser reaproveitados na própria produção automobilística, e mesmo assim em funções sempre menos nobres que as iniciais, exceção feita aos metais. Os exemplos são portanto pontuais mas cada vez mais numerosos. A Ford, por exemplo, usa sapatas de pedais e forrações de estribos a partir de pneus reciclados. A Fiat fabrica peças de canalização de ar de determinados veículos com as toneladas de pára-choques de polipropileno reciclados. A Scania garante que os caminhões por ela produzidos atualmente são 90% recicláveis assim como a Renault garante que o Novo Clio é 95% reciclável.

Entre as montadoras instaladas no Brasil a Fiat parece ser a mais avançada na reciclagem de veículos. Desde 1991, na Itália, a companhia desenvolve o Programa FARE (Programa Fiat de Reciclagem Automotiva, *Fiat Auto Recycling*). Segundo informações disponíveis no seu site Internet, além de ter criado uma espécie de laboratório de desmontagem próximo à sua linha de produção, a empresa já credenciou, mais de 150 centros de reciclagem na Itália e um no Brasil, em Minas Gerais, em parceria com seus fornecedores como a Belgo e a Gerdau.

De um modo geral, todas as montadoras, já vêm buscando, desde os anos 90, criar condições para uma maior facilidade na desmontagem dos veículos, ou seja, os projetos dos novos carros já prevêm a reciclagem desde sua concepção.

2. O automóvel e o meio ambiente

A preservação do meio ambiente é hoje uma das grandes questões globais. O desmatamento, a ameaça de extinção de espécies animais e vegetais, a poluição industrial e urbana de rios e mares, ao lado do desperdício de recursos minerais, não renováveis, são resultados de um modelo de crescimento econômico desequilibrado e hoje já reconhecidamente insustentável. Dessa tomada de consciência ambiental surgiu o conceito de Desenvolvimento Sustentável, que, na indústria automobilística, vem associando a gestão ambiental à qualidade e à competitividade do automóvel. Hoje é certo que o futuro do automóvel e de sua indústria passam, necessariamente, pela capacidade dos fabricantes de reduzir e/ou compensar seus efeitos danosos sobre o ambiente, desde a fabricação de materiais até a reciclagem de autopeças e de veículos em fim de vida. Sucatas abandonadas a céu aberto não terão mais lugar no século XXI.

Assim, foi dentro novo conceito de competitividade com sustentabilidade, via aceleração do processo de inovações tecnológicas, que o binômio qualidade do produto e do meio ambiente se instalou no núcleo das estratégias de todas as montadoras mundiais. Hoje é preciso inovar sempre para produzir de forma "mais limpa" utilizando materiais e processos menos poluentes e mais recicláveis. Atender às exigências ambientais é um desafio à inovação e à criatividade das empresas, vencê-lo irá torná-las mais competitivas.

A relação entre o automóvel e o meio ambiente passou a ser monitorada e gerenciada de forma contínua nos anos 90, em busca dos certificados ambientais ISO 14000, inspirados nas normas de qualidade ISO 9000, como o foi a qualidade nos anos 80. A preocupação com o meio ambiente e o cuidado com a qualidade neste início de século foi sinal de respeito ao consumidor, que se tornou mais exigente, consciente da importância do equilíbrio ambiental.

Essa tomada de consciência da sociedade colocou de forma irreversível a gestão ambiental do produto, e de seus processos

de produção, nas estratégias empresariais. Além disso, gerou toda uma regulamentação sobre questões ambientais que vêm cada vez mais sendo adotada em nível mundial. Através de diferentes diplomas legais, normas técnicas e procedimentos administrativos de fiscalização e controle, os países vêm seguindo o exemplo da Califórnia que inaugurou a regulamentação da questão ambiental nos anos 60.

No caso do Brasil temos uma das legislações ambientais mais completas do mundo mas sua regulamentação e eficácia deixam a desejar. O Brasil é o único país do mundo que colocou a questão ambiental em sua Carta Magna (a Constituição de 1988) mas em relação ao automóvel só regulamentou até hoje as emissões de CO₂ e a reciclagem de pneus e baterias.

No âmbito da União Européia foi criada uma comissão específica para a indústria automobilística que já elaborou uma diretiva sobre Reciclagem de Automóveis, que foi aprovada pelo Parlamento Europeu em outubro de 2000, responsabilizando as montadoras pelo ciclo de vida do automóvel e fixando metas de reciclabilidade como a de que veículos projetados a partir daquele ano até 2005 devem ser 95% recicláveis.

Mas em todo mundo, com diferentes graus de regulamentação, a gestão ambiental na indústria automobilística é complexa e nem sempre apresenta resultados imediatos. Na verdade é preciso construir uma rede de cooperação permanente entre setor produtivo, setor público, entidades de classe e demais agentes econômicos, sob a supervisão constante dos consumidores e da sociedade em geral. É uma nova cadeia produtiva que deve se formar, em torno da indústria automobilística, para viabilizar a recuperação e o reaproveitamento dos materiais automotivos, bem como o desenvolvimento de novos materiais de menor impacto ambiental. As inovações em materiais impulsionadas e/ou direcionadas pela questão ambiental é outra via de busca de soluções técnicas para o problema.

A questão é portanto complexa e envolve a busca de soluções múltiplas e compartilhadas por todos os agentes, desde a prevenção-minimização dos resíduos até a reciclagem e/ou reaproveitamento dos mesmos. Mas qualquer busca de solução

deve partir das características básicas do problema Automóvel versus Meio Ambiente tais como:

- 1) o grande volume de resíduos que o automóvel representa
- 2) a grande diversidade de materiais presentes em seus componentes
- 3) a toxicidade de alguns de elementos químicos desses componentes
- 4) a extensão e globalização de sua cadeia produtiva
- 5) o crescimento mundial de seu mercado consumidor
- 6) a rápida evolução recente de suas tecnologias e de seus materiais

Além disso é preciso se ter em conta que a complexidade do automóvel, produto múltiplo composto em média de cerca de 20 mil produtos, autopeças e materiais, mantém-se por toda a sua vida e mesmo após, o que obriga a pensar soluções alternativas e diversas para cada uma de suas partes constituintes, da produção à recuperação de suas matérias-primas. Assim a gestão da relação do automóvel com o meio ambiente pressupõe o acompanhamento e análise de todo o seu ciclo de vida. Quando um veículo atinge o fim de sua vida útil, por exemplo, há partes que ainda podem ser reutilizadas ou recuperadas. O automóvel não se desgasta uniformemente. Há, portanto, uma hierarquia ou ordem de prioridade de problemas a resolver onde em primeiro lugar estão os pneus e as baterias.

Contudo, essa hierarquia não é linear. Há situações mais urgentes que exigem soluções mais urgente e outras que mesmo sem urgência são importantes. Por exemplo alguns componentes são ambientalmente mais danosos que outros como é o caso dos fluidos, das baterias e dos catalisadores, e por isso mesmo seus processos de reciclagem tem que ser desenvolvidos e monitorados no sentido de se buscar processos mais limpos (como é o caso das baterias cuja reciclagem por via pirometalúrgica emite gases tóxicos). A prioridade deve ser função do grau de toxicidade, que já vem sendo objeto de um tratamento preventivo nas grandes montadoras, uma vez que materiais tóxicos, como o amianto, estão sendo retirados dos automóveis e mesmo proibidos em novos projetos

desde os anos 90. Já existe um amplo banco de dados público disponível via Internet sobre emissões de mais de 600 compostos químicos utilizados em mais de 23.000 fábricas nos EUA.

A partir de um levantamento feito por Asher Kiperstok¹, nos EUA em 1998, o setor de equipamentos de transporte está em 9 lugar em um ranking de 29 setores quanto as emissões de substâncias tóxicas. Essa posição, que já não é desprezível, piora ainda mais se analisarmos a questão das emissões sob a ótica do Ciclo de Vida do Produto, pela qual deve-se incorporar aos impactos do produto e de sua produção em si os dos materiais e da energia consumidos no processo de produção. É o caso também do amianto, antes usado para juntas de vedação do motor e hoje substituído por silicone e outros exemplos de inovações em materiais que foram concebidas dentro das exigências do Novo Paradigma Ambiental, resultado da consciência ambiental da sociedade.

Em resumo, os temas a serem tratados nesse livro visam mostrar o automóvel, sua composição e sua produção no contexto desse Novo Paradigma, que introduziu, de forma irreversível, a questão ambiental na produção industrial e tornou a busca da sustentabilidade parte da estratégia competitiva das empresas instando-as a desenvolver materiais recicláveis e produtos e processos de produção mais limpos.

2.1 O automóvel nas cidades

Os 6 bilhões de habitantes do planeta dispõem, hoje, de 800 milhões de veículos motorizados e a perspectiva para 2030 é de 1 bilhão de automóveis. Estes números trazem preocupações adicionais para os habitantes das grandes cidades, que são mais fortemente afetados pela poluição do ar, o congestionamento de ruas e rodovias, e pela poluição sonora decorrente dos altos níveis de ruídos resultados desses congestionamentos. Pelo menos 50 %

¹ Kiperstok é professor da Universidade Federal da Bahia –UFBA- Rede de Tecnologias Limpas da Bahia ver detalhes no site <http://www.teclim.ufba.br>.

da poluição do ar é de origem veicular, sendo que cada automóvel emite um coquetel de mais de mil substâncias poluentes diferentes. Os veículos são a maior fonte de dióxido de carbono, compostos orgânicos voláteis, óxido de nitrogênio, monóxido de carbono, partículas inaláveis e clorofluorcarbonos.²

Mas a complexa convivência do automóvel com as cidades vai bem além das emissões envolvendo uma longa lista de problemas para os quais tem se buscado múltiplas soluções. Entre os principais problemas e soluções estão:

- Problemas

- Emissões veiculares

- Congestionamento do espaço urbano

- Congestionamento do trânsito

- Poluição Sonora

- Grande volume de resíduos sólidos

- Grande consumo de materiais

- Poluição Industrial das Montadoras e fornecedores

- Soluções

- Redução do consumo de combustíveis fósseis

- Combustíveis Limpos (Carros elétricos, híbridos, a células combustível etc.)

- Zonas interditadas ao tráfego

- Reciclagem de materiais

- Aumento da reciclabilidade do automóvel

- Redução do consumo e o descarte de materiais

- Desenvolvimento de novos materiais mais resistentes e recicláveis

² Ver mais detalhes em <http://www.ecolnews.com.br/cidades.htm>

Projetos de automóveis com menor impacto ambiental (carros verdes, recicláveis etc)

Certificação Ambiental (certificação de materiais, produtos e processos)

Análise de Ciclo de Vida (e demais medidas de impacto ambiental)

Tecnologias Limpas

Fábricas Verdes

Os problemas do automóvel nas cidades são, na verdade, agravados pela concentração populacional e econômica. Eles são uma extensão, em alguns casos aprofundada, dos impactos ambientais gerais desse produto-símbolo da sociedade moderna de produção e consumo em massa. As cidades portanto são o lugar onde as contradições entre o automóvel e o meio ambiente ficam mais evidentes.

A busca da sustentabilidade do automóvel passa, portanto, pelo replanejamento de toda a sua cadeia produtiva em bases sustentáveis, desde a produção de materiais até o destino final de veículos em fim de vida. Ou seja, é preciso repensar a indústria automotiva em torno da questão ambiental uma vez que sua sobrevivência competitiva pode estar ameaçada pelas exigências desse novo paradigma ambiental que se instalou de forma definitiva e planetária.

Os sistemas de certificação ambientais internacionais, que surgiram no início dos anos 90 inspirados na certificação de qualidade, deram grande impulso a essa mudança de eixo da atividade industrial em geral e da indústria automobilística em particular. Os mais importantes certificados desse tipo, reconhecidos por cerca de 60 países, são o sistema de gestão ambiental e de auditoria SEMA (sigla em francês – *Système de Management Environnemental et d’Audit*) de 1993 e o sistema ISO 14 001 criado em 1996.

Inovar em soluções técnicas que harmonizem o automóvel e sua indústria com o meio ambiente tornou-se, portanto, imprescindível e nas cidades também urgente. Mas o problema é complexo e difícil de ser equacionado. Em alguns casos pode-se

chegar a paradoxos do tipo que a solução encontrada para um problema crie ou agrave outros. Nos novos materiais há muitos exemplos desse tipo. Os plásticos se, de um lado, tornaram os carros mais leves e assim reduziram o consumo de combustível, por outro lado eles trouxeram problemas técnicos e econômicos para a reciclagem. Tecnicamente, por exemplo, eles sempre perdem propriedades e têm que ser reutilizados em funções menos nobres no automóvel ou até mesmo fora da indústria automobilística. Economicamente, por sua grande variedade de composição e usos, acabam apresentando volumes reduzidos, inviáveis para reciclagem. Quanto à desmontagem, contaminantes químicos, processos de colagem e a própria complexidade das peças dificultam a separação e recuperação dos plásticos para reciclagem. Assim, mesmo a substituição de materiais tradicionais por novos tem ser cuidadosamente analisada desde o início e durante todo o desenvolvimento do projeto, pois uma vantagem em termos de meio ambiente de um material isoladamente pode se perder ao longo da cadeia produtiva do automóvel. Da mesma forma as próprias fábricas e seus processos de produção têm que ser revistos em termos de qualidade ambiental. E isso não se aplica apenas às montadoras, mas à toda a cadeia de fornecedores também.³

Fornecedores que seguem os padrões de qualidade ambiental exigidos é também condição para a certificação da montadora ao final da cadeia. Nesse sentido a certificação ambiental está sendo buscada ao longo de toda a cadeia incentivada pela demanda das montadoras junto a seus fornecedores.

Além das empresas, organismos nacionais e internacionais de regulação ambiental e governos também têm um papel normativo, regulador e planejador importante sobre a questão do automóvel nas cidades. As exigências estritas do Estado da Califórnia sobre emissões veiculares e a meta de emissões zero em 2005 são exemplos disso. O estudo do Ministério do Interior e Meio

³ Veja o exemplo recente do tratamento de efluentes da Dana Albanês, uma das maiores fornecedoras da indústria automobilística no Complexo Industrial Dana Gravataí, na seção em destaque do site do CIMM <http://www.cimm.com.br> .

Ambiente da França sobre "Automóveis para as cidades em um horizonte de 2010" é outro exemplo importante. Esse estudo, de 1998, projetou cenários para 2010 sobre os impactos ambientais do automóvel nas cidades apontando, entre as soluções pesquisadas, uma tendência visível para a concepção, em futuro próximo, do automóvel urbano.

Resta saber se os carros urbanos ou carros de emissão zero da Califórnia não serão apenas mais uma "falsa saída" que aumentará indiretamente os impactos ambientais globais, na medida que vai incentivar a produção de automóveis. Enfim, modelos especializados do tipo: carro urbano, carro lazer, carro para viagens, carro *off road* ou 4x4, não seriam na verdade mais uma estratégia comercial do que ambiental das montadoras.

O veículo Osmose (Figura 1) da Citroën foi concebido dentro de uma visão que integra automobilistas e pedestres. É uma proposta de uma nova forma de transporte solidário para pequenos deslocamentos dentro das cidades. É um veículo que visa dar maior mobilidade urbana respeitando o meio ambiente e sem trazer maiores inconvenientes ao trânsito. É um carro híbrido (elétrico-gasolina), para 5 pessoas sem bagagem ou 3 com bagagem, para trajetos pré estabelecidos e indicados em letreiro existente na lateral do veículo. O motorista- proprietário, se comunica com os passageiros, seus convidados, por um sistema interno de áudio e vídeo.



Figura 1: Para a Citroën o Osmose é o anúncio de uma nova era nas relações entre o homem e o automóvel nas cidades

O *concept car* esporte e lazer (Figura 2) é outro projeto especializado dentro da nova tendência de um carro para cada uso. Espera-se não só aliviar as pressões sobre o meio ambiente urbano como também aumentar as vendas de carro em geral.



Figura 2: Concept car sport-lazer

2.2 A análise do ciclo de vida do produto

A relação entre o automóvel e o meio ambiente começa a se formar na seleção dos materiais, quando ainda na concepção de um novo modelo – início do projeto ou mesmo pré-projeto como chamam alguns autores – os vários materiais possíveis para uso automotivo são escolhidos para peças e sistemas. Ela segue sendo direcionada pelos processos de fabricação e montagem dessas peças e sistemas, tanto nos fabricantes de autopeças como nas próprias montadoras, que podem contornar ou aprofundar problemas decorrentes do material selecionado. Por fim, ela aparece de forma mais evidente quando o carro sai da fábrica e entra no mercado como produto final para cumprir a função para a qual foi concebido: transportar pessoas. De fato não é apenas o produto final que conta, mas todo um sistema projeto/ produção, que consome energia e materiais em larga

escala afetando, direta ou indiretamente, a economia dos países e a vida das pessoas. Assim no caso do automóvel, o fato de ser movido a derivados do petróleo, cujas emissões de gases são os grandes responsáveis do aquecimento global da Terra é apenas um dos aspectos do problema.

A análise do Ciclo de Vida do Produto (ACV) é exatamente uma forma de se tentar avaliar todos os possíveis impactos ambientais causados por um produto e por toda a sua cadeia produtiva. A "Vida" de um produto é todo o período compreendido entre a extração de matérias-primas e seu destino final pós-consumo. A ACV é um método de acompanhamento da vida de um produto do "berço ao túmulo", criado nos EUA em no início dos anos 90, para atender à necessidade de se ter critérios quantitativos para tomada de decisões segundo os preceitos da sustentabilidade ambiental de um empreendimento. Divulgado em 1991 pela Sociedade de Toxicologia e Química Ambiental, desde então já foram desenvolvidos estudos em vários setores dentre os quais energia e transportes são os mais estudados.

O método também pode ser usado para se comparar os impactos ambientais entre setores e mesmo como instrumento de planejamento governamental, como o Canadá tem feito em seus Planos de Ação para o Meio Ambiente entre 1996 e 2000 (Environment Canada Action Plan 1996/97 e 1999/2000). De uma maneira geral, a ACV desenvolve-se esquematicamente em 3 passos:

1) Identificação e mensuração da energia e das matérias-primas empregadas na fabricação do produto, bem como das emissões de poluentes para água, solo e ar na produção, uso e disposição final do produto;

2) Avaliação do danos ambientais que o uso de energia e dos materiais, e que as emissões de poluentes no processo acarretam ao meio ambiente;

3) Identificação de oportunidades de melhorias dos sistemas produtivo e de reciclagem e/ou descarte final, que levam à otimização do desempenho ambiental do produto.

Contudo, na prática, ACV é um método bastante complexo, pois requer uma quantidade enorme de dados e informações,

que não estão disponíveis na contabilidade das empresas ou nas estatísticas oficiais de produção e consumo industriais. Na verdade, o método exige quase a montagem de uma base de dados e o cálculo de indicadores caso a caso. Por isso até hoje ainda não pode ser considerado um instrumento maduro de avaliação de impactos ambientais como orientação para tomada de decisão em termos de investimentos industriais.

O setor automotivo, porém, tem sido grande usuário deste método, que representa uma referência em estudos de impactos ambientais do automóvel, exatamente por ter seus ciclos de produção e consumo bem definidos e conhecidos. Isso porque é o produto mais padronizado quanto a materiais, processos de fabricação e formas de consumo. Não se pode fazer ou usar um automóvel de forma diferente da que ele foi concebido. Mesmo assim a questão não é simples de equacionar. Vejamos o exemplo das emissões de substâncias tóxicas citado por Kiperstok (2000). A Tabela 1 demonstra que o corte setorial das estatísticas industriais não servem ao método de Análise do Ciclo de Vida do produto. Nesse caso além do automóvel estar agregado ao setor de equipamentos de transporte, teríamos ainda que separar a parcela da emissão pertencente à produção dos materiais que entram na composição do automóvel e incorporá-la, proporcionalmente às quantidades utilizadas, no cálculo das emissões que estão distribuídas pelos setores da mineração, das utilidades elétricas, dos produtos químicos, metais primários, papel e plásticos entre outros.

Tabela 1: Emissões de Substâncias Tóxicas, por setor produtivo nos EUA em 1998

SETORES	1000 TON. / ANO	%
1. Mineração de metais	1591,74	48,0
2. Utilidades elétricas	506,63	15,3
3. Químicos	334,26	10,1
4. Metais primários	256,83	7,8
5. Recuperação de solventes	127,80	3,9
6. Papel	104,24	3,1
7. Diversos (vários setores)	51,41	1,6
8. Plásticos	49,73	1,5
9. Equipamentos de transporte	46,48	1,4
***	***	***
29. Vestuário	0,23	0

Fonte: extraído de Kiperstok (2000) pp.109.

O consumo de materiais e energia tem sido o ponto de partida de estudos desse tipo, mas, como variáveis da equação, tanto os materiais como a energia têm que ser consideradas em todo seu ciclo de vida. A SAE – Sociedade dos Engenheiros Automotivos – nos EUA tem publicado muitos resultados de LCA. Em março de 1996 o editorial da revista da SAE define o ciclo de vida da energia no automóvel como: a soma das energias para produção de materiais, produção e montagem de autopeças, operações finais de montagem, uso e manutenção do veículo, sua disposição final descontada a energia que gerar em caso de re-uso e/ ou reciclagem de seus materiais. Ou seja, é uma conta de partidas dobradas com débitos e créditos.

A ACV também pode ser utilizada pelas montadoras em novos projetos, por exemplo, para fazer comparações entre materiais auxiliando na seleção seguindo uma concepção mais ecológica. O Esquema a seguir mostra a cadeia industrial desde a mineração, produção de materiais, autopeças e automóveis até a reciclagem para se ter um idéia o conjunto de variáveis que devem entrar em uma análise do ciclo de vida de um automóvel.



3. A evolução dos materiais automotivos

O automóvel é tido como o objeto técnico mais característico do nosso século, mas é na verdade um famoso desconhecido, pois as pessoas não conhecem os materiais que o constituem e que são responsáveis tanto pelo seu desempenho como pela sua aparência. Compra-se um carro pelo conforto, facilidade de deslocamento e bom desempenho, esperando nunca precisar abrir o capô, e muito menos escolher uma peça de acordo com o seu material.

No entanto, um carro é um conjunto de produtos, intermediários e finais, montado a partir de dezenas de milhares de peças compostas dos mais diversos materiais. Chanaron e Lung (1995) falam em 20 a 25 mil peças em média num modelo sedam padrão, mas isso é muito variável, de acordo com as montadoras e com os fabricantes de autopeças, além do que a integração de peças em sistemas articulados torna tal contagem cada vez mais difícil e heterogênea de montadora para montadora e mesmo entre modelos de uma mesma montadora.

O processo de substituição de materiais que se acelerou ao final do século passado, incentivado por pesquisas e desenvolvimentos relacionados ao desafio ambiental de produzir o “veículo verde”, permitiu a integração de peças e de sistemas resultado de programas de pesquisas em longo prazo e em parceria com toda a cadeia de fornecedores. Essa proximidade entre montadoras e fornecedores no desenvolvimento de materiais, produto e processos é tão grande que hoje novos materiais chegam a ser produzidos ao mesmo tempo em que a peça, quase que sob medida, dentro dos novos projetos, como foi o caso dos pára-lamas de plástico do Novo Clio da Renault⁴ ou do Audi com carroceria em alumínio, entre outros.

⁴ Esse caso foi apresentado em detalhe pela autora na Série Estudos e Documentos do CETEM Nº 48, pp. 40-63.

O carro multi-material é uma realidade hoje. Além dos materiais metálicos, que mesmo substituídos pelos plásticos, representam ainda 70 % de um automóvel, existem ainda mais de 40 tipos de plásticos, e outras famílias de materiais, menos numerosas, como vidros, tecidos, papel, tintas etc., que estão associados a tecnologias, processos de produção, tratamento e montagem, que devem ser considerados na reciclagem do automóvel.

Pode-se mesmo afirmar que o traço mais marcante das mudanças recentes ocorridas no automóvel foi sua complexidade. O automóvel cresceu em complexidade nos últimos 20 anos mais do que nos primeiros 75 anos de existência. Sua indústria adquiriu dimensão estratégica e caráter mundial fruto da aceleração do processo de inovação tecnológica e organizacional. Foi precursor do processo de substituição dos materiais, acelerado nos anos 70 pelas manifestações ambientalistas, e foi fortemente afetado pelo advento dos novos paradigmas da eletrônica e das telecomunicação, que por sua vez, realimentaram o desenvolvimento e a difusão de novos materiais nessa indústria.

3.1 Os novos materiais automotivos na visão dos clientes e das montadoras

Contudo as inovações em materiais fazem parte do que Clark e Fujimoto (1991) chamam de “inovações invisíveis” ou seja, aquelas que o cliente não vê ou não valoriza, senão indiretamente, pelo serviço adicional que prestam. Mas nem por isso elas são menos importantes do ponto de vista da evolução dos produtos e das indústrias envolvidas. Ao contrário, os novos materiais participam de uma estratégia de inovações globais que ultrapassa as fronteiras das fábricas de automóveis.

Assim produtores de materiais, fabricantes de autopeças e as montadoras de veículos passaram a compartilhar os riscos do desenvolvimento de novos materiais para atender a uma demanda globalizada cada vez mais exigente. O quadro a seguir reúne as diferentes visões e expectativas de montadoras e consumidores, em relação aos novos materiais no automóvel.

Tabela 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 baixo custo
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 high-tech	Materiais testados, garantia

Numa cronologia sucinta das evoluções dos materiais automotivos pode-se dizer que:

1) Os plásticos, introduzidos nos anos 70 para tornar o carro mais leve e reduzir o consumo de combustível, em 15 anos dobraram sua participação no peso total dos veículos.

2) Os plásticos foram rápidos em suas conquistas passando do interior do veículo e carroceria, no lugar da madeira e dos metais, aos novos acessórios ligados à introdução da eletrônica, e chegando às funções mecânicas (termoplásticos).

3) Os materiais eletrônicos permitiram avanços, a um ritmo sem precedentes, e conferiram aos automóveis um perfil mais inovador. Eles estão presentes nos sensores de sistemas de segurança como: freios ABS e "airbags", ou em acessórios para maior conforto como: vidros elétricos, direção hidráulica, ar condicionado, até as mais novas possibilidades de sensoramento remoto para orientação dos motoristas ou mesmo para a condução dos veículos totalmente "computadorizados".

4) As novas ligas leves de Titânio e Magnésio e os novos Aços são a resposta dos metais em novos desenvolvimentos. Cerca de 70% dos aços usados nos automóveis após 1995 não existiam há 10 anos atrás.

5) Já a introdução de cerâmicas em funções mecânicas está bem mais lento do que se esperava há alguns anos. Apesar de já

fazerem parte dos motores de veículos especiais produzidos em pequenas quantidades e a preços bastante elevados, as cerâmicas aguardam ainda novos desenvolvimentos para serem mais utilizadas na produção em série.

A Figura 3, adaptada do relatório ambiental do grupo PSA – Peugeot, Citroen, de 1999, dá uma idéia dessa evolução em grandes linhas.



3.2 Exemplos de inovações em materiais dentro do novo paradigma ambiental

O Novo Paradigma Ambiental vem impulsionado o desenvolvimento de novos materiais e novos processos menos poluentes e mais eficientes, na indústria automobilística esses materiais têm incorporado novas funções a peças e sistemas integrados como resultado de parcerias entre diversas empresas, como mencionamos. O exemplos a seguir são emblemáticos dessa proximidade entre montadoras e fornecedores, de componentes e máquinas, que resultou no desenvolvimento de materiais, produtos e processos dentro de um novo projeto, como foi o caso do Novo Clio da Renault. As inovações apresentadas nsses e outros exemplos estão em maior detalhe na Série Estudos e Documentos do CETEM N° 48, "Inovação em Materiais na Industria Automobilística". Aqui vamos destacar apenas os aspectos ambientais, de reciclagem e recuperação de materiais.

Pára-lamas de Plástico

Os pára-lamas de plástico são feitos de um material que pertence à grande família dos polímeros, é um compósito de base polimérica com propriedade de um termoplástico condutor, produzido a partir de poliamida e polipropileno (PA e PP) e impregnado de carbono, que adquiriu assim propriedades de resistência térmica e mecânica semelhante às dos materiais compósitos utilizados pela indústria aeronáutica. É, portanto um material bastante complexo. Esse material foi especialmente desenvolvido pela GE Plastics em parceria com a Renault e a Omniun Plastics, que fez a máquina injetora, para produção de pára-lamas que fossem, ao mesmo tempo, flexíveis, resistentes e recicláveis. Para a Renault a colaboração com a GE Plastics levou 12 anos até chegar à fabricação dos primeiros pára-lamas de “plástico”, que, numa evolução contínua do Noryl, resultou na criação de um novo material plástico condutor cuja resistência térmica suporta as condições de pintura à cerca de 190° e manter-se 100% reciclável. Ele foi patenteado como Noryl GTX 974, pela GE Plastics e Renault em conjunto, e é utilizado no Scénic e no Clio, mesmo no Brasil.

Completando a inovação, do material e da peça, a Renault desenvolveu uma nova técnica de fixação denominada “fixação deslizante” que permite montar toda a carroceria antes da pintura, sem colas ou contaminantes que afetem a reciclabilidade do carro. Assim não só o material desenvolvido mas também o pára-lama em si é totalmente reciclável. Isso contribuiu para que o Novo Clio, mesmo tendo uma carroceria multi-material, fosse 95% reciclável. O material tem ainda a vantagem de ser mais leve que os metais, cerca de 60%, e de proporcionar uma redução das emissões em 12% e do consumo de combustível em 15%. O Novo Clio sai também na versão elétrica, exclusivamente na França, dentro do conceito de carro urbano.

Juntas de Silicone

Entre as três partes do motor: o cabeçote, o bloco e o cárter há juntas de vedação que garantem a separação (estanquidade) entre esses três sistemas: elétrico (ignição-velas no cabeçote), mecânico (cilindros no bloco) e de lubrificação (óleo do cárter).

Normalmente essas juntas são feitas de diferentes materiais. Originalmente elas eram de metal, forjado e usinado, revestidas de amianto que, por razões ambientais e de saúde do trabalhador, foram abandonadas. O amianto é um dos que consta de uma lista de materiais proibidos em todo o mundo(<http://www.epa.gov/tri/tri97/data/index.htm>). Atualmente são utilizadas placas de metal sinterizado ou placas de silicone rígido. Recentemente a Renault passou a utilizar o silicone líquido depositado in situ como material de vedação entre o bloco e o cárter. Uma das grandes vantagens desse novo material é que com ele a junta pode ser reutilizada mesmo após a desmontagem do motor para serviços de manutenção. E prolongar o uso das peças é, junto com a reciclagem, uma das soluções para economizar material e prolongar sua vida e assim conferir maior sustentabilidade ao automóvel em consonância com o novo paradigma ambiental.

4. Introdução à reciclagem de automóveis

A reciclagem do automóvel é essencialmente uma atividade transversal e que se realiza tanto dentro como fora do setor automotivo. Na verdade, a questão da reciclagem dos materiais automotivos faz parte de um cenário maior onde se situam o automóvel, sua produção e o meio ambiente. Há que se considerar toda a rede de fornecedores de materiais e autopeças além dos setores que, junto com o automobilístico, formarão o mercado consumidor do material reciclado como embalagens, têxtil vestuário e calçados, vidro, construção civil entre outros.

Tecnicamente hoje todos os materiais que entram na composição do automóvel são recicláveis, mas os metálicos, que ainda representam em média 70% do peso do carro, permanecem sendo os mais intensamente reciclados em todo o mundo. Isso porque a reciclagem dos metais é a que traz maior vantagem econômica, quer no processo de separação, facilmente realizado por meio magnético ou na recuperação da matéria-prima que atinge 100%, quer seja na qualidade dos novos produtos feitos a partir da matéria-prima secundária obtida que em nada difere da matéria-prima primária.

Em todo o mundo os fabricantes de automóveis vêm trabalhando em conjunto com seus fornecedores, com os produtores de matérias primas, como os setores químico e siderúrgico, para tornar a reciclagem economicamente mais competitiva. Os novos modelos de automóveis são cada vez mais recicláveis, chegando alguns a serem 95% recicláveis, como é o caso do Clio. Contudo mesmo estes se devido a um acidente com perda total vierem a ser reciclados hoje muito provavelmente o serão em apenas 75%.

Associações como CARE-Consortium for Automotive Recycling-, na Inglaterra, Automotive Recyclers Association, nos Estados Unidos e no Canadá, entre outras são exemplos que vem se multiplicando na pesquisa e na implantação da atividade de reciclagem de automóveis no mundo.

No Brasil são os diversos Centros de Pesquisas públicos e as Universidades que mais se dedicam a estudar e/ou viabilizar novas tecnologias para reciclagem de materiais automotivos. Por exemplo, o Instituto Eloísa Mano de Macromoléculas, IMA/UFRJ, realiza pesquisas sobre reciclagem de polímeros de engenharia usados nos automóveis em especial os empregados em pára-choques. O CENPES da Petrobrás já desenvolveu significativos avanços na reciclagem de pneus visando reintegrá-los na produção de xisto como matéria prima secundária é o chamado processo SIX de transformação de energia. Além desta outras formas de recuperação química da borracha estão sendo desenvolvidas como a desvulcanização para seu reaproveitamento na produção de novos pneus. Tudo isso evita a queima de pneus, grande fonte de poluição atmosférica.

O CETEM vem trabalhando desde 1999 em uma rota tecnológica alternativa para recuperação do chumbo das baterias, que é feito exclusivamente por via pirometalúrgica, pela inclusão de uma etapa hidrometalúrgica, que torna o processo de refino em si menos agressivo ao meio ambiente. Segundo Roberto Trindade, pesquisador responsável por este projeto, “embora seja um processo consagrado no setor, ele exige investimentos razoáveis e tem o inconveniente de gerar um resíduo tóxico, que não pode ser libertado no meio ambiente. Já na rota hidrometalúrgica todo o material produzido é reaproveitado, evitando a geração de resíduos tóxicos. Além disso, os equipamentos são de porte menor que os usados no processo tradicional e requerem investimentos menores”.

Atualmente cerca de 18 milhões de veículos circulam pelo Brasil, sendo 8,5 milhões deles com a idade superior a 10 anos e cerca de 5,5 milhões com mais de 15 anos. Não há dúvida que a frota brasileira está envelhecida, e uma vez que a reciclagem de materiais é uma necessidade no mundo industrializado, é premente que toda essa sucata seja introduzida em um ciclo sustentável, assegurando que o maior símbolo da sociedade industrial seja transformado, ao final de sua vida útil, em fonte de geração de novos empregos e menor impacto sobre o meio ambiente.

De acordo com o programa de renovação da frota proposto pela ANFAVEA “do total da frota brasileira de veículos leves, estimada em 19,2 milhões de unidades, segundo o Registro Nacional

de Veículos Automotores (Renavam),dez/1998, do Departamento Nacional de Trânsito (Denatran), sabe-se que 45% têm dez anos ou mais de idade. Sabe-se que 45% da frota têm idade superior a 10 anos, e é responsável por 77% das emissões de monóxido de carbono na atmosfera, em função da tecnologia que possuem ser anterior às leis do ar limpo (Proconve, 1990 e anos seguintes). Os demais 55% de veículos da frota respondem por pouco mais de 1/5 do total das emissões.”([http:// www.anfavea.com](http://www.anfavea.com)) Comparando exemplos extremos a ANFAVEA afirma ainda que um veículo fabricado em 1979 emite cerca de 40 vezes mais monóxido de carbono que um outro que tenha entrado em circulação em 1999.

4.1 Materiais recicláveis x reciclados

Mesmo que os novos modelos de automóveis já tenham uma taxa de reciclabilidade de 95% , ou sejam 95% recicláveis, a reciclagem só ocorre efetivamente quando há viabilidade técnica e econômica para que se estabeleça um empreendimento.

Um material reciclável é aquele que têm aptidão técnica para ser reciclado o que não assegura, portanto que ele efetivamente o será. Atualmente praticamente todos os materiais automotivos são recicláveis, mas em média apenas 75% do peso do automóvel são de fato reciclados. Além disso, é importante frisar que a reciclabilidade de um mesmo material automotivo pode ser (e de fato o é) calculado de forma diferente em cada montadora, que, por sua vez, adotam denominações diversas como; nível, grau ou taxa de reciclabilidade. Isso porque reciclabilidade depende não só do material em si, mas dos tratamentos e dos processos de montagem que ele recebe dos produtores de autopeças e nas montadoras.

Não há, portanto, uma fórmula universal para cálculo desse indicador e a comparação da taxa de reciclabilidade entre montadoras e até entre modelos de uma mesma montadora contém sempre certo grau de imprecisão. Além disso, as montadoras não divulgam nem mesmo suas bases de cálculo. Não se sabe, assim, quais são os parâmetros nem as variáveis desse indicador, o que o torna mais próximo de um conceito do que de um indicador propriamente dito. Enfim, apesar de numérico, é um dado até certo ponto subjetivo.

Desse modo, o que as empresas do setor automotivo apresentam como uma “vantagem ambiental” somente poderá ser considerada como tal quando e se existir uma cadeia de recicladores disposta a receber as carcaças dos veículos em fim de vida e os resíduos industriais de sua produção para recuperar os materiais contidos via reciclagem. Ou seja, quando a reciclagem do automóvel como um todo tornar-se economicamente viável. Para equacionar esse problema duas questões básicas, uma de caráter técnico e outra econômica, tem que ser respondidas, a primeira é quais são exatamente os materiais constituintes do automóvel e a segunda é qual o mercado para esses materiais reciclados.

Quais são exatamente os materiais constituintes do automóvel ?

Em resposta a essa questão as montadoras instaladas no mercado europeu estão sendo obrigadas a fazer o que vem chamando de DNA das partes do automóvel. Ou seja, identificar quimicamente sua composição e registrar essas informações em um banco de dados geral que servirá de base para seleção de materiais em todos os novos projetos. Além disso, cada novo projeto deverá registrar os materiais que desenvolver e/ou introduzir no modelo projetado.

Na verdade, o automóvel é o produto manufaturado que utiliza a maior diversidade de materiais (metálicos, plásticos, cerâmicos, vidro, papel, borracha, etc) e sua indústria é a que consome maior quantidade desses materiais, mas não tem guardado as especificações destes em cada projeto. Além disso, há uma grande variedade de novos materiais como os compósitos que conjugam as propriedades de metais, plásticos e cerâmicas buscando melhorar a eficiência do produto final e de suas peças, assim como o desempenho do motor em termos de menor consumo e menos emissões, e que variam em sua composição dependendo do fornecedor, e ou da demanda da montadora.

Desde de sua criação o automóvel sempre envolveu uma larga gama de materiais que vêm passando por evoluções e substituições contínuas e crescentes. No início era a madeira que

constituía a carroceria do carro e de algumas de suas partes semi-estruturais, como as rodas. Com a evolução dos materiais a madeira foi sendo substituída pelo aço que se mostrou mais eficiente, nas junções deu maior segurança, durabilidade e reduziu o trabalho de manipulação das peças.

A descoberta da vulcanização também mudou o estilo das rodas, com os pneus radiais que fizeram a grande diferença em termos de conforto e segurança. Mais recentemente, várias outras inovações em materiais foram marcantes como os plásticos e seus compósitos, os cerâmicos e os materiais como o alumínio e suas ligas leves de aço, magnésio e carbono. Os plásticos, inicialmente eram usados em peças decorativas internas, em seguida passaram a ser usados em partes semi-estruturais como pára-choques.

Enfim, novos materiais vêm representando soluções para diminuir o peso e aumentar a resistência das peças e a eficiência dos sistemas de consumo e de segurança dos veículos em geral. Contudo, na reciclagem de peças automotivas, essa diversidade de materiais afeta e até compromete a reciclabilidade do veículo como um todo.



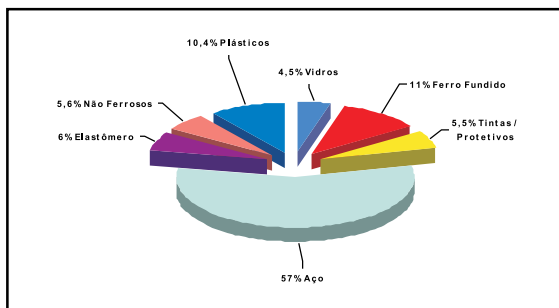
Fonte: www.fiat.com.br

Qual o mercado para os materiais automotivos reciclados ?

A primeira restrição mercadológica é colocada pela própria indústria automobilística que não pode fazer uso de qualquer matéria prima secundária recuperada a partir da reciclagem, por questões de segurança e desempenho dos automóveis. Nesse caso os materiais plásticos são os mais rejeitados e quando são usados o são em funções menos nobres.

Algumas das saídas possíveis são: a evolução das técnicas de reciclagem em si; a melhoria da cadeia da reciclagem, tornando mais efetiva e econômica essa atividade, ou ainda buscar ampliar o mercado de produtos reciclados, a partir do automóvel para outros setores, principalmente para vidros, borrachas e plásticos.

Em qualquer das saídas que se busque um fator sempre presente deve ser o volume do material produzido. Ou seja a reciclagem só é comercialmente compensadora se for feita de forma regular e em grande volume, de modo a garantir o suprimento contínuo de matéria prima secundária aos seus consumidores como o fazem os produtores de material primário. Se houvesse uma política para renovação da frota e reciclagem de automóveis no Brasil, isso não seria ser um problema pois hoje temos cerca de 8,5 milhões de carros circulando dos quais cerca de 5,5 milhões com mais de 15 anos. A figura a seguir, por exemplo mostra a composição média do automóvel em termos de recuperação possível de materiais para se ter um idéia do esforço que essa exige é preciso conhecer os principais aspectos técnicos e as etapas da reciclagem.

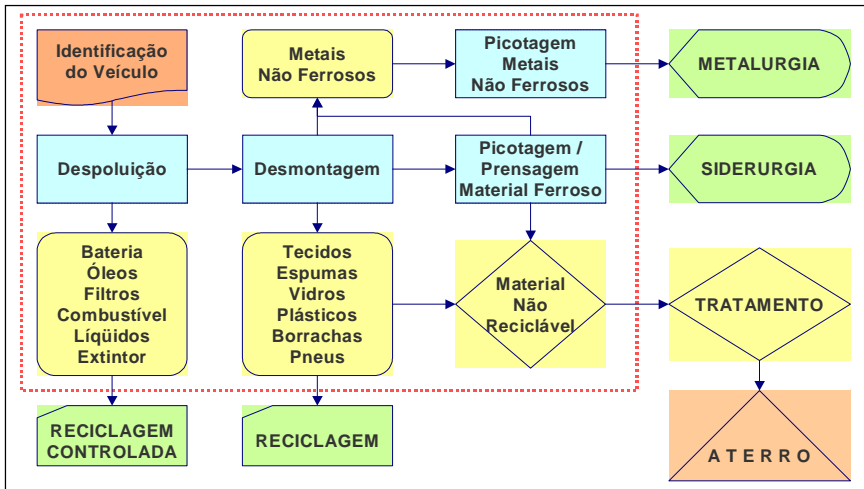


O que vira um carro

Fonte: Diário do Grande ABC, com base nas informações da ANFAVEA.

4.2 Aspectos técnicos e econômicos da reciclagem

Para se realizar a reciclagem, uma seqüência de operações deve ser projetada, a fim de se obter o melhor aproveitamento dos materiais na reciclagem e o menor impacto sobre o meio ambiente. A essa seqüência pode ser visualizada no esquema a seguir.



Caminho do veículo na reciclagem

Fonte: Adaptação da apresentação : Reciclagem de Veículos no Brasil Estudo das Viabilidades Técnica & Econômica - Henry Joseph Jr

O processo se divide em duas fases básicas:

Fase A – Fase de despoluição veicular onde todos os resíduos líquidos, como restos de combustível, óleo lubrificante, fluidos de freio e de embreagem devem ser retirados em local apropriado, com piso adequado, canaletas de contenção, para evitar a contaminação de lençóis freáticos, rede de esgoto e rede pluvial, e encaminhados para reservatórios especiais, onde serão divididos em recicláveis e não recicláveis. Os fluidos recicláveis, óleos, combustíveis, entre outros, são enviados para intermediários que se encarregam de seu transporte para unidades de tratamento. Os não recicláveis, são os da bateria, gás CFC, fluidos de embreagem, freio e diferencial. Nesta fase, também é realizada

o desmonte e separação de peças em 2 grupos: As que poderão ser reutilizadas, devido a inexistência de uma garantia sobre eles, pois não desempenham funções mecânicas ou estruturais importantes, como os faróis, portas, conjunto de tubo de escape e catalisador, capôs, pára-choques. Os outros componentes que não podem ser utilizados diretamente, como a bateria (que será reciclada à parte), os filtros de ar e óleo, os extintores de incêndio, o motor e a caixa de marchas, esta é removida ainda com óleo em seu interior para garantir a sua conservação.

Fase B – Fase de Reciclagem de Materiais, onde serão retirados os tecidos, espumas, vidros, plásticos, borrachas, e partes metálicas, que serão então enviados para máquinas de tratamento de sucata, como uma Shredder ou prensas e tesouras, para a redução de tamanho, e depois passar por um processo e separação. Os pneus também deverão ser picotados, e os outros materiais deverão ser armazenados de forma mais compacta possível.

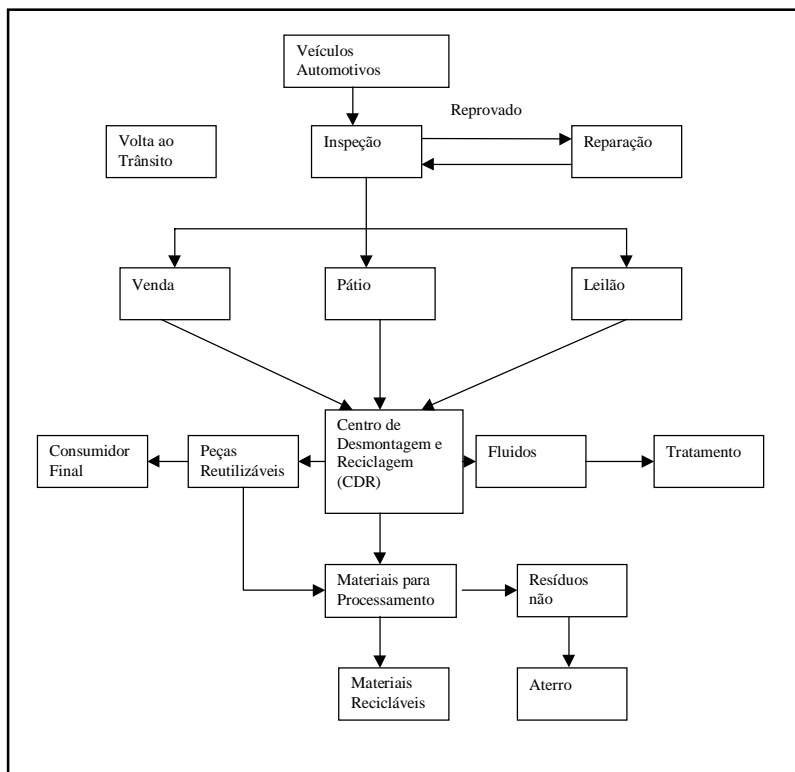


Fases da reciclagem de automóveis

Fonte: Adaptação da apresentação: Reciclagem de Veículos no Brasil Estudo das Viabilidades Técnica & Econômica – Henry Joseph Jr

Sobre a organização da cadeia da reciclagem de automóveis no Brasil existe um projeto de lei sobre Renovação da Frota e Reciclagem de Automóveis que é o resultado da consolidação de várias propostas de associações do setor tais como: a Anfavea

(Associação Nacional dos Fabricantes de Veículos Automotivos), o Sindicato dos Metalúrgicos do ABC e da AEA Associação Brasileira de Engenharia Automotiva. O projeto propõe inicialmente um novo sistema anual de inspeção veicular em todo o território nacional para todos os carros com mais de 2 anos. A proposta já foi inserida na Reforma Tributária que o Governo Federal prepara para encaminhamento ainda no ano de 2003 ao Congresso Nacional, como forma de aumentar a arrecadação dos municípios que seriam os executores diretos dessa inspeção. O projeto prevê ainda a criação de Centros de Reciclagem inspirada no conceito de "Car Recycling System" descrito no site <http://www.bir.org.biruk> que já está em uso na Europa e procura ligar os fornecedores de sucata (sucateiros) aos centros de reciclagem, de forma que a produção seja contínua e realizada em larga escala.



Centro de desmontagem e reciclagem

Fonte: Associação Brasileira de Engenharia Automotiva (AEA), 1997.

A questão econômica mais importante da reciclagem é exatamente a escala em que ela é feita e o tamanho do mercado consumidor de matérias-primas secundárias obtidas. Nesse sentido a indústria automobilística é uma grande fornecedora de materiais recicláveis, mas é um consumidor exigente e por isso mesmo pode ser um mercado restrito para os materiais reciclados. As especificações de qualidade e segurança impedem que muitos desses materiais sejam reutilizados nas mesmas funções. Contudo os plásticos, tanto por sua evolução própria como pelos avanços das técnicas de montagem e produção de peças estão se tornando cada vez mais recicláveis e vêm sendo cada vez mais reciclados e reintroduzidos no automóvel, mesmo que em funções inferiores.

Em geral a reciclagem além de contribuir positivamente para o meio ambiente, também traz vantagens econômicas diretas e indiretas para todos os setores de atividade industrial e para toda a sociedade. O melhor exemplo disto é a economia de energia que a produção de materiais a partir de matéria prima secundária apresenta em relação à mesma produção quando feita diretamente de insumos minerais ou vegetais, ditas matérias-prima primárias. Os percentuais desta economia de energia para os principais materiais hoje reciclados e que estão todos presentes no automóvel, são: 95% para o alumínio, 85% para o cobre, 80% para os plásticos, 74% para o aço, 65% para o chumbo e 64% para o papel.

A produção de matéria-prima secundária, a partir da reciclagem, traz ainda vantagens para o meio ambiente em termos de poluição do ar. No caso do aço as emissões são reduzidas em 8% e no caso do papel 74%, segundo dados obtidos no site <http://www.bir.org.biruk>.

5. A reciclagem de automóveis passo a passo

A reciclagem do automóvel propriamente dita começa quando ele chega ao fim de sua vida útil que, para qualquer produto, “é o momento em que ele não pode mais cumprir a função básica para qual foi concebido”. No caso do automóvel contudo, essa delimitação não é tão exata nem tão simples pois além de transportar pessoas ele têm que fazê-lo hoje em condições seguras para as pessoas e para o meio ambiente. Ou seja, ele não é um produto de consumo livre pois tem seu uso regulado e autorizado por lei. Todo veículo tem que ser licenciado pelos órgãos públicos responsáveis pelo trânsito. Isto equivale a dizer ele tem que atender aos níveis de emissões e aos requisitos de segurança fixados pelas autoridades públicas que podem também cancelar sua licença e considerá-lo sucata ao fim de 10, 15 ou 20 anos, dependendo do estado de conservação. Assim, só após “decretada” a sua “morte” o automóvel deve seguir para a reciclagem passando necessariamente pelas seguintes etapas:

1) Descontaminação: retirada de combustível, e óleos, baterias e catalizadores

2) Desmontagem: retirada de peças para possível reaproveitamento posterior

3) Separação e Seleção de peças e materiais que não serão triturados na próxima etapa: tecido e espuma dos bancos, componentes eletrônicos, tapetes, pneus, e materiais plásticos de fácil identificação.

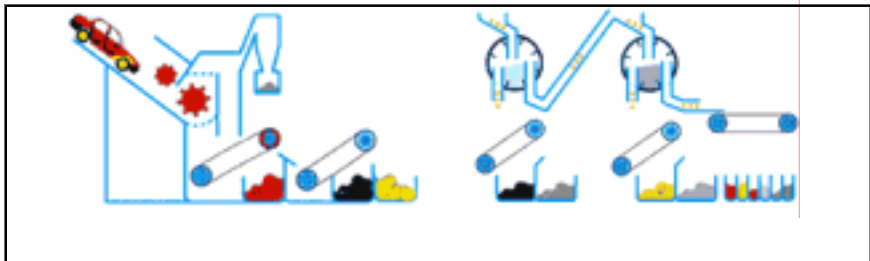
4) Prensagem e Trituração: requer um uso extensivo de máquinas de grande porte, como as prensas de compactação e os trituradores (Schredder), para compactar o material a ser reciclado à 10 a 15 cm, facilitando seu armazenamento. A eficiência desse processo depende de uma boa separação prévia, já que o plástico, por exemplo, depois de triturado é difícil de ser identificado e separado na próxima etapa, gerando uma perda no processo de recuperação do material metálico.

5) Nova Separação e Separação Magnética: acontecem simultaneamente ao tritramento, 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 e/ou por 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 "filtração" ainda maior, podendo inclusive encontrar e separar ainda materiais plásticos de vários tipos. Ainda nessa etapa, outros métodos podem ser utilizados, como a separação por solventes orgânicos diversos, mas esses geram uma certa dificuldade, pois exigem cuidados ambientais especiais.

Veja o esquema abaixo animado com todas essas etapas da reciclagem do automóvel no site <http://www.agiltec.pt/autorec>.

Cumpridas todas essas etapas de preparação para a recuperação de materiais, começa a reciclagem propriamente dita que consiste na:



Fonte: Protap

- Redução da matéria-prima – Tecnicamente é a etapa final da reciclagem em si e corresponde ao momento que o material volta a ser matéria prima, agora secundária;

- Reutilização industrial – Essa etapa 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 e/ou outros produtos, dentro ou fora da indústria automobilística.

5.1 Reciclagem de baterias e metais

Baterias

As origens da bateria remontam a 1800, quando o Italiano Alessandro Volta criou a pilha não recarregável. Em 1859, o francês Gaston Plantê aperfeiçoou o invento, que, além de acumular energia elétrica, passou a ser recarregável. Sua utilização na ignição dos automóveis surgiu décadas depois em 1912. Em dois séculos de evolução, esse equipamento, hoje articulado aos sistemas elétrico e eletrônico dos automóveis, e é ainda responsável pela alimentação de todos os seus componentes. O motor de partida, rádios, faróis, motores acionadores de vidros e aparelhos de ar condicionado são alguns exemplos de componentes que dependem dessa fonte de energia para seu funcionamento. (ver detalhes no site da Associação Brasileira da Indústria de Eletro-Eletrônicos <http://www.abinee.org.br>)

Segundo a definição geral do relatório do AUTOREC-PROTAP (Reciclagem dos materiais componentes do veículo automóvel, Instituto Superior Técnico, Lisboa, Portugal) <http://www.agiltec.pt/autorec>: "as baterias são componentes eletroquímicos com a capacidade de converter energia química em energia elétrica."

São consideradas baterias de aplicação veicular aquelas utilizadas para partidas de propulsores e/ou como principal fonte de energia em veículos automotores de locomoção em meio terrestre, aquático e aéreo, inclusive tratores, equipamentos de construção, cadeiras de rodas e assemelhados.

As baterias automotivas são baterias secundárias de anodo ácido sulfídrico que podem ser recarregadas diversas vezes ao contrário das primárias que só podem receber uma única carga inicial. O esquema da bateria automotiva é apresentado a seguir:



Esquema de bateria automotiva

Fonte: www.abinee.org.br

A bateria automotiva comum (6-12 V) possui a seguinte composição típica:

Quadro 1: Composição típica de bateria automotiva.

Elementos	%
Pb	71.2
SO₄	18.1
Sb	0.3
Ca	0.4
SiO₂	0.14
As	<0.04
Sn	<0.1

Fonte: Reciclagem de Chumbo de baterias automotivas - CETEM

Mais de 70% da produção mundial de chumbo é consumida na manufatura de baterias, principalmente automotivas. As baterias são também a maior fonte de matéria-prima secundária para a produção de chumbo. Sua grade contém mais de 90% de chumbo metálico e pode ser imediatamente fundida. A parte residual é mais complexa sendo mais de 50% $PbSO_4$, além de PbO_2 , $PbO(SO_4)$ e Pb metálico, entre outros, além da caixa que é de plástico.

No triturador de sucata de bateria de uma recicladora, pode-se identificar as fases posteriores da reciclagem.

- 1 - Separação de Polietileno (Rejeitos)
- 2- Reciclagem de Polipropileno (Caixa de Plástico)
- 3- Reciclagem do chumbo

O chumbo entra num separador para reduzir as impurezas. Com maior grau de pureza obtido é fundido a altas temperaturas em fornos. O produto derretido é vazado em um cadinho de refino, transformado em lingotes, que serão armazenados e vendidos, como matéria prima secundária.

O processo atual de reciclagem de chumbo de baterias automotivas utiliza, na grande maioria, a rota pirometalúrgica que, além de exigir um considerável investimento de capital, emite gases SOX (SO_2 , SO_4 , e outros) para atmosfera. No processo pirometalúrgico após a moagem, o ferro é separado magneticamente, e os outros metais são separados a partir de seus pontos de fusão. Uma queima inicial permite a total recuperação do mercúrio e do zinco nos gases de saída. O resíduo é então aquecido a mais de $1000^{\circ}C$ com um agente redutor, ocorrendo nesta fase a reciclagem do magnésio e de mais algum zinco. Trata-se, portanto de um processo térmico que consiste em evaporar à temperatura precisa cada metal para em seguida recuperá-lo por condensação. (ver em detalhe no site <http://www.abinee.org.br>).

Uma rota hidrometalúrgica está sendo desenvolvida no CETEM, para reciclagem de pilhas e baterias, com vantagens ambientais e econômicas, pois além de não gerar gases agressivos

ao meio ambiente, exige menor investimento inicial que o processo pirometalúrgico e pode ser implementada modularmente, isto é, aumentando-se capacidade de acordo com a necessidade.

O processo hidrometalúrgico opera geralmente a temperaturas que não excedem a 100°C. No caso das pilhas, elas passam por uma moagem prévia, são lixiviadas com ácido hidrocloreto ou sulfúrico, seguindo para a purificação através de operações de precipitação ou eletrólise das soluções obtidas para recuperação do zinco e do dióxido de manganês, ou do cádmio e do níquel. Muitas vezes o mercúrio é removido previamente por aquecimento.

Alumínio

Dentre os chamados novos materiais o alumínio está se tornando um dos materiais mais utilizados no automóvel, chegando atualmente a uma média de 130 kg por veículo. Desse total, 76% são de peças fundidas, 14% de chapas, 8% de extrudados e de 2% de forjados. Previsões da indústria revelam que os automóveis chegarão a ter 385 kg de alumínio no futuro, segundo informações obtidas no site [http:// www.infomet.com.br](http://www.infomet.com.br).

Esse material tem sua utilização em cabeçotes e blocos de motores, rodas, defletores de calor, radiadores e ar condicionado. O crescimento médio do alumínio no automóvel está em torno de 6% ao ano. Segundo André Beer (ex Vice-presidente da GM) "para desenvolver o motor 16V, a GM investiu US\$ 70 milhões (R\$ 112 milhões), quase dois anos de pesquisas e fez modificações mecânicas no seu popular. As alterações atingiram o cabeçote do motor, comando de válvulas, coletor de admissão, pistões e anéis, sistema de escapamentos e indução, ignição e injeção e uso de um cárter de alumínio"(ver entrevista na íntegra no site <http://www.uol.com.br/tododia/ano99/abril/dia30/veiculos.htm>)

Como o crescimento da reciclagem de alumínio no Brasil é expressivo e já coloca o país na liderança mundial, no que se refere a latas de bebidas, as montadoras se preparam projetos para utilizá-lo também na carroceria (capôs e portas) já entre 2003 e 2005, ou seja carros que chegarão ao mercado em mais ou menos três anos.

O principal motivo da difusão do alumínio no automóvel é seu baixo peso em relação ao aço e uma vez que os carros vêm aumentando de peso com a intensificação da eletrônica embarcada, isto vem obrigando as montadoras a buscar materiais estruturais mais leves, como já fizeram em fins dos anos 70/80 devido a crise energética. Mas em contrapartida o aço também vem evoluindo para competir tecnicamente com o alumínio e com menor preço.

Ferro e aço

O ferro e o aço são alguns dos mais antigos materiais reciclados. Desde a antigüidade, espadas, facas e escudos abandonados em trincheiras serviam para a fabricação de novas armas. Hoje toda a sucata metálica dos automóveis é utilizada pelas siderúrgicas, na transformação de novas chapas de aço. Mas a reciclagem do aço demanda equipamentos de separação e fragmentação de grande porte como as que a GERDAU já utiliza em Santo André.



Após as etapas iniciais de seleção e separação, a sucata deve passar por uma limpeza em peneiras, para a retirada de contaminantes e prensagem. O destino final da sucata é um forno elétrico ou a oxigênio, aquecido a 1550 graus, para ser misturado à matéria prima bruta e retornar a ser chapa de aço após processos de conformação. A grande vantagem desse processo é que a sucata demora somente um dia para ser processada e transformada novamente em lâminas de aço usadas por diversos setores industriais das montadoras de automóveis às fábricas de

latas e há a possibilidade do material ser reciclado infinitas vezes, sem causar grandes perdas ou prejudicar a qualidade. A condição para a subsistência desse processo é a existência de uma rede de fornecedores de porte suficiente para abastecer a produção em grande escala.

Empresas como a Gerdau, CSN e Belgo-Mineira utilizam a sucata como principal insumo em suas atividades (75%), juntamente com o ferro gusa e o ferro esponja (25%) e contabiliza ganhos expressivos na otimização dos processos, na redução do consumo de energia, no aumento da produtividade e na redução de custos operacionais.

Segundo a Gerdau a utilização de sucata de automóveis na linha de produção das siderúrgicas se deve ao fato de que automóvel contém aproximadamente 450 kg de chapas de aço (normalmente chapas laminadas a frio ou zincadas) e o aço pode atingir 100% de reciclagem, sem prejuízo para a qualidade do produto reciclado além de poder ser utilizado infinitas vezes, mantendo as mesmas características com baixo custo e alta eficiência no processo. O processo de reciclagem se dá na aciaria da siderúrgica, onde a sucata, já devidamente cortada, é fundida junto com o ferro gusa em Conversores LD, que são capazes de realizar esse serviço.

A reciclagem de aço nessas empresas chega em torno de 300 veículos por dia. A Belgo-Mineira consome hoje cerca de 120 mil toneladas por mês de sucata, metade é de obsolescência (geladeiras e eletrodomésticos velhos, por exemplo) e a outra é sucata da indústria (automobilística, mecânica, naval e usinagem). Em plena capacidade, uma unidade dessa empresa vai gerar cerca de 7 mil toneladas por mês de sucata. Devido a essa vantagem econômica e produtiva, existem diversos contratos de operações entre montadoras (Fiat, GM, Ford e Volkswagen) e as empresas recicladoras.

5.2 Reciclagem de plásticos automotivos

A reciclagem do plástico começou a ser realizada pelas próprias indústrias de material plástico para promover o reaproveitamento

de suas perdas de produção e tem contribuído não somente para redução do impacto ambiental que esse produto causa, mas também para a economia de energia. (Fonte <http://www.plastivida.org.br/>)

O maior problema para a reciclagem de plásticos automotivos é sua variedade. Em um automóvel pode haver em média 40 plásticos diferentes com variações na composição, nos aditivos e nos corantes, que podem dificultar e mesmo comprometer a reciclagem. As diversas "famílias" possuem diferentes graus de compatibilidade química entre si, chegando em alguns casos a serem totalmente incompatíveis. Assim a mistura de alguns tipos de plásticos pode resultar em materiais reciclados de baixa qualidade ou fora das especificações técnicas para retornar à produção como matéria-prima secundária para componentes automotivos.

Quadro 2: Compatibilidade química dos plásticos automotivos

	ABS	PA	PC	PE	PMMA	POM	PP	PBT	PVC	PC + PBT	ABS + PC
ABS	1										
PA	2	1									
PC	2	3	1								
PE	3	3	3	1							
PMMA	1	3	2	3	1						
POM	3	3	3	3	3	1					
PP	3	2	3	2	3	3	1				
PBT	2	2	1	3	3	2	3	1			
PVC	2	3	3	3	1	2	3	2	1		
PC + PBT	2	2	1	3	2	2	3	1	2	1	
ABS + PC	1	2	1	3	2	3	3	2	2	2	1

Fonte: Norma Renault 00-10-060/ „Conception en vue du Recyclage“, Section Normes et Cahiers des Charges, Service 0807, Direction des Etudes, Renault Automobile, 1994.

Legenda: 1: Boa Compatibilidade; 2: Compatíveis sobre certas condições; 3: Incompatíveis

Algumas aplicações típicas da utilização de plásticos em automóveis podem ser observadas na tabela abaixo com suas especificações quanto ao tipo de plástico mais adequado:

Quadro 3: Utilizações típicas dos plásticos automotivos

	ABS+PC/ ABS+PA	TPU	PA	PC	ABS/ASA/ SAN/SMA	PBT	PC (filme)
Peças externas e de carroceria	◆	◆	◆		◆	◆	
Componentes de interiores	◆		◆		◆		◆
Lâmpadas e demais componentes elétricos	◆	◆	◆	◆	◆	◆	◆
Compartimento do motor e chassis		◆	◆			◆	
Assentos			◆		◆		
Painel de instrumentos	◆	◆	◆		◆		◆
Pára-choques		◆				◆	
Tetos solares	◆		◆	◆		◆	

Fonte: Reciclagem dos Materiais Componentes do Veículo Automóvel - Protap

A identificação utilizada nos polímeros mais comuns tem contudo diferentes nomes dependendo do fabricante, como mostra o quadro a seguir.

Quadro 4: Identificação dos plásticos segundo a Bayer

APEC HT	Co-policarbonato	PC-HT
BABYBLEND	Mistura de policarbonato e ABS	PC+ABS
DESMOPAN	Termoplástico poliuretano	TPU
DURETHAN A	Poliamida 66	PA 66
DURETHAN B	Poliamida 6	PA 6
LUSTRAN ABS/NOVODUR	Acrilonitrilo butadiene estireno	ABS
LUSTRAN SAN	Acrilonitrilo estireno	SAN
MAKROLON	Policarbonato	PC
POCAN	Politereftalato de butileno	PBT
TRIAx	Mistura de ABS e poliamida	ABS+PA

Fonte: <http://wwsw.plastivida.org.br>

Diferentes tipos de reciclagem, portanto, se fazem necessários, dependendo do tipo de plástico que será processado. O site da ABINEER (<http://wwsw.plastivida.org.br>) apresenta em detalhe a reciclagem mecânica, energética e química que resumiremos a seguir.

A reciclagem mecânica consiste na conversão direta dos descartes plásticos pós-industriais ou pós-consumo em grânulos que podem ser reutilizados na produção de outros produtos menos nobres como: sacos de lixo, solados, pisos, conduítes, mangueiras, componentes de diversos acessórios de automóveis, fibras, embalagens não-alimentícias, etc . Essa reciclagem é tecnicamente simples e possibilita a obtenção de produtos a partir de misturas de diferentes plásticos em determinadas proporções, ou produtos compostos por um único tipo de plástico. Estima-se que no Brasil sejam reciclados mecanicamente 15% dos resíduos plásticos pós-consumo.

A reciclagem energética consiste na recuperação da energia contida nos plásticos através de processos térmicos. A reciclagem energética distingue-se da incineração por utilizar os resíduos plásticos como combustível na geração de energia elétrica. Já a simples incineração não reaproveita a energia dos materiais. Ela é realizada em diversos países da Europa, EUA e Japão, com equipamentos da mais alta tecnologia, para controles de emissão de gases.

A reciclagem química reprocessa plásticos transformando-os em petroquímicos básicos: monômeros ou misturas de hidrocarbonetos que servem como matéria-prima em refinarias ou centrais petroquímicas, para a obtenção de produtos nobres de elevada qualidade. O objetivo é a recuperação dos compostos e substâncias químicas para reutilizá-los como matéria prima secundária de novos plásticos.

Como já foi dito anteriormente para a reciclagem os vários tipos de plásticos precisam ser identificados e separados. Símbolos padronizados, adotados pelos fabricantes, facilitam a identificação das embalagens, (NBR 13320). Esta identificação poderá ser feita em relevo ou em profundidade, sua dimensão dependerá da própria dimensão da peça e deverá estar separada da marcação

do fabricante e em zonas facilmente acessíveis. Alguns exemplos dessa identificação nos componentes plásticos dos automóveis são:

Policarbonato: → Pce PC/PBT® (pára-choques, calotas, suporte para retrovisores);

Co-polímeros: → Poliamida 6.12: PA 6/12® (pára-lamas, painel de instrumentos);

Misturas de Policarbonato →+ ABS: PC+ABS ® (freios, componentes semi-estruturais);

Poliamida 6 com 30% de fibra de vidro: → PA 6-GF30® (componentes estruturais);

Espuma (PU) e filme ® PU, PVC, PUR, ABS; → (Painel de instrumentos)

6. Perspectivas e limitações da reciclagem de automóveis

Nos últimos 20 anos o peso do carro reduziu-se consideravelmente e isso se traduziu em uma perda de sua reciclabilidade, pois essa redução correspondeu à perda de participação dos metais que são os materiais mais recicláveis. Contudo, essa mudança gerou veículos mais leves, baratos e eficientes no consumo de combustíveis. O desafio agora é manter ou ainda aumentar os níveis de reciclabilidade, mesmo com o uso de novos materiais plásticos ou compósitos. A solução é prever a reciclagem desde o início dos novos projetos para melhor atingir os objetivos e fatores da sustentabilidade do automóvel e da competitividade de sua indústria por talvez mais um século.

Para cada tipo de material há processos de reciclagem que evoluem constantemente. Mas esses processos estão associados não só a um estado da arte e da tecnologia como também a uma cadeia de recicladores e de produtores de materiais.

No Brasil, ainda não há muitos recicladores especializados em materiais automotivos, devido à falta de planejamento e de incentivos para a formação de uma rede voltada para desmontagem, coleta e trajeto final desses materiais. Contudo as empresas que se dedicam à reciclagem, integralmente ou em parte, vem se destacando por suas soluções criativas e seus investimentos nessa área, que crescem a cada ano.(exemplos site <http://www.cempre.org.br>)

As partes metálicas são ainda as mais recicladas, tanto devido ao domínio tecnológico de seus processos como também por contarem com um mercado importante, que é constituído pelos produtores de materiais siderúrgicos. No Brasil, os mesmos fornecedores de autopeças e/ou produtores de materiais processam a sucata, seja industrial, seja proveniente de veículos em fim de vida. A carroceria, ou chassi, feitos basicamente de aço – O aço é um dos produtos mais reciclado do mundo, pois

aproximadamente 40% da produção mundial é feita a partir da sucata ferrosa - ferro, e outros materiais metálicos, são reciclados por siderúrgicas, como a Gerdau, a CSN – Companhia Siderúrgica Nacional- e a Cosigua – Companhia Siderúrgica Guanabara..

Em nível mundial, resultados de uma sondagem realizada nos EUA (<http://www.osat.umich.edu>, OSAT, 1999) sobre as tendências em materiais e reciclagem no setor automotivo entre 2004 e 2008 apontam que a reciclabilidade dos termoplásticos (que vêm sendo usados em substituição aos metais em sistemas mecânicos) continuará a ser um desafio para essa indústria, ao contrário da dos metais onde se espera desenvolvimentos significativos de processos. Apontam ainda os especialistas consultados, que os plásticos para usos automotivos sofrerão restrições e terão especificações técnicas cada vez mais estritas para os fornecedores.

Por outro lado, os resultados também apontam que permanecerá, por pelo mais uma década, a tendência já observada nos últimos anos de busca de materiais ao mesmo tempo mais leves e recicláveis. A sondagem registra ainda que a reciclagem e sua regulamentação, desdobramento da legislação ambiental, é uma questão estratégica para as empresas do setor.

No Brasil atualmente os estudos e pesquisas sobre técnicas de reciclagem, visando a adequação de modelos e métodos de gestão e o desenvolvimento de novos processos, mostram que existe uma preocupação, seja da parte do governo, ou seja, das indústrias em se adequar ao novo paradigma ambiental, ajustando a regulamentação e os processos produtivos nacionais aos padrões internacionais.

Essa mudança de perspectiva pode ser sentida no número crescente de empresas que a reciclam suas sobras, ou mais ainda, recebem produtos de outras indústrias para serem reutilizados no seu processo produtivo. É visível também o cuidado em separar os materiais, fazer com que a desmontagem seja de fácil acesso a seus parceiros de reciclagem, utilizar o máximo possível de produtos que tornem a reciclagem rentável.

As novas tecnologias estão abrindo cada vez mais o campo da reciclagem para quase todos os tipos de materiais, devido à

evolução dos materiais em si e das técnicas de reciclagem. No automóvel atenção especial tem sido dada aos pneus e aos plásticos, que sempre foram um grande problema ambiental, e que estão sendo objeto de legislação e normas técnicas específicas do CONAMA (ver no site: <http://www.mma.gov.br>), como também acontece com as baterias.

O Sindicato dos Metalúrgicos ABC e a ANFAVEA estão participando ativamente do processo de difundir e regulamentar a reciclagem, pois com a implantação de uma rede de reciclagem articulada milhares de novos empregos serão criados em benefício de seus associados.

Desse modo consideramos que o Brasil pode se tornar sustentável nessa atividade, pois além da força industrial os setores mineiro-metalúrgico, de materiais e mecânico contam com um grande parque tecnológico expressivo nas Universidades e nos Centros de Pesquisa. Além disso, investimentos privados importantes em centros de reciclagem já vêm sendo feitos como os do Grupo Votorantin que destinou R\$ 3 milhões para a construção de uma unidade industrial voltada especificamente para a reciclagem. Isso é um sinal de que a empresa considera a reciclagem um negócio lucrativo em nível industrial. É preciso, portanto, que cada vez mais a estratégia das indústrias envolvidas viabilizem essa atividade e possa assim, contribuir, de forma mais efetiva, para uma gestão sustentável da produção de materiais e de automóveis, otimizando o uso de recursos naturais e reduzindo o volume total de lixo a ser lançado na natureza.

É certo também que os processos de reciclagem necessitam também de constantes desenvolvimentos que acompanhem os materiais automotivos que estão em contínua evolução tecnológica. Nesse sentido, a tendência hoje observada na indústria automobilística mundial de redução do número de plataformas, auxilia esse processo, viabilizando a introdução de inovações e difundindo inovações em materiais, peças e processos por toda a cadeia produtiva, gerando economia de escala para os fornecedores. Enfim, possibilitando o compartilhamento de componentes por vários modelos uma mesma montadora (Gol, Parati e Santana da VW) ou até entre diferentes montadoras (Golf, AudiA3 e Novo Fusca), apesar da aparente diferenciação destes,

tornando mais econômica a reciclagem do automóvel. Desse modo, mesmo que reste ainda a indagação se o carro será ou não sustentável por mais um século, sua evolução, no sentido da busca de menor impacto ambiental, é sensível assim como todos nós somos sensíveis a ele.

As respostas possíveis a essa questão serão certamente tão múltiplas e complexas como o próprio automóvel. A reciclabilidade é sem dúvida hoje um ponto importante no projeto de novos modelos mas na prática, a melhoria da reciclabilidade encontra ainda sérios obstáculos como custos, peso e segurança, que são os fatores primordiais de qualquer projeto.

Glossário

Matéria-Prima Primária é o material proveniente da extração direta da natureza, mesmo que tenha sido transformada industrialmente em diferentes graus, sem ter passado por nenhum processo de reciclagem anterior.

Matéria-Prima Secundária é o material recuperado através da reciclagem ou reutilizado de alguma forma como matéria prima em processos industriais sejam eles os mesmos inicialmente utilizados ou não.

Reciclagem é o processo de produção de matérias-primas secundárias a partir de rejeitos industriais e produtos em fim de vida para reintroduzi-los no processo produtivo. Reciclagem é definida de forma ampla como reprocessamento de resíduos num processo de produção para o fim original ou para outros fins.

Reciclabilidade é a capacidade ou viabilidade técnica que materiais, peças ou produtos apresentam de serem recicladas, isto é, de retornar ao processo produtivo na condição de matéria prima, no caso secundária. Sua medida é uma taxa ou um nível de reciclabilidade cujo cálculo varia segundo o produto e seu processo produtivo. Assim, pode-se dizer que um automóvel é 95% reciclável quando essa é a taxa média de reciclabilidade dos materiais que o compõem, mesmo que no caso somente 75% sejam efetivamente reciclados, o que corresponde a sua composição metálica.

Reciclável é a qualidade do que é passível de ser reciclado. Diz-se do produto ou material que tecnicamente pode ser reciclado, mesmo que sua reciclagem ainda não seja viável econômica ou industrialmente.

Sucata é todo resíduo sólido possível de ser reaproveitado via reciclagem. A sucata pode ser industrial quando é formada por rejeitos da produção e pode ter origem no desmonte de produtos em fim de vida como automóveis, eletrodomésticos, motos, vigas de construção, etc.

Resíduos Sólidos podem ser classificados: pela natureza (seco e molhado), por sua composição química (matéria orgânica e matéria inorgânica) etc. A classificação que adotada no Brasil é regulada pela NBR 10004 - Classificação de Resíduos Sólidos - e apresenta três classes segundo os riscos potenciais ao meio ambiente:

▶ Resíduos Classe I : abrange os resíduos perigosos, à saúde pública e ao meio ambiente, como: inflamáveis, corrosivos, tóxicos, reativos e patogênicos Ex: pilhas, baterias e produtos químicos em geral;

▶ Resíduos Classe II : são os não-inertes com propriedades como: biodegradabilidade, solubilidade ou combustibilidade. São exemplos dessa classe: matéria orgânica e papel;

▶ Resíduos Classe III : são os inertes como: rocha, tijolos, vidros, borrachas e certos plásticos. É também o caso dos pneus e pára-lamas dos automóveis.

Eco-eficiência é conjugar desempenho econômico e ambiental conferindo maior produtividade aos recursos naturais empregados na produção. O conceito de eco-eficiência vem sendo adotado por empresas do mundo inteiro, no intuito de mostrar que seus sistemas de produção, produtos e serviços têm uma performance econômica e ambientalmente corretas. Nesse sentido, a empresa que busca a eco-eficiência passa a adotar condutas como a minimização do consumo de matérias-primas primárias e substituindo-as por matérias primas secundárias e concentrando esforços em pesquisas para diminuir a toxidade de seus produtos e aumentar sua vida útil; além de buscar reduzir seu consumo industrial de energia elétrica entre os outros.

Análise de ciclo de vida ou Lyfe Cycle Analysis (LCA) em inglês é um método de mensuração dos impactos ambientais associados a um produto: desde o projeto do produto até seu descarte final. É o acompanhamento da vida de um produto do "berço ao túmulo". O método LCA pode ser usado para avaliar a eco-eficiência de processos, produtos, indústrias, fontes de energia e assim propiciar parâmetros de comparação entre investimentos alternativos. Aplicado à reciclagem pode ser usado para avaliar a

reciclabilidade de materiais substitutos entre si, auxiliando na seleção de materiais e de processos para produtos, ou para comparar diferentes técnicas ou rotas tecnológicas de reciclagem e/ou ainda para avaliar as vantagens da reciclagem face a outros destinos possíveis para produtos em fim de vida.

Bibliografia

- Coelho M. C.** : "Reflexões sobre que fazer dos veículos em fim de vida ?", Relatório da Actividade 5, sub-actividade 5.2 – Levantamento da Situação e Realização de diagnósticos e balanços tecnológicos nas empresas – referência e estudo de soluções técnicas - do AUTOREC, programa português realizado pelo INETI – Lisboa, 2000.
- Couter S., Brás B., Winslow G., Yestler S.**, "*Designing for Material SEPARATION: Lessons from Automotive Recycling*", Georgia Institute of Technology, EUA, 1996.
- Kiperstok A.** : Tendências Ambientais do Setor Automotivo, Prevenção da Poluição e Oportunidades de Negócios, em Nexos Econômicos, revista do CME-UFBA, Outubro, 2000 – V.II – Nº 1. pp-101-113.
- Medina, H. V. de** - "*O Projeto e a Difusão de Novos Materiais na Indústria Automobilística*", Tese de Doutorado na COPPE/UFRJ, Rio de Janeiro – Brasil, Fevereiro de 2000
- Medina, H. V. de**, "Reciclagem de Materiais Automotivos: O Automóvel em busca da Sustentabilidade para o próximo século", Website www.cimm.com.br, Mar.1999.
- Medina, H. V. de, e Naveiro R.**, "Materiais Avançados: Novos Produtos e Novos processos na Indústria Automobilística", Revista Produção, Julho 98.
- Medina, H. V. de, e Sedilleau P.**, "L'industrie automobile se reorganise pour le recyclage", IX Rencontre International du GERPISA, Paris 6-8, junho 2001.
- R&D La route de l'Innovation**, "Dossier Prospective: Vers l'Usine Verte", pp 16-31, Revista da Renault, Numero 11, janeiro de 1999.
- R&D**, "*Les futurs de l'automobile*", Revista da Renault, Moteur d'idées depuis cent ans, Março 1998.
- Sá, P.** - "*Estratégia dos Grandes Grupos no Domínio dos Novos Materiais*", Estudos e Documentos, CETEM/CNPq, nº9, Rio de Janeiro, 1989.
- SAE Report** " Life Cycle Analysis: Getting the Total Picture on Vehicle Engineeing Alternatives" in Automotive Engineering Review, March 1996, pp. 49-52

Sindicato dos Metalúrgicos do ABC, *Renovação E Reciclagem da Frota de Veículos, As Propostas Dos Metalúrgicos Do ABC*, Nov. 1998.

Sites Internet

- [1] Website <http://www.uol.com.br/ambienteglobal>.
- [2] Website <http://cempre.org.br>.
- [3] Website <http://www.atibaia.com.br/sucata/>
- [4] Website http://www.portoeditora.pt/estudante/ambiente_res_valor.htm.
- [5] <http://www.ecolatina.com.br/artigos/gestempresa/josemoacir.htm>
- [6] <http://www.cimm.com.br>
- [7] Web site: <http://www.mma.gov.br/port/conama> Joseph Henry "A viabilidade econômica da reciclagem de automóveis" acessado em 27/07/2000, clicar em Sds- secretaria de desenvolvimento sustentável-, buscar eventos promoções Sds, clicar em ciclos e debates economia e meio ambiente, clicar em seminários já ocorridos e buscar o autor no quadro.
- [8] Website <http://www.csn.com.br>
- [9] Website <http://www.belgo.com.br>
- [10] Website <http://www.gerdau.com.br>
- [11] Ferrão P., "AUTOREC-PROTAP: Reciclagem dos materiais componentes do veículo automóvel", Instituto Superior Técnico, 1999-2001- PROTAP- PEDIP (<http://ineti.pt> ou <http://www.agiltec.pt/autorec>)
- [12] Website <http://www.abinee.org.br>.